

УДК 629.331

РАЗМЫШЛЕНИЯ ОБ АРХИТЕКТУРЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СОВРЕМЕННОГО АВТОМОБИЛЯ

А. В. Сгибнев, инж.

Современный автомобиль немислим без развитых электрических и электронных систем, и стоимостная доля и функциональная значимость систем электрооборудования в общей стоимости автомобиля будут только возрастать. Однако с инженерной точки зрения незамысленный взгляд на существующие системы электрооборудования выявляет просто удручающую картину идеологической отсталости такового, если иметь смелость назвать вещи своими именами. Основные причины этого кроются в колоссальной инерции промышленности, стоимости разработки и внедрения новых технологий и т. п. Но инерция мышления столь же прочно укоренилась в умах автомобильных инженеров.

СИЛОВОЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ

Принципиальный недостаток — это напряжение 12 В. Исторически оно сложилось примерно к середине XX века, когда существующие 6-вольтные системы перестали удовлетворять инженеров (то есть проблема имеет корни примерно 80-летней давности) и два 6-вольтных аккумулятора соединили последовательно.

Какое электрооборудование имел типичный автомобиль середины века? Источники — АКБ и генератор, самый мощный потребитель (собственно инициировавший переход на 12 В, а для дизелей — и 24 В) — стартер, фары и внешние световые приборы, небольшой набор контрольных приборов, система зажигания, вентилятор отопителя (отопитель отсутствовал на недорогих моделях до пятидесятих годов), моторчик стеклоочистителя, радиоприёмник. Иначе говоря, мощность батареи требовалась только при запуске двигателя, остальной набор потребителей был достаточно скромным по за-

просам потребляемой мощности. Типично стартер укладывался до 1–1,5 кВт для бензинового двигателя (ток 80–130 А в номинальном режиме), остальные потребители: порядка 2–4 А — система зажигания, 12–15 А — внешнее освещение, по 3–6 А — двигатели вентилятора отопителя и стеклоочистителя, примерно до 5–10 А могло постоянно уходить на подзарядку аккумулятора, то есть постоянное потребление укладывалось в 20–35 А с запасом.

Собственно, стандарт напряжения бортовой сети 12 В продиктован шестью элементами кислотного свинцового аккумулятора. Несмотря на известный комплекс недостатков, реальной альтернативы кислотным батареям не было: только они были относительно недороги и способны обеспечить мощный пусковой ток для стартера. Не забываем, что устройства для преобразования постоянного напряжения до последней четверти XX века были дороги, громоздки и не бли-

стали ресурсом и надёжностью. Кроме того, надёжность батареи с последовательным соединением элементов обратно пропорциональна числу этих элементов. Одним из соображений также была безусловная безопасность напряжения 12 В, что позволяло держать открытыми токоведущие элементы и не заботиться о серьёзной изоляции компонентов и проводки. Все эти причины привели к тотальному доминированию 12-вольтового стандарта в автомобильной технике.

Как результат развития технологий, за последние четверть века произошло буквально взрывное усложнение электрооборудования автомобилей и его энергопотребления.

Рассмотрим обычный легковой автомобиль с точки зрения потребителей тока.

Стартер стал мощнее, но он не является постоянным потребителем, однако повышение мощности стартера привело к повышению требований к обеспечиваемому пусковому току аккумулятора, увеличению сечения проводов к стартеру, исключению протекания тока стартера через кузовные детали (ток стартера повреждает кузов).

Уровень потребления внешними световыми приборами остался почти на том же уровне и имеет тенденцию к уменьшению за счёт ухода от ламп накаливания к более технологичным источникам света. Безусловно, выросло потребление системы управления двигателем, которая сейчас колеблется от 10–15 до 40 А, электроусилители руля, как и электрогидроусилители, потребляют до 80 А, до 80 А потребляет система электроподогрева в отопителе, обогрев заднего (иногда и переднего) стекла потребляет до 30 А, обогревы сидений — до 15 А, мощность информационно-развлекательных систем

уже исчисляется десятками ватт и до десятка ампер, компрессор подвески — до 30 А, электроклапан системы охлаждения двигателя — от 20 до 60 А, электростеклоподъёмники и регулировка сидений включаются эпизодически, но потребляют до 10 А и т. д., список потребителей может быть продолжен.

Заметим, что по-прежнему все потребители базируются на той же 12-вольтовой аккумуляторной батарее ёмкостью 40–70 А·ч. И несмотря на кратно возросшую производительность генератора, энергии может не хватать. Это, в свою очередь, вызвало появление разнообразных компьютеризованных интеллектуальных систем контроля заряда-разряда батареи, спящих режимов многочисленных блоков и т. д.

Взрывообразно выросли сложность проводки, её сечение, стоимость и масса проводов. Частично сложность проводки удалось нивелировать за счёт использования мультиплексных шин, но это вызвало лавину других проблем, особенно на этапе внедрения шинной связи.

Особенно хотелось бы остановиться на сечении проводов. Низкое бортовое напряжение требует соответствующего возрастания силы тока в проводе. Схематично для передачи мощности 240 Вт (средний по мощности электроподогрев заднего стекла) при 12 В требуется ток 20 А, следовательно, исходя из распространённого норматива, сечение проводки по меди должно рассчитываться не более 10 А на 1 мм². То есть сечение провода не должно быть менее 2 мм², а если пытаться снизить сопротивление провода и потери на его нагрев, то норматив нагрузки должен быть снижен, а сечение — увеличено (что мы практически и наблюдаем в реальных автомо-

билах). В то же время при привычном нам напряжении 220 В для передачи такой же мощности потребуется ток примерно 1,1 А, а сечение медного проводника необходимо лишь 0,11 мм², провод же сечением 0,5 мм² будет иметь более чем четырёхкратный запас по току и в четыре раза меньшие потери в проводке на её нагрев. Поэтому мы можем сделать совершенно однозначный и бесспорный вывод: повышение бортового напряжения однозначно приведёт к облегчению и удешевлению проводки (и соответствующих разъёмов!), снижению потерь при передаче и, как ни парадоксально, повышению общей безопасности автомобиля.

Немного о повышении безопасности: большие токи, используемые в электрооборудовании автомобилей, нередко становятся причинами пожаров. Пожары и (или) локальные перегревы компонентов возникают или при коротких замыканиях (нарушениях изоляции), или при повышенных сопротивлениях в разъёмах, опрессовках электрических терминалов и прочих местах. Если вернуться к нашему примеру с электроподогревом 240 Вт, 12 В и 20 А, то при возникновении паразитного сопротивления цепи 0,05 ома на нём будет падать напряжение 1 В и выделяться мощность 20 Вт, что при точечном приложении является как минимум повреждающей компонент величиной. При 220 В и 1,1 А падение напряжения на сопротивлении 0,05 ома составит 0,055 В, а выделяемая мощность будет 0,0605 Вт, то есть в 330 раз меньше, что, скорее всего, не создаст проблем. Кроме того, коммутация малых токов может быть осуществлена гораздо более дешёвыми и намного более надёжными твердотельными компонентами — в итоге резко снизится количество электромеханических

реле, уменьшатся габариты и стоимость коммутационных центров при одновременном поднятии отказоустойчивости и ресурса. Не секрет, что в настоящее время электромагнитные реле автомобиля отличаются высокой ценой и работают чаще всего близко к предельным параметрам по току.

Предвидятся возражения о большей опасности поражения электрическим током высокого напряжения, но хотелось бы сообщить, что методы защиты пользователей и персонала в электрооборудовании до 1 000 В прекрасно отработаны и проверены десятилетиями. В каждом доме, квартире, офисе или производственном помещении имеется напряжение 220/380 В, но это нас не смущает, не так ли? Кроме того, надо отметить, что более высокие эксплуатационные напряжения позволят ввести более разнообразные методы и защиты, и автоматической диагностики электроцепей: контроль симметричности токов, контроль утечек и пр.

Также хотелось бы отметить, что в настоящее время резко подешевели, стали высоконадёжными и компактными преобразователи напряжений различного рода, и проблемы сопряжения участков цепей с различными напряжениями не представляются существенными.

Высокое напряжение бортовой сети позволяет технологически иначе решить проблему старта двигателя внутреннего сгорания, запитывая стартер не напрямую от батареи, а от накопительных конденсаторов (ионисторов). Разумеется, стартер также должен быть высоковольтным. Эта идея отечественной разработки проходила испытания, широкой публике была представлена подробной статьёй в журнале «Изобретатель и рационализатор»

1989 года и не получила развития по причинам, скорее, нетехнического характера. Авторы статьи убедительно доказывали, что пуск двигателя от заряженных конденсаторов намного эффективнее вследствие близкого к нулю внутреннего сопротивления конденсатора и экономичнее (запуск происходит быстрее). Между прочим упоминался демонстрационный стенд на ВДНХ, на котором 6-литровый двигатель V8 грузовика ЗИЛ-130 запускался стартером от двух солевых батареек от карманного фонарика. Но авторы установки вынуждены были изготавливать преобразователь напряжения на тогдашней элементной базе, стартер был также перемотан на высокое напряжение.

Таким образом, можно вообще избавиться от тяжёлых и неэффективных свинцовых аккумуляторов, выбрав более технологичные источники тока (нет требований высокого пускового импульса).

Разумеется, в данной статье мы не сообщаем ничего принципиально нового, более того, многие изложенные выше принципы давно и с успехом применяются на другой технике, для которой характерно высокое потребление электроэнергии. Везде, где требуются более значимые мощности электрического оборудования, повсеместно происходит уход в сторону более высоких напряжений. Хотя бы начиная со складских электропогрузчиков.

Эта тенденция чётко обозначилась и в гибридных автомобилях: тяговые электроустановки гибридов даже в самых ранних образцах стали уходить в область высоких напряжений ввиду технической невозможности реализовать задание на 12-вольтном оборудовании.

Вопрос ставится несколько в иной плоскости: необходима разработка стандартов высоковольтного (в разы выше 12–24 В) электрооборудования автомобиля, прежде всего в силовой части.

Например, в мире гибридных автомобилей такого стандарта пока нет. Но его необходимость явно назревает, для этого достаточно бросить беглый взгляд на напряжения батарей гибридов. О выгодах стандартизации писать не будем (они очевидны специалистам), но введение таковой приведёт к мощному развитию разработки и производства комплектующих и компонентов в соответствии с новым стандартом, а разработка стандартов многократно окупится лицензированием других производителей. **Разработчик же стандарта будет иметь производственное и рыночное преимущество де-факто.**

Открытые стандарты должны вызвать рост конкуренции со стороны поставщиков комплектующих, облегчить независимым поставщикам вход на рынок за счёт снижения входной планки спецификаций и в конечном итоге привести к принципиальному удешевлению комплектующих, ответственному снижению цен на автомобили и росту продаж. За примерами далеко ходить не надо — достаточно проанализировать рынок компьютерных комплектующих для IBM PC с момента принятия принципов открытой архитектуры.

Стандарт должен быть разработан для гибридных и «чистых» силовых электроустановок, но обязан применяться и на обычных автомобилях (причины приведены выше).

ИНФОРМАЦИОННАЯ АРХИТЕКТУРА АВТОМОБИЛЯ

Специалист, вдумчиво изучая схемы обмена данными практически любого современного автомобиля, легко приходит к выводу о чрезвычайной запутанности и неочевидности решений архитектуры обмена данными и межблочных соединений (мультиплексных) шин.

Разумеется, ни в коем случае не стоит обвинять разработчиков в некомпетентности — они находятся на прокрустовом ложе технического задания, а само техническое задание строится на пресловутой основе «от достигнутого». Иначе говоря, объяснить сложность и запутанность архитектуры информационной структуры автомобилей, кроме как уже упомянутой инерцией производства, невозможно: каждая последующая архитектура разрабатывается на основе предыдущей и с оглядкой на поставщиков компонентов. Как иначе объяснить, например, наличие в автомобиле гольф-класса трёх несовместимых видов информационных шин, совместная работа которых к тому же требует специального модуля перекодировки?

Обратимся к опыту бурно развивающихся гаджетов и компьютерной техники. Фактически уже произошла унификация интерфейсов как в аппаратной, так и в программной части. Число поддерживаемых протоколов значительно сократилось, а проприетарные решения уступают свою долю рынка открытому программному обеспечению.

Резюмируем вышеописанные тезисы о том, что представляет собой информационная структура современного автомобиля.

- Разработана на существующей базе периферийных и центральных устройств с раз-

нообразными интерфейсами и протоколами. Интерфейсы и протоколы несовместимы и самостоятельны у каждого производителя.

- Каждый автомобиль имеет в архитектуре несколько несовместимых (без перекодировки) типов шин, существующих параллельно.

- Каждая новая платформа имеет свою, оригинальную архитектуру, часто не полностью или вообще несовместимую не только с автомобилями других производителей, но и с предыдущим (а то и с параллельно выпускающимся) поколением автомобилей этого же производителя. Диагностическое оборудование зачастую устаревает или с каждым новым поколением платформ, или через два-три поколения и требует замены.

- Несмотря на то что информационная сеть любого автомобиля должна быть защищённой от несанкционированного доступа (например, угона автомобиля или несанкционированной модификации программного кода), защита эта традиционно слаба. По той или иной причине разработчики информационной архитектуры полагаются только на «секретность» алгоритмов шифрования данных. Эти алгоритмы регулярно и непридуманно взламываются и раскрываются. Много лет назад в классических трудах по компьютерной криптографии было однозначно рекомендовано обеспечивать защиту не «секретным» алгоритмом, а открытым алгоритмом и длиной ключа шифрования. В итоге существующая криптозащита систем создаёт проблемы только и единственно добросовестным вла-

дельцам и сервисному персоналу, но никак не злоумышленникам.

- В связи с высокой и всё возрастающей сложностью информационной структуры автомобилей всё большее и большее количество времени и усилий отнимает разрешение разнообразных проблем программного обеспечения. Заметим, что производители часто несут избыточные расходы, когда разработка ПО отдана на аутсорсинг, плюс оперативность устранения проблем оставляет желать лучшего.

- Неустойчивость работы информационных систем вызывает понятное желание разработчиков исключить вмешательство в информационные шины, что в ряде случаев создаёт проблемы как при установке дополнительных устройств, так и при свободной конкуренции поставщиков (закрытость протоколов и спецификаций).

В рамках данной статьи автор ставит проблему разработки «с чистого листа» универсальной и масштабируемой структуры информационной архитектуры автомобиля с созданием открытых протоколов и спецификаций информационных шин и с криптозащитой на основе длинных ключей. Соответственно, такая структура позволит исключить угоны автомобилей (так как обладает сильным крипто, а дыры в защите будут находиться и закрываться в том числе и мировым сообществом — пример развития Linux); также такая структура облегчит взаимодействие систем автомобиля с многочисленными гаджетами, как существующими, так и перспективными. В настоящее время проблема взаимодействия информационных систем

автомобиля с гаджетами, ретро-фиттинга новейших устройств и т. п. решается на неудовлетворительном уровне, если решается вообще.

Речь идёт о межплатформенном отраслевом стандарте с открытыми протоколами, которые каждый желающий сможет использовать для разработки и подключения любой существующей и перспективной периферии, без конфликтов с существующей и работающей информационной платформой, с максимальной унификацией разъёмов и прочих характеристик. Кроме этого, такое решение в конечном итоге способно поднять качество электронных систем при одновременном снижении цены, так как возрастёт конкуренция среди поставщиков электронных блоков, а порог входа для поставщика резко снизится.

В результате внедрения исчезнут картельно устанавливаемые поставщиками цены на блоки и комплектующие, что в конечном итоге приведёт к общему снижению цены автомобилей и росту их продаж. Разумеется, недоброжелательными останутся участники картеля по производству электронных компонентов, лишённые своих сверхприбылей.

Межплатформенный стандарт, кроме того, позволит вообще исключить проблему несанкционированного использования (угонов) транспортных средств, защитив их стойким крипто и подключив транспортные средства к глобальной сети, в том числе и через устройства мобильной связи и (или) системы ГЛОНАСС, ONSTAR и т. п. Это позволит в любой момент пресекать движение ТС при несанкционированном использовании, создавать права

доступа на территории, использовать в качестве устройства доступа носимый владельцем гаджет (например, сотовый телефон) и т. п.

Компания, первой создавшая такой стандарт, также получит неоспоримое рыночное преимущество, а затраты на создание стандарта будут с лихвой компенсированы лицензионными отчислениями тех, кто не успел предложить свой стандарт и вынужден следовать доминанте рынка.

В связи с тем, что разработка такого стандарта представляется делом весьма и весьма затратным, возможно, инициатива будет исходить от регулятора одного из основных автомобильных рынков, например ЕЭС, США или Китая, и преследовать выгоды своего рынка, проистекающие из внедрения такого стандарта.

Как пример из области информационных технологий — победа интерфейса USB над целым семейством похожих, но несовместимых интерфейсов. Другими словами, автомобильная промышленность ожидает своего «стандарта USB». Лучше поздно, чем это предложит конкурент.

В качестве следующего примера можно привести общеизвестную победу (завоевание рынка) открытой архитектуры IBM PC над закрытыми конфигурациями Apple, а в более позднем времени — впечатляющие успехи открытых спецификаций Android против проприетарных операционных систем.

Почему в статье приводятся примеры из области «чистых» информационных технологий? Ответ лежит на поверхности: компьютерные системы, исполь-

зуемые для построения сетей, бизнеса и мультимедиа, и системы автомобиля решают весьма схожие задачи по обмену информацией, но вдумчивому наблюдателю очевидно идеологическое отставание архитектуры информационных систем автомобилей от компьютеров и сетей. Иначе говоря, системотехника автомобилей переживает болезни персональных (и не очень персональных) компьютеров довольно раннего этапа развития, но опыт, накопленный «чисто компьютерной» индустрией, по ряду причин игнорируется.

Таким образом, по мнению автора, перспективные тенденции в развитии электрооборудования автомобилей следующие:

- уход основного бортового напряжения в более высокие цифры;
- единые и открытые протоколы и спецификации электронных модулей автомобиля;
- создание стандарта информационной архитектуры;
- всё более тесное взаимодействие систем автомобиля с гаджетами, в первую очередь с мобильными телефонами и смартфонами.