

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»

Кафедра электропривода и автоматизации промышленных установок

Отчет по самостоятельной работе по дисциплине  
«Алгоритмы управления высоковольтным ЭП»

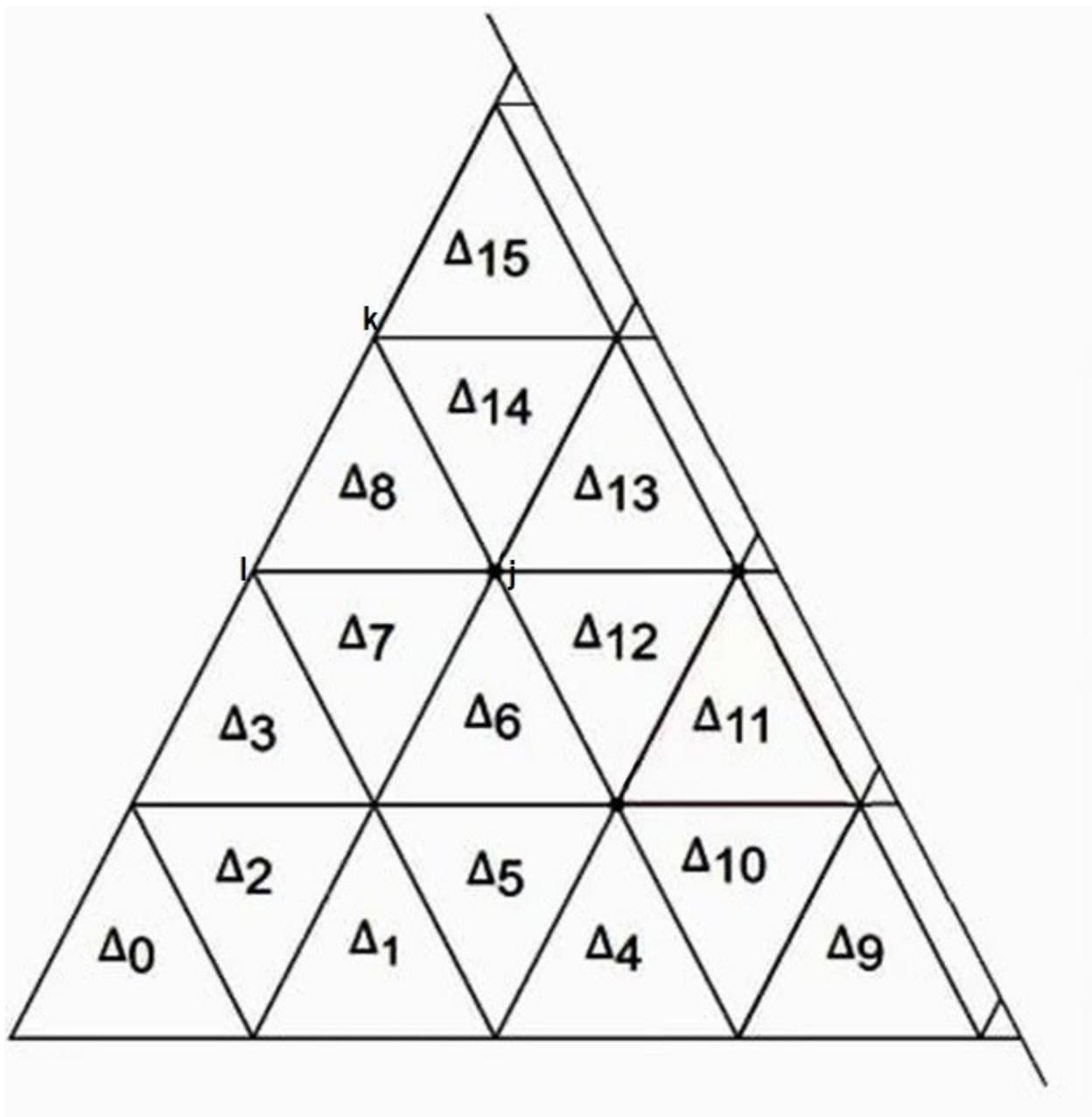
Выполнил: ст. гр. 2-31м Мачкур Д. А.

Проверил: Коротков А.А.

Иваново 2022

### Вариант 3

#### Задание №3



Вспомогательные параметры для I (2; 2):

$$m_2 = n - k - 1; m_3 = \frac{(n-1)}{2}; m_4 = ki - m_3; m_5 = kj - m_3$$

$$m_2 = 5 - 2 = 3; m_3 = \frac{5-1}{2} = 2; m_4 = 2 - 2 = 0; m_5 = 2 - 2 = 0$$

$$S_a = m_4 + i - 1; S_b = m_5 + i - 1; S_c = -m_3 + i - 1$$

Вспомогательные параметры для J (3; 2):

$$m_2 = 5 - 3 = 2 \quad m_3 = \frac{5-1}{2} = 2 \quad m_4 = 3 - 2 = 1 \quad m_5 = 2 - 2 = 0$$

Вспомогательные параметры для К (3;3):

$$m_2 = 5 - 3 = 2 \quad m_3 = \frac{5-1}{2} = 2 \quad m_4 = 3 - 2 = 1 \quad m_5 = 3 - 2 = 1$$

Ключи для I:

i	Sa	Sb	Sc
1	0	0	-2
2	1	1	-1
3	2	2	0

Ключи для J:

i	Sa	Sb	Sc
1	1	0	-2
2	2	1	-1

Ключи для K:

i	Sa	Sb	Sc
1	1	1	-2
2	2	2	-1

## Постановка задачи и выделение цели работы

**Цель работы:** разработать модель высоковольтного многоуровневого инвертора на реальных ключах. Число уровней 11 шт. Каждая ячейка запитана от идеального источника постоянного напряжения. Построить временные диаграммы напряжения для  $U_{зад} = 6$  кВ,  $F = 50$  Гц. Реализовать закон управления  $U/f = const$ . Снять напряжения при  $f = 50$  Гц,  $0.8 U_{зад}$ ,  $f=1000$  Гц.

## Разработка многоуровневого инвертора

По заданию число уровней: 11 уровней. Следовательно, для реализации данного инвертора необходимо 15 силовых ячеек. В итоге имеем 5 групп по 3 ячейки. Структурная схема ячейки на идеальных ключах представлена ниже (рис.1).

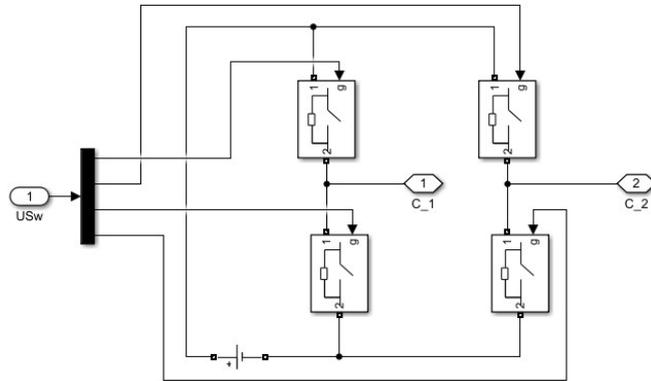


Рис.1 Структурная схема силовой ячейки инвертора

По току статора и напряжению

Ток номинальный  $I_n=6.5$

Ток статора двигателя  $I_s=96$

$$\text{Напряжение } U = \frac{0.8 U_{\text{зад}}}{\sqrt{3}} * K = 554$$

$K=0.2$  Коэффициент перевода из заданного в линейный.

Параметры блока идеальных ключей выбираем исходя из данных о реальных ключах. По току статора и напряжению был выбран силовой модуль компании «Infineon» F4-75R12KS4, основные параметры представлены ниже.

Напряжение U.....1200 В

Рабочий ток I.....100 А

Сопротивление R..... 2 Ом

Напряжение U.....1200В

Данный силовой модуль был выбран исходя из доступности на рынке и стоимости. В модели используется сопротивление ключа.

Как уже было рассчитано, для реализации инвертора необходимо 15 ячеек. Структурная схема блока ячеек заданного инвертора представлена ниже (рис.3).

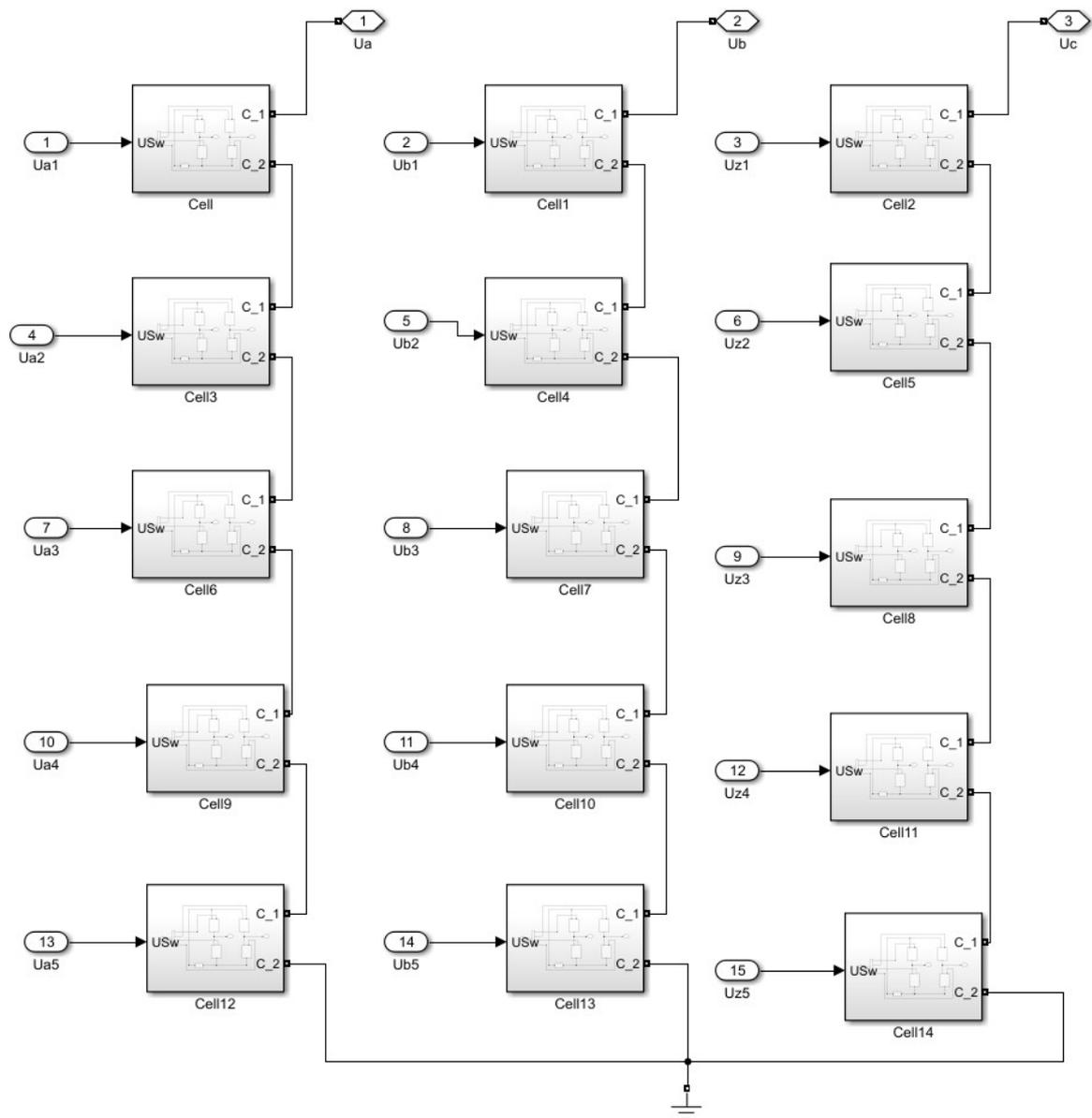


Рис.3 Структурная схема блока силовых ячеек многоуровневого инвертора

## Идеальный источник постоянного напряжения

Структурная схема блока источника идеального напряжения и его параметры для фазы представлены ниже (рис.4). Заметим, что параметры для каждой фазы будут отличаться только фазным сдвигом, в то время как параметры для каждой группы ячеек уровня еще и сдвигом  $180/p$ . Где  $p$  – число групп ячеек для уровней инвертора. Другими словами, исходя из задания получим сдвиг в 36 градусов.

Параметры для удобства работы занесем в скрип программы.

Соберем источник идеального напряжения для каждой фазы в подсистему.

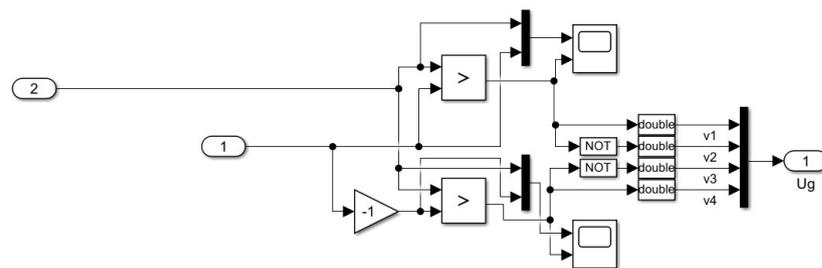
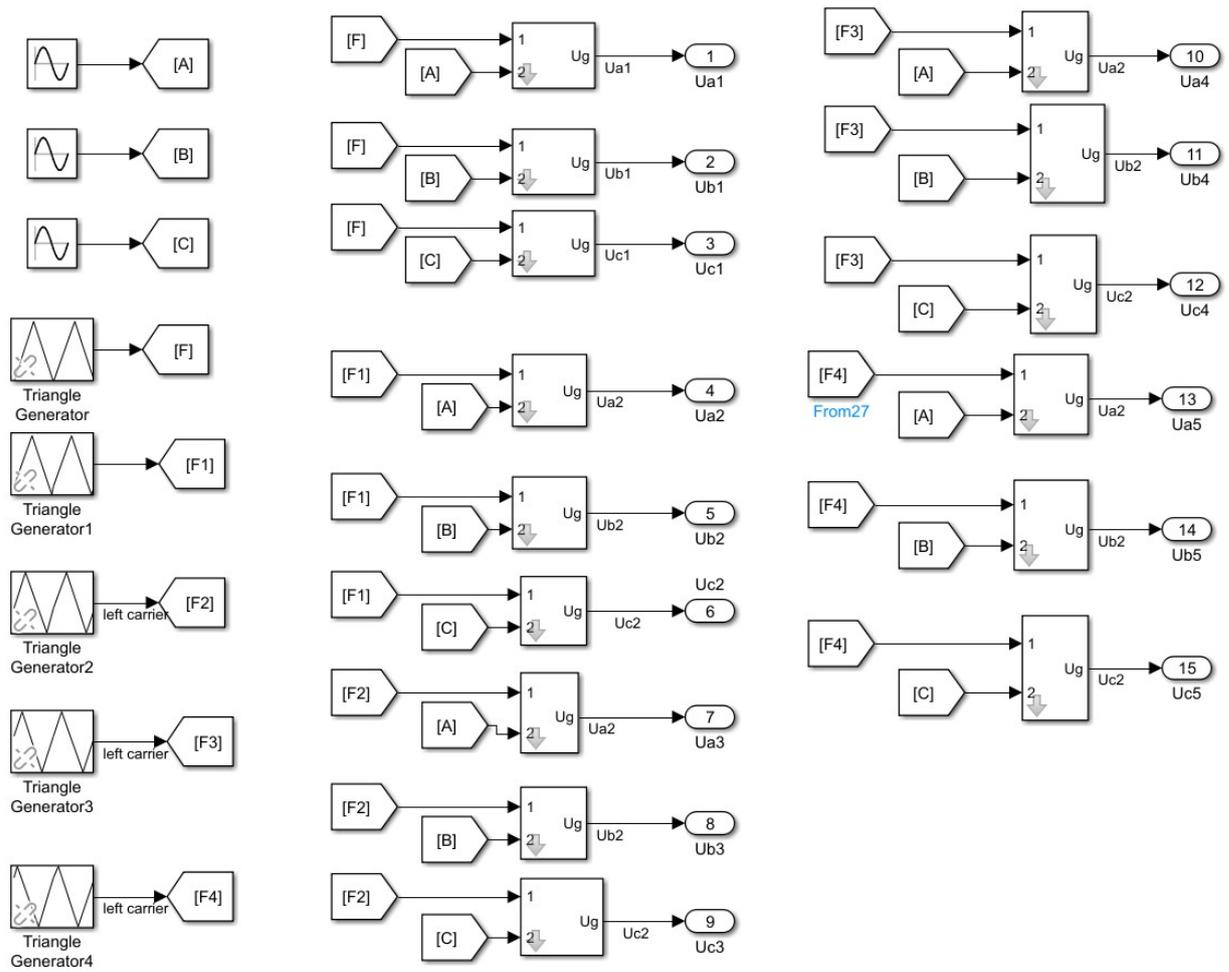
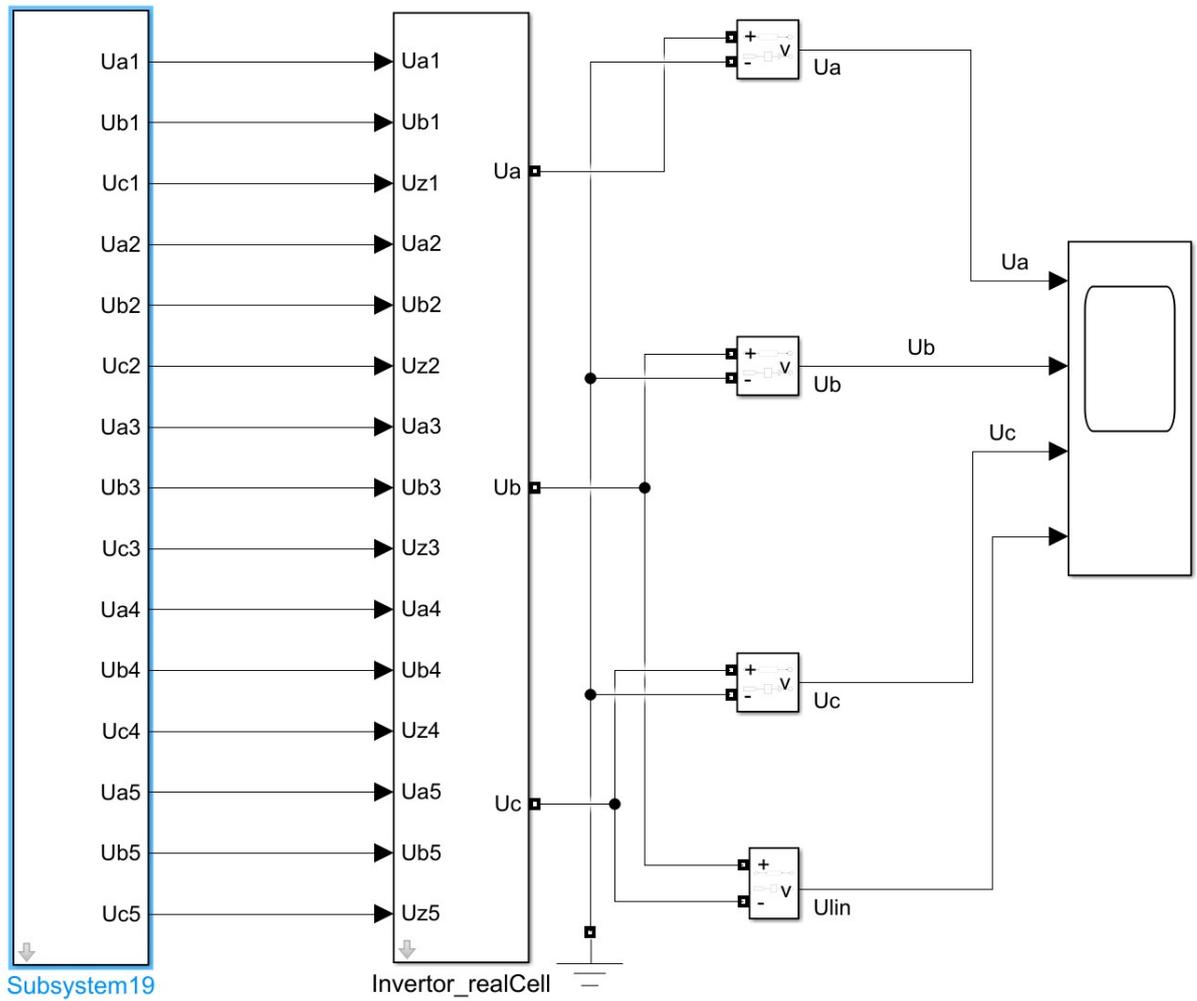


Рис.4 Структурная схема блока источника напряжения

## Сборка и моделирование

Соберем все выше описанные блоки в единую модель. Структурная схема модели представлена ниже (рис.5). А также проведем эксперимент, результаты которого представлены на рис. 6.



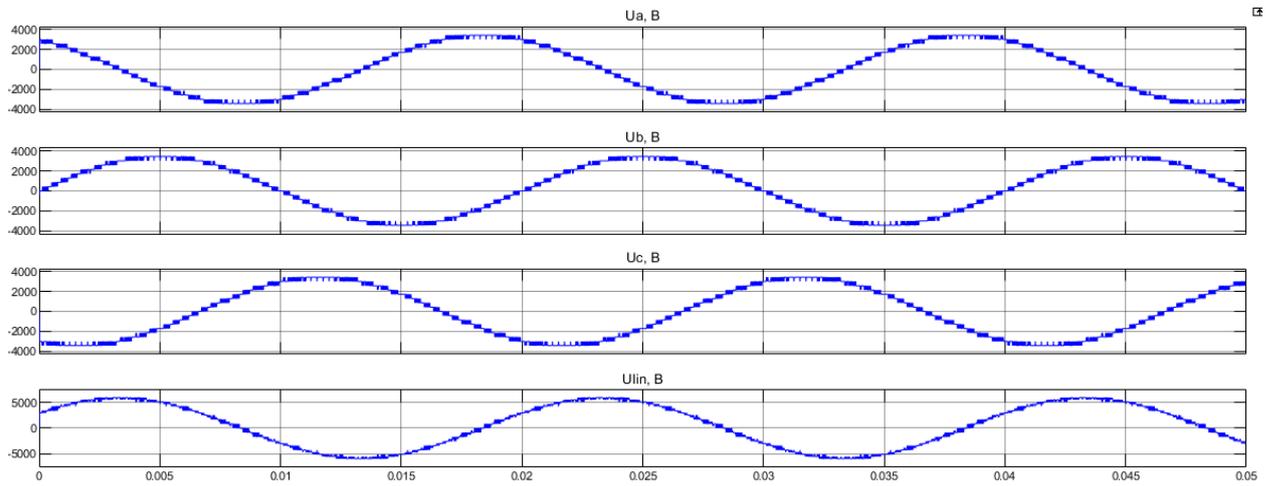


Рис.6 Временные зависимости фазных и линейного напряжений

Далее реализуем модель асинхронного двигателя в ортогональных координатах, а также модель частотного управления (рис. 6) по закону  $u / f = const$ . Произведем пуск двигателя на номинальную скорость и торможение в режиме XX. На рисунке 7 представлены временные зависимости скорости, момента, тока и напряжение фазы А.

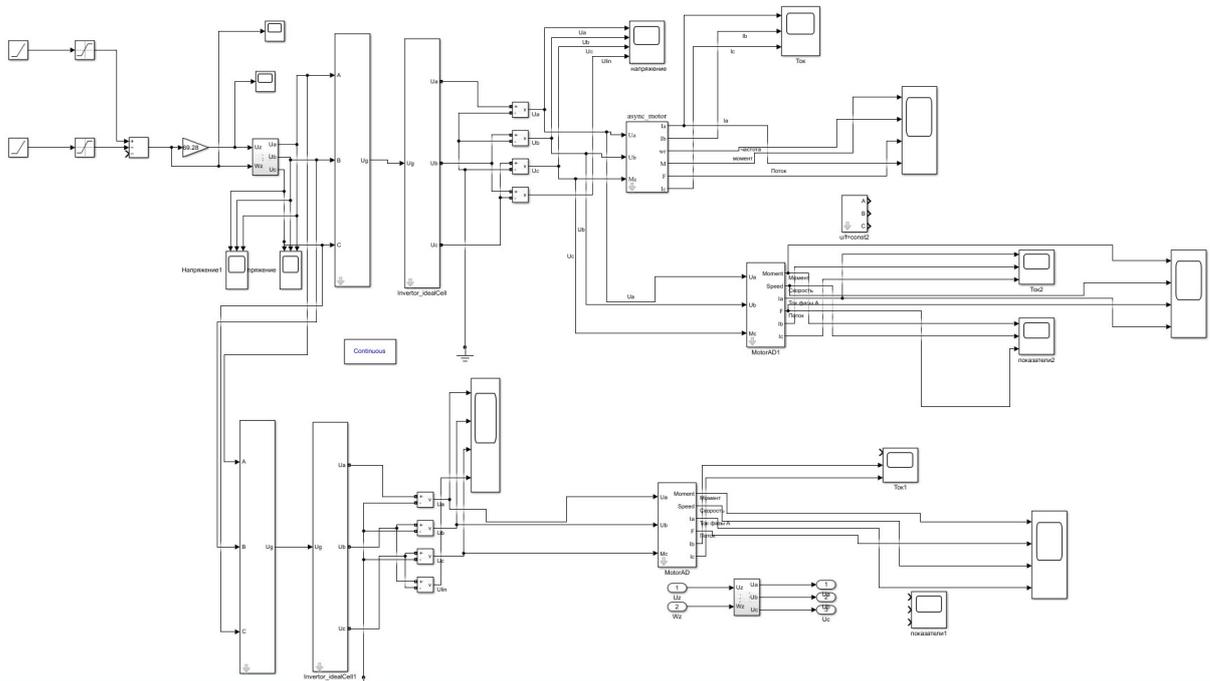


Рис.7. Структурная схема

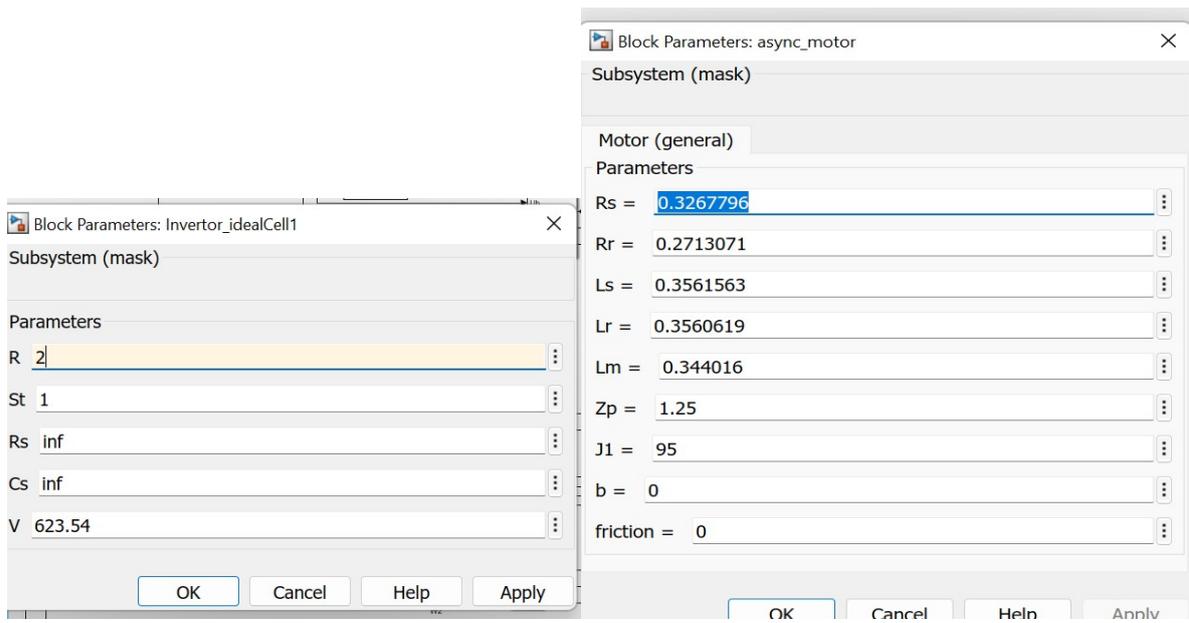


Рис.8 Параметры схемы.

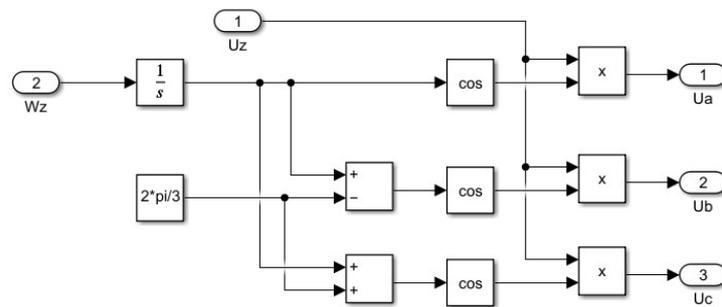


Рис.9. Внутреннее представление блока частотного управления

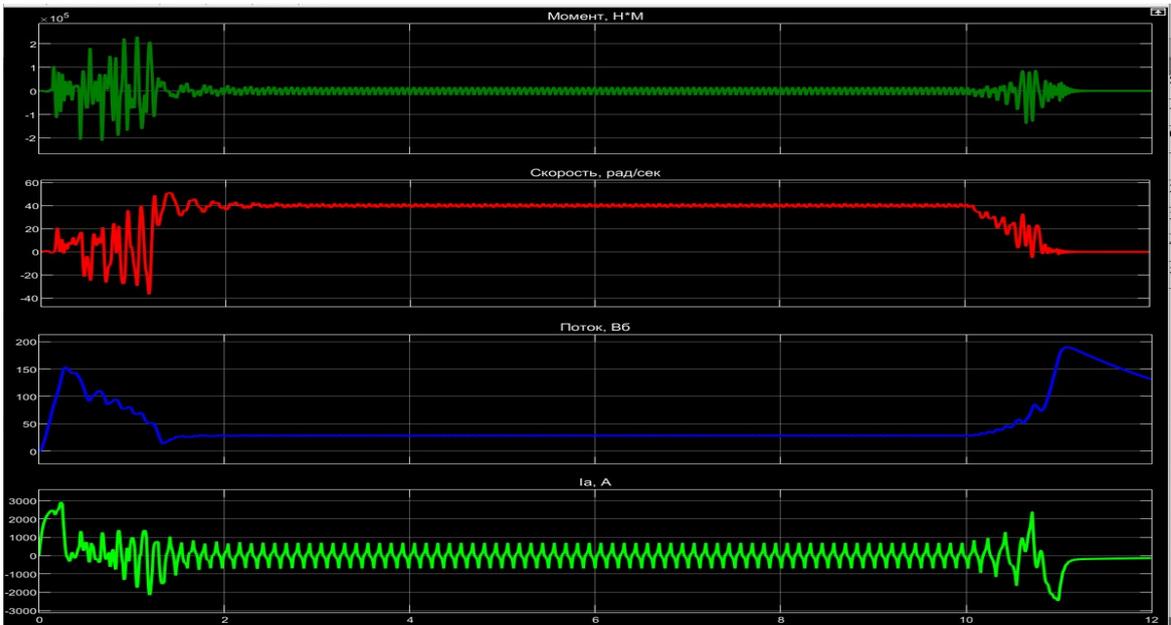


Рис.10 Результаты моделирования.

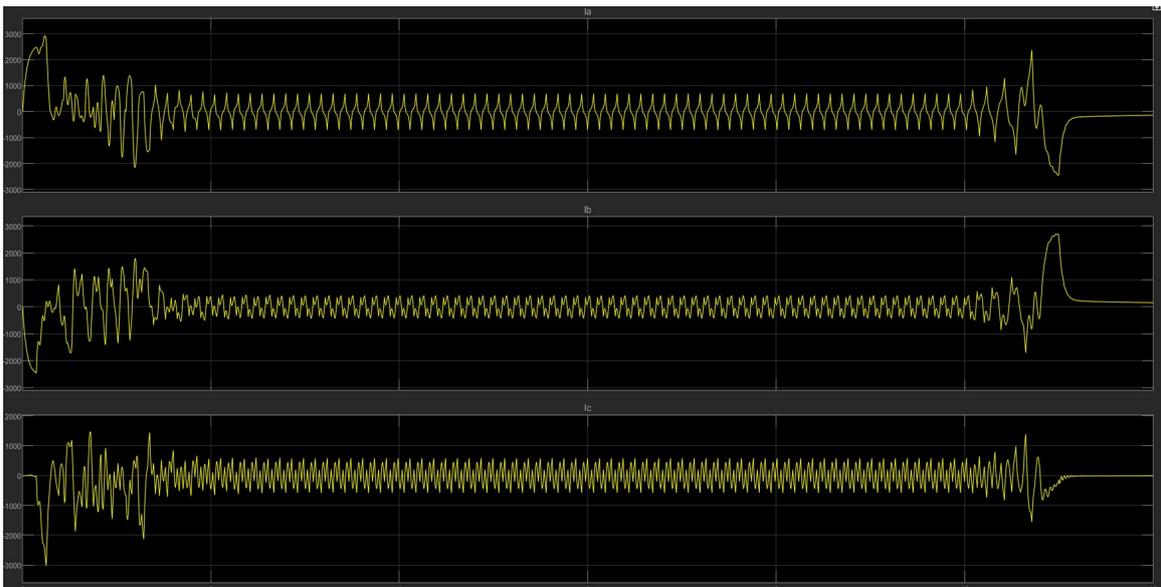


Рис.11 Выходные токи.

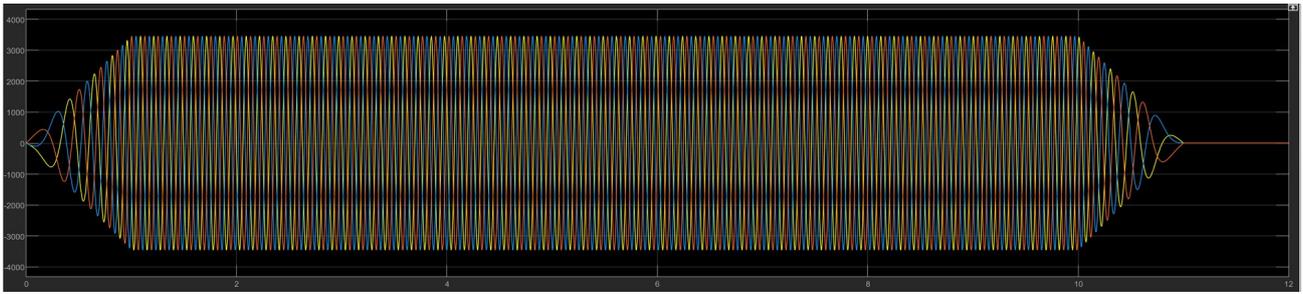


Рис.12 Временные зависимости фазных и линейного напряжений.

## Вывод

Поставленные задачи выполнены. Разработана модель многоуровневого инвертора. Произведены испытания в заданных условиях, получены адекватные результаты реакции модели.