
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

TECHNICAL SCIENCES

УДК 621.3
ББК 31.2
К 31

Кашин Я.М.

Кандидат технических наук, доцент кафедры электротехники и электрических машин Кубанского государственного технологического университета, Краснодар, e-mail: jlms@mail.ru

Белов А.А.

Соискатель кафедры электротехники и электрических машин Кубанского государственного технологического университета, Краснодар, e-mail: belov.anton.7@mail.ru

Имитационное моделирование модулей фотоэлектрических элементов в программной среде Proteus ISIS

(Рецензирована)

Аннотация

Представлен порядок разработки модели модулей фотоэлектрических элементов в среде имитационного моделирования Proteus ISIS (Labcenter Electronics, Великобритания). Разработан принцип построения вольтамперных характеристик модулей фотоэлектрических элементов при заданных условиях номинальной мощности и номинального выходного напряжения. Описан принцип построения схемы и расчета примитивов модулей фотоэлектрических элементов на основе полученных вольтамперных характеристик.

Ключевые слова: *модули фотоэлектрических элементов, среда имитационного моделирования Proteus ISIS, расчет параметров примитивов.*

Kashin Ya.M.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Department of Electrical Engineering and Electrical Machinery, Kuban State University of Technology, Krasnodar, e-mail: jlms@mail.ru

Belov A.A.

Applicant for Candidate's degree of Department of Electrical Engineering and Electrical Machinery, Kuban State University of Technology, Krasnodar, e-mail: belov.anton.7@mail.ru

The imitation modeling of photovoltaic modules in the simulation system Proteus ISIS

Abstract

This paper shows how to develop a model of photovoltaic modules in the simulation system Proteus ISIS (Labcenter Electronics, UK). The principle of construction of the current-voltage characteristics of photovoltaic modules is developed under specified conditions of the nominal power and the nominal output voltage. The principle of the scheme construction and calculation of primitives of photovoltaic modules is considered on the basis of the current-voltage characteristics.

Keywords: *photovoltaic modules, simulation system Proteus ISIS, calculation of primitive parameters.*

Целью имитационного моделирования является разработка в программной имитационной среде моделей МФЭП в качестве первичных источников питания СМ-инвертора при заданных параметрах номинальной выходной мощности и номинального выходного напряжения.*

** В статье приняты сокращения: ВАХ – вольтамперная характеристика, СИМ – (программная) среда имитационного моделирования, СМ – ступенчатая модуляция, СМ-инвертор – инвертор ступенчатой модуляции, ТММ – точка максимальной мощности, МФЭП – модуль фотоэлектрического преобразователя, ФЭП – фотоэлектрический преобразователь.*

1. Выбор программной среды имитационного моделирования МФЭП

Программная среда имитационного моделирования Proteus ISIS разработана фирмой Labcenter Electronics (Великобритания) и представляет собой систему схемотехнического моделирования, базирующуюся на основе моделей электронных компонентов, принятых в PSpice (разработана на основе ядра PSpice3F5 университета Berkeley) [1, 2].

Данная СИМ выбрана по следующим причинам:

1) в отличие от существующих программных аналогов, основные из которых Electronics Workbench, Proteus ISIS, MatLAB Simulink, LTspice, Multisim, Microcap, позволяет моделировать работу контроллеров и элементов реально существующих электронных компонентов (имеет более 6000 аналоговых и цифровых моделей устройств (примитивов) [3]); удобство в моделировании и программировании контроллеров; в числе прочих моделей контроллеров имеются следующих типов: ATmega, 8051, ARM7, AVR, Motorola, PIC, MSP430, Basic Stamp;

2) данные МФЭП являются первичными источниками питания для модели СМ-инвертора; данная модель инвертора разрабатывается в среде Proteus ISIS;

3) программа имеет интуитивно понятный интерфейс;

4) имеется возможность моделировать монтажные платы, исходя из собранных схем; каждый примитив реально существующего элемента содержит данные об его габарито-размерах;

5) библиотека примитивов СИМ содержит справочные данные.

2. Обоснование необходимости разработки моделей

Методики, позволяющей моделировать МФЭП необходимого напряжения и мощности (т.е. произвольно заданных), имеющих такие же ВАХ, как у современных образцов, при рассмотрении источников найдено не было.

В СИМ Proteus ISIS модельного примитива МФЭП нет.

3. Составление системы уравнений ВАХ для имитационной модели МФЭП

Типовая ВАХ МФЭП показана на рисунке 1 [4-6]. При данном моделировании влияние освещенности МФЭП отсутствует, т.к. не входит в задачу моделирования СМ-инвертора.



Рис. 1. Вольтамперная характеристика МФЭП

Напряжение, при котором ток равен нулю, называется напряжением холостого хода ($U_{хх}$) [7-9]. С другой стороны, ток, при котором напряжение равно нулю, называется током короткого замыкания ($I_{кз}$). В этих крайних точках ВАХ мощность МФЭП равна нулю. Координата ВАХ, при которой выходные напряжение и ток равны номи-

нальным ($U_{ном}$, $I_{ном}$), называется точкой передачи максимальной мощности (ТММ). Именно для этой точки определяются номинальная мощность и КПД МФЭП [8, 9]. Названные параметры ($U_{хх}$, $I_{кз}$, $U_{ном}$, $I_{ном}$, ТММ) в обязательном порядке указываются производителями на корпусах МФЭП.

Из ВАХ рисунка 1 видно, что при росте тока нагрузки МФЭП напряжение на его выходе медленно снижается до точки с $I_{ном}$. При токе, большем $I_{ном}$, напряжение на выходе начинает резко снижаться до нуля (в точке $I_{кз}$) [4-6].

Следовательно, для упрощения моделирования кривая ВАХ (рис. 1) может быть эквивалентно заменена двумя прямыми вида $f(x)=kx+b$, пересекающимися в точке ($I_{ном}$, $U_{ном}$). Подобная замена показана на рисунке 2.

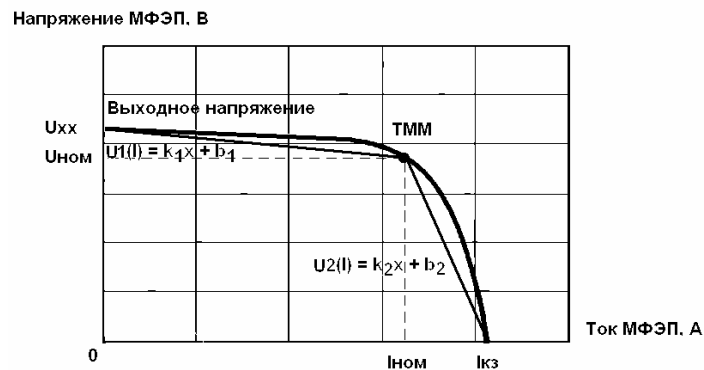


Рис. 2. Вольтамперная характеристика МФЭП и ее эквивалентная замена двумя прямыми вида $f(x)=kx+b$

Таким образом, система уравнений для имитационной модели МФЭП будет иметь следующий вид:

$$\begin{cases} U(I) = k_1 \cdot I + b_1, & I \leq I_{ном}; \\ U(I) = k_2 \cdot I + b_2, & I > I_{ном}; \\ U(I) = 0, & I = I_{кз}. \end{cases} \quad (1)$$

где U – выходное напряжение МФЭП, В;
 I – выходной ток МФЭП, А.

Учитывая свойства прямых $f(x)=kx+b$ и произведя соответствующие преобразования, определим коэффициенты прямых:

$$\begin{cases} k_1 = \frac{U_{ном} - U_{хх}}{I_{кз}}, \\ k_2 = \frac{-U_{ном}}{I_{кз} - I_{ном}}, \\ b_1 = U_{хх}, \\ b_2 = -k_2 \cdot I_{кз}. \end{cases} \quad (2)$$

Примем номинальное значение выходной мощности каждого из МФЭП равным 3000 Вт и следующие номинальные выходные напряжения:

$$\begin{cases} U_{МФЭП1Н} = 44,29 \text{ В}, \\ U_{МФЭП2АН} = 88,58 \text{ В}, \\ U_{МФЭП3АН} = 177,16 \text{ В}, \\ U_{МФЭП4АН} = 31 \text{ В}, \end{cases} \quad (3)$$

где $U_{МФЭП1Н}$, $U_{МФЭП2Н}$, $U_{МФЭП3Н}$, $U_{МФЭП4Н}$ – номинальные значения выходного напряжения для первого, второго, третьего и четвертого МФЭП соответственно.

