

Лекция № 13. Несимметрия напряжения

Несимметрия напряжения – это несимметрия трёхфазной системы напряжений. Характеризуется коэффициентом обратной и нулевой последовательности. Несимметрия напряжений происходит только в трёхфазной сети под воздействием неравномерного распределения нагрузок по её фазам.

Источниками несимметрии напряжений являются дуговые сталеплавильные печи, тяговые подстанции переменного тока, электросварочные машины, однофазные электротермические установки и другие одно фазные, двухфазные и несимметричные трёхфазные потребители электроэнергии, в том числе бытовые. Так, суммарная нагрузка отдельных предприятий содержит 85-90% несимметричной нагрузки. А коэффициент несимметрии напряжения по нулевой последовательности (K_{0U}) одного 9-и этажного жилого дома может составлять 20%, что на шинах трансформаторной подстанции (точке общего присоединения) может обусловить превышение, нормально допустимые 2%.

Влияние несимметрии напряжений на работу электрооборудования:

- в электрических сетях возрастают потери ЭЭ от дополнительных потерь в нулевом проводе;
- однофазные, двухфазные потребители и разные фазы трёхфазных потребителей ЭЭ работают на различных не номинальных напряжениях, что вызывает те же последствия, как при отклонении напряжения;
- в ЭД, кроме отрицательного влияния не несимметричных напряжений, возникают магнитные поля, вращающиеся встречно вращению ротора;
- общее влияние несимметрии напряжений на электрические машины, включая трансформаторы, выливается в значительное снижение срока их службы.

Например, при длительной работе с коэффициентом несимметрии по обратной последовательности $K_{2U}=2-4\%$, срок службы электрической машины снижается на 10-15%, а если она работает при номинальной нагрузке, срок службы снижается вдвое.

Поэтому ГОСТ 13109-97 устанавливает значения коэффициентов несимметрии напряжения по обратной (K_{2U}) и нулевой (K_{0U}) последовательностям, - нормально допустимое 2% и предельно допустимое 4%. В качестве вероятного виновника несимметрии напряжений ГОСТ 13109-97 указывает потребителя с несимметричной нагрузкой.

Мероприятия по снижению несимметрии напряжений:

- равномерное распределение нагрузки по фазам (см. рисунок 6.1). Это наиболее эффективное мероприятие, но оно требует творческого подхода при проектировании электроустановок и решительности при эксплуатации;
- применение симметрирующих устройств. Сопротивления в фазах симметрирующего устройства (СУ) подбираются таким образом, чтобы компенсировать ток обратной последовательности, генерируемый нагрузкой как источником искажения. Применение симметрирующих устройств

сопровождается дополнительными капитальными затратами на их приобретение и монтаж, затратами на обслуживание и эксплуатацию.

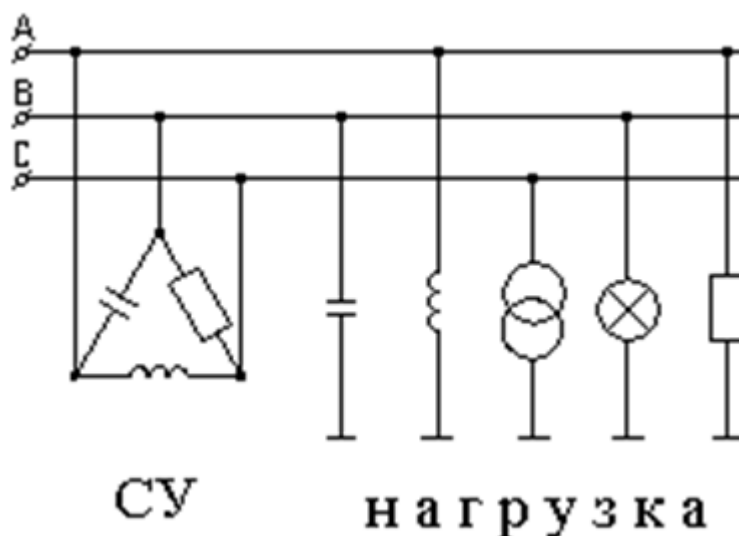


Рисунок 1 – Распределение нагрузки по фазам

Наиболее распространенными источниками несимметрии напряжений в трехфазных системах электроснабжения являются такие потребители электроэнергии, симметричное многофазное исполнение которых или невозможно, или нецелесообразно по технико-экономическим соображениям. К таким установкам относятся индукционные и дуговые электрические печи, тяговые нагрузки железных дорог, выполненные на переменном токе, электросварочные агрегаты, специальные однофазные нагрузки, осветительные установки.

Несимметричные режимы напряжений в электрических сетях имеют место также в аварийных ситуациях – при обрыве фазы или несимметричных коротких замыканиях.

Несимметрия напряжений характеризуется наличием в трехфазной электрической сети напряжений обратной или нулевой последовательностей, значительно меньших по величине соответствующих составляющих напряжений прямой (основной) последовательности.

Несимметрия трехфазной системы напряжений возникает в результате наложения на систему прямой последовательности напряжений системы обратной последовательности, что приводит к изменениям абсолютных значений фазных и междуфазных напряжений (см. рисунок 6.2).

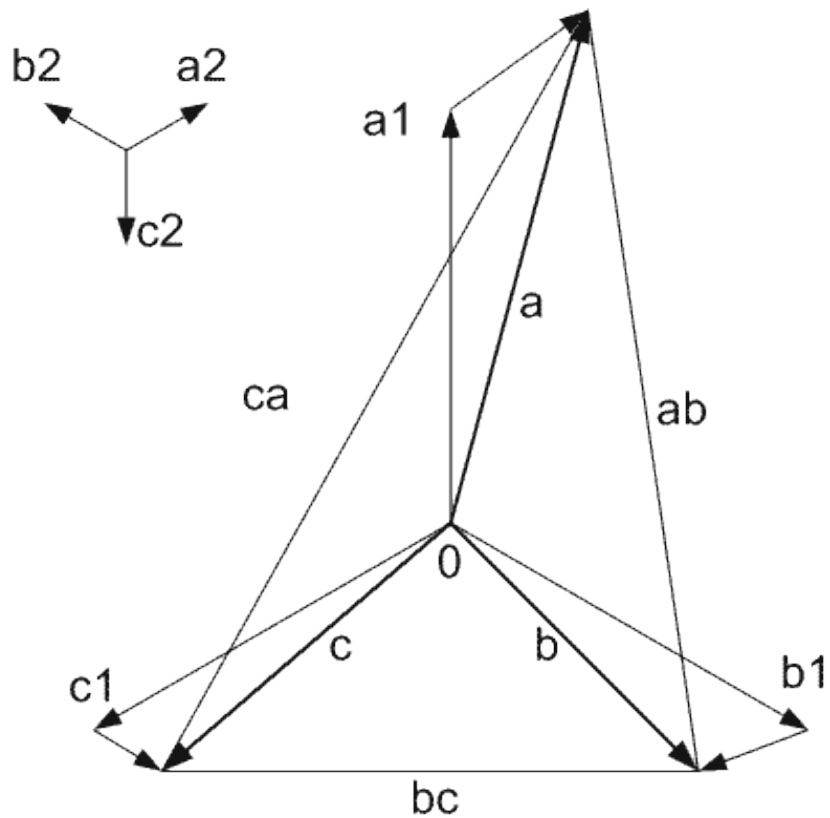


Рисунок 2 – Векторная диаграмма напряжений прямой и обратной последовательности

Помимо несимметрии, вызываемой напряжением системы обратной последовательности, может возникать несимметрия от наложения на систему прямой последовательности напряжений системы нулевой последовательности. В результате смещения нейтрали трехфазной системы возникает несимметрия фазных напряжений при сохранении симметричной системы междуфазных напряжений (см. рисунок 6.3).

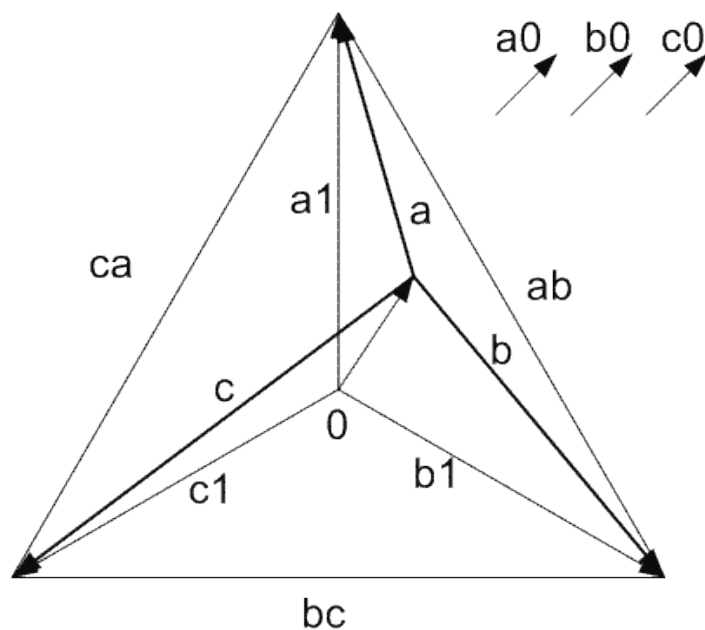


Рисунок 3 – Векторная диаграмма напряжений прямой и нулевой последовательности

Несимметрия напряжений характеризуется следующими показателями:
- коэффициентом несимметрии напряжений по обратной последовательности;
- коэффициентом несимметрии напряжений по нулевой последовательности.

Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности равен, %:

$$K_{2U} = \frac{U_{2(1)}}{U_{1(1)}} \cdot 100\%,$$

где $U_{2(1)}$ – действующее значение напряжения обратной последовательности основной частоты трехфазной системы напряжений, В;

$U_{1(1)}$ – действующее значение напряжения прямой последовательности основной частоты, В.

Допускается K_{2U} вычислять по выражению, %:

$$K_{2U} = \frac{U_{2(1)}}{U_{\text{ном.мф}}} \cdot 100\%,$$

где $U_{\text{ном.мф}}$ – номинальное значение междуфазного напряжения сети, В.

Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности равен, %:

$$K_{0U} = \frac{\sqrt{3}U_{0(1)}}{U_{1(1)}} \cdot 100\%,$$

где $U_{0(1)}$ – действующее значение напряжения нулевой последовательности основной частоты трехфазной системы напряжений, В.

Допускается K_{0U} вычислять по формуле, %

$$K_{0U} = \frac{U_{0(1)}}{U_{\text{ном.ф}}} \cdot 100\%,$$

где $U_{\text{ном.ф}}$ – номинальное значение фазного напряжения, В.

Измерение коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности проводят в четырехпроводной сети.

Относительная погрешность определения K_{2U} и K_{0U} по формулам численно равна значению отклонений напряжения $U_{1(1)}$ от $U_{ном}$.

Нормально допустимое и предельно допустимое значения коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности в точке общего присоединения к электрическим сетям равны 2,0 и 4,0 %.

Нормированные значения коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности в точке общего присоединения к четырехпроводным электрическим сетям с номинальным напряжением 0,38 кВ также равны 2,0 и 4,0 %.