

**ДВУХУРОВНЕВЫЙ МИКРОИНВЕРТОР В СИСТЕМАХ С
ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ**
Namestnikova E.S.¹, Kryukov K.V.² Email: Namestnikova1141@scientifictext.ru

¹Namestnikova Ekaterina Sergeevna – магистрант;
²Kryukov Konstantin Viktorovich – старший преподаватель,
кафедра электромеханики, электрических и электронных аппаратов,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Национальный исследовательский университет
Московский энергетический институт,
г. Москва

Аннотация: в статье рассмотрен двухуровневый микроинвертор, встроенный в фотоэлектрический преобразователь, который может преобразовать постоянное напряжение, вырабатываемое фотоэлектрическим преобразователем, в переменное напряжение. В схему микроинвертора встроен регулятор постоянного тока, который повышает напряжение и отбирает максимальное значение мощности, которые можно получить от фотоэлектрического преобразователя. Создана модель предложенного устройства в программном комплексе Matlab Simulink, рассмотрен алгоритм управления полупроводниковыми ключами, с помощью которого становится возможным отследить точку максимальной мощности фотоэлектрического преобразователя. Представлены результаты моделирования.

Ключевые слова: фотоэлектрический преобразователь, микроинвертор, точка максимальной мощности.

**THE TWO-STAGE MICROINVERTER IN SYSTEMS WITH PHOTOVOLTAIC
MODULS**

Namestnikova E.S.¹, Kryukov K.V.²

¹Namestnikova Ekaterina Sergeevna – Graduate Student;
²Kryukov Konstantin Viktorovich – Senior Lecturer,
DEPARTMENT OF ELECTROMECHANICS, ELECTRICAL AND ELECTRONIC APPARATUS,
FEDERAL STATE BUDGET EDUCATIONAL INSTITUTION OF HIGHER PROFESSIONAL EDUCATION
NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY
MOSCOW POWER ENGINEERING INSTITUTE,
MOSCOW

Abstract: in the article the two-stage microinverter included in the photovoltaic module has been considered. It can convert DC voltage generated by a photoelectric module into alternating voltage. The DC-DC converter has been integrated in the scheme of microinverter. It increases the voltage and selects the maximum value of power that can be obtained from the photoelectric module. The model of the proposed device has been created in the software package Matlab Simulink, the algorithm of the control semiconductor keys has been discussed. With the help of the algorithm it becomes possible to track the maximum power point of photovoltaic module. The results of modeling have been presents.

Keywords: PV-module, microinverter, maximum power point.

УДК 621.314

В мире существует множество видов энергии, таких, как электрическая, магнитная, электромагнитная, механическая, световая, тепловая, ядерная, химическая и т.д. В настоящее время самой востребованной является электрическая энергия. По прогнозам специалистов к 2030 году потребность в ней увеличится более чем на 70% [1].

Чтобы избежать полного истощения природных ресурсов и обострения экологических проблем, нужно научиться использовать альтернативные источники энергии для получения электрической энергии. Сейчас одним из наиболее популярных альтернативных источников энергии становится солнечная энергия. Преобразование энергии фотонов в электрическую происходит с помощью фотоэлектрического преобразователя (ФЭП). Однако стоит учесть, что существует такое значение получаемого от ФЭП напряжения, при котором вырабатываемая мощность максимальна, и этот максимум называется точкой максимальной мощности (рис. 1).

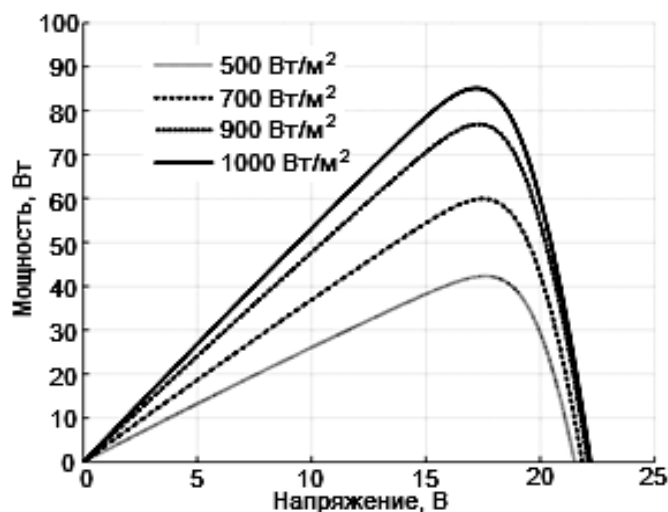


Рис. 1. Зависимость выходной мощности от напряжения $P = f(U)$ при различных значениях интенсивности освещения

ФЭП являются источниками постоянного напряжения, и для согласования их с сетью нужны инверторы, а в ряде случаев лучше использовать регулятор постоянного тока и инвертор одновременно (рис. 2). С помощью инвертора удастся выполнить главную задачу: преобразовать генерируемый постоянный ток в переменный. При этом используя один только инвертор не удастся повысить напряжение на выходе до требуемого. Иногда для этой цели применяют трансформаторы, однако недостатком такой системы является ее громоздкость. Регуляторы постоянного тока также позволяют увеличить напряжение. Помимо этого в системах с ФЭП регулятор постоянного тока позволяет отслеживать точку максимальной мощности, что необходимо для эффективной работы системы.

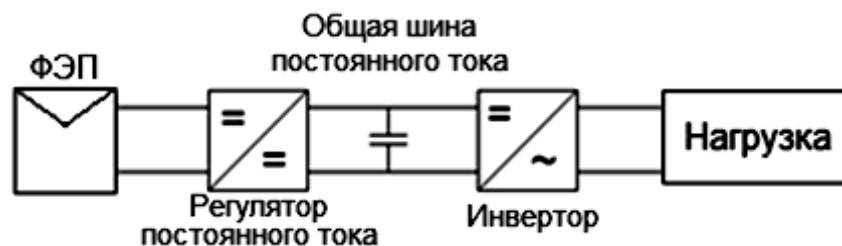


Рис. 2. Модуль ФЭП с регулятором постоянного тока и инвертором

В данной работе рассматривается двухуровневая бестрансформаторная система с ФЭП на базе микроинвертора, которая включает в себя помимо инвертора преобразователь постоянного тока в постоянный. На рис. 3 изображена схема двухуровневой системы для ФЭП, предложенной в [2]. В своей топологии такая система содержит понижающе-повышающий регулятор и ведомый сетью тиристорный инвертор тока. Однако, несмотря на простую структуру, из-за ограниченного коэффициента повышения напряжения система имеет ограниченный диапазон преобразуемого входного напряжения. Также в виду отсутствия гальванической развязки, напряжение на входе не может быть больше 100 В из соображений безопасности системы. Инвертор, изображенный на рис. 3, в данной работе видоизменится из инвертора тока в инвертор напряжения благодаря тому, что вместо тириستоров будут использоваться полевые транзисторы. Новая схема изображена на рис. 4.

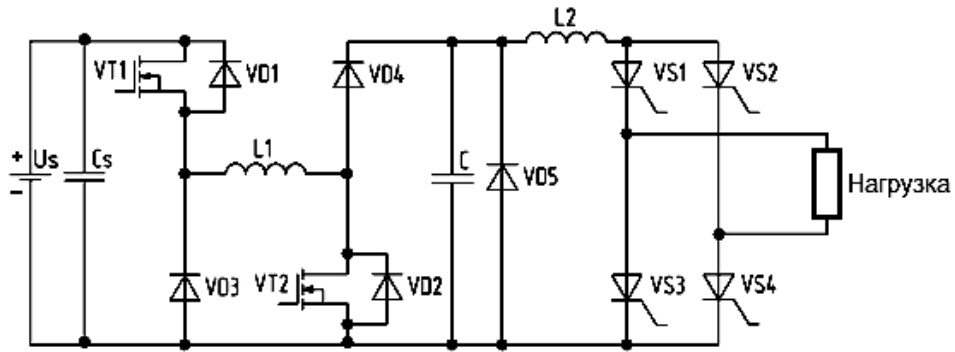


Рис. 3. Двухуровневая система, предложенная в [2]

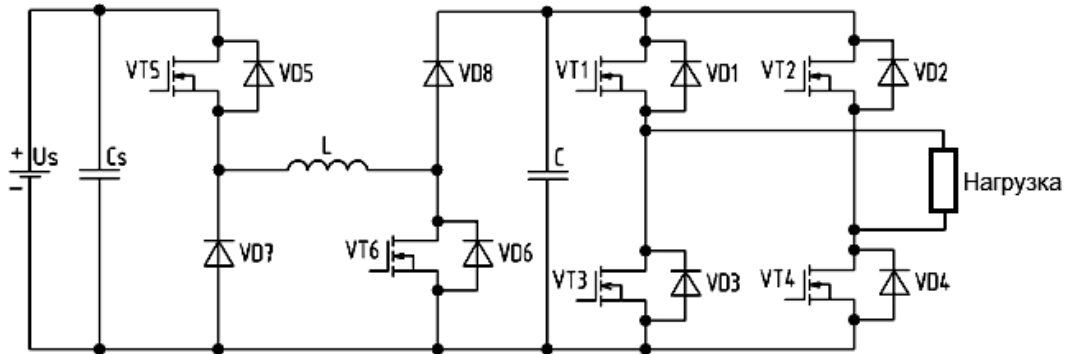


Рис. 4. Инвертор тока, видоизмененный в инвертор напряжения

Система работает следующим образом. В течение времени, пока транзисторы $VT5$ и $VT6$ открыты, электрическая энергия, вырабатываемая модулем ФЭП, запасается в катушке L . Когда транзисторы $VT5$ и $VT6$ закрыты, энергия, накопленная в катушке L , передается на конденсатор, который таким образом заряжается. Затем постоянное напряжение на конденсаторе с помощью мостового инвертора и LC-фильтра преобразуется в синусоидальное напряжение на нагрузку.

На рис. 5 представлена блок-схема системы с ФЭП с использованием этого инвертора, а на рис. 6 – эквивалентная схема инвертора в MatlabSimulink.

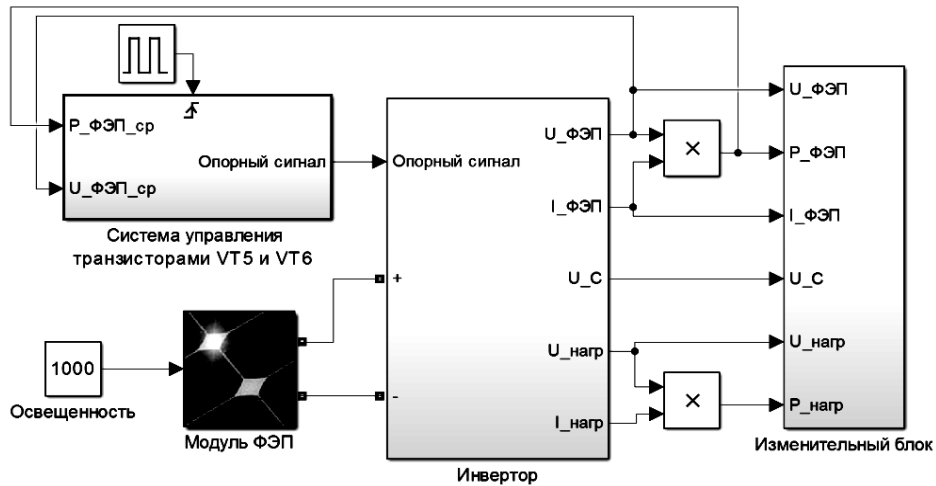


Рис. 5. Блок-схема системы с двухуровневым инвертором

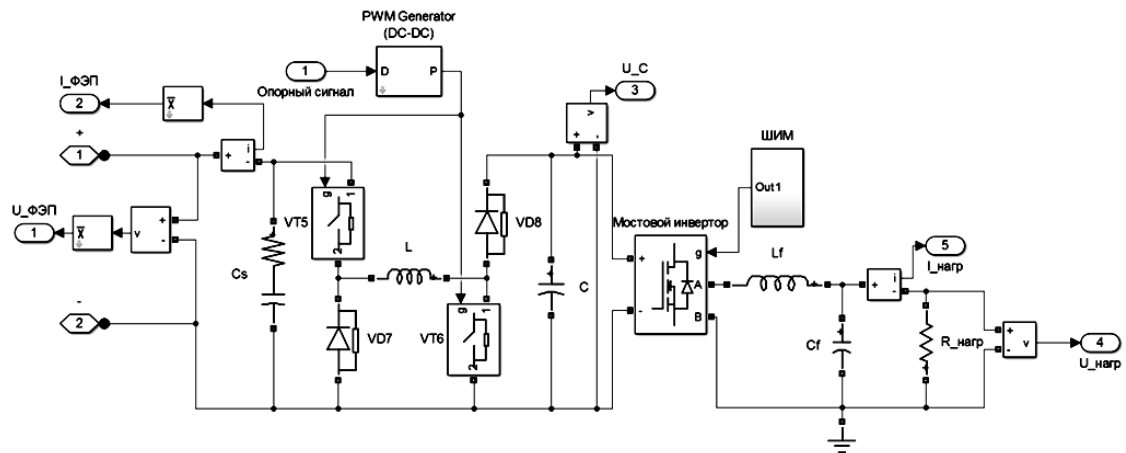


Рис. 6. Эквивалентная схема инвертора в Matlab Simulink

Управление транзисторами осуществляется методом ШИМ. В мостовой части инвертора опорным сигналом является синусоида частотой 50 Гц, а несущим – пилообразный сигнал частотой 15 кГц, коэффициент модуляции равен 1. На выходе получается напряжение синусоидальной формы [3].

В регуляторной части опорным сигналом является постоянный сигнал, который может изменяться в пределах от 0,1 до 0,9. Ограничение коэффициента заполнения связано с неидеальностью элементов повышающего регулятора. С помощью изменения значения данного постоянного сигнала можно найти точку максимальной мощности модуля ФЭП. Для этого в данной работе используется метод наблюдения и возмущения. Данный метод основывается на вольт-ваттной характеристике ФЭП и реализуется путём возмущения коэффициента заполнения силового преобразователя. Из рис. 1 видно, что увеличивая (уменьшая) напряжение, мощность увеличивается (уменьшается) при изменениях в зоне слева от точки максимальной мощности и уменьшается (увеличивается) при изменениях в зоне справа от точки максимальной мощности. Если мощность увеличивается после воздействия на неё возмущения, значит необходимо продолжать возмущение, а если мощность уменьшается, то возмущение необходимо уменьшить.

На рис. 7 представлена зависимость выходного напряжения инвертора от времени; на рис. 8 – зависимость выходной мощности на ФЭП от времени. Были получены энергетические характеристики системы: зависимость КПД от мощности нагрузки, зависимость мощности на выходе ФЭП от мощности нагрузки и зависимость действующего значения напряжения на нагрузке от мощности на нагрузке. Результаты проиллюстрированы на рис. 9.

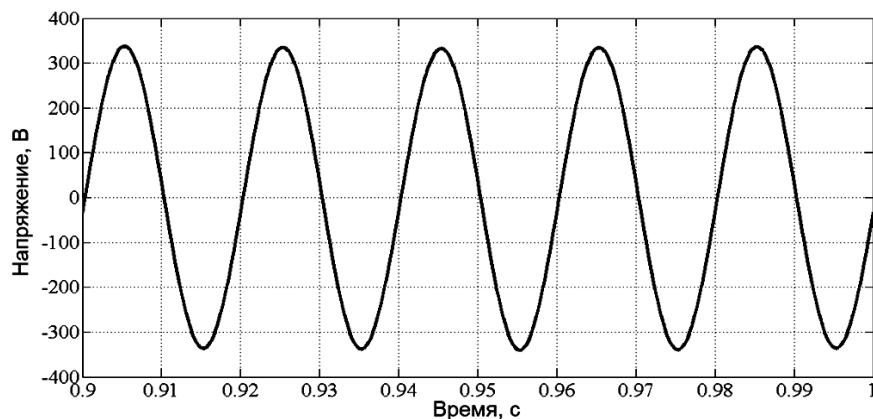


Рис. 7. Зависимость выходного напряжения от времени (установившийся режим)

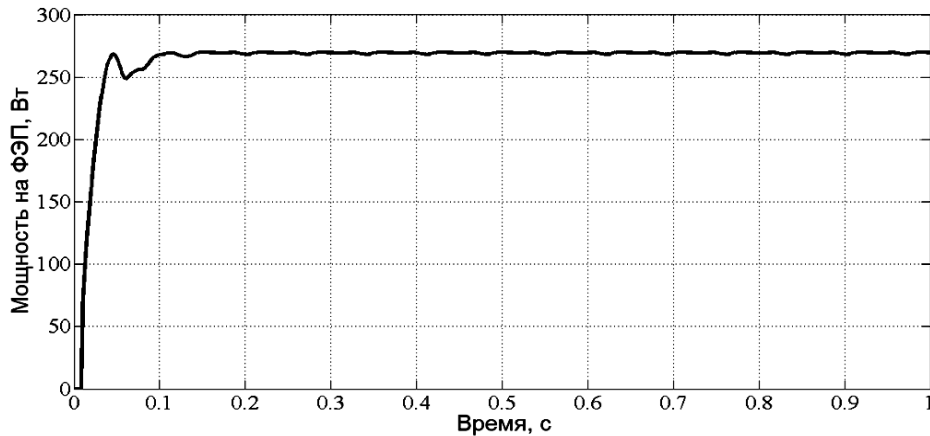


Рис. 8. Зависимость выходной мощности на ФЭП от времени

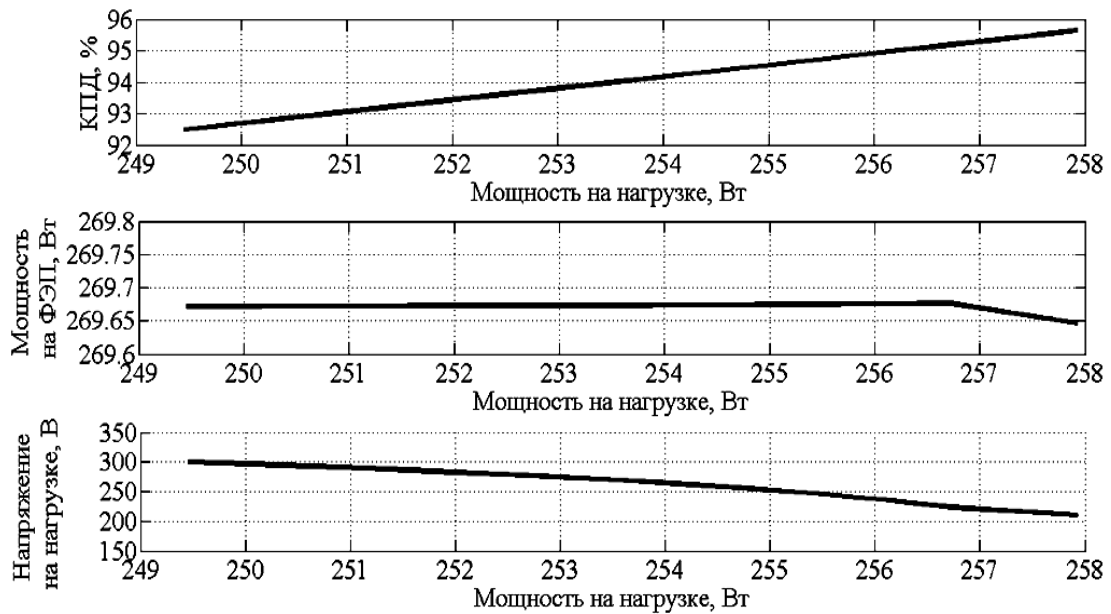


Рис. 9. Энергетические характеристики системы с двухуровневым инвертором

Из рис. 7-9 видно, что удается получить на выходе инвертора напряжение синусоидальной формы частотой 50 Гц и действующим значением 220 В, система находит точку максимальной мощности и поддерживает ее, а ее КПД составляет выше 90%.

Список литературы / References

1. Розанов Ю.К. Силовая электроника для управления качеством электрической энергии. Deutschland. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publish, 2015.
2. Саха С., Сундарсингх В.П. Новый сетевой фотоэлектрический инвертор с сеткой // Труды ИЕЕ - генерация, передача и распределение.
3. Розанов Ю.К., Рябчицкий М.В., Кваснюк А.А. Силовая электроника: учебник для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2007. 632 с.: ил. с.