

УДК 621.314

**ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С
МАТРИЧНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЧАСТОТЫ****Бахвалов Александр Владимирович**студент 4 курса Северного (Арктического) федерального университета имени М.В.
Ломоносова

E-mail: bahvalov.a@edu.narfu.ru

Сковпень Сергей Михайловичдоктор технических наук Северного (Арктического) федерального университета имени
М.В. Ломоносова

E-mail: s.skovpen@narfu.ru

Аннотация

Особое внимание статье рассмотрено создание имитационной модели асинхронного двигателя электропривода с матричным преобразователем частоты. Разработка такой модели обусловлена необходимостью эффективного управления электроприводом при изменении частоты в широком диапазоне. Выполнено имитационное моделирование матричного преобразователя в системе MATLAB. Приведены результаты моделирования работы электропривода с матричным преобразователем частоты в динамическом и установившемся режимах при проектировании МПЧ уделяется реализации эффективных алгоритмов управления. Растущее количество научных публикаций по данной теме подтверждает актуальность использования МПЧ по сравнению с традиционными преобразователями частоты со звеном постоянного тока, особенно в электроприводах, включая системы электродвижения автономных объектов.

Ключевые слова: привод, имитационная модель, матричный преобразователь частоты, широтно-импульсная модуляция.

**SIMULATION MODEL OF AN ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE WITH A
MATRIX FREQUENCY CONVERTER****Alexander V. Bakhvalov**

4th year student of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

E-mail: bahvalov.a@edu.narfu.ru

Sergey M. Skovpen

Doctor of Technical Sciences, M.V. Lomonosov Northern (Arctic) Federal University

E-mail: s.skovpen@narfu.ru

ABSTRACT

The article considers the creation of a simulation model of an asynchronous motor of an electric drive with a matrix frequency converter. The development of such a model is due to the need for effective control of the electric drive when changing the frequency in a wide range. A simulation simulation of a matrix converter in the MATLAB system has been performed. The results of modeling the operation of an electric drive with a matrix frequency converter in dynamic and steady-state modes are presented.

Keywords: drive, simulation model, matrix frequency converter, pulse width modulation.

Матричные преобразователи частоты (МПЧ) по-прежнему остаются предметом научно-технических исследований и не нашли широкого применения в мировой практике силовой преобразовательной техники [1]. Тем не менее, схема силовой части МПЧ обладает рядом преимуществ, таких как возможность исключить громоздкий входной фильтр, исключить применение звена постоянного тока, а также позволяет регулировать входной коэффициент мощности, что делает данный вид преобразователей объектом пристального интереса для исследований.

Особое внимание при проектировании МПЧ уделяется реализации эффективных алгоритмов управления. Растущее количество научных публикаций по данной теме подтверждает актуальность использования МПЧ по сравнению с традиционными преобразователями частоты со звеном постоянного тока, особенно в электроприводах, включая системы электродвижения автономных объектов.

В настоящее время на базе лаборатории Нижегородского государственного технического института разрабатывается МПЧ, способный питать трехфазные асинхронные двигатели мощностью до 4 кВт [2].

Структура силовой части трехфазного однокаскадного матричного преобразователя частоты (МПЧ) переменного тока состоит из девяти двунаправленных силовых ключей, объединенных в матрицу размерностью 3×3 (рисунок 1). Это позволяет в любой момент времени подключать любую фазу питания к любой фазе нагрузки. Ввиду предполагаемой работы МПЧ с активно-индуктивной нагрузкой, на входе необходимо установить LC-фильтр для согласования с источником питания.

Гибкость коммутации силовых ключей дает возможность формировать требуемый набор выходных напряжений независимо от заданной последовательности фаз питающей сети. Таким образом, структура МПЧ позволяет адаптивно управлять выходным напряжением, при этом сохраняя высокую эффективность и компактность конструкции. Данное преимущество делает матричные преобразователи частоты привлекательными для применений, где предъявляются повышенные требования к качеству выходной электроэнергии.

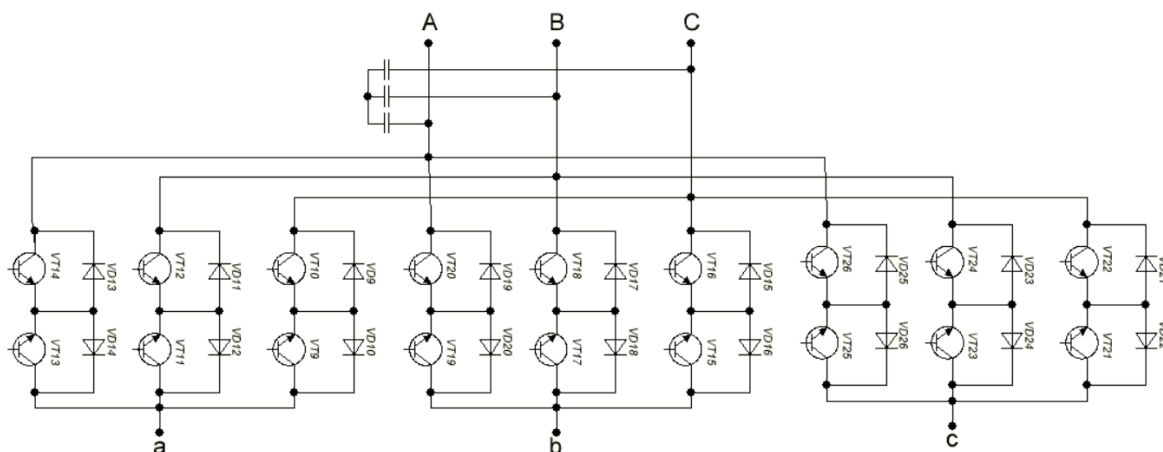


Рисунок 1 – Силовая часть трёхфазного МПЧ (рисунок автора)

Структурная схема имитационной модели системы «МПЧ-АД» представлена на рисунке 2. МПЧ получает питание от трёхфазной сети переменного тока через входной фильтр (Ф).

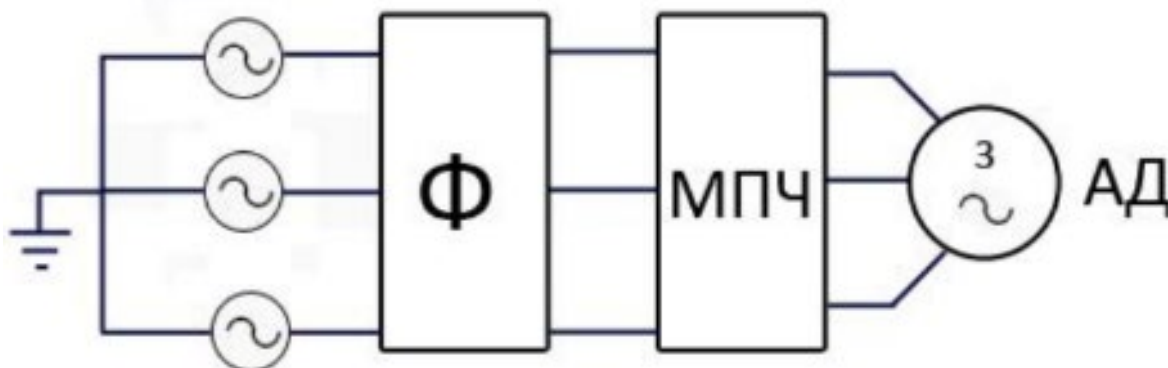


Рисунок 2 – Структурная схема «МПЧ-АД» [3]

Трёхфазный матричный преобразователь частоты (МПЧ) питается от трёхфазной сети переменного напряжения. Для защиты от возможных перепадов входного напряжения и предотвращения появления высокочастотных токовых гармоник в сети, между преобразователем и сетью установлен входной фильтр. Данный МПЧ используется для питания асинхронного электродвигателя.

Для комплексного изучения работы МПЧ наиболее предпочтительным методом является математическое моделирование. Это позволяет детально исследовать внутренние процессы в преобразователе и понять взаимодействие его отдельных компонентов. Разработанная математическая модель МПЧ представлена на рисунке 3 и реализована с применением программного пакета Matlab. Данная модель включает в себя:

- узел синхронизации с питающей сетью;
- узел формирования алгоритма управления, состоящий из блока широтно-импульсной модуляции (ШИМ) и блока выборки ключей;
- силовую часть, представленную матрицей двунаправленных ключей;
- имитационную модель нагрузки.

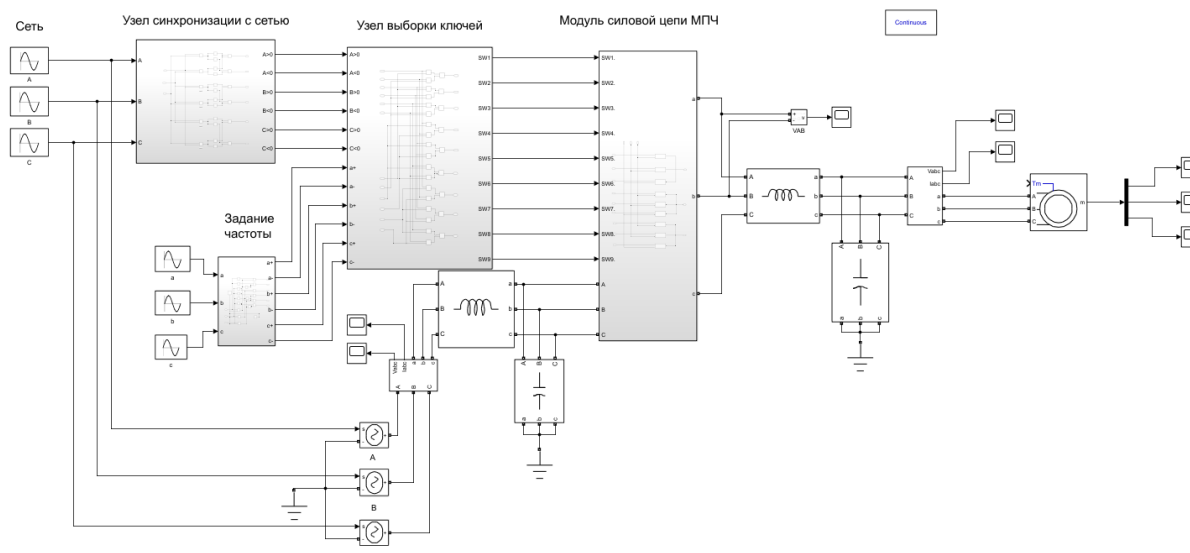


Рисунок 3 – Имитационная модель МПЧ (рисунок автора)

В отличие от классических двухзвенных преобразователей частоты, автономный инвертор в МПЧ не использует промежуточный контур постоянного тока для создания выходного напряжения. Вместо этого, он напрямую управляет входным переменным напряжением сети, поддерживая его стабильность в течение определенного времени. Специализированный блок синхронизации с сетью анализирует входное напряжение и определяет, какой его участок использовать для формирования выходного напряжения преобразователя в конкретный момент времени.

Формирование алгоритма управления осуществляется за счет двух ключевых узлов: ШИМ и выборки ключей. Узел ШИМ сравнивает опорный сигнал с заданными синусоидальными сигналами выходного напряжения фаз. Узел выборки ключей, используя информацию от блока синхронизации и сигналы ШИМ, генерирует управляющие сигналы для силовых ключей.

Сердцем МПЧ является матрица двунаправленных ключей, способных выдерживать высокие токи и напряжения. Для упрощения управления применяются IGBT-транзисторы, совмещающие в себе преимущества полевых и биполярных транзисторов на одном кристалле.

В ходе моделирования была исследована работа МПЧ на асинхронном двигателе мощностью 1 кВт с заданными параметрами. Результаты моделирования на частотах 25 Гц и 100 Гц представлены на рисунке 4.

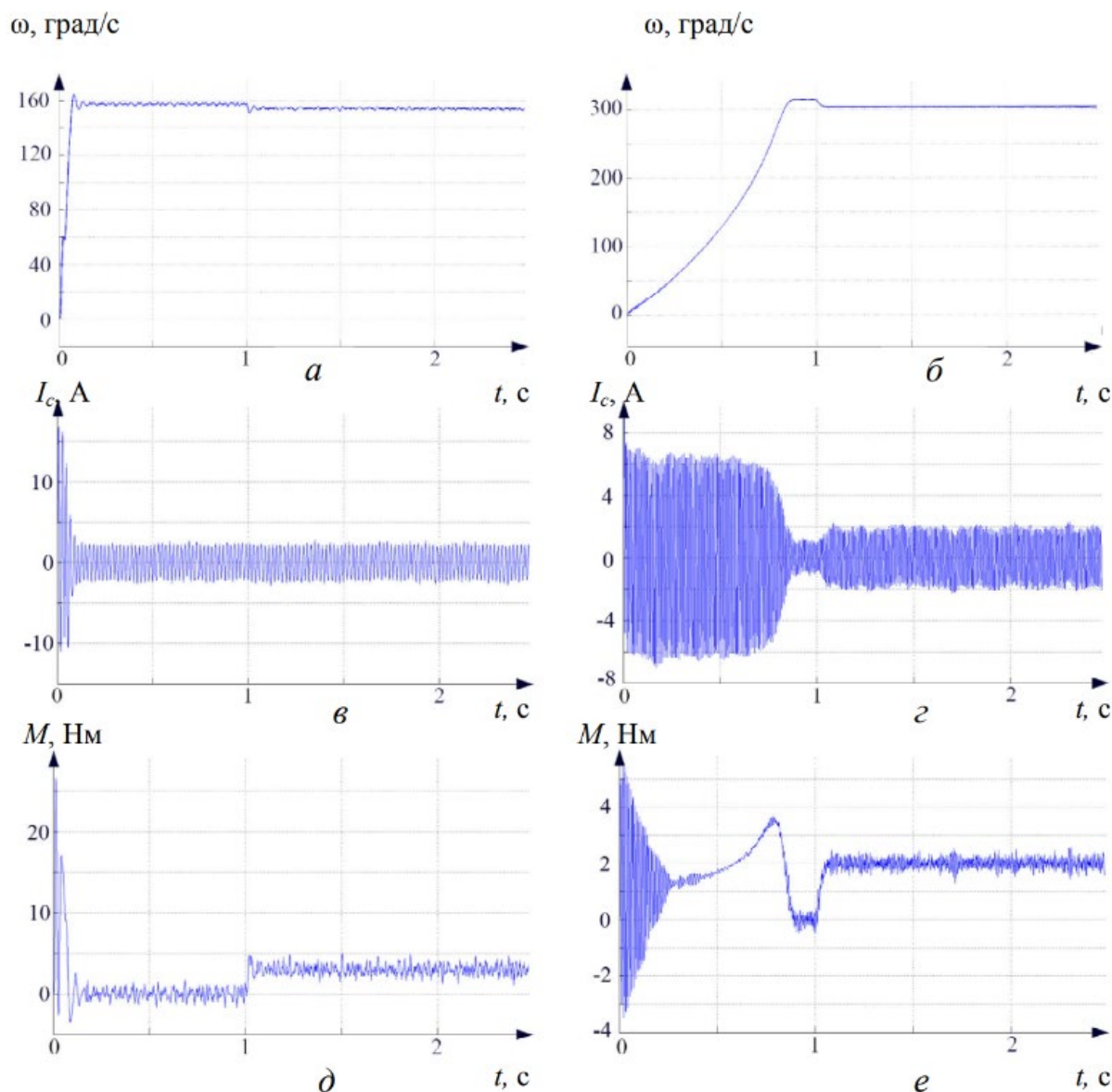


Рисунок 4 – Осциллограммы МПЧ 25 Гц (а, в, д) и 100 Гц (б, г, е) (рисунок автора)

Анализ графиков скорости вращения и электромагнитного момента показывает, что снижение выходной частоты приводит к увеличению амплитуды колебаний скорости. Моделирование демонстрирует высокую степень соответствия фазных токов статора асинхронного двигателя характеристикам, наблюдаемым при использовании идеального источника напряжения. Это подтверждает практическую возможность применения матричного преобразователя частоты для питания двигателя с данной схемой управления.

Однако моделирование также выявило существенные пульсации электромагнитного момента, достигающие 25% от его установившегося значения. Такие пульсации могут стать причиной вибраций, повышенного шума и нагрева ротора. Следовательно, особое внимание необходимо уделять качеству выходного напряжения, формируемого матричным преобразователем частоты.

Список литературы:

1. Дарьенков А. Б. Макет матричного преобразователя частоты / А. Б. Дарьенков, О. С. Хватов, Д. А. Корнев, И. А. Варьгин // Материалы 11-й молодеж. науч.-техн. конф. «Будущее технической науки». Нижний Новгород: Изд-во НГТУ, 2012. 58 с.

2. Дарьенков А. Б. Оптимизация алгоритма управления матричным преобразователем частоты / А. Б. Дарьенков, О. С. Хватов, И. А. Варыгин, Д. А. Корнев // Материалы 17-й Междунар. науч.-техн. конф. «Состояние и перспективы развития электротехнологии». Иваново: Изд-во ИГЭУ им. В. И. Ленина, 2013. Т. 3. 65 с.
3. А.Б. Дарьенков Имитационная модель электропривода на базе матричного преобразователя частоты / А.Б. Дарьенков, И.В. Воротынцев, И.А. Варыгин имитационная модель электропривода на базе матричного преобразователя частоты // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева № 5(107), 2014

References:

1. Darienkov A. B. Model of a matrix frequency converter / A. B. Darienkov, O. S. Khvatov, D. A. Kornev, I. A. Varygin // Materials of the 11th youth. scientific-technical conf. "The future of technical science." Nizhny Novgorod: NSTU Publishing House, 2012. 58 p.
2. Darienkov A. B. Optimization of the control algorithm for a matrix frequency converter / A. B. Darienkov, O. S. Khvatov, I. A. Varygin, D. A. Kornev // Materials of the 17th Intern. scientific-technical conf. "State and prospects for the development of electrical technology." Ivanovo: Publishing house of ISUE im. V. I. Lenina, 2013. Т. 3. 65 p.
3. A.B. Darienkov Simulation model of an electric drive based on a matrix frequency converter / A.B. Darienkov, I.V. Vorotyntsev, I.A. Varygin simulation model of an electric drive based on a matrix frequency converter // Proceedings of the Nizhny Novgorod State Technical University named after. R.E. Alekseeva No. 5(107), 2014