

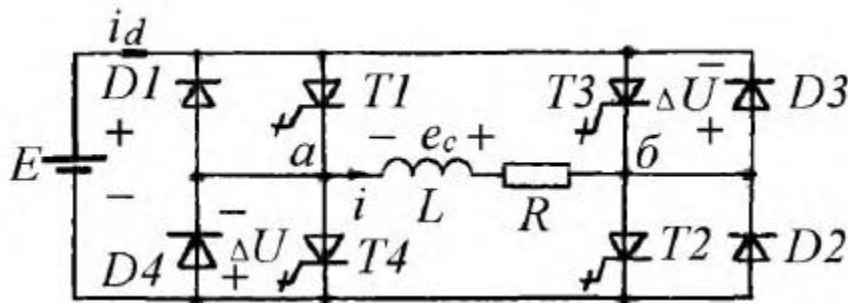
Глава 2. Инверторы напряжения

2.1. Однофазный мостовой инвертор на двухоперационных тиристорах

На рис.2.1 приведена мостовая схема на двухоперационных тиристорах. Ее работа протекает следующим образом.

В промежутке времени $0-\pi$ проводят ток тиристоры $T1, T2$ по цепи $(+E)-T1-a-b-T2-(-E)$. При $\vartheta = \pi$ его значение достигнет $i=I$.

В этот момент времени тиристоры $T1, T2$ запирают и подают открывающие импульсы на $T3, T4$. Но их открывание не произойдет по следующей причине. Поскольку в индуктивном элементе L в момент коммутации ток не равен нулю и составляет $i=I$, то согласно второму закону коммутации его значение при $\vartheta = \pi$ должно остаться неизменным. Это достигается за счет ЭДС самоиндукции $e_c = -L di/dt$, которая примет полярность без скобок. В результате ток нагрузки потечет по цепи $(+e_c)-R-b-D3-E-D4-a-(-e_c)$ встречно источнику питания E . Создаваемое падение напряжения на диодах $D3, D4$, равное $\Delta U = 1+1,5$ В, будет приложено в запирающем направлении по отношению к тиристорам $T3, T4$. Поэтому они не откроются, хотя на них подан открывающий импульс напряжения. Такое состояние сохранится до момента $\vartheta = \theta_l$, когда значение тока i станет равным нулю. В этот момент энергия $W_L = LI^2/2$ полностью выделится частично в активном сопротивлении R и частично возвратится источнику питания E .



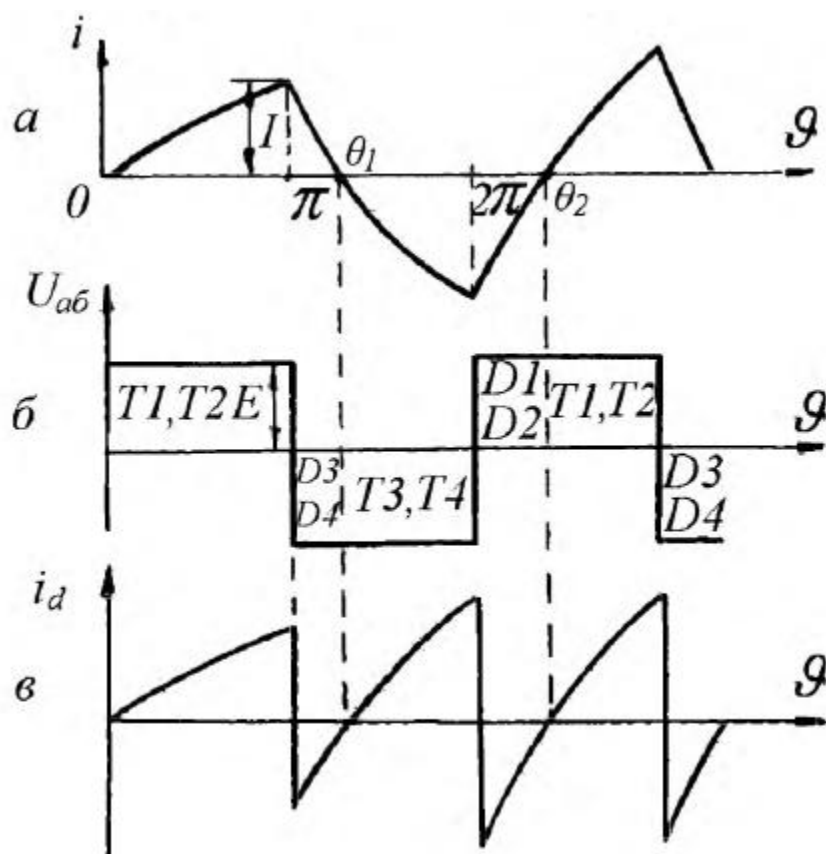


Рис.2.1. Мостовая схема инвертора на двухоперационных тиристорах: а – кривая тока нагрузки; б – кривая напряжения на нагрузке; в – кривая тока источника питания

Начиная с момента θ_1 ток i потечет в обратном направлении по цепи $(+E)-T3-a-T4-(-E)$ через тиристоры $T3, T4$, если на них будет подан отпирающий сигнал. В дальнейшем электромагнитные процессы в инверторе повторяются.

Рассмотрим алгоритм формирования напряжения на выходных зажимах инвертора. Это легко проследить по диаграмме (рис.2.1,б) включения полупроводниковых приборов. При открытых $T1, T2$ зажим «а» подключен к положительному источнику E , а «б» – к отрицательному. При открытых диодах $D3, D4$ полярность на зажимах $a-b$ изменится, поскольку зажим «б» – подключается к положительному полюсу, а «а» – к отрицательному источнику питания и т.д. Таким образом, на диагонали моста $a-b$ формируется напряжение прямоугольной формой (миандр) с высотой прямоугольника, равной полупериоду. На основании рассмотренного принципа работы инвертора можно сделать следующие выводы.

1. Неотъемлемой частью и основным признаком инверторов напряжения являются обратные диоды, сбрасывающие энергию индуктивного элемента источнику питания.

2. Источник питания должен обладать свойством принимать реактивную энергию при коммутациях. В качестве такового может быть применен или выпрямитель с конденсаторным фильтром или аккумуляторная батарея.

3. Форма выходного напряжения отличается от синусоидальной и содержит высшие гармоники.

4. Скорость нарастания напряжения du/dt очень высока, поэтому должны быть приняты меры, ограничивающие этот параметр.

2.2. Аналитический расчет параметров однофазного инвертора напряжения

Для получения аналитических выражений, необходимых для расчета основных параметров инвертора, воспользуемся методом основной гармоники. Для этого разложим в ряд Фурье кривую выходного напряжения, имеющую форму миандра (рис.2.1,б):

$$u_{ab} = \frac{4E}{\pi} \left(\sin \vartheta + \frac{1}{3} \sin 3\vartheta + \frac{1}{5} \sin 5\vartheta + \dots + \frac{1}{\nu} \sin \vartheta \nu \right). \quad (2.1)$$

Его первая гармоника $U_{ab} = \frac{4E}{\pi} \sin \vartheta$ имеет амплитуду

$$U_{ab(1)} = \frac{4E}{\pi} = 1,27E \text{ и действующее значение } U_{ab(1)} = \frac{4E}{\pi\sqrt{2}} = 0,9E.$$

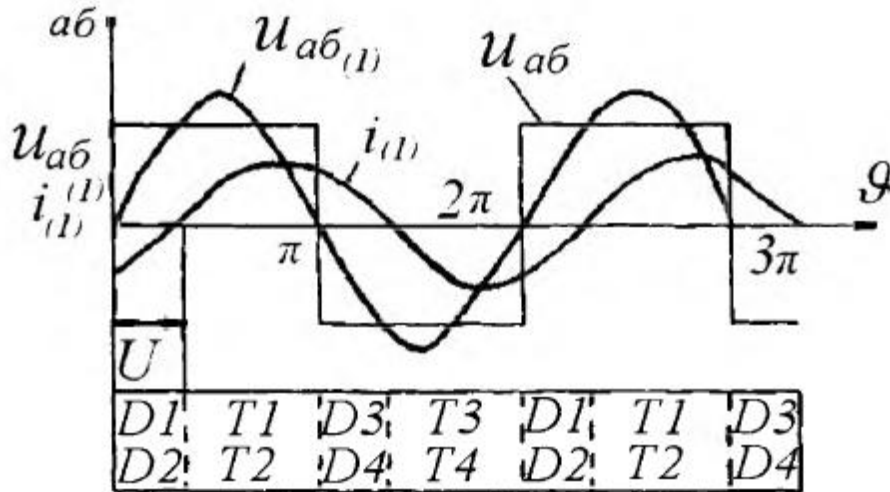


Рис.2.2. Кривые тока и напряжения инвертора

Выражение для первой гармоники тока будет иметь вид:

$$i_{(1)} = \frac{4E}{\pi z} \sin(\vartheta - \varphi), \quad (2.2)$$

где $\varphi_{(1)} = \arctg \frac{\omega L}{R}$, $z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$.

На рис.2.2 приведены первые гармоники напряжения $U_{ab(1)}$ и тока $i_{(1)}$.

Среднее значение тока диодов будет равно

$$I_D = \frac{1}{\pi} \int_0^\varphi i_{(1)} d\vartheta = \frac{4E}{\pi^2 z} (1 - \cos \varphi). \quad (2.3)$$

Среднее значение тока тиристоров

$$I_T = \frac{1}{\pi} \vartheta = \frac{4E}{\pi^2 z} (1 + \cos \varphi) . \quad (2.4)$$

Среднее значение тока источника питания

$$I_d = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} i_{(1)} d\vartheta = \frac{8E}{\pi^2 z} \cos \varphi . \quad (2.5)$$

Мощность, потребляемая от источника

$$P = E I_d = \frac{8E^2}{\pi^2 z} \cos \varphi . \quad (2.6)$$

Полученные формулы дают возможность произвести приближенный расчет параметров инвертора. По сравнению с точным расчетом [4] отличие составляет 10-15 %.

$$P = E I_d = \frac{8E^2}{\pi^2 z} \cos \varphi . \quad (2.6)$$

Полученные формулы дают возможность произвести приближенный расчет параметров инвертора. По сравнению с точным расчетом [4] отличие составляет 10-15 %.