

Современные требования к элементной базе автомобильной электроники

Анатолий Белоус

Александр Прибыльский

Введение

Сегодня рынок автомобильной электроники принадлежит к числу наиболее динамично развивающихся, и здесь ежегодное повышение продаж полупроводниковых изделий составляет около 7%. Большинство инноваций в сфере автомобилестроения направлено на применение электронных приборов, чем и вызван неуклонный рост продаж полупроводниковой аппаратуры. Это связано с расширением представляемых услуг развлекательного характера, увеличением объемов и скорости обмена информацией не только между различными блоками и устройствами самого автомобиля, но и с окружающей средой. Еще недавно объем электроники на мировом рынке был незначителен. Самым важным событием, оказавшим принципиальное влияние на электрооборудование автомобиля, стало изменение напряжения аккумуляторной батареи с +6 на +12 В. Уровень развития современной микроэлектроники позволил создать, а затем и применить на практике электронные системы управления двигателем, антиблокировочные системы тормозов, подушки безопасности, навигационные системы и многое другое. А дальнейшее развитие автомобилестроения связано с наращиванием объемов электронного оборудования, использование которого будет иметь преобладающее значение. Увеличение количества электронных приборов в автотранспорте ведет к повышению общей мощности, потребляемой от бортового питания. В связи с этим специалисты активно рассматривают вопрос о необходимости перехода на более высокое значение напряжения бортовой сети: +42 В.

Переход на бортовое напряжение 42 В: необходимость или надуманные трудности

Разработка и применение новых электронных компонентов, в том числе и для автомобильного транспорта, по-прежнему требует от специалистов обеспечить высокий уровень надежности изделий. Так, полупроводниковые приборы для автомобильной электроники должны быть эффективными в широком температурном диапазоне ($-60...+120$ °С, а в некоторых применениях до $+150$ °С и даже до $+200$ °С) [1, 4], а также в условиях воздействия значительных внешних и внутренних импульсных помех; должны

быть защищены от влияния агрессивных внешних сред и высоких механических воздействий, таких как вибрация; иметь высокий уровень защиты от статического разряда (не менее 4–8 кВ). Особого внимания заслуживает проблема обеспечения требований по электромагнитной совместимости [1].

Ведение постоянного контроля над состоянием всех узлов автомобиля, осуществление связи с окружающей средой (контроль полосы движения, система GPS и т. п.), выполнение множества других функций, например управление давлением в шинах, стеклоподъемниками и другими системами, предполагает особый подход к системе бортового питания. Неизменное увеличение количества электронных компонентов в автомобиле сопровождается все возрастающим значением потребляемого тока. Данная проблема актуальна для всех режимов функционирования транспортного средства, в том числе при работе на холостых оборотах или когда автомобиль находится без движения с выключенным двигателем; при этом питание электронных блоков может полностью осуществляться от аккумуляторной батареи. Таким образом, применение электронных компонентов и блоков заставляет решать вопросы обеспечения достаточным током всех бортовых устройств при использовании автомобиля во всех режимах его эксплуатации.

Казалось бы, ответ лежит на поверхности: необходимо дальнейшее улучшение технических характеристик аккумуляторной батареи и стартер-генератора автомобиля, вырабатывающих нужное значение тока. Однако известные решения технической задачи по повышению емкости аккумуляторной батареи на практике приводят к увеличению ее размеров, а следовательно, и веса. Кроме того, требуется модернизация генератора автомобиля с точки зрения увеличения его нагрузочных возможностей по току. А потому целесообразно рассмотреть и другие пути решения поставленной задачи. Одним из таких очевидных вариантов является использование бортового напряжения +42 В.

Перевод транспортного средства с бортового напряжения 12 В на 42 В подобен переходу в 1950-х годах от напряжения питания 6 на 12 В. Еще в 1995 году применение 42 В как стандарта было совместно предложено автомобилестроителями и научными исследователями в Технологическом институте штата Массачусетс (MIT) на Консорциуме разработчиков автомобильных электрических систем (AAEES) [1].

Увеличение напряжения бортовой сети до 42 В не является трудноразрешимой задачей.

Вместе с тем необходимо учесть некоторые особенности, возникающие при использовании напряжения 42 В: во-первых, напряжение 42 В находится за пределами требований по безопасности. Считается, что в обычных условиях безопасным для человека является напряжение не выше 36 В, а в автомобиле, где постоянно приходится работать в сырости и агрессивных средах, — 24 В. Впрочем, даже привычные 12 В уже вызывают опасения. При высоком напряжении гораздо сильнее проявляется и механизм электрохимического окисления контактов, что также не способствует повышению надежности, особенно в нашем климате. Кстати, генераторы, вырабатывающие большие токи (100 А и выше), требуют принудительного водяного охлаждения, а в случае повышения напряжения, например до 42 В, понадобятся значительно меньшие токи, что приводит к сокращению размеров и удешевлению самих генераторов.

Рассмотрим возможные преимущества и проблемы использования в транспортном средстве бортового напряжения 42 В. Для автомобильных электронных систем оно будет базироваться на 36-В аккумуляторах с генератором переменного тока на 42 В для заряда батарей. Параметр 42 В означает, что речь идет о величине напряжения бортовой сети транспортного средства, то есть о величине зарядного напряжения во время работы двигателя. При измерении бортового напряжения при неработающем двигателе оно будет приблизительно равно 36 В, в зависимости от используемого типа аккумулятора [2].

Более высокое напряжение применяется для того, чтобы увеличить выходную мощность генератора переменного тока от среднего значения 1800 до 8000 Вт и выше. Современный автомобиль, оснащенный максимальным количеством электронных систем, имеет более чем 3 км монтажных проводов, около 2000 зажимов, 50 различных соединителей, 1500 электронных схем и от 50 до 100 электродвигателей. Такой автомобиль уже требует мощности до 8 кВт, в то время как генератор с напряжением 14 В производит всего около 3 кВт, то есть работает на пределе возможности. [1]

Современному транспортному средству нужно намного больше мощности, и вызвано это улучшенной надежностью, мощным мотором, экономией топлива, сокращением вредных выбросов и использованием множества новых электронных устройств, которыми тоже надо управлять:

- моментом открытия или закрытия клапанов двигателя;
- динамическими подвесками;
- использованием множества бортовых контроллеров;
- отслеживанием машины с помощью спутника;
- пусковыми и тормозными применениями;
- цветовыми индикаторами;
- навигационными устройствами и т. п.

Таким образом, постоянное увеличение электронных устройств в автомобиле приводит к необходимости использовать более высокие бортовые напряжения, что позволяет повысить комфортность автомобиля, его безопасность и надежность.

Требования, предъявляемые к элементной базе современного автомобиля. Переход на напряжение 42 В

Переход в бортовых электронных системах транспортных средств на напряжение 42 В не только увеличивает электрическую мощность генератора практически втрое, но и снижает общий ток бортовой сети, то есть предоставляет ряд преимуществ. Во-первых, применение повышенного напряжения позволяет снизить (почти втрое) токи нагрузки. За счет этого могут быть использованы полупроводниковые элементы с меньшей площадью кристаллов (см. рисунок).

Полупроводниковые приборы, работающие с меньшими токами, имеют меньший размер кристалла, следовательно, стоимость используемых для комплектации полупроводниковых приборов снизится, при этом значение удельного сопротивления для силовых транзисторов увеличивается незначительно [2]. Во-вторых, соединительные провода могут быть меньшего диаметра (следовательно, легче и, опять же, дешевле). В-третьих, за счет снижения общего значения рабочих токов появляется возможность разработки и использования новых элементов, например управляемых

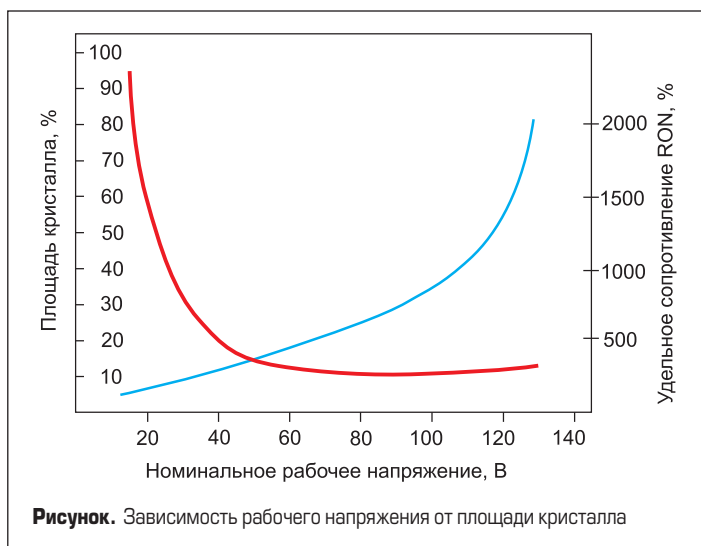


Рисунок. Зависимость рабочего напряжения от площади кристалла

электромагнитных клапанов, электрической трансмиссии и т. д. В таблице 1 представлены преимущества использования напряжения 42 В.

«При снижении в три раза тока полупроводниковых приборов становится более рентабельным их использование там, где раньше применялись механические устройства. Это приводит к тому, что можно использовать большее количество электронных устройств в автомобиле. Сами электронные компоненты становятся менее дорогими из-за своей меньшей номинальной мощности, поскольку ток в бортовой сети снижается» (Шон Шлассера, старший менеджер маркетинга в Infineon Technologies North America Corp.).

Основная выгода — это экономия топлива. Разрабатываемая система управления двигателем с помощью 42-В напряжения имеет способность выключать зажигание каждый раз, когда автомобиль останавливается, и запускать его снова в пределах нескольких миллисекунд, чтобы продолжать движение. Такой подход, разработанный инженерами института Fraunhofer Institute for Integrated Circuits (IIS), заключается в мгновенном преобразовании отклонения педали газа в электрические сигналы и исключает необходимость в трансмиссионных механизмах. Это фактически устраняет холостой ход и уменьшает потребление топлива на 10–15%. Экономии топлива также способствовала бы [1] и замена механических приводов, поскольку более крупные гидравлические и механические детали были бы заменены электронными, типа компрессоров кондиционирования воздуха и усилителей рулевого привода.

Переход на значение питания бортовой сети 42 В означает необходимость разработки и применения полупроводниковой базы с улучшенными характеристиками. Подобный переход требует организации производства силовых полупроводниковых приборов с номинальными пробивными напряжениями более 55 В, так как перенапряжение (повышение нагрузки в сети в момент отключения) для 42-В сети составляет 55 В. По мнению специалистов компании International Rectifier [3], для такого применения необходимо создать силовые транзисторы с номинальным пробивным напряжением $U \geq 75$ В. Разработка и использование транзисторов на более высокое пробивное напряжение 100 В нецелесообразна, поскольку транзистор с напряжением пробоя 100 В имеет площадь (при сохранении сопротивления канала) на 50% больше, что приводит к соответствующему увеличению его стоимости.

Таблица 1. Преимущества использования напряжения 42 В

Изменяемый параметр	Предполагаемое улучшение
Уменьшение рабочих токов полупроводниковых компонентов	Уменьшение площади полупроводниковых компонентов
Уменьшение площади силовых компонентов	Снижение стоимости полупроводниковых компонентов
Уменьшение количества и площади сечения проводника	Уменьшение веса проводов на 6–10 кг
Электронное управление системой двигателя	Уменьшение потребления топлива на 5–10%
Максимально возможное электронное управление системными машинами	Переход от механических систем к электронным. Замена электромеханических реле мощными транзисторами. Уменьшение веса агрегатов на 25%

Таблица 2. Требования к распределению бортового напряжения

1	Допустимое обратное напряжение		2 В, при длительности воздействия не более 100 мс
2	Пусковое напряжение (старт), В		18
	минимальное	максимальное	21
3	Минимальное постоянное рабочее напряжение, В		36
4	Номинальное рабочее напряжение, В		42
5	Максимальное постоянное рабочее напряжение, В		48
6	Максимальное постоянное рабочее напряжение (с учетом пульсаций), В		50
7	Максимальное импульсное напряжение, В		58

Несмотря на то, что напряжение в шине питания автомобиля изменится до 42 В, многие применяемые полупроводниковые приборы по-прежнему будут использовать от 3 до 1 В — например, для питания микроконтроллеров, приемопередатчиков, регуляторов напряжения. Это вызовет потребность в разработке соответствующих преобразователей напряжений (конвертеры) постоянного тока при использовании двух значений напряжения питания 36 и 42 В практически для всех узлов автомобиля. Для уменьшения взаимного влияния проводов, за счет повышенных электромагнитных полей при переходе на напряжение 42 В, также следует обратить внимание на более тщательную изоляцию (возможно, полную «экранизацию») соединительных проводов.

Повышение эффективности и дальнейшее увеличение числа электронных систем в автомобиле приводит к возрастающему значению стандартизации в области использования различных электронных узлов и, в частности, интегральных схем, которые могут выпускаться различными фирмами. Введение стандартизации позволяет практически без проблем подключать новые электронные узлы без разработки новых интерфейсов под каждый тип автомобиля. Возможность применения новых дополнительных электронных узлов приведет только к модификации программного обеспечения, что будет способствовать дальнейшему внедрению электроники в транспортные средства.

Требования, определяемые наличием повышенного бортового питания

С учетом тенденции, связанной с повышением бортового напряжения, изменяются требования к напряжению бортовой сети (табл. 2), о чем необходимо помнить разработчикам полупроводниковых элементов.

Принимая во внимание напряжение бортовой сети автомобиля, предполагаемая к использованию элементная база должна соответствовать требованиям, изложенным в таблице 3.

Дальнейшее развитие бортовой электроники транспортных средств

Развитие электронных систем, используемых в транспортных средствах, постоянно растет, что приведет к появлению новых технических возможностей — например, к постоянному слежению за дорожной обстановкой со всех сторон автомобиля, в том числе при смене полосы движения. Радарная система обеспечит безопасное открывание дверей, информируя о приближающихся сзади велосипедистах, людях или машинах. Использование ИК-камеры и тепловизора позволит водителю следить за дорогой ночью. Могут быть реализованы такие идеи, как встроенная в автомобиль система связи, управляемая с помощью голосовых команд и способная

Таблица 3. Требования к параметрам элементной базы, предназначенной к использованию в автомобилях

1	Допустимое обратное напряжение	Минус 2 В, при длительности воздействия не более 100 мс
2	Минимальное рабочее напряжение, В	18
3	Номинальное рабочее напряжение, В	42
4	Максимальное постоянное рабочее напряжение, В	58
5	Минимальное постоянное пробивное напряжение полупроводниковых компонентов, В	75

переводить разговор с людьми за рубежом на иностранный язык в реальном времени; система навигации, предупреждающая о проблемах с дорожным трафиком и рекомендующая способы объезда пробок. Чтобы осуществить эти идеи, нужно пересмотреть общий подход к разработке и эксплуатации электронной базы и создать новые полупроводниковые изделия для реализации новых функций, учитывающих различные особенности, в том числе и повышенное напряжение питания [6].

С увеличением электронной насыщенности автомобиля будет значительно возрастать и число используемых полупроводниковых датчиков (сейчас их количество уже достигает нескольких десятков), которые способны устанавливать и поддерживать связь со схемами управления всех систем автомобиля. При этом появляется новый тип интегральных схем, у которых датчики будут изготавливаться на одном кристалле со схемами обработки, хранения и передачи различных сигналов, и такие схемы можно отнести к периферийным интеллектуальным устройствам.

Высокая насыщенность электронными устройствами, наделенными «интеллектом», позволяет подходить к электронной системе автомобиля как к обычной компьютерной сети, имеющей специфику, относящуюся к конечным исполнительным устройствам, которыми в автомобиле являются устройства управления колесами, стеклоподъемниками, зеркалами и т. п.

Общая тенденция развития автомобильной электроники предусматривает создание системы управления, состоящей из функционально законченных периферийных многофункциональных интеллектуальных модулей и блоков, объединенных стандартным интерфейсом обмена (типа CAN, LIN, Flexray) с центральным микропроцессорным ядром [5]. При этом периферийными интеллектуальными модулями реализуются функции управления конечными системами, сбор и обработка информации с конечных устройств, а центральное ядро осуществляет общий алгоритм управления автомобилем и анализирует состояние периферийных устройств.

Следовательно, построение электронной системы автомобиля с одновременным наращиванием числа периферийных устройств, с передачей им выполнения конечных задач является основным направлением развития электронных систем транспортных средств. Особенность такого построения структуры состоит в том, что подключение нового устройства (или серии устройств) не является большим препятствием, так как необходимо изменить только программное обеспечение. Вместе с тем решение этой задачи требует разработки новых принципов создания общей архитектуры построения системы управления транспортным средством. Это означает появление новых типов полупроводниковых приборов в виде специализированных изделий, а также новой элементной базы для реализации функций интеллектуальных периферийных устройств с учетом новых требований к электрическим параметрам.

Заключение

Реализация новых возможностей в современных автомобилях, в том числе и за счет перехода на напряжение питания 42 В, требует пересмотра общего подхода к созданию бортовой электронной системы управления автомобилем и использования новой полупроводниковой элементной базы. Именно в этих направлениях будут сосредоточены усилия разработчиков электронных систем автомобиля.

Литература

1. www.symmetron.ru/suppliers/infineon/book...
2. www.platan.ru/article/at117
3. Сига Х., Миндзутани С. Введение в автомобильную электронику/ (перевод с японского)/ М.: Мир, 1989.
4. Ньюман П., Колпаков А. Новое поколение // Компоненты и технологии. 2010. № 10.
5. Юдинцев В. Новейшие полупроводниковые приборы // Электроника: наука, технологии, бизнес. 2003. № 7.
6. Белоус А. И., Ефименко С. А., Турцевич А. С. Полупроводниковая силовая электроника/М.: Технофера, 2013.