



**О. В. КРЮКОВ  
В. Н. МЕЩЕРЯКОВ  
И. В. ГУЛЯЕВ**

**ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ НА ОСНОВЕ  
МАШИНЫ ДВОЙНОГО  
ПИТАНИЯ И АСИНХРОННОГО  
ВЕНТИЛЬНОГО КАСКАДА  
С ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ  
В ЦЕПЯХ СТАТОРА И РОТОРА**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. Н. П. ОГАРЁВА»

О. В. КРЮКОВ, В. Н. МЕЩЕРЯКОВ, И. В. ГУЛЯЕВ

ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ НА ОСНОВЕ  
МАШИНЫ ДВОЙНОГО ПИТАНИЯ  
И АСИНХРОННОГО ВЕНТИЛЬНОГО  
КАСКАДА С ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ  
В ЦЕПЯХ СТАТОРА И РОТОРА

МОНОГРАФИЯ

САРАНСК  
ИЗДАТЕЛЬСТВО МОРДОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА  
2020

УДК 621.3:62-52-83

ББК 32

К 856

**Р е ц е н з е н т ы:**

кафедра «Электрооборудование, электропривод и автоматика»  
ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет  
им. Р. Е. Алексеева» (заведующий – *А. Б. Дарьенков*,  
кандидат технических наук, доцент);  
*Г. Б. Онищенко*, научный руководитель ООО «НТЦ Приводная техника»,  
доктор технических наук, профессор

*Исследование выполнено при финансовой поддержке  
Российского научного фонда (грант № 15-19-20057П)*

**Крюков О. В.**

К 856

Электроприводы на основе машины двойного питания и асинхронного вентильного каскада с преобразователями в цепях статора и ротора : монография / О. В. Крюков, В. Н. Мещеряков, И. В. Гуляев. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2020. – 152 с.  
ISBN 978-5-7103-3896-4

Рассмотрены принципы построения современных регулируемых электроприводов переменного тока по системе машины двойного питания и асинхронного вентильного каскада. Предложены результаты комплексного исследования особенностей каскадных электроприводов классического исполнения, с последовательным соединением обмоток статора и ротора через вентильные элементы и с частотным регулированием. Приведено теоретическое обоснование инновационных методов управления системами АВК и МДП с использованием замкнутых САР и микропроцессорных систем управления.

Издание предназначено для специалистов электротехнических, электроэнергетических направлений, занятых в проектировании, модернизации и эксплуатации современного электрооборудования. Может быть использовано студентами при выполнении выпускных квалификационных работ и при обучении в магистратуре и аспирантуре по соответствующим направлениям подготовки.

**УДК 621.3:62-52-83**

**ББК 32**

ISBN 978-5-7103-3896-4

© Крюков О. В., Мещеряков В. Н.,  
Гуляев И. В., 2020

© ФГБОУ ВО «МГУ  
им. Н. П. Огарёва», 2020

© Оформление. Издательство  
Мордовского университета, 2020

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Основой современного автоматизированного электропривода (АЭП) является асинхронная машина, которая в совокупности с преобразователями частоты (ПЧ) в статорной и роторной цепях представляет наиболее распространенный общий класс каскадных приводов, объединяющих машины двойного питания (МДП), или асинхронизированные вентильные двигатели [6, 7, 56, 57, 59, 65, 73, 84, 88, 89, 91, 92]. Этот класс автоматизированных электроприводов характеризуется простотой и надежностью двигателя и серийного преобразователя, экономичностью энергопотребления и высокими регулировочными способностями [17, 67, 70, 71, 74, 75, 80].

Известная уже более 70 лет по работам Ф. И. Бутаева и Е. Л. Эттингера [8] и развитая блестящей плеядой выдающихся ученых-«каскадников» [1, 2, 6, 7, 18, 56, 57, 59, 65, 73, 84, 92] система асинхронного вентильного каскада (АВК) все эти годы постоянно совершенствовалась. Сформировались традиционные области применения ее в промышленности:

- мощные механизмы с вентиляторной нагрузкой в режиме  $S1$  и ограниченным диапазоном регулирования – насосы [64, 77], вентиляторы и воздуходувки [57, 69], компрессоры и нагнетатели газа [9, 15, 16, 19, 22, 28, 30, 35, 83, 85–87];

- подъемно-транспортные механизмы средней мощности, работающие в повторно-кратковременном и кратковременном режимах [52, 68];

- специальные технологические установки транспорта, включая конвейеры, гребные винты, и испытательной техники [2, 10, 20, 21, 24, 26, 81], технико-экономическая эффективность которых обеспечивается заменой каскадными приводами неэкономичных резисторных систем [13, 34, 78].

Создание новой элементной базы в области силовой полупроводниковой [31, 33, 38, 54] и микропроцессорной техники [14, 23, 25, 27, 32, 36, 72, 76, 78], особенно мощных транзисторных модулей, микроконтроллеров с развитой архитектурой и сервисными возможностями и быстродействующих измерителей

и вычислителей информации, дало новый толчок к прогрессу асинхронных вентильных каскадов [15, 19, 20, 30, 35, 37, 46, 49].

Однако в области методологии проектирования и теоретического обоснования расчета высококачественных систем АВК с новыми функциональными возможностями остался серьезный пробел, поскольку последним системным исследованиям, монографиям и учебным пособиям по каскадным электроприводам уже более 20–40 лет [2, 20, 24, 26, 56, 59, 65, 73].

Представленная монография является попыткой решения ряда поставленных выше задач на основе результатов более чем 40-летних исследований авторов в области теоретического обоснования [14, 22, 25, 32, 35, 78, 87], новых схемотехнических решений [33, 40–42, 45, 46, 48, 50, 55, 61, 79, 82] и алгоритмов управления [3, 9, 12, 19, 28, 29, 35, 69, 85] каскадными электроприводами. В ней систематизированы новые разработки топологии схем АВК [40, 41, 43, 48, 50, 54, 61, 82] с использованием современных интеллектуальных [15, 19, 30, 35, 37, 49] микропроцессорных систем управления (МПСУ) [10, 20, 21, 24, 26, 35].

Научное издание

**КРЮКОВ Олег Викторович  
МЕЩЕРЯКОВ Виктор Николаевич  
ГУЛЯЕВ Игорь Васильевич**

**ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ НА ОСНОВЕ МАШИНЫ ДВОЙНОГО ПИТАНИЯ  
И АСИНХРОННОГО ВЕНТИЛЬНОГО КАСКАДА  
С ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ В ЦЕПЯХ СТАТОРА И РОТОРА**

**Монография**

Редактор *Н. А. Бурковская*  
Дизайн обложки *Д. В. Елисеевой*  
Компьютерная верстка *Т. Н. Аношкиной*

Подписано в печать 31.12.19. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Усл. печ. л. 8,84. Тираж 500 экз. (1-й завод 1–100 экз.). Заказ № 2488.

Издательство Мордовского университета  
Типография Издательства Мордовского университета  
430005, г. Саранск, ул. Советская, 24