

РАСЧЕТ СИЛЫ ТОКА В ПАНЕЛИ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ

Помельников Р.А., Семкин Н.Д

Для работы солнечная батарея (СБ), солнечные элементы (СЭ) формируются в цепочки и панели [1]. Для нахождения распределения силы Ампера по панели СБ необходимо знать величины токов протекающих в проводниках СБ и интегральные значения токов протекающих по СЭ.

В данной модели солнечного элемента (СЭ) будем учитывать:

нелинейность кристалла СЭ ($i=f(u)$),

сопротивление токоотъемников (R'),

сопротивление растекания тока по поверхности кристалла (R).

Эквивалентная схема СЭ приведена на рис.1. Пренебрежем влиянием паразитных емкостей и индуктивностей и примем, что зависимость тока от напряжения для р-п перехода СЭ аппроксимирована следующим выражением [2]:

$$i_N(u) = I_s \left[\exp\left(\frac{eU}{kT}\right) - 1 \right], \quad (1)$$

где e - заряд электрона, k - постоянная Больцмана, T -температура СЭ, U - напряжение на клеммах СЭ, I_s - ток насыщения р-п перехода.

Преобразуем выражение (1), приняв $\alpha = \frac{e}{kT}$. Получим:

$$i_N(U) = I_s \left[\exp\left(\frac{U}{\alpha}\right) - 1 \right]. \quad (2)$$

Найдем зависимость напряжения на нелинейном сопротивлении (R_N) от тока:

$$U(i) = \alpha \ln\left(\frac{i_N}{I_s} + 1\right) \quad (3)$$

Нахождение величины значения источника тока (i), изображенного на рис.1, описывается во многих монографиях по физике полупроводниковых приборов. Найдем напряжение, возникающее на резисторах R и R_N от источника тока i . Для этого с помощью закона Ома для участка цепи найдем сопротивление нелинейного элемента. Оно будет равно [2]:

$$R_N = \frac{U(i)}{i} \quad (4)$$

Суммарное значение двух сопротивлений будет равно:

$$R_{\Sigma} = \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R_N} \right)^{-1} = \frac{R \cdot U(i)}{R \cdot i + U(i)}. \quad (5)$$

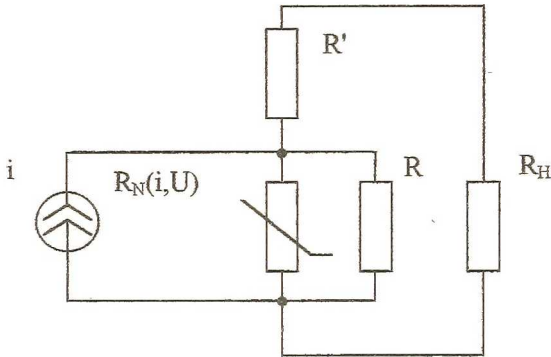


Рисунок 1. Эквивалентная схема СЭ, нагрузкой которого является резистор R_H

Напряжение на резисторах, возникающее от источника тока i , будет равно:

$$U = R_{\Sigma} i. \quad (6)$$

Дальнейший расчет будем вести с учетом тока, протекающего по СЭ от источника тока, подключенного к нему. Внешнее напряжение может возникнуть при протекании тока, генерируемого СЭ через сопротивление нагрузки. Напряжение на резисторах R и R_N будет равно:

$$U = \frac{R \cdot U(i + i_0)}{R \cdot (i + i_0) + U(i + i_0)} (i + i_0), \quad (7)$$

где i_0 - ток, протекающий во всей цепи и возникший от действия внешнего приложенного напряжения.

Напряжение на СЭ (U_{Σ}) с учетом сопротивления нагрузки будет равно:

$$\begin{cases} U_{\Sigma} = \frac{R \cdot U(i + i_0)}{R \cdot (i + i_0) + U(i + i_0)} (i + i_0) + R' i_0 \\ U_{\Sigma} = R_H i_0 \end{cases} \quad (8)$$

При последовательном соединении n СЭ напряжение на цепочке согласно второму закону Кирхгофа будет равно сумме напряжений на каждом элементе [2]. Тогда выражение (8) примет вид:

$$\left\{ \begin{aligned}
 U_{\varnothing} &= \frac{R_1 \cdot U(i_1 + i_0)}{R_1 \cdot (i_1 + i_0) + U(i_1 + i_0)} (i_1 + i_0) + R_1' i_0 + \\
 &+ \frac{R_2 \cdot U(i_2 + i_0)}{R_2 \cdot (i_2 + i_0) + U(i_2 + i_0)} \times \\
 &\times (i_2 + i_0) + R_2' i_0 + \dots + \\
 &+ \frac{R_z \cdot U(i_z + i_0)}{R_z \cdot (i_z + i_0) + U(i_z + i_0)} (i_z + i_0) + R_z' i_0 \\
 U_{\varnothing} &= R_H i_0.
 \end{aligned} \right. \quad (9)$$

Полученное выражение (9) запишем в сокращенном виде:

$$\left\{ \begin{aligned}
 U_{\varnothing} &= \sum_{j=1}^z \frac{R_j \cdot U(i_j + i_0)}{R_j \cdot (i_j + i_0) + U(i_j + i_0)} (i_j + i_0) + R_j' i_0 \\
 U_{\varnothing} &= R_H i_0.
 \end{aligned} \right. \quad (10)$$

Систему уравнений (10) необходимо решать относительно переменной i_0 . Переменная i_j задается априори для каждого j -го элемента. При соединении k цепочек параллельно образуется панель СБ. Напряжения на каждой цепочке панели (U_{II}) будут равными, и выражение (10) преобразуется к системе нелинейных уравнений вида:

$$\left\{ \begin{aligned}
 U_{II} &= \sum_j \frac{R_{1j} \cdot U(i_{1j} + i_{10})}{R_{1j} \cdot (i_{1j} + i_{10}) + U(i_{1j} + i_{10})} (i_{1j} + i_{10}) + R_{1j}' i_{10} \\
 U_{II} &= \sum_j \frac{R_{2j} \cdot U(i_{2j} + i_{20})}{R_{2j} \cdot (i_{2j} + i_{20}) + U(i_{2j} + i_{20})} (i_{2j} + i_{20}) + R_{2j}' i_{20} \\
 &\dots \\
 U_{II} &= \sum_j \frac{R_{nj} \cdot U(i_j + i_{n0})}{R_{nj} \cdot (i_{nj} + i_{n0}) + U(i_{nj} + i_{n0})} (i_{nj} + i_{n0}) + R_{nj}' i_{n0} \\
 U_{II} &= R_H \sum_{k=1}^n i_{k0}
 \end{aligned} \right. \quad (11)$$

Полученное выражение (11) запишем в сокращенном виде:

$$\left\{ \begin{aligned}
 U_{II} &= \sum_j \frac{R_{kj} \cdot U(i_{kj} + i_{k0})}{R_{kj} \cdot (i_{kj} + i_{k0}) + U(i_{kj} + i_{k0})} (i_{kj} + i_{k0}) + R_{kj}' i_{k0} \\
 U_{II} &= R_H \sum_k i_{k0}
 \end{aligned} \right. \quad (12)$$

$$k = 1..n$$

Полученную систему уравнений (12) решают относительно переменных i_{k0} , где $k=1 \dots n$. Во всех приведенных выше уравнениях предполагалось, что нагрузка (R_H) является линейной. В случае нелинейного сопротивления нагрузки необходимо выразить его функцией, описанной выражением (4). Приняв вместо R_N сопротивление R_H , систему уравнений (12) можно будет преобразовать к виду:

$$\begin{cases} U_{II} = \sum_j \frac{R_{kj} \cdot U(i_{kj} + i_{k0})}{R_{kj} \cdot (i_{kj} + i_{k0}) + U(i_{kj} + i_{k0})} (i_{kj} + i_{k0}) + R'_{kj} i_{k0} \\ U_{II} = U(\sum_k i_{k0}) \end{cases} \quad (13)$$

$$k = 1 \dots n$$

- В результате получено уравнение, позволяющее проанализировать работу панели СБ с любым количеством элементов в ней. Решение данного уравнения позволит найти интегральное значение силы тока, протекающего в каждом элементе СБ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Скребушевский Б.С. Космические энергетические установки с преобразованием солнечной энергии. -М.:Машиностроение,1992.-224с.
2. Филиппов Е. Нелинейная электротехника. -М.:Энергия,1968.-504с.

МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ПАРАМЕТРОВ СТРУИ ГАЗА ИЗ МОДУЛЯ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Занин А.Н.

Длительное существование на околоземной орбите обитаемых космических аппаратов делает актуальной проблему обнаружения места течи в корпусе модуля. Для решения данной задачи был предложен многопараметрический преобразователь струи газа. За основу был взят ионизационный датчик, диапазон работы – $10^{-4} \div 10^{-7}$ мм.рт.ст., что дает возможность использовать его для определения области пробоя (несколько квадратных метров). Для расширения динамического диапазона регистрации давления газа, выходящего из отверстия, в преобразователь введены термопара и микрофонный датчик. Использование термопары позволяет уточнить зону пробоя до сотен квадратных сантиметров. Микрофонный датчик локализует течь с точностью до нескольких миллиметров.