

Конференция по силовой электронике в Финляндии

Валерий Мелешин

С 26 по 28 августа 2014 г. на территории технологического университета г. Лаппеэнранта (Финляндия) проводилась 16-я Европейская конференция по силовой электронике и ее применениям — EPE'14 ECCE EUROPE. Спонсоры конференции — компании ABB и VACON, поддержка обеспечивалась компаниями ALSTOM, CITCEA, teknoCEA, VISEDO. Делегаты и докладчики были из 46 стран, включая европейские, США, Японию, Китай и другие страны. Всего насчитывалось свыше 600 делегатов, представляющих широкий спектр интересов в силовой электронике (СЭ), экспертов и бизнесменов. Было проведено более 40 рабочих сессий, пленарных заседаний, а также заслушаны ключевые доклады. Живое обсуждение технических проблем проходило на всех секциях конференции. В рамках конференции была организована обширная выставка, где были представлены как поставщики, так и производители продукции, востребованной делегатами. Выставка помогла делегатам улучшить свои знания и понимание того нового, что появляется в области СЭ, прочувствовать новые идеи, понять особенности изделий, получить представление о новых технологиях, приборах и методах. Конференция и выставка содействовали развитию профессиональных умений, раскрытию потенциала профессионального роста и новых перспектив в работе и развитии карьеры. И, наконец, последнее, но не самое малое, — была получена возможность расширения профессиональных контактов.



Цель организаторов мероприятия заключалась в том, чтобы дать делегатам и гостям опыт соприкосновения с различными областями СЭ. Они постарались создать для них прекрасную атмосферу конференции, проводимой на высоком уровне, и показать, насколько это было возможно, прекрасное окружение самого места проведения. Лаппеэнранта и его университет — это как раз то место, которое сумело продемонстрировать весь потенциал СЭ. Техническая программа дала также возможность познакомиться с промышленным насыщением города. После окончания конференции гости получили возможность посетить Санкт-Петербург. Были организованы экскурсии, посвященные техническим достижениям LUT: показаны ветроустановки, электромобили, гибридный автобус и электростанция на основе солнечных батарей. Предлагалась экскурсия с посещением Estlink2 — высоковольтной линии передачи электроэнергии на постоянном токе (HVDC) между Эстонией и Финляндией, которая была введена в строй 6 февраля 2014 г. Мощность передаваемой энергии составляет 650 МВт, а общая мощность передачи между Эстонией и Финляндией теперь достигает 1000 МВт. Линия Estlink2 включает в себя 12 км подземного кабеля на эстонской стороне, 145 км подводного кабеля на глубине 90 м Финского залива и 14 км воздушной линии на финской стороне. Станции на обеих сторонах позволяют передавать энергию в обоих направлениях, преобразуя переменный ток в постоянный и обратно. Бюджет проекта составил около €320 млн, которые делятся между сторонами. Европейская комиссия подтвердила, что в Estlink2 будет вложено €100 млн инвестиций от EU.

Все доклады конференции были разделены на две большие группы:

- Устройства СЭ и преобразователи энергии.
- Приложения (применения) СЭ.

В названных группах были выделены разделы (направления), например:

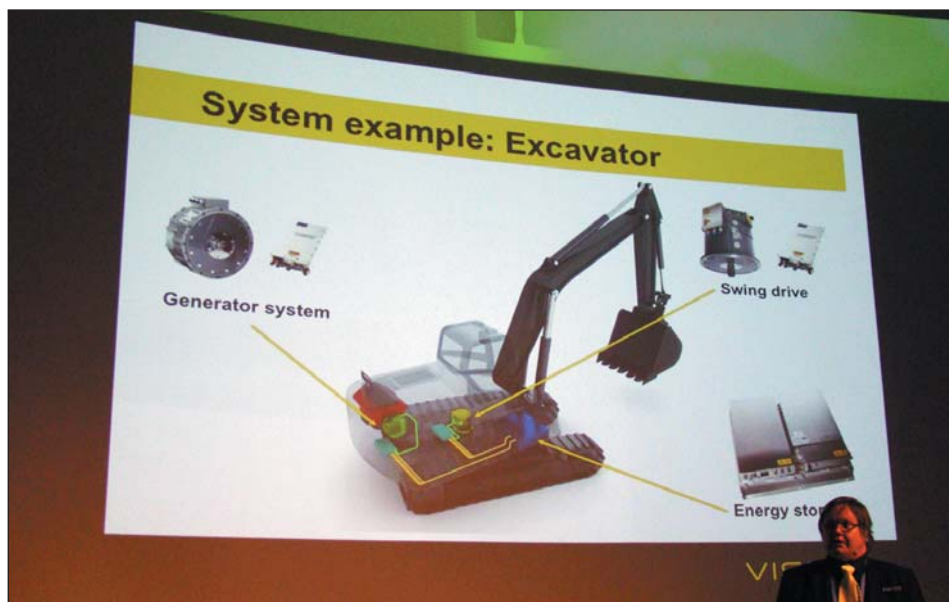
- Устройства СЭ и преобразователи энергии:
 - Топологии преобразователей и их разработка.
 - Измерения и системы управления.
- Приложения (применения) СЭ:
 - Электрические машины и привод.
 - Энергосистемы с возобновляемыми источниками энергии.
 - Сети и интеллектуальные сети (Smart Grids).
 - Источники питания.
 - Электромобили.
 - Специфические виды преобразования энергии в промышленности и кондиционировании.

• Образование.

Всего на рабочих и диалоговых сессиях были заслушаны 131 доклад и 249 выступлений соответственно. До дня начала заседаний, 25 августа, была проведена специальная образовательная сессия, где выступали известные исследователи. На этой сессии были представлены обобщающие доклады по отдельным направлениям, например, «Прорывные достижения в построении систем управления для силовой электроники», «Матричные преобразователи: разработка и применение в промышленности». В один из дней работы конференции состоялся симпозиум по измерениям потерь в устройствах для различных приложений СЭ. Было приятно видеть, как высоко оценивается работа советской высшей школы в силовой электронике. Секцию «Специальные применения привода» возглавляла Елена Ламонова, закончившая в 1982 г. 3-й факультет Московского авиационного института и ныне работающая зав. кафедрой в технологическом университете г. Эйндховена, Нидерланды.

От России всего были представлены один доклад и пять выступлений на диалоговых сессиях. На лекционной сессии состоялся доклад А. Воронцова, М. Пронина и М. Кузина «Моделирование и исследование накопителя кинетической энергии, входящего в электроэнергетическую систему», авторы из компании «Мощные машины», Санкт-Петербург. На диалоговых сессиях выступали: А. Анучин, В. Козаченко (Национальный исследовательский университет МЭИ) «Применение Dead Beat управления в токовом контуре с использованием дискретного PI-контроллера»; А. Исхаков, М. Эмиралиев, Н. Коваленко (ЗАО «Завод Электроприбор»), С. Сковпен (Северный федеральный университет), В. Поспелов (Военно-промышленная комиссия РФ) «Dead beat управление AC/DC-преобразователем»; С. Сачков, В. Мелешин, С. Хухтиков (ЗАО «Электро СИ», Москва) «Трехуровневые повышающие преобразователи: возможные режимы и несимметричная работа»; А. Зиузов, К. Нестеров, М. Мудров (Уральский федеральный университет им. Первого Президента РФ) «Симулятор аппаратной и программной частей электропривода»; Ю. Красников (компания «Силовая электроника», Новосибирск) «Применение диодов с резким восстановлением — новый путь увеличения КПД и надежности преобразователей с жестким переключением».

Наблюдается явно заметный рост числа «интернациональных» выступлений, когда авторами докладов являются исследователи из разных стран. Каждая из работ, представленная на конференцию, как обычно, рассматривалась двумя или тремя (в том случае, если были сомнения и разногласия) признанными компетентными экспертами. Например, работу, представленную от ЗАО «Электро СИ», рассмотрели два эксперта, которые сделали два замечания: во-первых, очень большой объем материала, можно было бы сделать две статьи; во-вторых, плохое качество рисунков (эта техническая ошибка была устранена в окончательной редакции). Конечно, рецензенты учитывают актуальность темы, знакомство с предыдущими работами по данной



тематике, уровень проведенного анализа, результаты моделирования и, что особенно важно, эксперимента. Очень важен уровень знания английского, плохой язык статьи является одной из причин отказа в приеме работы.

Краткое содержание некоторых докладов

*Рейнско-Вестфальский технический университет, г. Ахен, Германия.
Гарантированная работа с мягким переключением трехфазного двойного мостового DC/DC-преобразователя с резонансно коммутируемой полюсной точкой*

В докладе рассматривается DC/DC-преобразователь, в составе которого работают два трехфазных моста. Устройство содержит также трехфазный трансформатор для гальванической развязки, в общем случае обеспечивающий не равный единице коэффициент

передачи вход-выход. Частота работы ключей и трансформатора значительно выше сетевой. Преобразователь используется в мощных высоковольтных приложениях (несколько киловольт) в системах электроэнергетики с альтернативными источниками. Для обеспечения переключения на нуле напряжения при всех условиях работы в каждую «стойку» ключей введена дополнительная резонансная цепь, содержащая наряду с пассивными элементами дополнительный маломощный ключ. В результате снижаются потери в преобразователе и повышается его надежность.

Университет г. Майонжи, Южная Корея. Бессенсорное управление индукционной машиной в области малых скоростей и малого момента

Бессенсорное управление широко используется для различных приложений. Оно стало одной из основных функций инвертора общего назначения. Однако качество такого





управления моментом в индукторных двигателях снижается в области низкой скорости и малого момента вследствие малых значений статорного напряжения и тока, а также низкой частоты потока ротора. Несмотря на то, что бессенсорное управление широко применяется во многих приложениях, такие из них, как выполнение намотки в текстильной, бумажной и металлургической промышленности, требуют особо точного управления моментом. В статье показано применение адаптивного полноразмерного наблюдателя (observer); в предлагаемой стратегии управления модифицируются токовые опорные сигналы по d - и q -осям в синхронной системе координат. Создаваемый момент удерживается при постоянном значении. Подтверждение предлагаемого способа управления выполнено на установке 7,5 кВт. Показано, что такой способ работает даже при 3%-ном задании момента и частоте, близкой к нулю. Он легко адаптируется для реального промышленного применения.

Институт систем солнечной энергетики, Фраунхофер, Институт, Фрайбург в Брайсгау, Германия. Сравнение и оценка различных топологий трехуровневого инвертора для систем с солнечными батареями

В работе проведен анализ различных топологий трехфазных инверторов для систем с СБ — с фиксированной нейтральной точкой (NPC), активно фиксированной нейтральной точкой (ANPC) и смешанной фиксированной нейтральной точкой (MNPC). Все три топологии выполнены в макетах таким образом, что проверка может производиться в одних и тех же условиях. Показаны результаты измерений КПД в одних и тех же условиях (частоты переключения 16, 48 и 90 кГц, различная выходная мощность, ключи на основе карбида кремния двух модификаций). Разработка конструкций производилась для конкретного применения трехфазного инвертора с выходной мощностью 3,3 кВт при перегрузочной способности

150%. Измерения проводились для одной фазы инвертора, при этом были получены исключительно высокие значения КПД: на 16 кГц — 99,1% и на 90 кГц — 98,6%.

Южно-Китайский технологический университет, г. Гуанчжоу. Новый одноключевой DC/DC-преобразователь, реализующий свойства повышающего и повышающе-понижающего типов преобразователей

В работе предложен новый DC/DC-преобразователь на основе одного ключа с регулировочной характеристикой в режиме непрерывного тока $D/(1-D)^2$. Такая характеристика позволяет получать выходное напряжение как меньше, так и больше входного, причем коэффициент передачи при больших коэффициентах заполнения D значительно превосходит аналогичный параметр обычной повышающей схемы (Boost). В этом заключается основное преимущество предложенного преобразователя по сравнению со схемой Boost, поскольку для получения высокого значения напряжения на выходе не нужно большое значение коэффициента заполнения D и вследствие этого КПД устройства повышается. Преобразователь может быть выполнен на основе известной схемы SEPIC при добавлении в нее только двух диодов. Еще одним недостатком предложенного варианта следует считать необходимость применения двух дросселей.

Университет Конкордия, Монреаль, Канада. Эквивалентный виртуальный импеданс в инверторах, основанный на использовании фазового сдвига

DC/AC-инверторы часто используются как устройства, подключаемые к распределенным сетям, и как устройства накопления энергии для этих сетей. Работа их как источников напряжения с контурами управления наклоном характеристик (dloop-based control) реализует эффективный путь управления активной и реактивной мощностями.

Управление мощностью оказывается весьма полезным при использовании таких часто колеблющихся источников энергии, как солнечные батареи и ветроустановки. Известные методы управления не увеличивают потерь и не предъявляют требований к реактивной мощности, но они создают падение напряжения на выходе. Кроме того, поведение генератора в переходных режимах становится зависимым от некоторых параметров системы, например от импеданса сети, который обычно неизвестен. В докладе предлагается подход к построению системы управления инвертором, основанный на фазовом сдвиге опорного (референсного) сигнала. Оказывается, что такой подход эквивалентен использованию контура с виртуальным импедансом, но при этом напряжение на выходе не снижается с нагрузкой, а переходные процессы улучшаются.

Технологический университет г. Лаппеэнранта и компания Vascon Plc., Финляндия. Разработка активного фильтра, входящего в состав модульного двухкаскадного преобразователя

Модульный двунаправленный преобразователь (Modular Double-Cascade (MDC)), основанный на многоуровневой топологии, обладает достоинствами классического каскадного мостового преобразователя (Cascaded H-bridge CHB) и не требует применения тяжелого и громоздкого трансформатора, работающего на частоте сети. Вместо него для развязки мостовых ячеек используются среднечастотные (несколько килогерц) трансформаторы, обладающие большей удельной мощностью. Как и в обычных частотных преобразователях, реализация активного фильтра (АФ) позволяет выполнить регулировку напряжения шины DC в MDC. Этой цели служит также индуктивность сетевого фильтра. Кроме того, АФ позволяет обеспечить двунаправленную передачу энергии. В противоположность обычным частотным преобразователям, снабженным АФ, MDC включает в себя несколько DC-шин, напряжения на которых необходимо поддерживать в определенных пределах. В одном модуле содержатся шесть разных DC-шин, три из которых находятся на стороне сети (первичная сторона), а еще три — на стороне нагрузки (вторичная). Все подмодули, входящие в один модуль, соединены через шестиобмоточный трансформатор, обеспечивающий почти симметричную магнитную связь между ними. Преобразователи большой мощности, какими являются MDC, должны удовлетворять требованиям сетевых стандартов, ограничивающих амплитуды гармоник входного тока. Следовательно, АФ вместе с LCL-фильтром должен обеспечить достаточно малые значения амплитуд токов, забираемых от сети. Контроллер АФ должен решать две задачи: напряжения шин должны поддерживаться в определенных пределах; коэффициент мощности преобразователя должен регулироваться установкой опорного значения.