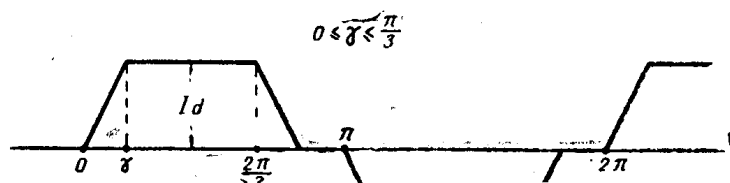


## ГАРМОНИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТОКА ОДНОМОСТОВЫХ ТИРИСТОРНЫХ ИРМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ КОММУТАЦИИ

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

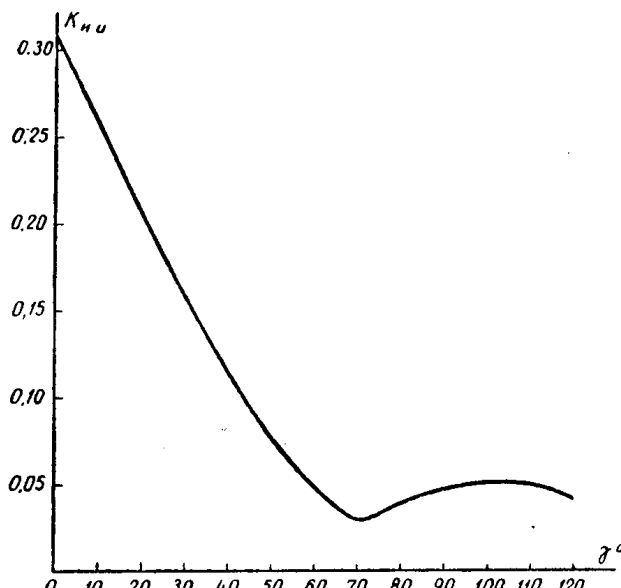
(Представлена научно-техническим семинаром НИИ АЭМ)

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  $K_{н.н \text{ min}} = 3,8\%$ .

На рис. 2 и 3 приведены график уравнения  $K_{н.н}(\gamma)$  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;

$\gamma$  — величина угла коммутации;

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

Действующее значение тока, генерируемого ИРМ,

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

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

коэффициент нелинейных искажений тока ИРМ определится как

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

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

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  $K_{н.и}(\gamma)$  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  $K_{н.и\text{min}} = 3,8\%$ .

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

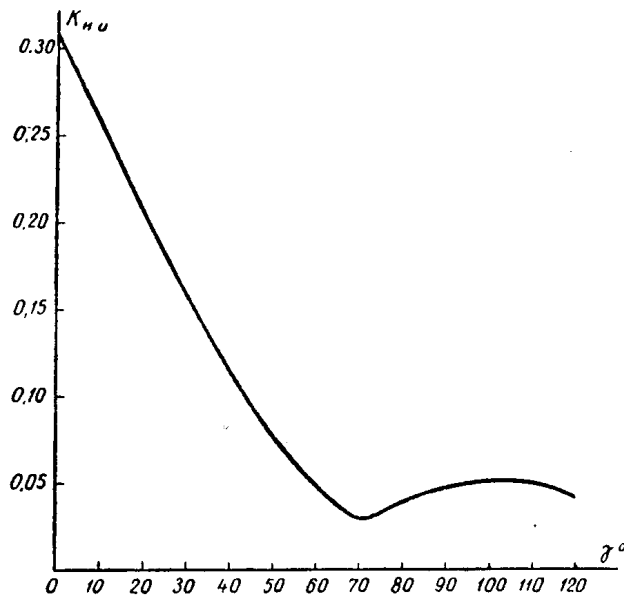


Рис. 2

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-

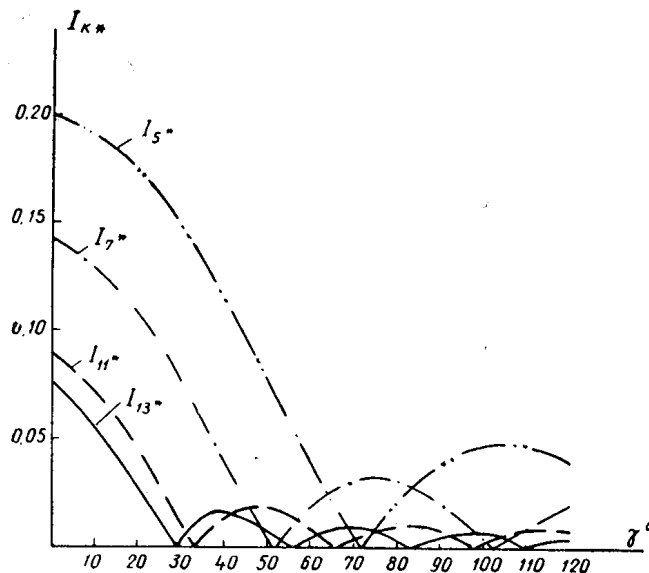


Рис. 3

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.
-