

Влияние несимметричной нагрузки на выходе ИБП на пульсации тока в аккумуляторной батарее

Некоторые сокращения

АКБ	–	Аккумуляторная батарея
ИБП	–	Источник бесперебойного питания
АС	–	Alternative current – переменный ток
DC	–	Direct Current – постоянный ток
RMS	–	Root Mean Square – среднеквадратичное значение

1. Влияние несимметричной нагрузки на ток, протекающий в нейтрали трехфазной электрической сети

На рисунке 1 представлена упрощенная схема трехфазной электрической сети.

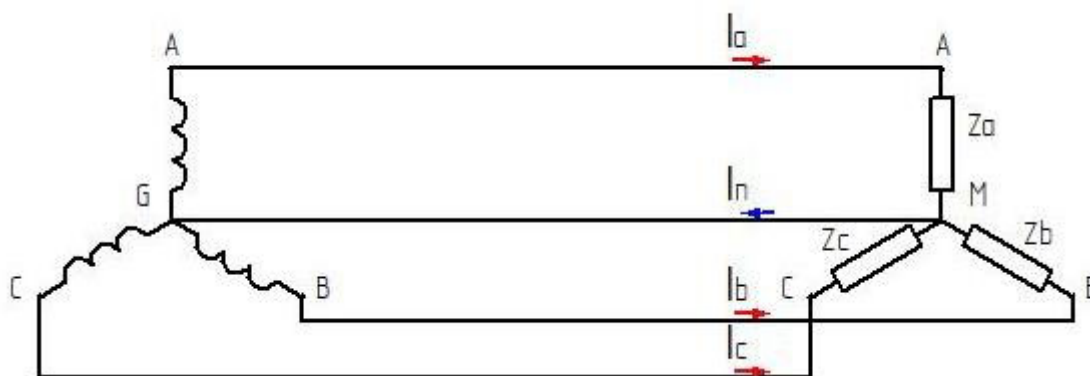


Рисунок 1 – Схема трехфазной сети

В случае если в трехфазной электрической сети нагрузка симметричная ($Z_A = Z_B = Z_C$), фазные токи I_A , I_B и I_C , которые являются векторными величинами, компенсируют друг друга и ток нулевой последовательности равен нулю.

$$I_N = I_A + I_B + I_C = 0$$

Соответственно в нейтрали, соединяющей ноль нагрузки и ноль генератора, ток не протекает. В случае, если нагрузка несимметричная ($Z_A \neq Z_B \neq Z_C$), ток нулевой последовательности не равен нулю и в нейтрали будет протекать уравнительный электрический ток. В предельном случае, если, например, отсутствует ток фазы А (обрыв фазы), в нейтрали будет протекать ток, равный сумме токов фазы В и С.

$$I_N = I_B + I_C \neq 0$$

2. Схема формирования нейтрали в коммерческих источниках бесперебойного питания

Любой источник бесперебойного питания включает в свой состав инвертор напряжения, который формирует на выходе напряжение требуемой амплитуды, фазы и частоты. Как показывает анализ применяемых схемотехнических решений, в случае использования преобразователей напряжения без гальванической развязки (большинство коммерческих ИБП) в качестве нейтрали используется нейтраль сети, гальванически связанная со средней точкой аккумуляторной батареи, входящей в состав ИБП. При этом ток нейтрали нагрузки замыкается через аккумуляторную батарею. Типичная схема формирования нейтрали представлена на рисунке 2.

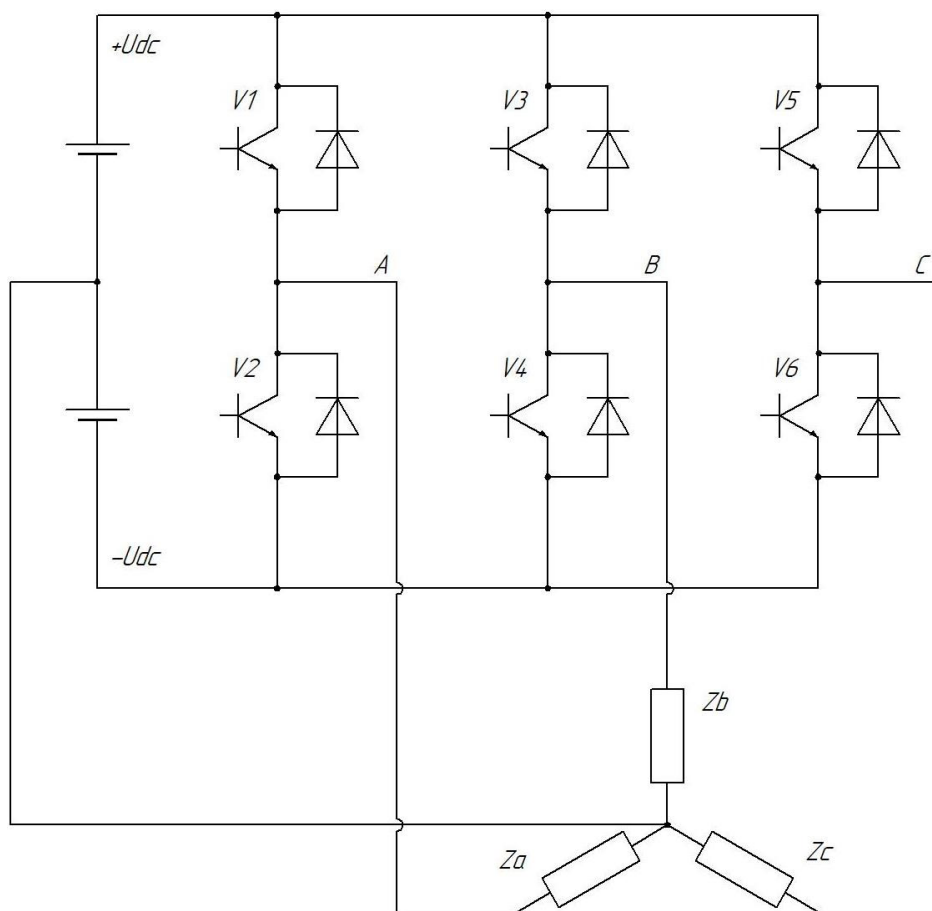


Рисунок 2 – Схема формирования нейтрали в ИБП

При этом, в случае несимметричной нагрузки через АКБ будет протекать переменный ток частотой 50 Гц и амплитудой, определяемой степенью несимметричности нагрузки. В некоторых случаях амплитуда переменного тока сопоставима с током разряда батареи в автономном режиме.

Анализ также показал, что в случае несимметричной нагрузки, переменный ток большой величины протекает через цепь батареи даже в режиме поддерживающего заряда. При этом ток имеет знакопеременную величину, что является нежелательным явлением.

3. Влияние переменного тока на время жизни батареи

Переменный ток, протекающий через аккумуляторную батарею, сокращает срок службы батареи любого типа электрохимии. При частоте 1 Гц и выше, протекание тока обеспечивается процессами перезаряда поляризационного слоя на границе электрод-электролит. Наличие переменной составляющей тока приводит к дополнительному нагреву и усиленной коррозии на

границе между металлической подложкой электрода и его активным веществом, росту переходного сопротивления и, соответственно, снижению срока службы батареи. В стандарте [1] дается ограничение на уровень пульсаций тока из расчета 5 % от номинала аккумуляторной батареи. Как указано в [2], крайне нежелательным является знакопеременный характер тока поддерживающего заряда. Многократное изменение направления протекания тока приводит к неравномерному старению электрода и его деформации.

4. Экспериментальное исследование

Были проведены измерения пульсаций тока в цепи батареи при работе на несимметричную нагрузку на выходе трехфазного ИБП, нейтраль которого соединена со средней точкой батареи. Использовалась несимметричная нагрузка, у которой фаза В и С примерно равны между собой, а фаза А не используется (Рисунок 3).



Рисунок 3 – Значение тока нагрузки на выходе ИБП

Видно, что ток в фазе А нагрузки равен нулю, ток в фазе В примерно равен току в фазе С и равен 9,1 А. При этом наблюдались пульсации тока в цепи АКБ частотой 50 Гц и амплитудой 7,3 А (RMS величина), то есть величина пульсации тока в батарее примерно равна величине фазного тока в нагрузке (смотри рисунок 4). Данные пульсации тока имеют место как в режиме разряда батареи на нагрузку, так и в режиме поддерживающего заряда и заряда батареи. То есть в течение всего срока эксплуатации батареи в составе ИБП происходит протекание через нее знакопеременного тока существенной величины частотой 50 Гц.



Рисунок 4 – измерение пульсации тока

А) осциллограмма пульсации тока (напряжение на шунте) Б) Измерение тока токовыми клещами

5. Решение компании

Специалистами компании была разработана схема подключения АКБ к звену постоянного тока ИБП, которая обеспечивает нулевой ток пульсации через цепь АКБ. Таким образом обеспечивается более длительный ресурс эксплуатации аккумуляторной батареи (Рисунок 5).



Рисунок 5

При этом ИБП работает штатно, при переходе из режима работы от сети в автономный режим и обратно токовой паузы не происходит, ИБП работает штатно, его технические характеристики соответствуют указанным в технической спецификации.

Список литературы

1. Стандарт ПАО ФСК ЕЭС СТО 56947007-29.120.40041-2010 Системы оперативного постоянного тока подстанций. Технические требования.
2. Гусев Ю.П. – Аккумуляторные батареи для систем оперативного постоянного тока подстанций ЕНЭС // Энергоэксперт 2009 – №4 с. 24 – 29