

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА С КОЭФФИЦИЕНТОМ СДВИГА, РАВНЫМ ЕДИНИЦЕ

А. И. ЗАЙЦЕВ, В. Н. МИШИН, В. Л. КУЗЬМИН

(Представлена научно-техническим семинаром НИИ АЭМ)

Компенсационные преобразователи дают возможность компенсировать реактивную мощность в сети при одновременном питании нагрузки выпрямленным током [1—2]. Однако величина генерируемой мощности является функцией угла управления и нагрузки, что не всегда желательно в практике. Для электропривода постоянного тока с глубоким диапазоном регулирования скорости и резко переменной нагрузкой целесообразна работа преобразователя с $\cos \varphi = 1$ независимо от глубины регулирования, что разгрузит сеть от сбросов-набросов реактивной мощности.

Рассмотрим варианты регулирования преобразователей с соблюдением условия $\cos \varphi = 1$ на примере мостового трехфазного преобразователя в предположении мгновенной коммутации.

I. Преобразователь с разноименной коммутацией групп (линейная диаграмма представлена на рис. 1). В рассматриваемом случае одна группа вентиля работает с искусственной коммутацией и опережающими углами управления (α_n), а другая — с естественной коммутацией вентилей и отстающими углами управления (α_e), причем $|\alpha_n| = |\alpha_e| = \alpha$.

В зависимости от величины углов управления в рассматриваемом преобразователе возможны два режима

$$а) 0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{6}; \quad \frac{5\pi}{6} \leq \alpha \leq \pi.$$

Выпрямленное напряжение определяется выражением

$$u_d = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} U_n \left[\sqrt{3} \sin \left(\frac{\pi}{6} + \alpha \right) + \sin \left(\frac{\pi}{3} - 2\alpha \right) \cos \alpha \right], \quad (1)$$

где U_n — действующее значение фазного напряжения на входе преобразователя.

Коэффициент искажения

$$\nu = \frac{I_{(1)}}{I_d} = \frac{3}{2\pi} \sqrt{2 + \sqrt{3} \cos \left(\frac{\pi}{6} + 2\alpha \right) + \sin \left(\frac{\pi}{6} + 2\alpha \right)}, \quad (2)$$

где $I_d, I_{(1)}$ — действующие значения линейного тока и его первой гармоники соответственно.

$$б) \frac{\pi}{6} \leq \alpha \leq \frac{5\pi}{6},$$

$$u_d = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} u_n \cos \alpha, \quad (3)$$

$$\nu = \frac{0,5\sqrt{6}}{\sqrt{\pi^2 \left(1 - \frac{2\alpha}{\pi}\right)}} \sqrt{2 + \sqrt{3} \cos \left(\frac{\pi}{6} + 2\alpha\right) + \sin \left(\frac{\pi}{6} + 2\alpha\right)}. \quad (4)$$

Как следует из рис. 1 и выражений (1, 2, 3, 4), для рассматриваемого случая характерны высокое содержание в кривой первичного тока высших гармонических (рис. 5, кривая I) и значительные пульсации выпрямленного напряжения.

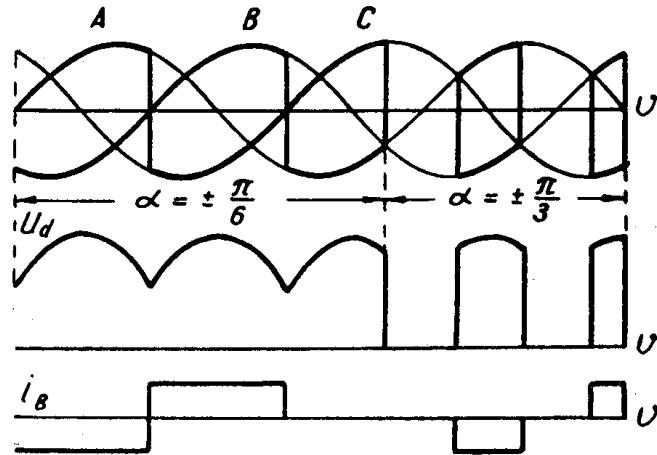


Рис. 1

II. Преобразователь с симметричным «выпрямлением» полуволн линейного напряжения относительно амплитудного значения (рис. 2). При данном способе управления продолжительность импульсов тока через вентили моста равна $\lambda = \frac{2\pi}{3} - 2\alpha$, поэтому при $\alpha > 0$ ток нагрузки часть периода протекает через нулевой вентиль. Средняя величина выпрямленного напряжения

$$u_d = \frac{6\sqrt{6}}{\pi} u_n \sin \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right), \quad (5)$$

а коэффициент искажения

$$\nu = 3 \sqrt{\frac{2 - \cos 2\alpha - \sqrt{3} \sin 2\alpha}{\pi^2 - 6\alpha\pi}}. \quad (6)$$

Для данного варианта также характерно значительное искажение фазного тока (рис. 5, кривая II) и существенные пульсации выпрямленного напряжения.

III. Уменьшить содержание высших гармонических в кривой тока, потребляемого из сети, и пульсации выпрямленного напряжения можно, используя преобразователь с буферными вентилями (рис. 3) и симмет-

ричным «выпрямлением» полуволн фазного напряжения. Выражение для выпрямленного напряжения имеет следующий вид:

$$u_d = \frac{6\sqrt{2}}{\pi} u_n \sin\left(\frac{\pi}{3} - \alpha\right). \quad (7)$$

Коэффициент искажения

$$\nu = \sqrt{\frac{6\left[1 + \sin\left(\frac{\pi}{6} - 2\alpha\right)\right]}{\pi(\pi - 3\alpha)}}. \quad (8)$$

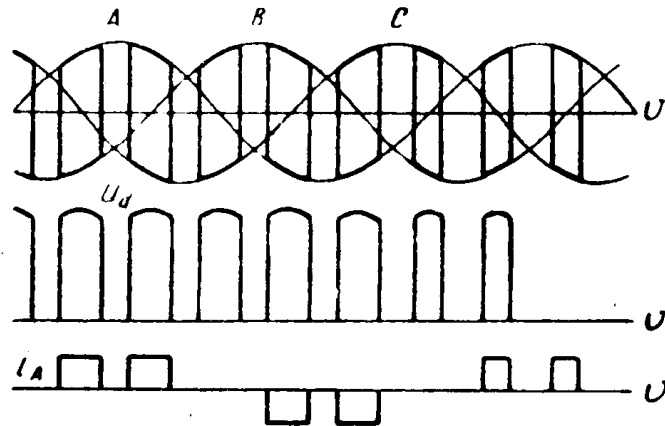


Рис. 2

Коэффициент искажения в данном варианте управления максимальный (рис. 5, кривая III), а пульсации тока в нагрузке — минимальны.

Все три варианта, несмотря на то, что у них $\cos \varphi = 1$, отличаются большим искажением фазного тока и значительными пульсациями выходного напряжения.

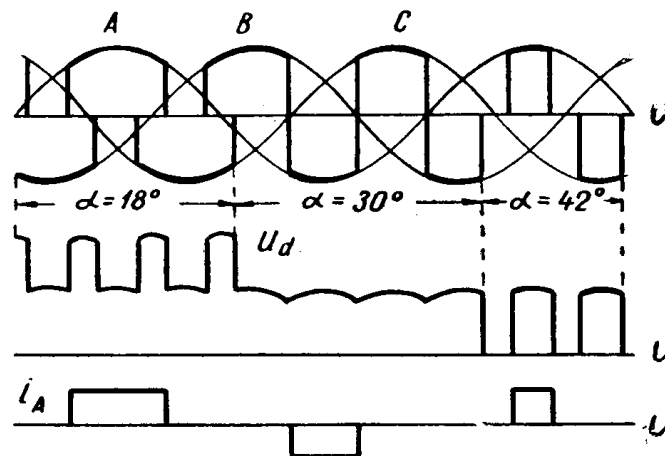


Рис. 3

IV. В большой степени эти недостатки устраняются, если на общую нагрузку работают компенсационный и обычный мостовые преобразователи, соединенные параллельно или последовательно (рис. 4). Выпрямленное напряжение в такой системе определяется выражением

$$u_d = \frac{6\sqrt{6}}{\pi} u_{II} \cos \alpha. \quad (9)$$

Коэффициент искажения описывается тремя уравнениями, соответствующими различным областям изменения угла управления:

$$0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{6}; \quad \frac{5\pi}{6} \leq \alpha \leq \pi; \quad (10)$$

$$\gamma = \frac{\sqrt{6 \left[2 + \sqrt{3} \sin \left(\frac{\pi}{3} - 2\alpha \right) + \sin \left(\frac{\pi}{6} + 2\alpha \right) \right]}}{2\pi \sqrt{\frac{2}{3} - \frac{\alpha}{\pi}}}; \quad (11)$$

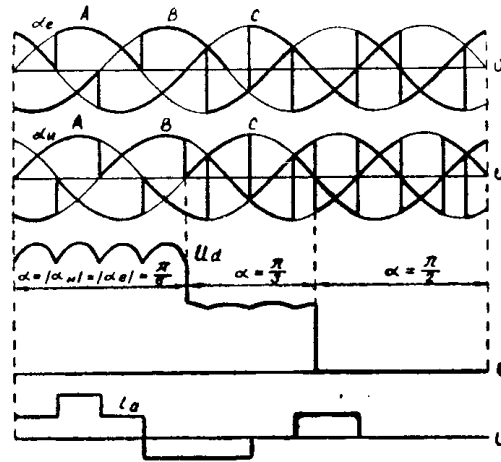


Рис. 4

$$\frac{\pi}{6} \leq \alpha \leq \frac{\pi}{3}; \quad \frac{2\pi}{3} \leq \alpha \leq \frac{5\pi}{6}; \quad (12)$$

$$\gamma = \sqrt{\frac{3 \left[6 + 3\sqrt{3} \cos \left(\frac{\pi}{6} + 2\alpha \right) + 3 \sin \left(\frac{\pi}{6} + 2\alpha \right) \right]}{\pi(5\pi - 12\alpha)}}; \quad (13)$$

$$\frac{\pi}{3} \leq \alpha \leq \frac{2\pi}{3}; \quad (14)$$

$$\gamma = \frac{\sqrt{\pi \left[6 + 3\sqrt{3} \cos \left(\frac{\pi}{6} + 2\alpha \right) + 3 \sin \left(\frac{\pi}{6} + 2\alpha \right) \right]}}{\pi \sqrt{\pi - 2\alpha}}. \quad (15)$$

Зависимость коэффициента искажения от глубины регулирования выходного напряжения представлена на рис. 5 (кривая IV). Искажение фазного тока здесь начинает увеличиваться в области изменения угла управления от $\frac{\pi}{3}$ до $\frac{\pi}{2}$. Пульсации выпрямленного напряжения минимальные и не зависят от диапазона регулирования.

Кривая V (рис. 5) показывает изменение коэффициента мощности обычного преобразователя с естественной коммутацией с глубиной регулирования выпрямленного напряжения.

Таким образом, из числа рассмотренных вариантов преобразовательных устройств с $\cos \varphi = 1$ наиболее целесообразной представляется комбинация, составленная из компенсационного и обычного преобразователей, соединенных последовательно или параллельно и включенных на

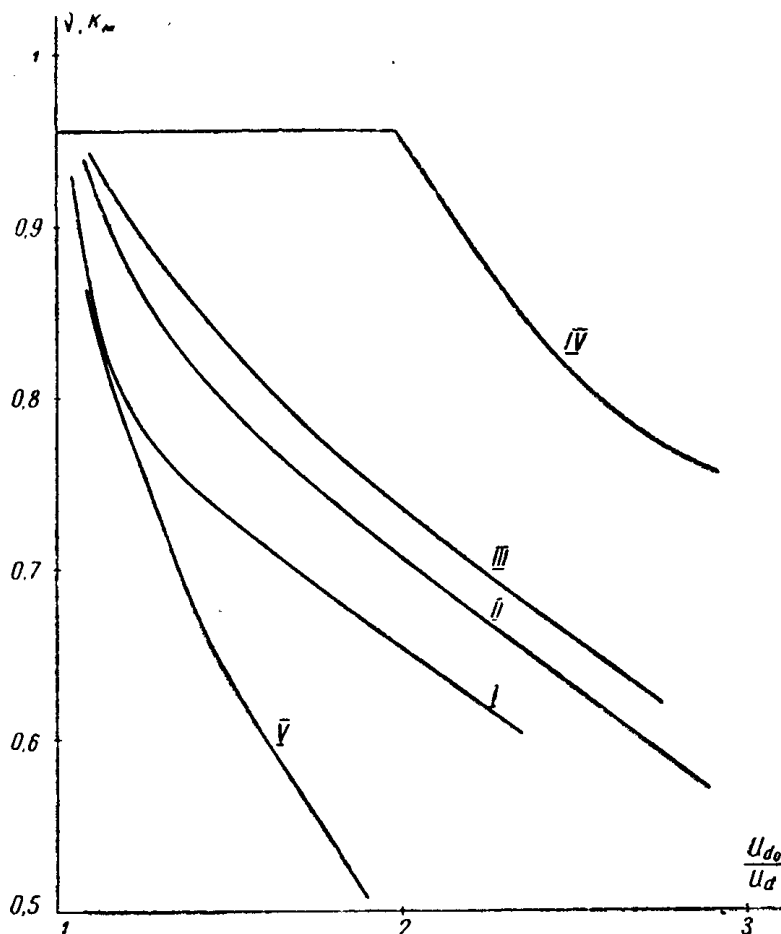


Рис. 5

общую нагрузку. Применение таких устройств в реверсивных системах дает возможность получить идеальное согласование характеристик комплектов, что позволит обходиться без уравнивающих реакторов [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. А. И. Зайцев, В. Н. Мишин. Тиристорные преобразователи с искусственной коммутацией. Доклад на научно-технической конференции. Состояние и перспективы развития производства и внедрения силовых полупроводниковых вентилях и преобразовательных устройств на их основе. ВНИИЭМ., М., 1966.

2. А. И. Зайцев, В. Н. Мишин, Н. Н. Мишина. Характеристики одного класса компенсационных преобразователей. Сб.: «Устройства преобразовательной техники», вып. 1. Киев, 1969.

3. Г. Г. Магазинник, И. В. Дудченко, В. А. Тихомиров. Некоторые особенности статики и динамики компенсированных тиристорных преобразователей для привода постоянного тока. Доклады VII научно-технической конференции. Статические преобразователи в автоматике и электроприводе, Томск, 1971.