

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ В ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ ПОСТОЯННОГО ТОКА

В статье рассмотрены вопросы относительно преобразовательных устройств постоянного тока. Во многих случаях преобразователи переменного тока на постоянный ток обладают низкими значениями коэффициента мощности, поэтому важной задачей при разработке их является повышения коэффициента мощности, а также создать вентильные преобразователи потребляющий от сети ток синусоидальной формы.

Ключевые слова: вентильные преобразователи, момент, коэффициент мощность, напряжение, ток, тиристоры, диоды, выпрямление.

A.U. Karaev - older teacher the Department of Electric Power Supply
S.B. Kokchoeva - teacher the Department of Electric Power Supply

RESEARCH INCREASE COEFFICIENT POWER OF TRANSFORMATION DEVICES DIRECT CURRENT

In the article the questions concerning the direct current devices. In many cases AC-to-DC converters have low power factor values, so an important task in developing them is to increase the power factor, and also to create a gate-to-wall converter using a sinusoidal current.

Key words: Gate converters, moment, power factor, voltage, current, thyristors, diodes, straightening.

Актуальность. Преобразовательные устройства электрической энергии являются важной частью нагрузочных элементов сетей. Многие устройства и установки энергетической системы работают непосредственно на постоянном токе, поэтому развития электроэнергетики и электротехники тесно связано с работой преобразовательных устройств, которые свою очередь влияют на режимы работы электрических сетей.

Вентильные преобразователи постоянного тока

Вентильные преобразователи широко применяются для преобразования электрической энергии, вырабатываемой и передаваемой в виде переменного напряжения стандартной частоты $f=50$ гц в электрическую энергию другого вида - в постоянный ток с нестандартной ($f_n < f_c$ или $f_n > f_c$) или изменяемой частотой. Многие установки и устройства в настоящее время потребляют энергию в преобразованном виде, в том числе постоянного тока. Например, электропривод, тяговые электроприводы и трансформаторы, электрические машины постоянного тока, мощные электротермические и электротехнологические установки.

Важную роль применения вентильных преобразователей является линии электропередачи в электрических сетях и системах. В первую очередь речь идет о линиях передач постоянного тока, которые экономически эффективны для передачи энергии на большие расстояний. Одним из таких областей применения являются тиристорные источники реактивной мощности, позволяющие вырабатывать и регулировать реактивной мощности для компенсации ее дефицита в энергосистеме, другими словами с помощью тиристорных источников реактивной мощности можно повысить коэффициент мощности, которая охарактеризуется как нагрузкой сети.

$$\chi = p/S$$

где p - активная мощность, потребляемое преобразователем из сети;

$S = U \cdot I$ - полная мощность, потребляемая из сети; где U и I – действующие значения напряжения сети и потребляемого тока.

Источники реактивной мощности позволяют повысить коэффициент мощности любых цепей, однако их использование вместе с вентильными преобразователями имеют свою специфику.

Для того чтобы достичь предельного значения $\chi = 1$, необходимо создать вентильные преобразователи потребляющие от сети ток синусоидальной формы.

Для выпрямителя режима работы на RL-нагрузке при непрерывности выходного тока и при любом числе фаз выпрямителя m выходное напряжение определяется выражением

$$E_d = E_{d0} \cos \alpha,$$

где E_{d0} - выпрямленное напряжение при $\alpha = 0$. При выводе, которого, не учитывались коммутационные процессы. При этом

$$\cos \varphi = \cos \alpha = E_d / E_{d0}.$$

Зависимость $\cos \varphi = f(E_d / E_{d0})$ приведена на рис. 2 (кривая 1). Это зависимость показывает, что при регулировании выходного напряжения выпрямителя E_d коэффициент мощности выпрямителя сильно снижается, что обусловлено ростом угла управления и реактивной мощности, потребляемой преобразователем.

1. Рассмотрим выпрямитель с нулевым вентилем. Однофазная мостовая схема выпрямителем с нулевым вентилем приведена на рис. 1, а и на рис 1, б, в приведены временные диаграммы напряжений и токов выпрямителя.



Рис.1. Однофазный выпрямитель с нулевым вентилем: а - электрическая схема; б, в – временные диаграммы напряжений и токов

В момент $\theta = \alpha$ подаются управляющие импульсы на тиристоры V1 и V2, ток протекает через нагрузку, и к нагрузке приложено напряжение $u_d = u_1$, при этом полярность u_d и направление i_d совпадают, следовательно, энергия передается от сети в нагрузку. Диод V_k заперт приложенным к нему напряжением u_d . На этом этапе процессы в схеме развиваются, как и в обычном выпрямителе.

В момент $\theta = \pi$ полярность напряжения $u_d(t) = u_1(t)$ изменяется и открывается шунтирующий

диод V_k . Ток нагрузки замыкается через диод V_k , $i_d(t) = i_0(t)$ и энергия, накопленная в индуктивности, рассеивается на сопротивлении R_n . При включении диода V_k ток через тиристоры $V1$ и $V2$ прекращается и $i_1(t) = 0$. В момент $\theta = \pi + \alpha$ включаются тиристоры $V3$ и $V4$ и процессы в схеме повторяются.

Таким образом, первичный ток i_1 прерывается при перемене знака напряжения u_1 . Фазовый сдвиг 1-й гармоники тока (рис. 1, б пунктиром) относительно напряжения сети u_1 равен $\varphi = \varphi = \alpha / 2$, т.е. меньше значения φ в обычном выпрямителе при том же угле управления.

Среднее значение ЭДС выпрямителя

$$E_d = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \sqrt{2} E_2 \sin \theta d\theta = \frac{\sqrt{2} E_2}{\pi} (-\cos \theta) \Big|_{\alpha}^{\pi} = \frac{\sqrt{2} E_2}{\pi} (-\cos \theta) \Big|_{\alpha}^{\pi} = E_{d0} \frac{1 + \cos \alpha}{2} \quad (1)$$

зависимость $\cos \varphi = f(E_d / E_{d0})$ для однофазного выпрямителя с нулевым вентилем приведена на рис. 2 (кривая 2).

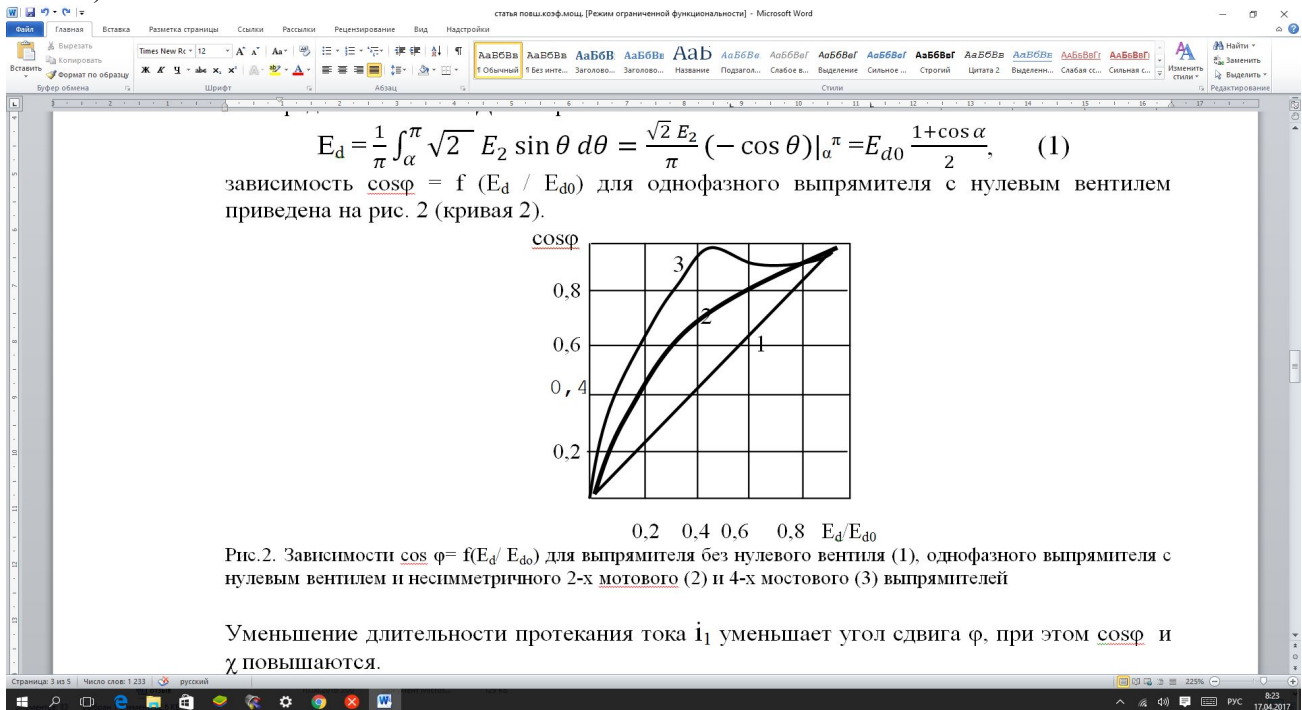


Рис. 2. Зависимости $\cos \varphi = f(E_d / E_{d0})$ для выпрямителя без нулевого вентиля (1), однофазного выпрямителя с нулевым вентилем и несимметричного 2-х мотового (2) и 4-х мостового (3) выпрямителей

Уменьшение длительности протекания тока i_1 уменьшает угол сдвига φ , при этом $\cos \varphi$ и χ повышаются.

2. Рассмотрим пример с многофазными схемами выпрямлений. На рис. 3, а представлена схема двухмостового выпрямителя.

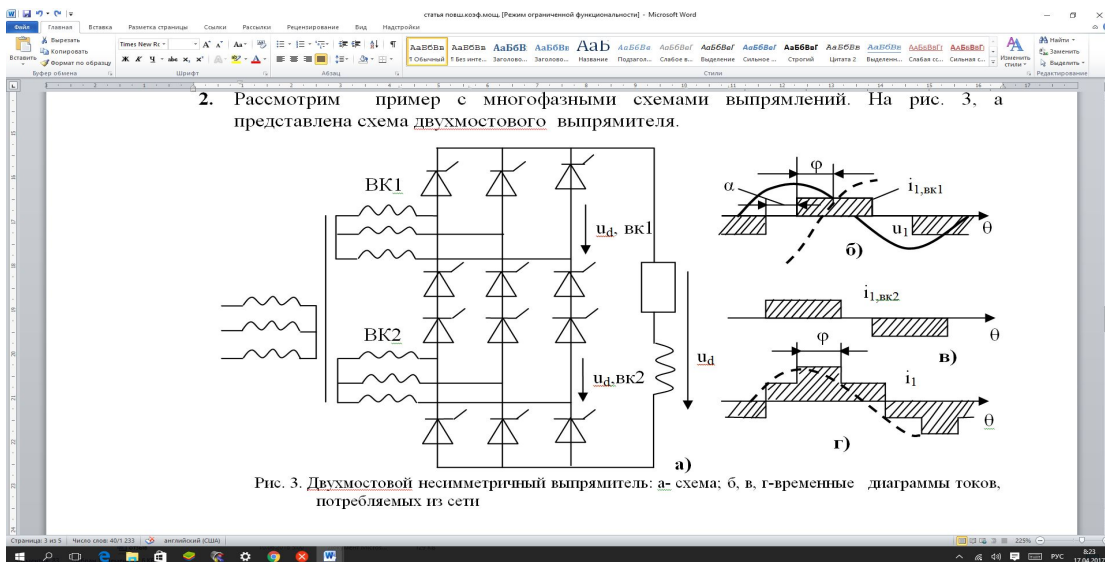


Рис. 3. Двухмостовой несимметричный выпрямитель: а- схема; б, в, г-временные диаграммы токов, потребляемых из сети

Первый из вентильных комплектов ВК1 собран на тиристорах, второй ВК2 – на диодах.

Выходное напряжение выпрямителя является суммой выходных ЭДС ВК1 и ВК2; его среднее значение равно

$$E_d = E_{d, \text{VK1}} + E_{d, \text{VK2}} = E_{d0, \text{VK}} \cos \alpha + E_{d0, \text{VK}} = E_d \frac{1 + \cos \alpha}{2} \quad (2)$$

где $E_{d0, \text{VK}} = E_{d0}/2$.

Потребляемый из сети ток i_1 является суммой двух токов: тока $i_{1, \text{VK1}}$, потребляемого управляемым комплектом ВК1, 1-я гармоника которого сдвинута относительно напряжения u_1 на угол $\varphi_1 = \alpha$ (рис. 3, б) и тока не управляемого комплекта ВК2 $i_{1, \text{VK2}}$, 1-я гармоника которого синфазна напряжению u_1 (рис. 3, в). Результирующий ток, потребляемый двухмостовым выпрямителем из сети показан на рис. 3, г, фазовый сдвиг его 1- гармоника относительно напряжения $\varphi = \alpha / 2$. Зависимость $\cos \varphi = f(E_d / E_{d0})$ для схемы рис. 3, а приведена на рис. 2 (кривая 2) и показывает, что в схеме также достигается повышение коэффициента мощности.

Заключение:

Таким образом, исследование повышения коэффициента мощности преобразовательных устройствах в первом и втором примере при изменении знака выходного напряжения u_d , фазовой сдвиг 1- гармоника первичного тока i_1 относительно напряжения сети u_1 становится равной $\varphi = \alpha / 2$. т.е. меньше чем значения φ и это уменьшает длительность протекания i_1 , соответственно уменьшается угол сдвига φ при этом повышается $\cos \varphi$ и χ .

Литература:

1. **Алексеев, А.Г.** Схемы управления тиристором [Текст] / А.Г. Алексеев, И.И. Шатури // Микросхематехника. Учебное пособие для вузов. - М.: Радио и связь, 1990.-57 с.
2. **Глудкин, О.П.** Управляемый выпрямитель [Текст] / О.П. Глудкин, А.И. Гуров // Аналоговая и цифровая электроника.- М.: Энергия, 2002.-496 с.
3. **Герасименко, А.А.** Представление компенсирующих устройств [Текст] /под редакцией А.А. Герасименко // Передача и распределение электрической энергии.- Ростов на-дону: Феникс; Красноярск: издательские проекты, 2006.-170с.
4. **Горбачев, Г.Н.** Трехфазный нулевой выпрямитель [Текст] / Г.Н. Горбачев, Е.Е. Чаплыгин // Промышленная электроника: Учебник для вузов.– М.:Энергия, 1988.-228-254 с.
5. **Забродин, Ю.С.** Трехфазный мостовой выпрямитель [Текст] / Ю.С. Забродин // Промышленная электроника: - Учебник для вузов. - М.: Высшая школа, 1986.-136 с.

6. **Писарев, А.Л.** Коэффициент мощности вентильных преобразователей [Текст] / А.Л. Писарев, Л.П. Деткин // Управление тиристорными преобразователями.- М.: энергия, 1990.-81 с.
7. **Федосеева, Е.О.** Тиристорные устройства [Текст] / под редакцией Федосеева Е. О. // Основы электроники и микроэлектроники: Учебник-М.: Энергия, 1990.-85 с.