

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧЕТЫРЕХУРОВНЕВОГО ИНВЕРТОРА НАПРЯЖЕНИЯ С ШИМ

Петренко А.Ф., студент; Шавёлкин А.А., доц., к.т.н.

(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

В настоящее время многоуровневые преобразователи частоты выполняются на базе схемы трехуровневого автономного инвертора напряжения (АИН) [1]. При использовании полупроводниковых ключей класса 6.5 кВ (напряжение $U_{DC}=3.3$ кВ) выходное напряжение их ограничено значением 4.16 кВ. Большие возможности в плане улучшения качества и повышения выходного напряжения имеет схема ГМППЧ на базе четырехуровневого АИН (ЧАИН). При выходном напряжении 6кВ напряжение ключа [1] составляет $U_K = \frac{6\sqrt{2}}{3} = 2.826$ кВ. Отсутствие нулевого вывода источника предполагает особенности формирования выходного напряжения.

Цель работы.

Исследование особенностей формирования выходного напряжения ЧАИН при использовании ШИМ.

Схема фазы ЧАИН приведена на рис.1. Фаза ЧАИН включает 6 ключей на IGBT с обратным диодом (K1-K6) и 4 фиксирующих диода. Звено постоянного тока включает в себя три выпрямителя B1, B2, B3.

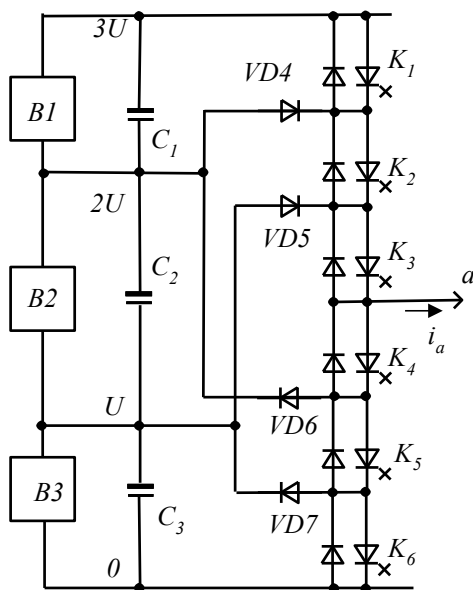


Рис.1. Фаза
четырёхуровневого АИН

Чтобы обеспечить симметрию загрузки элементов схемы, формируемое напряжение рассматриваем относительно искусственной средней точки, которая соответствует половине общего напряжения ИПТ, т.е. $1.5U$.

Для обеспечения на выходе ЧАИН каждого из 4 уровней необходимо обеспечить отпирание соответствующей комбинации ключей в фазе:

- нулевому уровню соответствует отпирание K4, K5, K6;
- первому уровню (U) $M_1 - K3, K4, K5$;
- второму уровню ($2U$) $M_2 - K2, K3, K4$;
- третьему уровню ($3U$) $M_3 - K1, K2, K3$;

Для формирования выходного напряжения используется многоуровневая ШИМ. При этом используется три модулирующих напряжения треугольной формы единичной амплитуды ($u_{TP1}-u_{TP3}$), которые сдвинуты по уровню ($u_{TP2}=1+u_{TP1}$, $u_{TP3}=1+u_{TP2}$). Напряжение задания для обеспечения симметрии загрузки ИПТ также сдвинуто по уровню $u_{зАд} = \mu 1.5 \sin \theta + 1.5$ (μ

– коэффициент модуляции по амплитуде) сравнивается по уровню с модулирующими напряжениями, в результате чего формируется три напряжения:

$$Y_1 = \begin{cases} 1, & \text{if } u_{зАд} \geq u_{TP1} \\ 0, & \text{if } u_{зАд} < u_{TP1} \end{cases}, \quad Y_2 = \begin{cases} 1, & \text{if } u_{зАд} \geq u_{TP2} \\ 0, & \text{if } u_{зАд} < u_{TP2} \end{cases}, \quad Y_3 = \begin{cases} 1, & \text{if } u_{зАд} \geq u_{TP3} \\ 0, & \text{if } u_{зАд} < u_{TP3} \end{cases}.$$

С учетом этого формируются сигналы управления ключей ЧАИН:

$$g_1 = Y_3, \quad g_2 = g_1 \vee \bar{Y}_3 \wedge Y_2, \quad g_3 = g_2 \vee Y_1 \wedge \bar{Y}_2, \quad g_4 = \bar{Y}_1 \vee Y_2 \wedge \bar{Y}_3 \vee Y_1 \wedge \bar{Y}_2,$$

$$g_5 = g_6 \vee \bar{Y}_2 \wedge Y_1, \quad g_6 = \bar{Y}_1.$$

Моделирование схемы ЧАИН осуществлялось с использованием программного пакета MATLAB. Структурная схема модели приведена на рис.2. Модель включает в себя блок силовых цепей ЧАИН (4level Converter), трехфазную активно-индуктивную нагрузку (load), блок формирования напряжений задания (Subsystem4), блоки формирования сигналов управления ключами ЧАИН (Subsystem1-3).

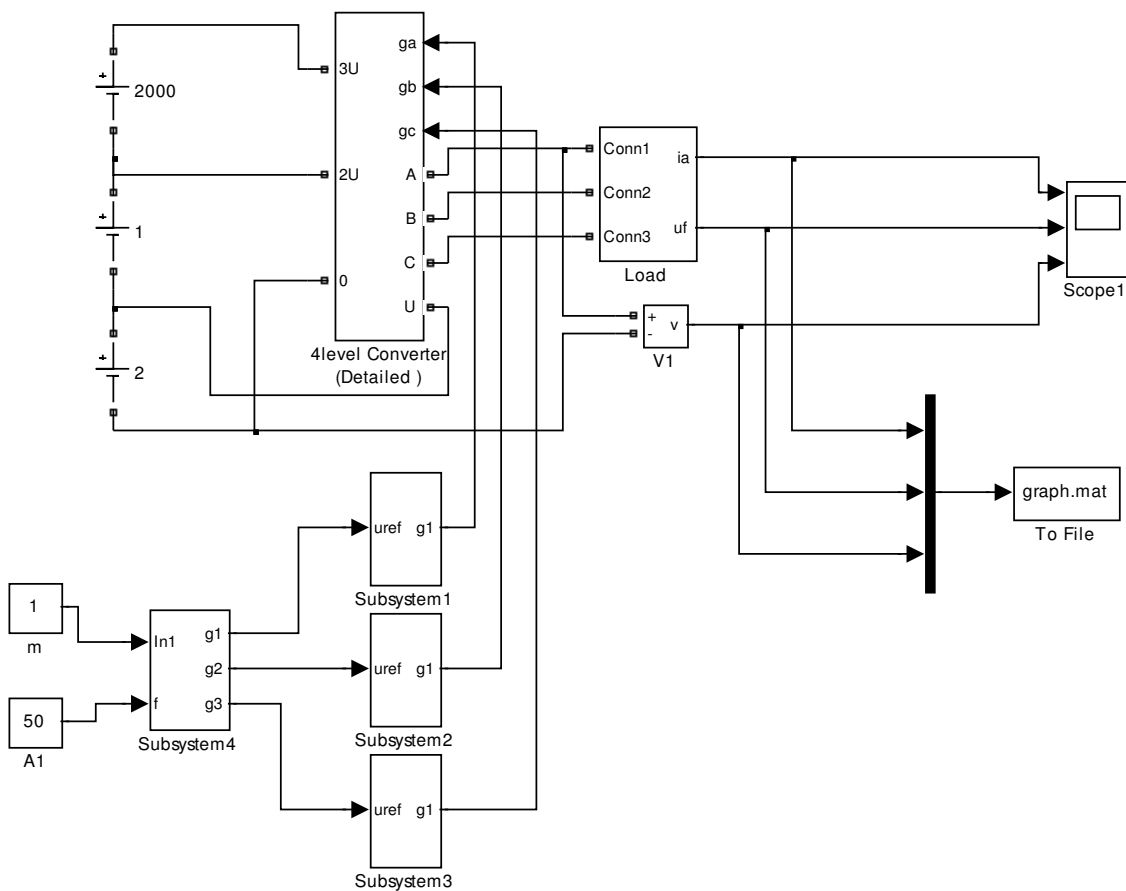


Рис.2. Структурная схема модели для исследования ЧАИН

Блок формирования напряжений задания (Subsystem4) формирует три синусоидальных напряжения, сдвинутых по фазе на треть периода.

Блоки формирования сигналов управления ключами ЧАИН (Subsystem1-3) реализуют приведенные выше функции. Их структура приведена на рис. 3.

Осциллограммы выходного тока, напряжений фазы нагрузки и фазы ЧАИН приведены на рис.4. При этом напряжение фазы нагрузки содержит 13 уровней, в то время как в схеме трехуровневого АИН количество уровней 9. Это позволяет существенно улучшить его гармонический состав.

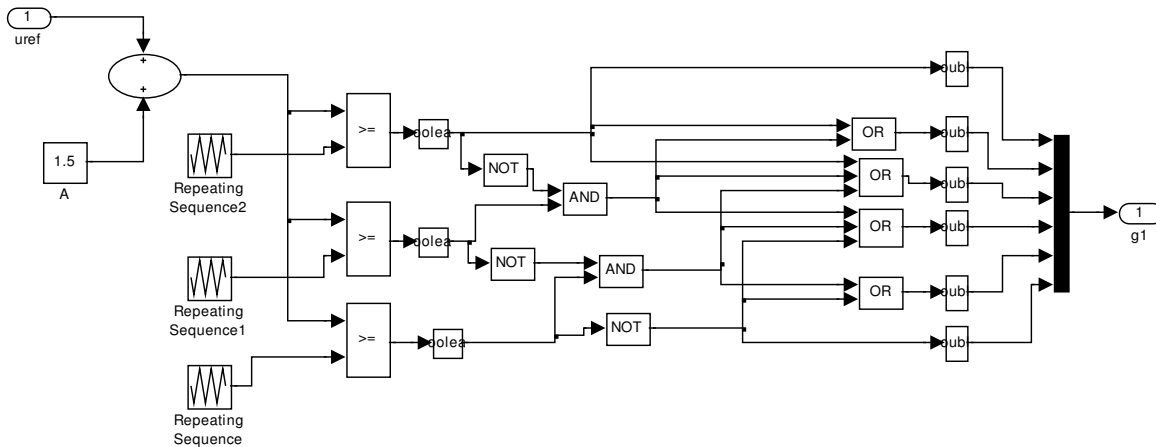


Рис.3. Блок формирования сигналов управления ключами фазы ЧАИН

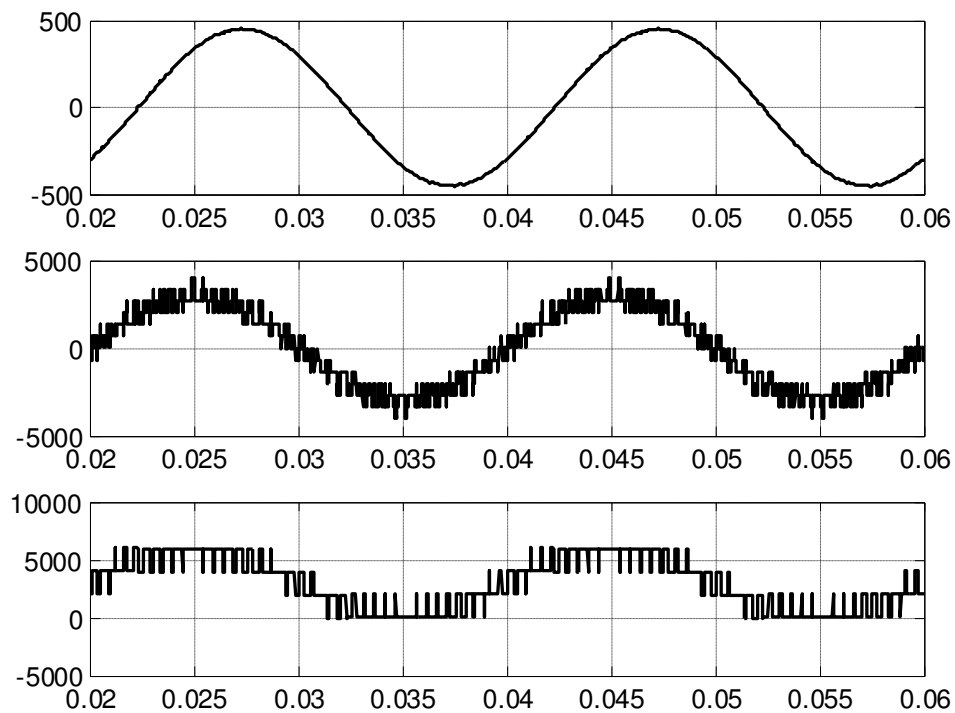


Рис.4. Осциллограммы выходного тока и напряжения фазы нагрузки и ЧАИН

Литература

1. Шавьолкін О.О. Перетворювальна техніка: навчальний посібник/ О.О. Шавьолкін, О.М.Наливайко. – Краматорськ, ДДМА, 2008. - 326с.

АНОТАЦІЯ

Петренко А.Ф., Шавьолкін О.О. Моделювання чотирирівневого інвертора напруги з ШІМ. Розглянуто принципи моделювання схеми чотирирівневого інвертору з синусоїдальною ШІМ у програмному пакеті MATLAB.