

## ПОДКЛЮЧЕНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ К ТРЕХФАЗНОЙ СИСТЕМЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

*Ключевые слова:* трехфазный инвертор, широтно-импульсная модуляция, фотоэлектрическая система, ветряная турбина.

*Был разработан контроллер управления трехфазным инвертором для подключения возобновляемых источников энергии к трехфазной сети.*

*Keywords:* three-phase inverter, pulse-width modulation, photovoltaic system, wind turbine.

*Three-phase inverter controller for grid integration of renewable energy sources was designed.*

На сегодняшний день в мире наблюдается тенденция к увеличению популярности возобновляемых источников энергии, таких как солнечные, ветряные электростанции и станции на базе топливных элементов [1]. Перечисленные источники реализуют концепцию распределенного производства энергии, которая подразумевает наличие множества потребителей и производителей электрической энергии. При подключении источника возобновляемой энергии к существующей трехфазной сети возникает проблема синхронизации двух независимых систем. Эта задача синхронизации источника энергии и системы энергоснабжения решается с помощью инвертора, управляемого контроллером специального назначения. В данной работе был разработан контроллер управления трехфазным инвертором для возобновляемых источников энергии.

Поставленная задача была выполнена на базе инвертора широтно-импульсной модуляции (ШИМ-инвертор), который состоит из шести транзисторов и шести диодов (Рис. 1). Управление инвертором заключается в попеременном включении и выключении транзисторов.

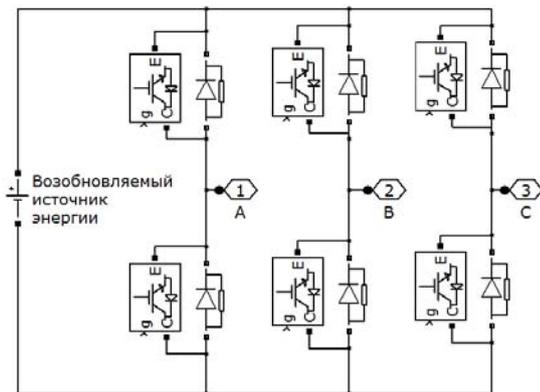


Рис. 1 - Схема трехфазного инвертора в среде Matlab/Simulink

На первом этапе работы контроллеру необходимо определить текущую частоту сетевого напряжения, то есть выполнить задачу частотной демодуляции. Для этой цели была использована схема фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ). Принцип работы данной схемы основан на подстройке частоты управляемого генератора колебаний так, чтобы она совпала с частотой напряжения сети. Как и во

многих других системах автоматического регулирования, настройка осуществляется благодаря наличию отрицательной обратной связи. Таким образом, схема ФАПЧ определяет частоту напряжения сети, производя сигнал, пропорциональный этой частоте.

Сигнал, произведенный блоком ФАПЧ, является опорным для преобразователя Парка. Преобразователь Парка предназначен для математического представления компонентов трехфазной сети в виде двух составляющих – реальной (активная мощность) и мнимой (реактивная мощность) [2]. После выполнения преобразования активная и реактивная компоненты мощности могут контролироваться независимо. Для этой цели были использованы пропорционально-интегрально-дифференциальные (ПИД) регуляторы. Опорное значение активной мощности было рассчитано на основе параметров возобновляемого источника энергии. Что касается реактивного компонента, то он должен быть сведен к нулю для обеспечения совпадения по фазе напряжения сети и тока источника энергии. После выполнения операции контроля значения активной и реактивной составляющих должны быть математически преобразованы для трехфазной системы с помощью обратного преобразователя Парка. На завершающем этапе контроллер генерирует ШИМ сигнал для транзисторов инвертора на основе трехфазного синусоидального сигнала.

Тестирование контроллера было выполнено в среде Matlab/Simulink. Схема разработанного контроллера приведена на Рис. 2.

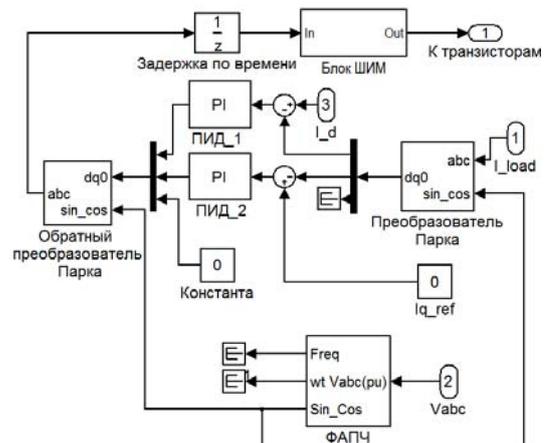


Рис. 2 - Схема разработанного контроллера в среде Matlab/Simulink

Контроллер считывает информацию о текущем состоянии сети ( $V_{abc}$ ) и инвертора ( $I_{load}$ ). На основе этих данных генерируется управляющий сигнал, который контролирует транзисторы инвертора.

Таким образом, разработанный контроллер повышает эффективность интеграции возобновляемых источников энергии в общую национальную сеть. Система может быть применена для широкого спектра распределенных источников энергии: фото-

электрические генераторы, ветряные турбины, топливные элементы и другие.

### Литература

1. *Гарипов М.Г.* Ветроэнергетика // Вестник Казан. Технол. Ун-та. – 2013. Т. 16 №2 – С. 64-66.
2. *Ганиев Р.Н.* Электропривод экструдера на основе системы векторного управления асинхронным двигателем // Вестник Казан. Технол. Ун-та. – 2013. №12 – С. 263-266.

---

© **Б. Р. Хусаинов** – студ. Ньюкаслского ун-та, bulat\_khusainov@mail.ru; **В. В. Сагадеев** - канд. техн. наук, доц. каф. инженерной компьютерной графики и автоматизированного проектирования КНИТУ.