

Инновационный дизайн тяговых приводов

с конденсаторами CeraLink

Новые тяговые инверторы, разработанные компанией Scienlab electronic systems, имеют компактную, легкую конструкцию с высокой удельной плотностью мощности. Они могут быть легко адаптированы для самого широкого спектра приложений и прекрасно подходят для использования в таком бурно развивающемся сегменте индустрии, как электрические транспортные средства. Разработать новый инвертор стало возможным благодаря использованию в нем SMD-конденсаторов CeraLink в звене постоянного тока (DC link).

Перевод и комментарии:
Олег Гнеушев

Oleg.Gneushev@eu.tdk.com

Владимир Рентюк

Тенденция под условным названием «e-мобильность», подразумевающая использование электротранспорта, начала наконец набирать обороты на современном рынке: все больше транспортных средств (ТС) в настоящее время оснащаются энергоэффективными электрическими двигателями с нулевым уровнем выбросов. Кроме электромобилей, область применения таких двигателей включает в себя и другие электрические ТС, к примеру, используемые для предоставления муниципальных услуг (в коммунальном секторе), в строительстве и сельском хозяйстве. К их числу относятся и внутризаводские ТС, такие как электрические вилочные погрузчики, внутрицеховые ТС на автоматизированных

предприятиях и др. В результате потребность в компактных, легких и высокоэффективных приводах для таких ТС неуклонно возрастает.

Инновационная модель инвертора

Разработчики силовой электроники компании Scienlab electronic systems, расположенной в г. Бохум (Bochum, Германия), разработали компактный инвертор (объемом 2 дм³), который имеет номинальную мощность 40 кВт и может работать в диапазоне рабочих напряжений 290–420 В постоянного тока, что делает его пригодным для такого широкого круга применений, как это было упомянуто выше. Схемотехнические и программные решения новых преобразователей позволяют им весьма эффективно работать в широком динамическом диапазоне выходных токов и, как следствие, обеспечивать высокие динамические характеристики самого электромобиля.

Схемотехническое и конструктивное решение нового тягового преобразователя компании Scienlab имеет четыре основные функциональные составляющие: схему управления, драйвер, силовую электронику, прочный корпус и надежные контакты. Инвертор выполнен на базе IGBT-модуля в виде полностью управляемой трехфазной мостовой схемы, известной как В6С. При этом в звене постоянного тока использованы инновационные конденсаторы типа CeraLink, которые являются ключевым элементом для новой конструкции инвертора (рис. 1). Модульная конструкция делает инвертор широко масштабируемым, что позволяет подстроить его под требования конкретного заказчика. Например, IGBT-модуль высокой мощности при минимальной адаптации может быть сопряжен с платой драйвера.

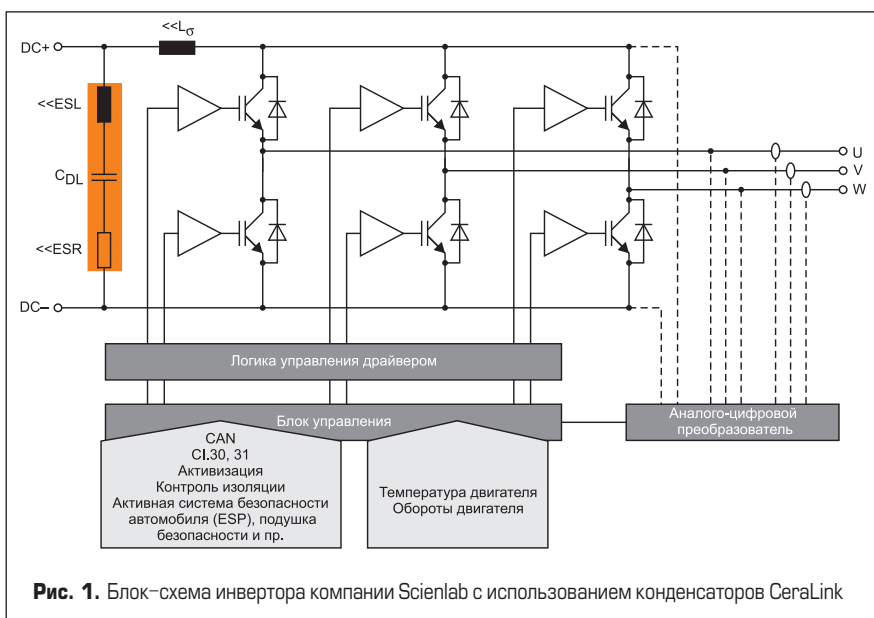


Рис. 1. Блок-схема инвертора компании Scienlab с использованием конденсаторов CeraLink

Отдельная автономная плата звена постоянного тока может быть легко расширена путем простого увеличения числа конденсаторов CeraLink. При этом не придется вносить какие-либо изменения в цепи управления. Кроме того, программное обеспечение (ПО) инвертора, которое записано в контроллере, разработанном для автомобильных приложений, было предусмотрительно разработано со встроенным программным инструментарием. Таким образом, предлагаемый адаптивный процесс разработки позволяет разрабатывать его ПО под требования конкретного клиента без необходимости адаптации или существенных изменений в структуре общего ПО.

Требования к инвертору

Чтобы инвертор смог найти свое применение в автомобилестроении конкретно электромобилей, необходимо, чтобы в нем были использованы электронные элементы, исключительно и специально предназначенные для использования именно в этой отрасли и именно для этой цели. Кроме того, важно обеспечить максимально высокую удельную плотность мощности, а для этого сделать инвертор как можно более компактным и легким настолько, насколько это возможно.

Чтобы удовлетворить этим требованиям, компания Scienlab использовала IGBT-модуль с водяным охлаждением с небольшой площадью поверхности кристалла силового полупроводникового прибора. С целью экономии занимаемого места конфигурация плат контроллера и драйверов также была оптимизирована. Кроме этого, специалисты Scienlab уделили большое внимание занимаемому объему и эффективности звена постоянного тока, которое является одной из самых объемных частей инвертора.

Конденсаторы CeraLink повышают компактность и гибкость звена постоянного тока

Для звена постоянного тока были выбраны конденсаторы CeraLink производства компании TDK (таблица), которые характеризуются

очень высокой удельной плотностью емкости — до 5,5 мкФ/см³ (наилучшее сочетание удельной плотности емкости и допустимой пульсации тока рис. 2). Это позволяет создавать на их базе компактные сборки без какого-либо ущерба по производительности в звене постоянного тока. В целом инвертор использует 36 конденсаторов CeraLink емкостью по 5 мкФ каждый, которые соединены параллельно, чтобы достичь необходимой общей емкости в 180 мкФ.

Новые конденсаторы выполнены на основе керамического материала PLZT (Lead Lanthanum Zirconate Titanate — цирконат-титанат свинца, легированный лантаном). В отличие от обычных керамических, конденсаторы CeraLink достигают своей максимальной емкости именно при номинальном напряжении, и она даже возрастает пропорционально величине пульсаций входного напряжения. Таким образом, стало возможным сократить объем звена постоянного тока с коэффициентом 3:4 (по сравнению с решением на базе традиционных конденсаторов).

Рассматриваемые конденсаторы предназначены для использования в диапазоне рабочих температур -40...+125 °C и могут выдержать кратковременное повышение температуры до +150 °C. Применение нескольких дискретных конденсаторов не только дает большую гибкость в расположении компонентов, но и, благодаря увеличению эффективной площади поверхности конденсаторов, улучшает рассеивание ими тепла. Все это позволяет использовать методы пассивного охлаждения даже при высоких температурах окружающей среды.

Уменьшение влияния ESR и ESL

Еще одной целью решения компании Scienlab было уменьшение в звене постоянного тока, насколько это возможно, эквивалентного последовательного сопротивления (Equivalent Series Resistance, ESR) и эквивалентной последовательной индуктивности (Equivalent Series Inductance, ESL). Благодаря крайне низкому значению ESL конденсаторов (всего лишь 2,5 нГн) стало возможным значительно сократить выброс и паразитный «звон»

Таблица. Номенклатура конденсаторов CeraLink компании TDK

Серия	Рабочие напряжения IGBT, В		
	650 / 705	900	1300
Емкость, мкФ / Рабочее напряжение, В			
Низкопрофильный SMD (LP) 	1 / 500	0,5 / 700	0,25 / 900
SMD (SMD) 	5 / 500	2,5 / 700	1,25 / 900
С выводами под пайку (SP) 	20 / 500	10 / 700	5 / 900

во время переключения IGBT, тем самым значительно повысив производительность инвертора. Кроме того, для параллельного включения конденсаторов с очень низким импедансом компания Scienlab использует специально разработанную многослойную печатную плату. В этом решении значение ESR находится на уровне 3 мОм на частоте 1 МГц, что позволяет значительно снизить общие потери мощности в звене постоянного тока и, как результат, снизить выделение тепла. Известно, что ESR уменьшается с увеличением частоты и температуры, это позволяет гарантировать эффективную работу инвертора при высоких температурах (вплоть до +150 °C) и использовать высокую частоту переключения.

Литература

1. <http://en.tdk.eu/tdk-en/373562/tech-library/articles/applications---cases/applications---cases/ceralink-enables-compact-and-flexible-high-performance-inverters/1382672>.

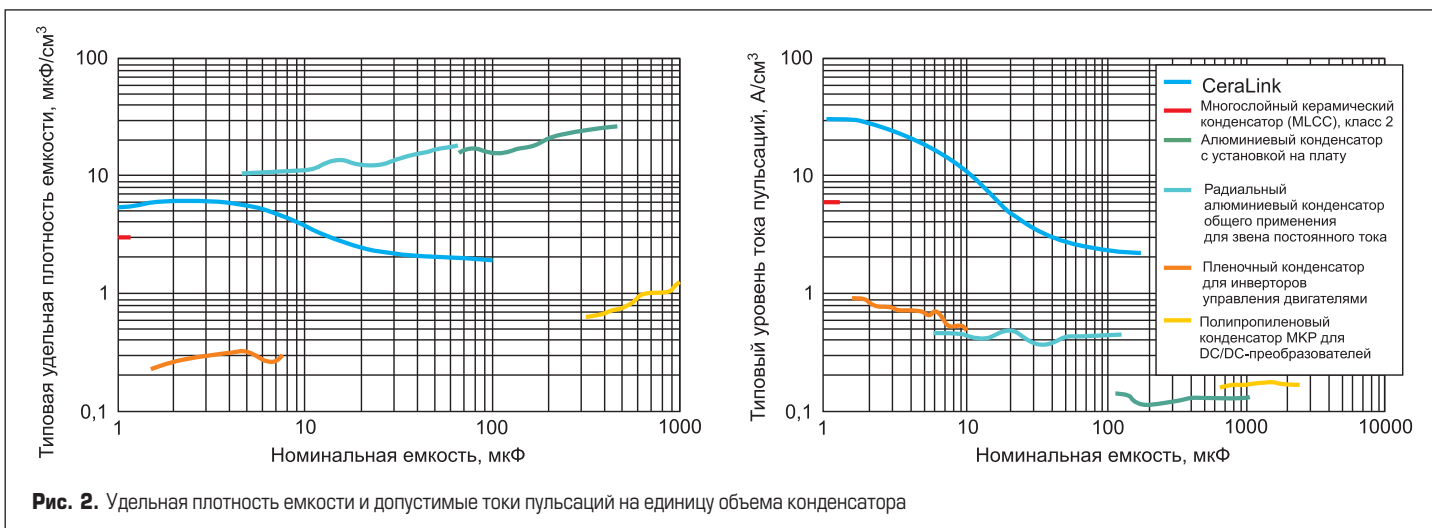


Рис. 2. Удельная плотность емкости и допустимые токи пульсаций на единицу объема конденсатора