

**СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ
ВХОДНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ**

Выполнено сравнительное тестирование двух алгоритмов управления входным преобразователем. Исследования выполнены с учетом полной нелинейной модели преобразователя при формировании сигналов управления ключами по алгоритму векторной широтно-импульсной модуляции. Установлено, что алгоритм управления, основанный на формировании полной энергии преобразователя, обеспечивает уменьшение ошибок более чем на 20 %.

Виконано порівняльне тестування двох алгоритмів керування вхідним перетворювачем. Дослідження виконані з урахуванням повної нелінійної моделі перетворювача при формуванні сигналів керування ключами згідно з алгоритмом векторної широтно-імпульсної модуляції. Встановлено, що алгоритм керування, який базується на формуванні повної енергії перетворювача, забезпечує зменшення похибок більш ніж на 20 %.

The article presents a comparative test of two control algorithms for the input converter. Full nonlinear converter model with vector pulse-width modulation for switch control was used. The tests results show that the control algorithm based on full power of converter provides more than 20% reduction of errors.

Введение. Входные управляемые преобразователи (ВП) с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) позволяют повысить энергетическую эффективность электромеханического преобразования энергии за счет рекуперации электрической энергии в питающую сеть. Кроме того, появляется возможность при соответствующем управлении выполнения требований по электромагнитной совместимости за счет синусоидальных входных токов и возможности получения коэффициента мощности, равного единице.

Большинство решений задачи управления ВП базируются на линеаризации его нелинейной модели [1] и использовании структуры с подчиненным регулированием координат. В таких случаях алгоритм управления ВП состоит из двух подсистем: подсистемы регулирования напряжения в звене постоянного тока V (внешний контур) и подсистемы регулирования входных токов (внутренний контур).

В работе [2] предложена новая концепция управления ВП, которая базируется на непосредственном управлении преобразуемой энергией, и на ее основе разработан алгоритм управления активной и реактивной мощностями, циркулирующими в преобразователе. Предложенное решение за счет линеаризации обратной связью обеспечивает глобальную асимптотическую стабилизацию напряжения в звене постоянного тока при поддержании нулевой реактивной мощности на входе преобразователя.

Цель исследования. Сравнительное исследование качества стабилизации напряжения в звене постоянного тока и реактивной компоненты тока статора на входе сетевого преобразователя при использовании предложенного нелинейного алгоритма и алгоритма с подчиненным регулированием координат.

Материалы исследования. Решения с подчиненным регулированием координат используют ПИ регуляторы как для напряжения в звене постоянного тока V, так и для активной – i_d и реактивной – i_q

компонент входного тока преобразователя. Для сравнительного тестирования выбран алгоритм [1], который состоит из регулятора напряжения V

$$i_d^* = 2V^* (-k_u \tilde{V} - x_u) / 3E, \dot{x}_u = k_{ui} \tilde{V}, \quad (1)$$

и регулятора токовой подсистемы

$$p_d = -2L (Ri_d^* / L - E/L - k_{id} \tilde{i}_d) / V^* \quad (2)$$

$$p_q = -2L (\omega_1 i_d^* - k_{iq} \tilde{i}_q - x_{iq}) / V^*, \dot{x}_{iq} = k_{iqi} \tilde{i}_q,$$

где $\tilde{V} = V - V^*$ – ошибка обработки напряжения в звене постоянного тока; V^* – его заданное значение; k_u и k_{ui} – пропорциональный и интегральный коэффициенты регулятора напряжения; k_{id} , k_{iq} , k_{iqi} – коэффициенты пропорциональной по оси d, а также пропорциональной и интегральной по оси q составляющих регуляторов токов соответственно.

Тестирование алгоритмов [1] и [2] выполнено методом математического моделирования в среде Matlab. Исследование выполнялось с использованием полной нелинейной модели ВП в стационарной системе координат, функции переключения транзисторов формировались в соответствии с алгоритмом векторной ШИМ, тем самым учитывалась дискретность уровня напряжения и времени его приложения. Такой подход позволил получить переходные процессы, которые очень близки к реальным.

При моделировании использовались следующие параметры: емкость конденсатора в звене постоянного тока $C = 1000$ мкФ, амплитуда напряжения сети $E = 310$ В, частота $f_c = 50$ Гц, номинальный ток в звене постоянного тока $i_{LH} = 10$ А. Параметры входного фильтра преобразователя: индуктивность $L = 0,015$ Гн, активное сопротивление $R = 0,2$ Ом. Заданное напряжение в звене постоянного тока $V^* = 700$ В при начальном 650 В, а период коммутации ШИМ преобразователя принят равным 10^{-4} с.

При исследовании использовались следующие значения настроечных параметров: для алгоритма [1] – $k_w = 10^0$; $k_y = 5000$; $k_{iq} = 1000$; $k_{iqi} = 2,5 \cdot 10^5$; для алгоритма [1] – $k_u = 0,3$; $k_{ui} = 45$; $k_{id} = 2500$; $k_{iq} = 1000$; $k_{iqi} = 2,5 \cdot 10^5$.

Из полученных результатов моделирования (рис.1) видно, что алгоритм управления обеспечивает высокое качество отработки заданного напряжения (ошибки менее 15,5 В или 2,3 %) с одновременной стабилизацией реактивной мощности на входе преобразователя на нулевом уровне (ошибки до 0,5 А, 3,3 % от номинального) и быстрое затухание ошибок в переходных режимах. Ток в фазе А совпадает по фазе с напряжением при положительном токе нагрузки и находится в противофазе при отрицательном токе нагрузки, при этом ток во всех режимах имеет синусоидальную форму.

Как видно из графиков рис.2, использование алгоритма [1] приводит к 30 % увеличению ошибок стабилизации напряжения и 20 % увеличению ошибок стабилизации реактивной компоненты входного тока.

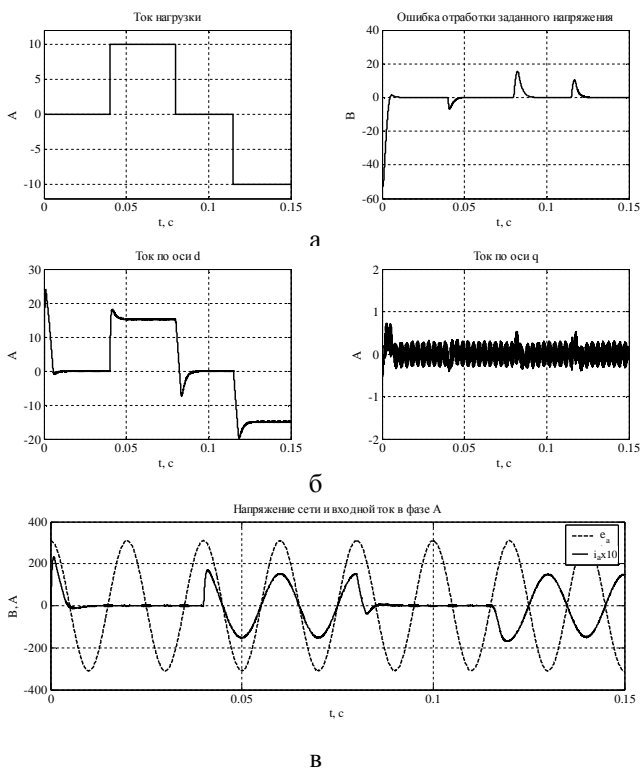


Рис.1. Алгоритм [2]:

а – ток нагрузки, ошибка стабилизации напряжения;
б – компоненты входного тока во вращающейся системе координат (d-q); в – напряжение ток в фазе А на входе ВП

Выводы. Установлено, что по сравнению со стандартным предложенный алгоритм позволяет уменьшить динамические ошибки стабилизации напряжения не менее чем в 1,3 раза и ошибки стабилизации реактивной компоненты тока на входе ВП – в 1,2 раза при прозрачной процедуре выбора настроечных коэффициентов. Для получения удовлетворительного качества переходных процессов при использовании алгоритма [1] необходимо подбирать значения настроечных коэффициентов экспериментальным путем для каждого набора параметров ВП.

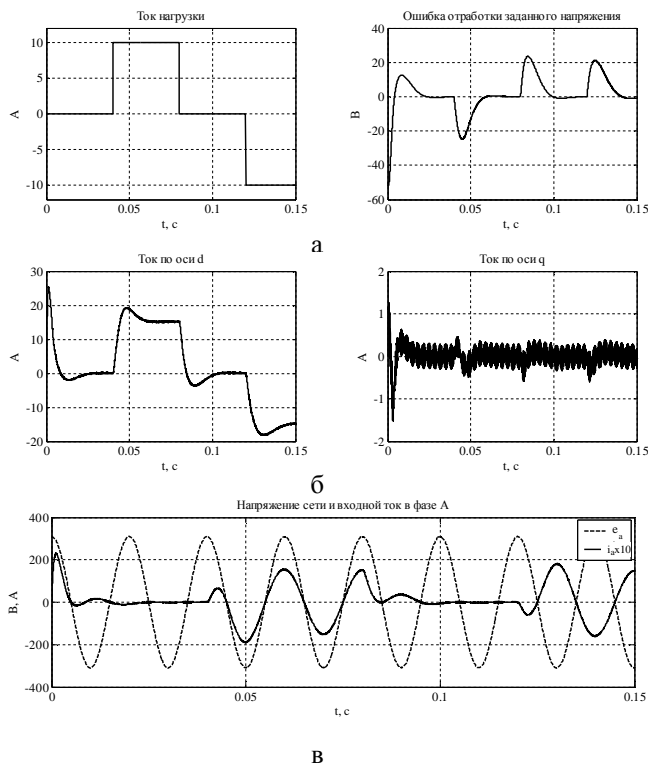


Рис.2. Алгоритм [1]:

а – ток нагрузки, ошибка стабилизации напряжения;
б – компоненты входного тока во вращающейся системе координат (d-q); в – напряжение ток в фазе А на входе ВП

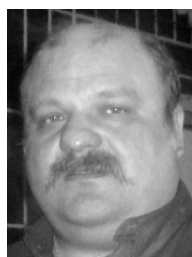
Список использованной литературы

1. Лихошерст В. И. Управление конвертором напряжения / В.И.Лихошерст // Электротехника. – 2004. – №9. – С.65-68.
2. Пересада С. М. Новая концепция управления входным преобразователем: формирование полной энергии преобразования / С.М.Пересада, С.В.Король // Техніч. електродин. Тематич. вип. „Силовая електроніка та енергоефективність”. – 2002. – Ч.1. –С. 66 – 70.

Получено 12.07.2011



Король Сергей Викторович,
канд.техн.наук, ст.преп. каф.
АЕМС та ЕП ФЕА НТУУ
«КПИ»,
+380949249782,
svkorol@ukr.net



Сергиенко Олег Вячеславович,
вед. инж. ООО «ПКП
«Интеграл»,
ул. Набережная 22, кв. 52,
г. Вышгород, Киевская область,
Украина,
+380503580386