

КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ ЭНЕРГИИ НАГРУЗКИ В ТРЕХФАЗНОМ МОСТОВОМ ИНВЕРТОРЕ С ПОЛЮСНОЙ КОММУТАЦИЕЙ В РЕЖИМЕ СИНУСОИДАЛЬНОЙ ШИМ

М. А. ЖИТКОВ, В. А. ДОБРУСКИН

(Представлена научно-техническим семинаром НИИ АЭМ)

Инвертор с полюсной коммутацией [1] как и инвертор с индивидуальной коммутацией [2] при определенных условиях способен компенсировать реактивную энергию нагрузки внутри себя.

Основным показателем компенсирующего действия инвертора является однонаправленность тока, потребляемого им от источника питания. При одинаковых условиях диапазон изменения $\cos \varphi_n$, соответствующий полной компенсации реактивной мощности нагрузки, у инвертора с полюсной коммутацией меньше, чем у инвертора с индивидуальной коммутацией. Это объясняется специфичностью закона управления, при котором в полупериоде выходной частоты формируются $(n-1)$ управляющих сигналов (n — кратность модуляции).

Учитывая дополнительный сдвиг между током и напряжением в фазах нагрузки, можно сделать вывод, что работа инвертора с полюсной коммутацией в режиме ШИМ возможна на нагрузку с коэффициентом мощности не ниже $\cos \varphi_n = 0,5$, так как в противном случае среднее значение потребляемого инвертором тока становится отрицательным.

При питании инвертора от источника с односторонней проводимостью (выпрямитель) необходимо компенсировать приходящую от инвертора на шины постоянного тока энергию путем установки конденсатора параллельно источнику. Для выбора его величины необходимо проанализировать изменение мгновенных значений потребляемого инвертором тока. Вполне очевидно, что если ни в одном периоде коммутации мгновенное значение тока инвертора не бывает отрицательным, то работа инвертора возможна без установки компенсирующего конденсатора.

Наличие управляемых нулевых вентилях приводит к тому, что в рассматриваемом инверторе происходит полная компенсация реактивной энергии по мгновенным значениям величин при коэффициенте мощности нагрузки, равном

$$\cos \varphi_n \geq \cos \omega_m T_k. \quad (1)$$

Это происходит благодаря тому, что реактивный (отстающий) ток в фазах нагрузки замыкается через нулевые вентили, минуя источник питания.

Из выражения (1) следует, что для увеличения зоны режима полной внутренней компенсации необходимо уменьшать соотношение f_k/f_m . Так, при $f_k = 24f_m$ инвертор будет полностью скомпенсирован при $\varphi_n \leq 15^\circ$, а при $f_k = 12f_m$ — при $\varphi_n \leq 30^\circ$.

Если значение угла нагрузки φ_n лежит в пределах $\omega_m T_k \leq \varphi_n \leq \frac{\pi}{3}$

то появляются отрезки времени, в течение которых ток нагрузки каждой из фаз замыкается через источник питания, т. е. мгновенное значение тока источника становится отрицательным.

Величина компенсирующей емкости определяется согласно выражению

$$C_d = \frac{\int_t^{t+\Delta t} i_d \cdot dt}{\Delta U_c} \quad (2)$$

где Δt — интервал времени, в течение которого ток направлен от инвертора к источнику;

ΔU_c — допустимая величина изменения напряжения на емкости.

Так как среднее значение тока, потребляемого инвертором, положительно для любого периода несущей частоты, то компенсирующий конденсатор не накапливает энергию от периода к периоду несущей частоты, а, заряжаясь на интервале, когда ток инвертора отрицателен, разряжается до прежнего напряжения за время, когда ток положителен.

Поэтому, для определения величины емкости компенсирующего конденсатора достаточно отыскать один интервал, для которого количество электричества, идущего на заряд конденсатора, максимально. Очевидно, что количество электричества, доставляемое в конденсатор, будет максимально именно в первом после нулевого режима периоде коммутации. Тогда, если обозначить через I_m амплитуду фазового тока при $\lambda=1$, а через λ — глубину модуляции, то для $\varphi_n \geq \frac{2\pi}{n}$ необходимая величина компенсирующей емкости равна

$$C_d = \frac{\lambda \cdot I_m}{f_k \cdot \Delta U_c} \sin \left(\varphi - \frac{3}{2} \frac{\pi}{n} \right) \quad (3)$$

Если $\frac{\pi}{n} \leq \varphi_n \leq \frac{2\pi}{n}$, то величина компенсирующей емкости определяется из выражения

$$C_d = \frac{\lambda \cdot I_m}{f_k \cdot \Delta U_c} \left\{ \sin \left(\varphi - \frac{3}{2} \frac{\pi}{n} \right) + \left[1 - \cos \left(\frac{2\pi}{n} - \varphi \right) \right] \right\} \quad (4)$$

Выражения (3) и (4) показывают, что величина емкости компенсирующего конденсатора не зависит от выходной частоты и определяется значением коэффициента мощности нагрузки и частотой коммутации. При этом с увеличением частоты коммутации величина емкости C_d уменьшается.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Житков. Мостовой инвертор с полюсной коммутацией в режиме синусоидальной ШИМ. Известия ТПИ, т. 262, 1972.
2. А. С. Сандлер, Ю. М. Гусяцкий. Тиристорные инверторы с широтно-импульсной модуляцией. М., «Энергия», 1968.