

После срабатывания одного из алгоритмов исполнительный орган отключения нагрузки подает дискретные сигналы на отключение нагрузок с помощью выходных реле.

Если же сигналов на отключение нагрузки от внешнего устройства ПА не поступало, а режимные параметры находятся в допустимых пределах, то устройство находится в режиме ожидания, выполняя постоянный мониторинг режимных параметров и нагрузки.

Применение многофункциональных устройств адаптивной автоматики разгрузки энергоузла позволит осуществлять эффективное ограничение нагрузки потребителей в аварийных ситуациях, избегая при этом избыточного действия ПА.

ЛИТЕРАТУРА:

1. А.К. Ландман, А.Э. Петров, М.В. Данилов. Адаптивная система специальной автоматики отключения нагрузки как элемент Smart Grid // ИСУП. – 2014 г. – № 5. – С. 73-76.

Научный руководитель: Р.Б. Абеуов, к.т.н., доцент каф. ЭСиЭ ЭНИН ТПУ.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ И СИММЕТРИРОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ СТАТИЧЕСКОГО ТИРИСТОРНОГО КОМПЕНСАТОРА

В.К. Фоменко

Томский политехнический университет,
ЭНИН, ЭЭС, гр. 5А4А

Поддержание напряжения на требуемом уровне, а также симметрирование тока в электрической сети – одни из главных задач в электроэнергетике. Качество электроэнергии и ее потери напрямую зависят от того, насколько равномерно распределена нагрузка по фазам. Наличие неравномерности распределения нагрузки по фазам приводит к ухудшению условий работы трансформаторного оборудования, увеличению потерь и неравенству напряжений, требующего его пофазного регулирования в целях поддержания напряжения в допустимых пределах (нормально допустимые и предельно допустимые значения установившегося отклонения напряжения $\delta U_{\text{у}}$ на выводах приемников электрической энергии равны соответственно $\pm 5\%$ и $\pm 10\%$ от номинального напряжения) [1].

При подключении различной нагрузки на фазы, в питающей сети возникает несимметрия напряжений и токов, которая выражается в неравенстве фазных/междуфазных напряжений и фазных токов по амплитуде, а также угол сдвига между фазами не равен 120° . Или если описывать в терминах метода

симметричных составляющих: возникают составляющие обратной и нулевой последовательности.

Различают два вида несимметрии: систематическую и вероятностную. Систематическая несимметрия обусловлена неравномерной постоянной перегрузкой/недогрузкой одной из фаз. При стабильном графике нагрузок снижение систематической несимметрии напряжений в сети может быть достигнуто выравниванием нагрузок фаз путем более равномерного перераспределения конечных потребителей по фазам. Вероятностная несимметрия соответствует непостоянным нагрузкам, при которых в разное время перегружаются разные фазы в зависимости от случайных факторов. Суть симметрирования сводится к компенсации тока и напряжения обратной и нулевой последовательностей.

Один из способов, позволяющих компенсировать как систематическую, так и вероятностную несимметрию, заключается в создании динамически изменяемых компенсирующих токов обратной последовательности. Это обеспечивается за счет батарей статических конденсаторов и тиристорно-реакторной группы, подключаемых в треугольник, и объединяемых в электроустановку, называемую статическим тиристорным компенсатором. Это устройство, может одновременно решить две задачи: регулирование напряжения с целью поддержания его на заданном уровне (компенсация реактивной мощности) и симметрирование.

Статический тиристорный компенсатор реактивной мощности (Static Var Compensator (SVC)) – поперечно-подключаемый статический источник или поглотитель реактивной мощности, обеспечивающий подпитку емкостным или индуктивным током для управления параметрами электроэнергетической системы (обычно напряжением на шинах).

Автоматическое регулирование напряжения

Автоматическое регулирование напряжения в рассматриваемой сети 220 кВ первоначально будем производить при симметричной нагрузке. Изменение напряжения в системе осуществляем с помощью источника с переменным значением напряжения.

Угол управления тиристором задаётся в интервале от 90° до 180° , где 180° соответствует полностью закрытому тиристорному, а 90° – полностью открытому. Следовательно, для того, чтобы уменьшить напряжение на шине присоединения СТК, необходимо изменять угол от 180° к 90° . Минимальное напряжение будет при 90° . Тиристорно-реакторная группа (ТРГ) позволяет получить напряжение только ниже того, что было при 180° . Следовательно, для того, чтобы была возможность увеличивать напряжение, необходимо добавить конденсаторные батареи.

Логика автоматического управления напряжением следующая: оценивается разность между номинальным и текущим напряжением на шине присоединения. Если эта разность положительная, то угол открытия тиристорных увеличивается, а если разность отрицательная – уменьшается. Данные действия приводят к уменьшению абсолютного значения разности напряжений.

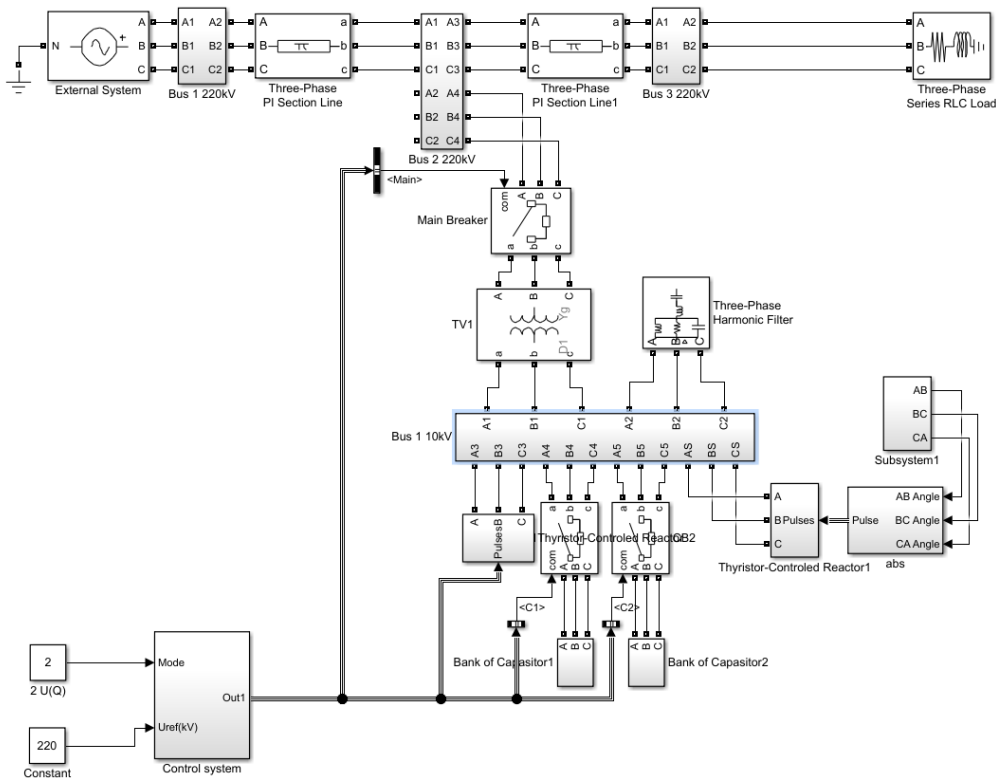


Рис. 1. Схема эксперимента

$$\text{if } (U_{\text{заданное}} - U_{\text{измеренное}}) > 0 \longrightarrow \text{angle} \uparrow$$

$$\text{if } (U_{\text{заданное}} - U_{\text{измеренное}}) < 0 \longrightarrow \text{angle} \downarrow$$

(1)

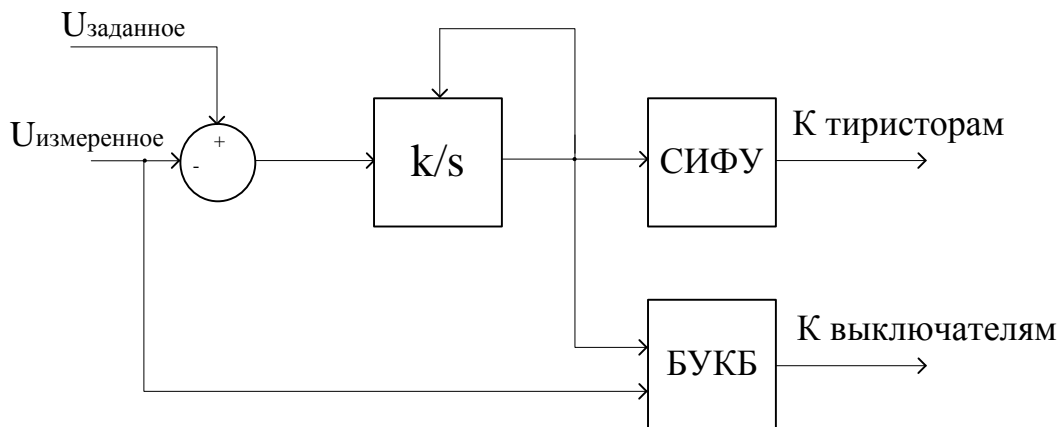


Рис. 2. Структурная схема системы автоматического управления
Автоматическое симметрирование

При симметричной нагрузке токи в каждой фазе равны по амплитуде и сдвинуты относительно друг друга на 120° . Для автоматического управления углом управления ТРГ будет использован принцип равенства токов по амплитуде.

Для симметрирования используется три тиристорно-реакторных группы (ТРГ), соединённых в треугольник. Для создания несимметрии используем несимметричную междуфазную нагрузку.

Логика автоматического управления симметрирующего устройства схожа с описанной выше: оценивается разность амплитудного значения токов, протекающих по фазам ЛЭП.

$$\begin{cases}
\text{if } (|I_A| - |I_B|) > 0 \longrightarrow \text{angle} \downarrow \\
\text{if } (|I_A| - |I_B|) < 0 \longrightarrow \text{angle} \uparrow \\
\text{if } (|I_B| - |I_C|) > 0 \longrightarrow \text{angle} \downarrow \\
\text{if } (|I_B| - |I_C|) < 0 \longrightarrow \text{angle} \uparrow \\
\text{if } (|I_C| - |I_A|) > 0 \longrightarrow \text{angle} \downarrow \\
\text{if } (|I_C| - |I_A|) < 0 \longrightarrow \text{angle} \uparrow
\end{cases} \quad (2)$$

- Значения токов до симметрирования:
 $I_a=48,8 \text{ A } (62^\circ)$; $I_b=51,6 \text{ A } (313^\circ)$; $I_c=58 \text{ A } (185^\circ)$;
- Значения токов после симметрирования:
 $I_a=41,6 \text{ A } (60^\circ)$; $I_b=41,2 \text{ A } (300^\circ)$; $I_c=42 \text{ A } (180^\circ)$;
- Значения напряжений: $U_{ab}=227 \text{ кВ}$; $U_{bc}=226 \text{ кВ}$; $U_{ca}=226 \text{ кВ}$

Автоматика успешно справляется с поставленной перед ней задачей – поддерживает напряжение в допустимых пределах $220 \pm 11 \text{ кВ}$, а также выравнивает токи в фазах при присоединении несимметричной нагрузки. Угол между токами также стал равен 120° .

Заключение

Разработанная система управления напряжением с функциями симметрирования нагрузки обеспечивает поддержание напряжения на номинальном уровне с допустимыми отклонениями и одновременно симметрирование токов, протекающих в сети. Особенность описанного метода заключается в том, что углы открытия тиристорov определяются разностью амплитудных значений токов. Преимуществом метода является простота логики и исполнения системы автоматического управления.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 18 с.

Научный руководитель: А.С. Васильев к.т.н., старший преподаватель каф. ЭЭС ЭНИН ТПУ.