



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ АВИАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ»

АО «НИИАО»  
Россия, 140185, Московская область, г.о. Жуковский, ул.Туполева, д.18  
Тел.: +7(495) 556-23-22, факс: +7(495) 556-76-40, e-mail: info@niiao.ru, http: // www.niiao.ru

21.08.2018 № 01/2640  
На № \_\_\_\_\_

Учёному секретарю  
Диссертационного совета Д 212.125.07  
«Московского авиационного института  
(национального исследовательского  
университета)» (МАИ)  
К.т.н. Степанову В.С.

Волоколамское шоссе, д. 4, г. Москва,  
А-80, ГСП-3, 125993

Уважаемый Вилен Степанович!

Направляю Вам отзыв на автореферат диссертации Ле Дык Тиеп на тему:  
«Инверторы в режиме векторной широтно-импульсной модуляции для управления  
асинхронными двигателями» представленной к защите на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по специальности 050903 «Электротехнические  
комплексы и системы».

Приложение: Отзыв на автореферат диссертации на 3л., 2экз.

С уважением,  
Генеральный директор –  
Генеральный конструктор

А.В. Воробьёв

Исп. Потапчик И.В.  
+7(498) 33 57 доб.14-90

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ  
Вх. № 28 08 2018

Генеральный директор -  
Генеральный конструктор,  
доктор технических наук



А.В. Воробьев

08 2018г.

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ле Дык Тиеп на тему: «Инверторы в режиме векторной широтно-импульсной модуляции для управления асинхронными двигателями», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук

Специальность 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы»

### Актуальность темы

Целью представленной соискателем диссертационной работы является исследование свойств и выявление особенностей управления инвертором в режиме векторной ШИМ, нагруженным авиационным трёхфазным двигателем, и разработка эффективных алгоритмов векторной ШИМ, уменьшающих отклонения скорости и пульсации момента двигателя при его регулировании.

В настоящее время векторное управление асинхронными двигателями с помощью полупроводниковых преобразователей электроэнергии (ППЭ) на ЛА практически не применяется, вследствие больших габаритных размеров и массы ППЭ. Развитие полупроводниковой базы и улучшение массоэнергетических характеристик ППЭ могут сделать эффективным применение векторного управления асинхронными двигателями на ЛА в ближайшем будущем. В первую очередь сказанное относится к более электрифицированным самолётам (БЭС). За рубежом мощные электроприводы применяются на самолёте В 787.

В связи с этим, проведенные в диссертационной работе Ле Дык Тиеп исследования представляются, несомненно, актуальными и практически значимыми.

### Новизна исследований и полученных результатов

Для решения поставленной задачи автором проведен сравнительный анализ скалярной и векторной ШИМ, выявивший общие особенности формирования выходного напряжения инвертора с учётом алгоритма переходов безопасных состояний инвертора. На основе использования базовых и дополнительных векторов предложены алгоритмы формирования выходного напряжения инвертора, позволяющие повысить надёжность и уменьшить потери в ППЭ.

К наиболее важным новым результатам можно отнести:

1. Сравнительная оценка режимов скалярной и векторной ШИМ и выявление общих особенностей формирования выходного напряжения инвертора при управлении асинхронным двигателем.

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ  
Вх. № 28  
28 2018

2. Алгоритмы формирования векторов напряжения с использованием анализа состояния силовых ключей инвертора, позволяющие задавать расчётные времена включения базовых векторов с устранением сквозных токов в едином алгоритме, что повысит надёжность работы инвертора и устранил неравномерность перемещения векторов.
3. Алгоритмы формирования векторов напряжения, позволяющие снизить потери в силовой части инвертора за счёт уменьшения числа переключений при формировании векторов напряжения и рекомендации по их применению в зависимости от вычислительной мощности микроконтроллера.
4. Программное обеспечение для реализации различных случаев разделения базовых и нулевых векторов для задания параметров выходного напряжения инвертора подаваемого на АД на базе цифрового микроконтроллера общего применения.

### **Практическую ценность результатов диссертации**

Предложенные в работе алгоритмы формирования выходного напряжения инвертора и соответствующие принципы построения систем управления на основе векторной ШИМ могут быть положены в основу создания регулируемых бортовых электроприводов с АД.

В частности, с практической точки зрения заслуживают внимания:

1. Алгоритмы формирования выходного напряжения, обеспечивающие устранение сквозных токов и способы реализации схемы управления инвертором.
2. Алгоритмы формирования векторов напряжения по заданной траектории, позволяющие снизить потери в силовой части инвертора за счёт уменьшения числа переключений силовых ключей ППЭ.
3. Рекомендации по применению различных вариантов формирования параметров векторов в зависимости от вычислительной мощности микропроцессора.

**Обоснованность и достоверность полученных результатов** обеспечивается корректным использованием современного математического аппарата, принципов построения векторного управления АД с ШИМ. Эффективность применения разработанных алгоритмов подтверждена результатами испытаний лабораторного макета инвертора для управления АД в режиме векторной ШИМ и результатами имитационного компьютерного моделирования.

**Основные результаты диссертационных исследований опубликованы** в 2-х рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК, и представлялись на 6-и международных конференциях.

**Результаты диссертации могут быть использованы** при проектировании бортовых электроприводов с асинхронными двигателями на предприятиях-разработчиках электроприводов с ППЭ.

Структура диссертации, судя по автореферату, характеризуется внутренним единством и логической связностью.

**К недостаткам автореферата можно отнести следующее:**

1. В автореферате не указано, какие имеются ограничения по частоте выходного напряжения инвертора, чтобы понимать возможность применения предложенных решений для высокоскоростных электродвигателей.
2. Из автореферата не ясно, созданы ли в процессе проведения работы какие-либо методики и прикладные материалы расчетного плана для дальнейшего использования результатов разработок другими специалистами.

Отмеченные замечания не снижают научную новизну и практическую значимость диссертационной работы.

**Выводы.**

1. Диссертация Ле Дык Тиеп является целостной завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложены научно обоснованные технические решения. В ней решена актуальная научная задача по разработке алгоритмов управления силовыми ключами инвертора в режиме ШИМ, обеспечивающих повышение надёжности, снижение потерь в инверторе и обеспечение управления асинхронным двигателем с уменьшенными отклонениями скорости и пульсациями крутящего момента двигателя.
2. Диссертация Ле Дык Тиеп удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор, Ле Дык Тиеп, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук.

Ведущий научный сотрудник, д.т.н.



В.Н. Буков

Старший научный сотрудник



В.Н. Сучков

Ведущий инженер



И.В. Потапчик

Почтовый адрес ул. Туполева д.18, г. Жуковский, Московская область, 140185

телефон: (495)556-23-22, доб. 12-31

Организация, место работы: Акционерное общество «Научно-исследовательский институт авиационного оборудования»

Электронная почта: [info@niiio.ru](mailto:info@niiio.ru)

**Буков Валентин Николаевич** – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник Акционерного общества «Научно-исследовательский институт авиационного оборудования».

Тел.: (495) 556-23-22 доб. 12-31.

E-mail: v\_bukov@mail.ru

**Сучков Виталий Николаевич** – старший научный сотрудник Акционерного общества «Научно-исследовательский институт авиационного оборудования».

Тел.: (495) 556-23-22 доб. 12-31.

E-mail: info@niiio.ru (указать в теме письма - для Сучкова В.Н.)

**Потапчик Иван Владимирович** – ведущий инженер Акционерного общества «Научно-исследовательский институт авиационного оборудования».

Тел.: (495) 556-23-22 доб. 14-90.

E-mail: potapchikiv@niiio.ru