

Мы рассматривали энергетические характеристики тиристорных преобразователей, зависящих от сети. Рассматривали КПД.

Напомним коэффициент мощности, который определялся как

$$\lambda = \frac{P}{S}$$

при допущении: Напряжение <на первичной стороне> синусоидальное.

$U = U_{(1)}$ – напряжение равно напряжению первой гармоники.

Если сеть трехфазная, то $S = 3U_{\phi}I$. Формула написана для фазного напряжения, если рассматривать линейное, то добавим $\sqrt{3}$. I синусоидальным считать нельзя.

$$I = \sqrt{\sum_{k=0}^{\infty} I_k^2}$$

$$k = \frac{f_{\text{гармоники}}}{f_{\text{сети}}} = m, m \pm 1$$

грубо $\frac{I_{(k)}}{I_{(1)}} \simeq \frac{1}{k}$ – так можно считать для малых k .

при $m = 6$ $k = 5, 7, 11, 13, 17, 19$ ‘Это соотношение выполняется для первых m . Выполняется тем более точно, чем меньше угол коммутации $\gamma = 0$, А угол $\alpha = 0$. Эти условия выполняются в том случае если ток мал и индуктивность мала, или и то и другое.

Если подставить значение S и P .

Активная мощность передается током и напряжением одинаковых частот.

$$P = U \cdot I_{(1)} \cos \phi \quad \text{— но могу и не писать}$$

Напряжение и токи разных частот не передают ни активной ни реактивной мощности. Активную и реактивную мощность передают U и I одинаковых частот.

Это допущение. На самом деле сеть не бесконечной мощности, ток будет падать на сопротивлениях и напряжение тоже будет иметь гармоники, но по допущению гармоник напряжения нет.

$$Q = U \cdot I_{(1)} \sin \phi = 3U_{\phi}I_{(1)} \sin \phi$$

$$\lambda = U \cdot I(1) \cos \phi = \frac{3U_{\phi}I_{(1)} \cos \phi}{3U_{\phi}I} = \frac{I_{(1)}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{\infty} I_k^2}} \cos \phi = \nu \cdot \cos \phi$$

$$\lambda = \nu \cdot \cos \phi \quad (1)$$

Что такое ν ? Это коэффициент несинусоидальности. Ю лучше назвать коэффициент искажения тока. $\nu < 1$, А насколько.

Пренебрегая углом коммутации

$$\nu \cong \frac{3}{\pi} = 0.955$$

С ростом гармоник амплитуда $I_{(k)}$ падает. Первые гармоники вносят наибольший вклад в $I = \sqrt{\sum I_k^2}$.

Продолжим равенство

$$= \frac{I_1}{\sqrt{I_{(k)}^2 + \sum_{k>1} I^2}} = \frac{I_{(1)}}{\sqrt{I_1^2 + I_\nu^2}}$$

Все I в формуле – действующие значение, и $\nu = \sum_{k>1} I^2$

Коэффициент λ равен $\cos\phi$ только в случае если есть только первая гармоника, а если нет, то напомним

$$\cos\phi = \frac{\cos\alpha + \cos(\alpha + \gamma)}{2}$$

Если γ мало, то $\cos\phi = \cos\alpha$. Часто используют приближение $\cos\phi = \cos(\phi + \frac{\gamma}{2})$. Если знаете α и γ , то зачем пользоваться приближенным, если есть точное.

Если $\cos\phi$ мал, то это плохо, потому что $Q \sim \sin\phi$. Так что надо повышать, говорят что до 0.95.

Если я возьму катушку, это плохо, но важна еще мощность, сила тока. Если $\cos\phi = 0.1$ это не плохо, если полная мощность 10ватт.

У трансформаторов на холостом ходу очень низкий $\cos\phi$, но при холостом ходе течёт малы ток.

Когда говорят о коэффициенте мощности тиристорного преобразователя, то ...

$$P = 3U_\phi I_{(1)} \cos\phi_{(1)} \simeq U_d I_d$$

$$Q = 3U_\phi I_{(1)} \sin\phi_{(1)} \simeq \sqrt{1 - \left(\frac{P}{E_d I_d}\right)^2}$$

Почему так. Вернулись к S полной мощности.

$$S = 3U_\phi \sqrt{I_{(1)}^2 + I_{(\nu)}^2} = \sqrt{\left(3U_\phi I_{(1)}\right)^2 + \left(3U_\phi I_\nu\right)^2} = \sqrt{S_{(1)}^2 + S_\nu^2}$$

$S_{(1)}$ – так обозначили по аналогии с током. $S_{(\nu)}$ – полная мощность остальных гармоник, мощность искажения по аналогии с током искажения.

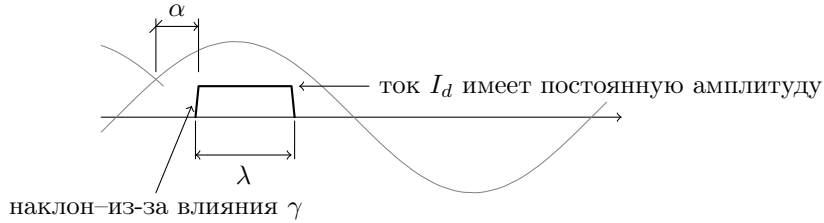
Для первой гармоники справедливо

$$S_{(1)} = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2 + S_\nu^2} \quad (2)$$

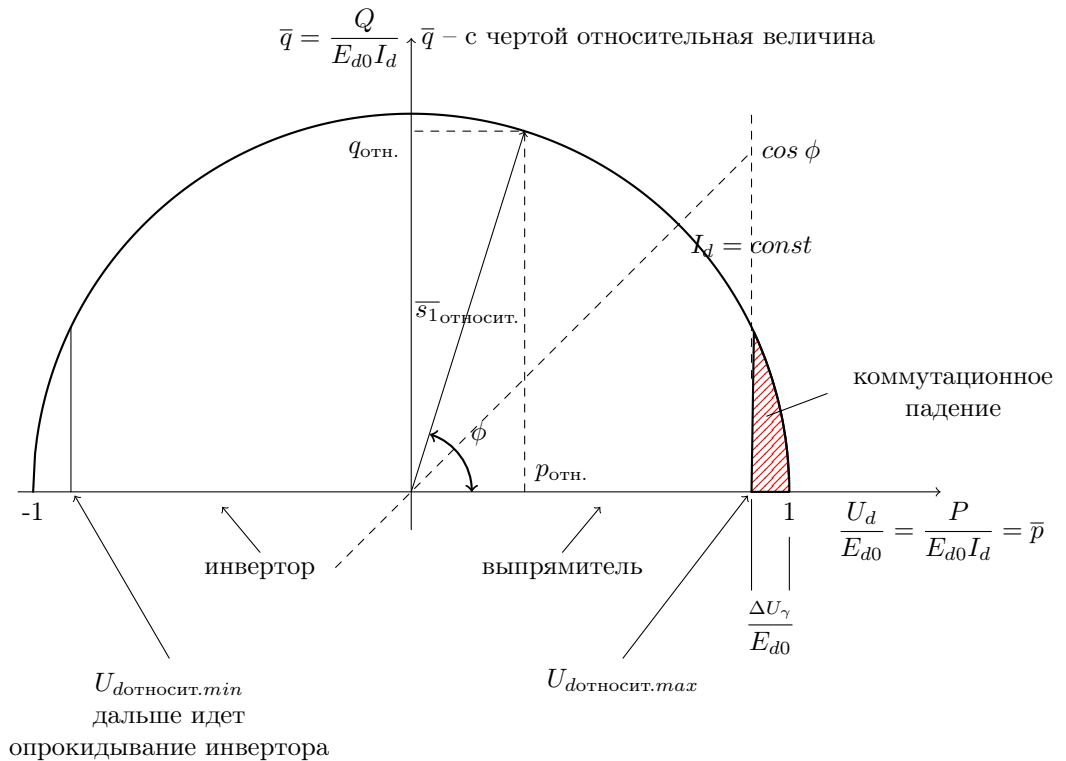
$$S_{(1)} = 3U_\phi I_{(1)} \simeq const$$

Рассматриваем, как меняется S , меняя α при $I_d = const$



Ток I_d имеет постоянную амплитуду, λ примерно одной ширины. Влияние γ мало. Значит действующее значение не меняется.

При постоянстве выпрямленного тока I_d и изменении угла α величина 1-й гармоники сетевого тока сохраняется практически неизменной с точностью до долей процента!



$$S_1 \text{ (в относительных единицах)} = \frac{S_1}{E_{d0}I_d} \approx 1 \quad (3)$$

Академически не точно, но с точностью доли процента.

При $\alpha = 0$, при отсутствии γ , $\cos\phi = 1$, значит, полная мощность равна активной мощности.

$$S_{1max} \approx E_{d0}I_d \quad (4)$$

значит $\alpha = 0$, $\gamma = 0$. S_1 с достаточно большой точностью можно считать равным $E_{d0}I_d$.

$(\bar{q})^2 + (\bar{p})^2 = (\bar{s}_1)^2 = 1$ в относительных единицах.

Провели окружность, но пользоваться с осторожностью. Например, если I_d номинал, два номинала. Коммутационное $U_{d\text{коммутационное}}$ зависит от I

\bar{p} = численно равно $\cos\phi$

Круговая диаграмма более информативна.

Представим $\cos\phi = 0$, но если ток номинальный $Q = 100\%$.

Низкое значение(большое значение) $\cos\phi$ при глубоком регулировании выпрямленного напряжения, или, точнее, большое значение реактивной мощности является главным недостатком тиристорных преобразователей.

Второй главный недостаток – это сравнительно большая величина высших гармоник, потребляемых из сети тока.

Достоинство – высокий КПД

<Провели линию $\cos\phi$ > Что такое отрицательный $\cos\phi$? Это...

$m = 6$, $k = 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 25$

$$\nu \approx \frac{3}{\pi} = 0.955 = \frac{I_\nu}{I}$$

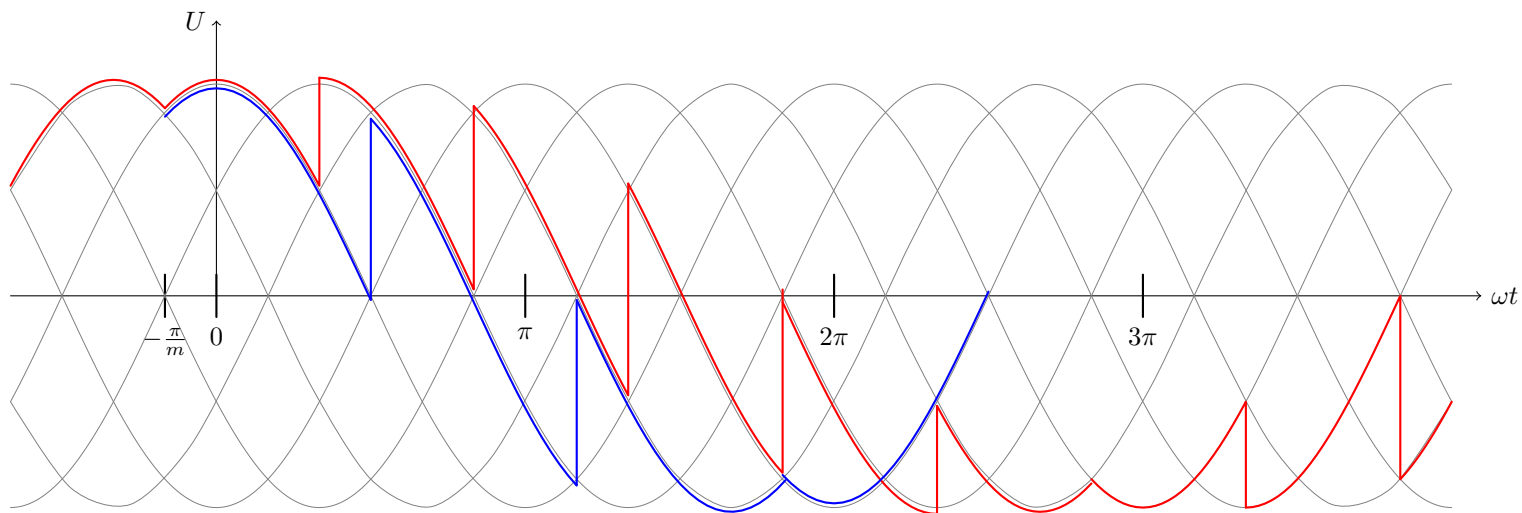
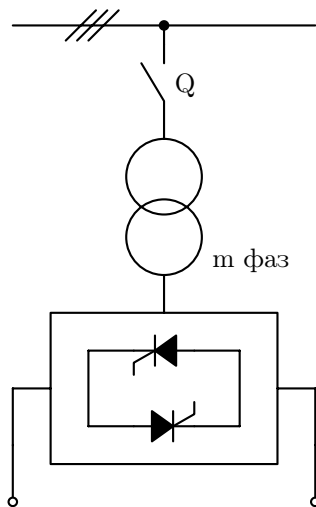
$$I = \sqrt{I_1^2 + I_\nu^2}$$

Хочу найти в абсолютных единицах чему равно I_ν . $I_{\nu max} \approx 0.3I$ – высшие гармоники 30%. Это доказывает, что высших гармоник достаточно много.

0.0.1 Непосредственные преобразователи частоты

правильное наименование – с непосредственной связью, без звена постоянного тока.

НПЧ представляет собой реверсивный тиристорный преобразователь, выпрямленное значение которого изменяется с заданной частотой. Выпрямленное напряжение изменяется по величине и знаку.



α изменяется периодически $\alpha = f(t)$.

Было

$$E_d = E_{d0} \cos \alpha \quad (5)$$

, $\alpha = f(t)$

$$E_d = E_m \cos (\phi_{\text{нач.}} + w_{\text{вых.}} t) \quad (6)$$

где, $w_{\text{вых.}} = 2\pi f_{\text{вых.}}$.

Приравняв 5 и 6 находим:

$$\cos \alpha = \frac{E_m}{E_{d0}} \cos (\phi_{\text{нач.}} + w_{\text{вых.}} t)$$

$$\alpha = \arccos \left[\frac{E_m}{E_{d0}} \cos (\phi_{\text{нач.}} + w_{\text{вых.}} t) \right] \quad (7)$$

Частный случай, при $E_m = E_{d0}$

$$\alpha = \phi_{\text{нач.}} + w_{\text{вых.}} t \quad (8)$$

Это объясняет, почему были сделаны равные приращения на рисунке выше.

Принцип работы при любом числе фаз.

Было написано U , а использую E , потому что не учитываем падение на вентильях.

На выходе <было рассмотрено> однофазное напряжение. Но нужно трехфазное. Поэтому такие НПЧ содержат три реверсивных преобразователя.