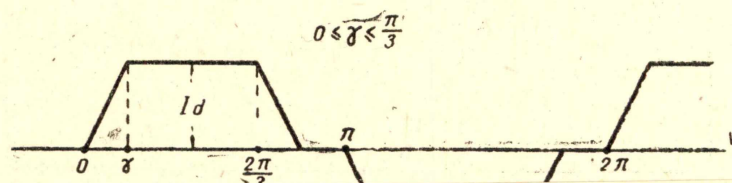


ГАРМОНИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТОКА ОДНОМОСТОВЫХ ТИРИСТОРНЫХ ИРМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ КОММУТАЦИИ

А. И. ЗАЙЦЕВ, В. Н. МИШИН, Д. Ф. ЗЕНКОВ

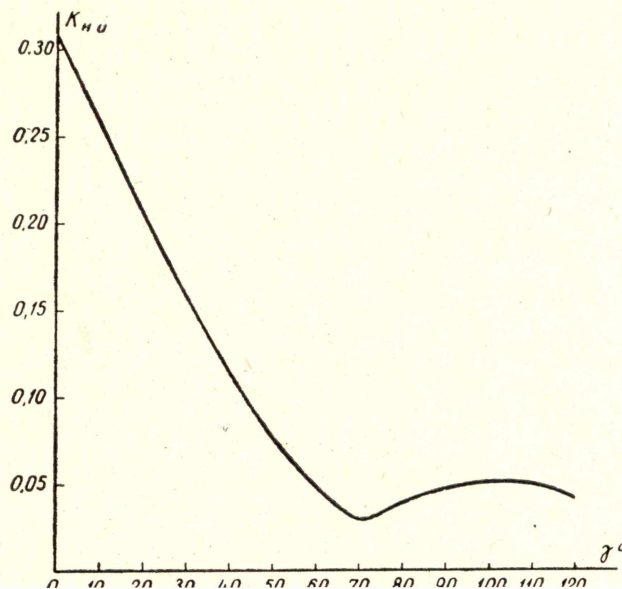
(Представлена научно-техническим семинаром НИИ АЭМ)

Одним из основных недостатков вентильных регулируемых источников реактивной мощности (ИРМ) на основе преобразователей переменного тока в постоянный с искусственной коммутацией является значительное содержание в кривой тока высших гармонических [1], [2]. Для улучшения формы кривой тока предлагается использовать 12-фазные преобразователи [1], что усложняет силовую часть ИРМ. Улучшить гармонический состав тока ИРМ можно также путем увеличения продолжительности перевода тока из фазы в фазу, т. е. увеличивая угол



мальная величина коэффициента нелинейных искажений, соответствующая $\gamma = \gamma_{\text{опт}}$, равна $K_{\text{н.н. min}} = 3,8\%$.

На рис. 2 и 3 приведены график уравнения $K_{\text{н.н.}}(\gamma)$ и график функций $\frac{I_{(k)}}{I_{(1)}}(\gamma) = I_{k*}(\gamma)$ для 5, 7, 11 и 13 гармоник.



В зависимости от величины угла коммутации можно выделить два режима работы преобразователя ИРМ:

1) $\gamma \leq \frac{\pi}{3}$ — в коммутационный период проводят ток три вентиля преобразователя;

2) $\gamma \geq \frac{\pi}{3}$ — на некотором интервале коммутации проводят ток четыре вентиля — по два в каждой группе моста.

Разлагая кривую тока в ряд Фурье, получим выражение для определения действующего значения гармоник тока

$$I_{(k)} = \frac{\sqrt{2} I_d}{\pi \gamma k^2} \sin k \frac{\pi}{3} \sin k \frac{\gamma}{2},$$

где I_d — величина тока, протекающего на стороне постоянного тока преобразователя ИРМ;

γ — величина угла коммутации;

$k = 6n \pm 1$ — номер гармоники ($n = 0, 1, 2, 3, \dots$).

Действующее значение тока, генерируемого ИРМ,

$$I_d = I_a \sqrt{\frac{2}{3} - \frac{\gamma}{3\pi}} \quad 0 \leq \gamma \leq \frac{\pi}{3}, \quad (2)$$

$$I_d = I_a \sqrt{1 - \frac{2\gamma}{3\pi} - \frac{\pi}{9\gamma} + \frac{\pi^2}{81\gamma^2}} \quad \frac{\pi}{3} \leq \gamma \leq \frac{2\pi}{3}, \quad (3)$$

коэффициент нелинейных искажений тока ИРМ определится как

$$K_{\text{ни}} = \frac{\sqrt{I_d^2 - I_{(1)}^2}}{I_{(1)}} = \sqrt{\frac{2\pi(2\pi - \gamma)\gamma^2}{144 \sin^2 \frac{\gamma}{2}} - 1} \quad 0 \leq \gamma \leq \frac{\pi}{3}, \quad (4)$$

$$K_{\text{н.и}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \gamma^2 \left(1 - \frac{2\gamma}{3\pi} - \frac{\pi}{9\gamma} + \frac{\pi^2}{81\gamma^2}\right)}{24 \sin^2 \frac{\gamma}{2}} - 1} \quad \frac{\pi}{3} \leq \gamma \leq \frac{2\pi}{3}, \quad (5)$$

где $I_{(1)}$ — действующее значение первой гармоники тока ИРМ.

Анализ уравнений (4) и (5) показывает, что на участке углов коммутации $0 \leq \gamma \leq \frac{\pi}{3}$ с увеличением угла коммутации коэффициент нелинейных искажений тока ИРМ монотонно уменьшается, а на участке $\frac{\pi}{3} \leq \gamma \leq \frac{2\pi}{3}$ функция $K_{\text{н.и}}(\gamma)$ имеет два экстремума, один из которых является минимумом коэффициента нелинейных искажений. Оптимальная величина угла коммутации, при которой содержание высших гармоник в кривой тока ИРМ минимально, определяется уравнением

$$\operatorname{tg} \frac{\gamma_{\text{опт}}}{2} = \frac{9\pi\gamma_{\text{опт}}^2 - 6\gamma_{\text{опт}}^3 - \pi^2\gamma_{\text{опт}} + \frac{\pi^3}{9}}{18\pi\gamma_{\text{опт}} - 18\gamma_{\text{опт}}^2 - \pi^2}, \quad (6)$$

откуда, решая численными методами, получим $\gamma_{\text{опт}} = 69,75^\circ$, а мини-

мальная величина коэффициента нелинейных искажений, соответствующая $\gamma = \gamma_{\text{опт}}$ равна $K_{\text{н.и.мин}} = 3,8\%$.

На рис. 2 и 3 приведены график уравнения $K_{\text{н.и}}(\gamma)$ и график функций $\frac{I_{(\kappa)}}{I_{(1)}}(\gamma) = I_{\kappa*}(\gamma)$ для 5, 7, 11 и 13 гармоник.

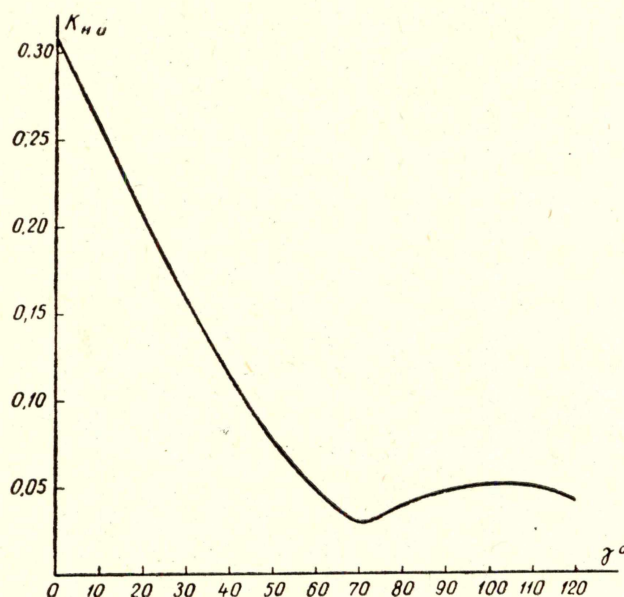


Рис. 2

Из (4) и (5) и рис. 2 и 3 следует, что наиболее эффективно увеличение угла коммутации при малых значениях последнего. При углах коммутации, больших $\frac{\pi}{3}$, увеличение продолжительности коммутации относительно меньше изменяет содержание высших гармоник в токе ИРМ. Целесообразная величина угла коммутации должна определяться путем технико-экономических расчетов с учетом ущерба, наносимого генера-

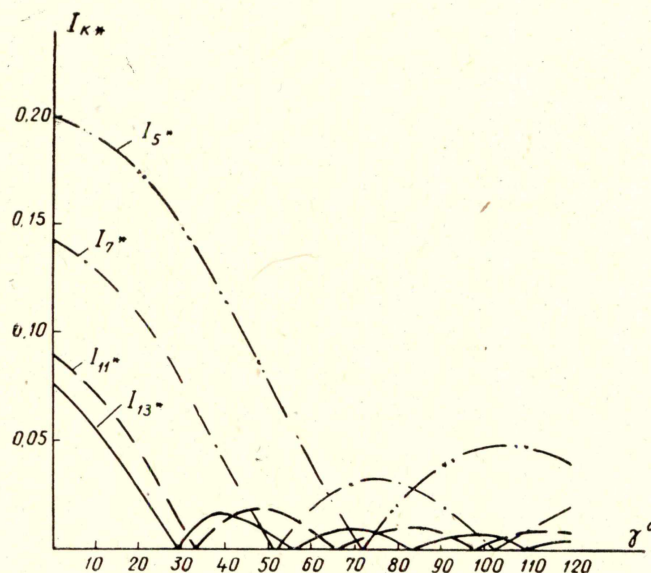


Рис. 3

цией в сеть высших гармоник. В первом приближении можно ориентироваться на ГОСТ 183-66, определяющий величину коэффициента нелинейных искажений напряжения генераторов переменного тока, принимая для ИРМ ту же степень искажения тока. Тогда, рассчитывая ИРМ на $K_{н.и} \leq 0,05$, получим $\gamma \geq \frac{\pi}{3}$. Таким образом, содержание высших гармоник в токе ИРМ может быть снижено путем увеличения угла коммутации до достаточно малых величин при использовании однофазного преобразователя, т. е. без усложнения силовой части.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Я. Гумановский, В. И. Плесков, С. И. Воропаев, А. А. Поскробко. Тиристорный источник реактивной мощности. «Электричество», 1970, № 11.
 2. А. И. Зайцев, В. Н. Мишин, Д. Ф. Зенков, Л. В. Александрова. К расчету тиристорных источников реактивной мощности (ИРМ). Доклады VII научно-технической конференции, Томск, 1971.
-