

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Иванчина Ивана Ивановича на тему  
«Разработка и исследование высокоэффективных алгоритмов управления  
многоуровневыми преобразователями частоты», представленной на соискание  
ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.09.12 – «Силовая электроника»

Дальнейшее повышение энергоэффективности и энергосбережения в электроэнергетических системах и системах электроснабжения промышленных предприятий возможно за счет применения силовой преобразовательной техники на среднем (6-35 кВ) напряжении. В настоящее время силовые преобразователи частоты с многоуровневыми схемами получили широкое распространение в электроприводе в диапазоне мощностей от сотен киловатт до десятков мегаватт. В этих условиях алгоритмы управления, методы вычисления коммутационной функции и способы формирования выходного напряжения оказывают существенное влияние на показатели качества электроэнергии и величину потерь в преобразователях. Следовательно, разработка комплексного подхода к построению оптимальных структур преобразователей частоты и эффективных алгоритмов управления ими в рамках диссертационного исследования являются актуальными.

Диссертационная работа Иванчина И.И. посвящена разработке методов эффективного управления многоуровневыми преобразователями частоты по топологии с мостовыми и полумостовыми последовательно соединенными силовыми блоками, инвариантных количеству шунтируемых силовых блоков, и предназначенными для работы на номинальной (высокой) и на низкой частоте выходного напряжения в составе высоковольтного электропривода. Объектом исследования является многоуровневый преобразователь частоты среднего напряжения. Предметом исследования является система управления формированием напряжения многоуровневого преобразователя.

Научная новизна диссертационной работы заключается в:

1. Разработке алгоритма распределения коммутаций силовых приборов многоуровневого преобразователя с целью обеспечения независимости от метода формирования напряжения посредством разделения процесса модуляции и табличного вычисления коммутационной функции.

2. Разработке способа релейного регулирования тока многоуровневого преобразователя частоты с целью обеспечения предельного быстродействия контура тока посредством селективного формирования приращения управляющего воздействия.

3. Разработке методики расчета емкости конденсатора полумостового силового блока с целью увеличения точности расчета и снижения себестоимости многоуровневого преобразователя посредством учета



реактивной составляющей мощности.

4. Разработке высокоэффективного алгоритма управления многоуровневым преобразователем частоты с последовательно соединенными полумостовыми силовыми блоками с целью обеспечения регулирования активной и реактивной мощности на номинальной и низкой частоте формируемого напряжения с минимальными гармоническими искажениями.

Практическая значимость диссертационной работы:

1. Разработанные методы и способы управления многоуровневым преобразователем используются в системах управления преобразователями частоты среднего напряжения серий ЭСН и ЭМСН мощностью до 8 МВт, выпускаемых ООО НПП «ЭКРА».

2. Разработанные методы и способы управления по силовой схеме ММС (Modular Multilevel Converter) позволяют реализовать силовую преобразовательную технику на высокое напряжение постоянного тока для решения актуальных задач современной электроэнергетики.

Достоверность полученных результатов диссертационного исследования подтверждается сходимостью результатов математического моделирования в пакете программ Matlab с результатами экспериментальных исследований режимов функционирования преобразователей частоты серии ЭСН и ЭМСН производства ООО НПП «ЭКРА» напряжением 6-10 кВ, мощностью до 8 МВт.

По результатам диссертационного исследования опубликовано 14 работ, в том числе 2 статьи в журналах из перечня ВАК, 9 статей в других научных изданиях, а также получено 3 патента РФ на полезные модели.

По автореферату имеются следующие замечания и вопросы:

1. В Главе 2, стр. 11 при сравнении способов формирования напряжения указывается на оптимальность и неоптимальность переключений, однако не приводятся критерии оптимальности.

2. В Главе 2, стр. 13 предложена функциональная схема алгоритма табличного вычисления коммутационной функции. Следует пояснить, в чем преимущества данного способа вычисления коммутационной функции, в сравнении с другими известными способами?

3. В Главе 3, стр. 15 из пояснений к рис. 11 неясно на какую величину изменялась нагрузка преобразователя частоты, что не дает возможность количественно оценить полученный эффект от внедрения разработанного алгоритма управления.

4. Из приведенного описания в Главе 4, стр. 17 неясно, какова сходимость результатов математического моделирования и экспериментальных исследований режимов функционирования опытного образца преобразователя ЭМСН-6-100?

Указанные замечания и вопросы не снижают общей положительной оценки диссертационной работы Иванчина И.И.



В целом, диссертационная работа Иванчина И.И. на тему «Разработка и исследование высокоэффективных алгоритмов управления многоуровневыми преобразователями частоты» является актуальной, обладает научной новизной и практической значимостью полученных результатов, соответствует паспорту специальности 05.09.12 – «Силовая электроника» по п. 2-4. Диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение научных задач в области силовой преобразовательной техники, имеющих важное значение для развития электроэнергетики страны. По своему теоретическому уровню и практическому значению диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а именно критериям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (ред. от 11.09.2021), а ее автор – Иванчин Иван Иванович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.12 – «Силовая электроника».

Доктор технических наук,  
главный научный сотрудник,  
руководитель Центра интеллектуальных  
электроэнергетических систем и  
распределенной энергетики ИНЭИ РАН

Павел Владимирович Илюшин

16 августа 2022 г.

Тел. (моб): +7(915) 092-98-33

E-mail: [ilyushin.pv@mail.ru](mailto:ilyushin.pv@mail.ru)

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт энергетических исследований Российской академии наук» (ИНЭИ РАН)

Адрес: 117186, Россия, г. Москва, ул. Нагорная, д. 31, корп. 2.

Телефоны: +7 (499) 127-46-64, +7 (499) 123-98-78, Факс: +7 (499) 123-44-85.

E-mail: [info@eriras.ru](mailto:info@eriras.ru), Web-сайт: <https://www.eriras.ru/>

