

**Исследование импульсных преобразователей
постоянного тока, работающих в качестве силовых
интерфейсных модулей солнечных батарей**

Абдул Мажид Аль-Хатиб, Петренко Ю.Н.

Белорусский национальный технический университет

Между солнечной батареей (СБ) и сетью переменного тока необходима установка преобразовательных устройств – силовых интерфейсных модулей (СИМ) [1]. Это может быть преобразователь постоянного тока, автономный инвертор напряжения с трансформаторным выходом или инвертор тока с конденсаторным выходом.

Схема ШИМ-преобразователя для 2-х интервалов ее работы изображена на рис. 2 (а,б). Интервалы работы схемы представим в виде таблицы 1.

Таблица 1

Состояние элементов схемы рис.2

Интервал	VT1	VT2	VT3	VT4	состояние		
					L1	L2	C
1	+	-	-	-	Н		О
2	-	+	-	-	О		Н
3	-	-	+	-		Н	О
4	-	-	-	+		О	Н

В таблице 1 знаком «+» обозначены проводящие состояния транзисторных ключей, непроводящие – знаком «-»; для индуктивностей и конденсатора: Н – накопление энергии; О – отдача энергии.

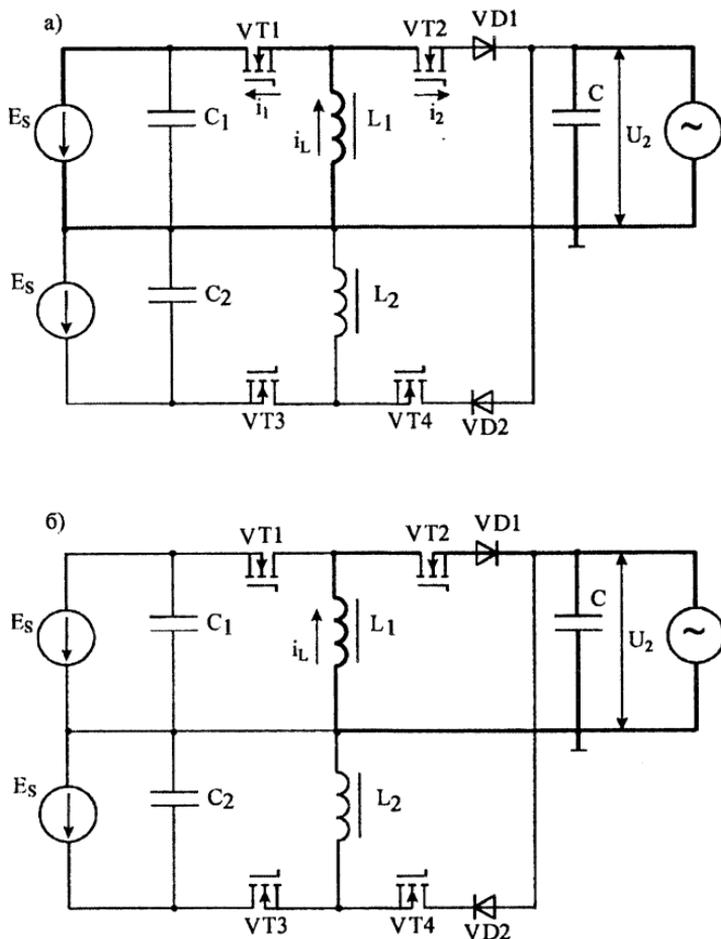


Рис. 1. Преобразование энергии солнечных батарей:

а)- первый этап; б)- второй этап

Принимая во внимание общепринятое допущение, для схемы рис. 2 запишем уравнения:

$$L \frac{di_1(k)}{dt} + R_1 i_1(k) = U_1 ; \quad (1)$$

$$L \frac{di_2(k)}{dt} - R_2 i_2(k) = \sqrt{2} U_2(k) ;$$

(2)

где $L = L_1 = L_2$ – индуктивность дросселя,

R_1, R_2 – эквивалентные сопротивления цепей в интервале I и II соответственно; K – число переключений; (номер интервала) U_1 – напряжение солнечной батареи; U_2 – выходное напряжение переменного тока.

Полагая $i_1(k) = i_2(k-1)$ в (1) при $t = 0$, решение уравнений имеет вид:

$$i_1(k) = \frac{U_1}{R_1} + \left[i_2(k-1) - \frac{U_1}{R_1} \right] \exp \left[-\frac{R_1}{L} t_1(k) \right], \quad (3)$$

$$i_1(k) = -\frac{\sqrt{2}U_2(k)}{R_2} + \left[i_1(k) + \frac{\sqrt{2}U_2(k)}{R_2} \right] \exp \left[-\frac{R_1}{L} t_2(k) \right], \quad (4)$$

где t_1, t_2 – время включенного состояния VT1 и VT2 соответственно.

Учитывая непрерывность тока в индуктивности (на интервале полупериода выходного напряжения) получим:

$$i_1(k) = \frac{U_1}{L} t_1(k), \quad (5)$$

$$i_2(k) = \frac{\sqrt{2}U_2}{L} t_2(k), \quad (6)$$

$$t_1 + t_2 = \frac{1}{2Nf} = \frac{T}{2N}, \quad (7)$$

где T – период напряжения переменного тока;

N – число переключений.

Весьма важным элементом схемы является дроссель L , для определения параметров которого воспользуемся следующими уравнениями.

На интервале p проводимости VT1, когда ток дросселя i_1 достигает наибольшей величины запишем:

$$i_{1\max} = \frac{U_1}{L} T_1 = \frac{\sqrt{2}U_2}{L} T_2, \quad (8)$$

На рис.3 приведена форма тока индуктивности на интервалах проводимости ключей VT1 и VT2 и значение $i_{1\max}$.

Продолжительность интервалов для p -го импульса:

$$T_1 = \frac{i_{1\max} L}{U_1}, \quad (9)$$

$$T_2 = \frac{i_{1\max} L}{\sqrt{2} U_2} \quad (10)$$

Для p -го интервала полагая в (3), что $t_1 = T_1$ и $t_2 = T_2$, запишем:

$$i_{1\max} = \frac{\sqrt{2} U_2 U_1 T}{2NL(U_1 + \sqrt{2} U_2)} \quad (11)$$

Мощность, отдаваемая в сеть:

$$P_{\text{абс}} = U_2 \sin \theta I * \sin \theta_p \frac{T}{N} \quad (12)$$

Выражение мощности P_c , запасаемой конденсатором C , есть разность между мощностями в течении $(p-1)$ и p – интервала, и имеет вид

$$P_c = \frac{U_2^2 IT}{N} (\sin^2 \theta_p - \sin^2 \theta_{(p-1)}) \quad (13)$$

Мощность, запасаемая в индуктивности:

$$P_c = P_c + P_{\text{абс}} = \frac{U_2 IT}{N} (2 \sin^2 \theta_p - \sin^2 \theta_{(p-1)}) \quad (14)$$

Таким образом, энергия запасаемая в дросселе должна соответствовать (10), т. е.

$$\frac{1}{2} Li_{1\max}^2 = P_L \quad (15)$$

Подставляя (10) в (11) получим:

$$\frac{1}{2} Li_{1\max}^2 = \frac{U_2 IT}{N} (2 \sin^2 \theta_p - \sin^2 \theta_{(p-1)}) \quad (16)$$

Из (12) получим выражение индуктивности дросселя

$$L = \frac{U_2 U_1^2 T}{4NI(U_1 + \sqrt{2} U_2)^2 (2 \sin^2 \theta_p - \sin^2 \theta_{(p-1)})} \quad (17)$$

На основе полученного значения индуктивности можно определить проводимость VT1 T_1 на k -ом интервале:

$$i = \frac{U_1}{L} T_1(k) \quad (18)$$

При этом в дросселе запасается энергия:

$$\frac{Li^2}{2} = \frac{U_2 IT}{N} (2 \sin^2 \theta_k - \sin^2 \theta_{(k-1)}) \quad (19)$$

Используя (14) и (15), получим:

$$T_1(k) = \left[\frac{2LU_2IT(2\sin^2\theta_k - \sin^2\theta_{(k-1)})}{NU_1^2} \right]^{1/2}. \quad (20)$$

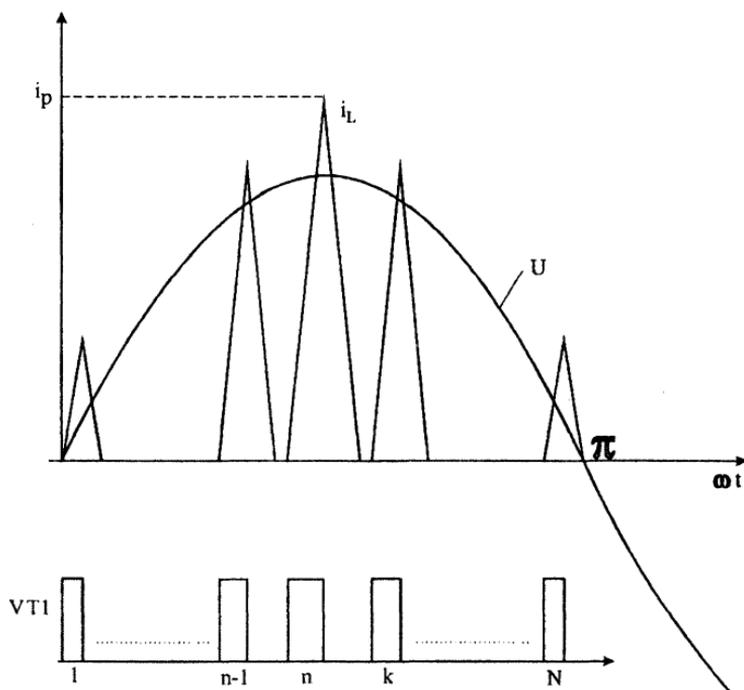


Рис.2. График тока в дросселе (i_L), выходное напряжение (U) и управляющие импульсы транзистора $VT1$ в течение полу-периода выходного напряжения

Таким образом, определены основные параметры ШИМ-преобразователя электроэнергии СБ.

Литература

1. Абдул Мажид Аль-Хатиб. Концепция электропитания жилого дома с «нулевым потреблением» в условиях Ливана. // Инновационная деятельность в системе образования, науки и производства: Мат. Респ. научно-практической конф., (26-28 ноября 2002 г. Минск) / Под ред. М.М.Болабаса, Л.К.Волченковой, В.В. Сидорика. – Мн. УП «Технопринт», 2002. – с. 300-302