

УДК 621.313.322

Е.С.Назарова (6 курс, каф. ЭСиС), С.В.Смоловик, д.т.н., проф.

СОВРЕМЕННЫЕ УСТРОЙСТВА ПОПЕРЕЧНОЙ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Общеизвестным является тот факт, что увеличить предел передаваемой мощности и стабилизировать распределение напряжения вдоль линии электропередачи возможно с помощью применения устройств компенсации реактивной мощности (УКРМ). Целью компенсации является изменение естественных характеристик линии на искусственные, соответствующие преобладающему режиму линии электропередачи. В режиме холостого хода компенсация осуществляется посредством включения реактора для снижения напряжения на линии; а в режиме максимальных нагрузок — путем включения емкости для поддержания уровня напряжения.

Главной целью установки УКРМ является не только увеличение предела передаваемой мощности, но и улучшение статических характеристик передачи (т.е. увеличение запаса устойчивости), регулирование напряжения в различных точках передачи ЛЭП, что, в свою очередь, способствует улучшению демпфирующих свойств системы.

Наглядным примером, иллюстрирующим преимущества использования УКРМ, является рассмотрение простейшей двухмашинной системы с идеальным компенсатором реактивной мощности, установленным в средней точке линии передачи. Для простоты, линия представляется индуктивным сопротивлением X , а компенсатор синусоидальным источником переменного напряжения, фаза которого совпадает с фазой напряжения в средней точке линии, а амплитуда — с амплитудой напряжений эквивалентных генераторов ($V_m = V_s = V_r = V$). Пренебрегая потерями активной мощности в линии, значения активной и реактивной мощности можно определить из соответствующей векторной диаграммы:

$$V_{sm} = V_{mr} = V \cdot \cos\left(\frac{\delta}{2}\right); \quad I_{sm} = I_{mr} = \frac{4 \cdot V}{X} \cdot \sin\left(\frac{\delta}{4}\right);$$
$$P = V_{sm} \cdot I_{sm} = V_{mr} \cdot I_{mr} = V_m \cdot I_{sm} \cdot \cos\left(\frac{\delta}{4}\right) = V \cdot I \cdot \cos\left(\frac{\delta}{4}\right);$$
$$P = 2 \cdot \frac{V^2}{X} \cdot \sin\left(\frac{\delta}{2}\right); \quad Q = V \cdot I \cdot \sin\left(\frac{\delta}{4}\right) = \frac{4 \cdot V^2}{X} \left(1 - \cos\left(\frac{\delta}{2}\right)\right).$$

Из представленных формул видно, что установка УКРМ в средней точке линии удваивает предел передаваемой активной мощности, что приводит к увеличению перетоков реактивной мощности в системе. Очевидно, что для рассматриваемой системы средняя точка является оптимальным положением компенсатора, т. к. «проседание» напряжения в средней точке некомпенсированной линии наибольшее. Компенсирующее устройство разделяет линию на два равных участка, для которых предел передаваемой мощности одинаков. Для не равных участков сети пределом будет являться мощность большего участка.

Аналогичный анализ двухмашинной системы с разделением ЛЭП на 4 сегмента показал, что теоретически предел передаваемой мощности будет удваиваться с каждым удвоением сегментов. К тому же увеличение числа сегментов, уменьшает отклонение напряжения вдоль линии, приближая его распределение к идеальному, т. е. к одинаковому вдоль всей линии.

Необходимо принимать во внимание, что устройства реактивной мощности

незамедлительно влияют на изменение режима передачи реактивной мощности (избыток или недостаток реактивной мощности в системе).

В свою очередь, УКРМ относятся к устройствам управления мощностью FACTS, которые условно можно разделить на 4 группы:

- продольные;
- поперечные;
- комбинации продольных устройств;
- комбинации продольных и поперечных устройств.

Проведенный анализ зарубежной литературы, издаваемой IEEE, позволил систематизировать существующие УКРМ, а также определить наиболее эффективные способы их применения. На последующих этапах работы планируется провести системные исследования влияния различных устройств на различные режимы работы простейших систем. Полученные результаты позволят более эффективно и на новом уровне решать различные практические задачи по повышению эффективности передачи мощности по ЛЭП.