

Малогабаритные интеллектуальные инверторы специального назначения производства «Электрум АВ»: развитие и номенклатура

Низковольтные следящие приводы — одно из наиболее востребованных направлений силовой электроники среди изделий специального назначения. Различного рода системы наведения, закрылки ракет и БЛА, стабилизированные платформы и другие устройства — все это требует следящих приводов, как правило, на основе коллекторного или вентильного двигателя. А к двигателю необходим управляющий инвертор. О развитии и актуальной номенклатуре данных инверторов и пойдет речь.

Павел Новиков

Особенностью следящих приводов, по определению, является частая смена направлений вращения вала двигателя. В отдельных изделиях частота реверсов может достигать до 100 Гц. При этом предъявляются жесткие требования к скорости реверса конечного устройства, а значит, задача ограничения пусковых токов далеко не первая для разработчика такого привода. Инверторы функционируют в жестких условиях больших токов, зачастую не ограниченных внешними схемами защит, при наличии мощных индуктивных выбросов при реверсировании, в условиях повышенного силового напряжения при переходе электродвигателя в генераторный режим. Все это заставляет применять специальные схемные решения и вводить специальные узлы защит в интеллектуальные инверторы для данных приводов. В то же время, поскольку привод следящий, то он — а это почти аксиома — быстродействующий. Соответственно, модуль (интеллектуальный инвертор) должен как можно меньше влиять на процесс управления, позволяя и развиваться большим пусковым токам, и не допускать длительной блокировки при превышении током порога защиты. Эти два полюса формировали все поколения интеллектуальных инверторов специального назначения.

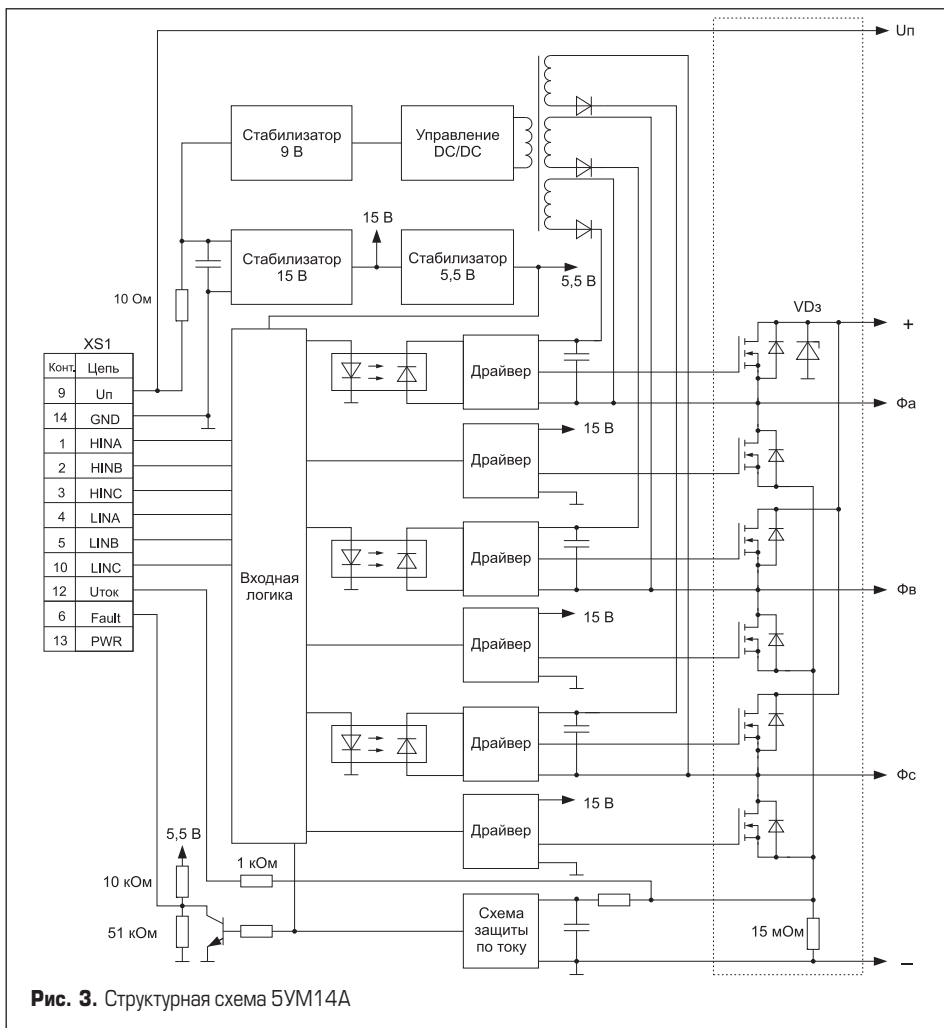
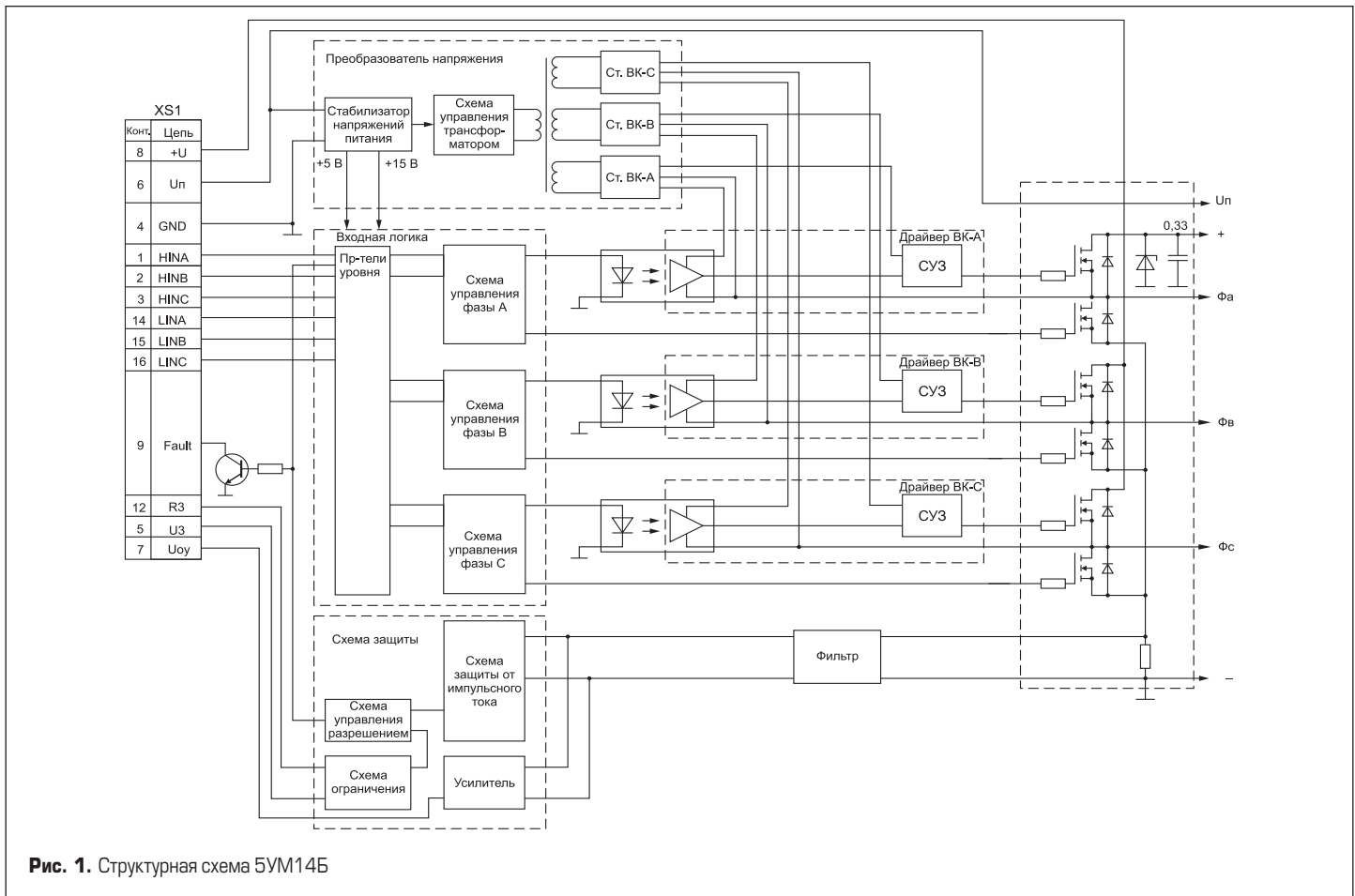
Первым модулем в данной области стал 5УМ14Б (рис. 1 и 2). Он представляет собой трехфазный инвертор со схемой управления, содержащий схемы защиты по среднему току и по импульсному току. Предусмотрена отдельная схема контроля тока инвертора внешней схемой управления. В состав моду-

ля также входит DC/DC-преобразователь. В первой версии имелась защита по температуре.

Таким образом, модуль представлял собой функционально законченное изделие, позволял применение без дополнительных внешних схем защит, но имел недостаток в конструктиве. Насыщенность схемы управления требовала размещения нескольких плат одна над другой (при значительно ограниченной площади основания), что негативно сказывалось на виброустойчивости. Для повышения виброустойчивости, в свою очередь, было необходимо применение множества конструктивных решений, которые никак не способствовали повышению технологичности изделия.

С другой стороны, защиты модуля потребителю скорее мешали. Температурная защита была исключена почти сразу, поскольку для изделий специального назначения гораздо более критично выполнить задачу, нежели сохранить работоспособность. А защита по среднему току, хотя и надежно защищала модуль и нагрузку, не позволяла развиваться большим пусковым токам, что негативно отражалось на быстродействии привода. В итоге модуль оказался удачным для относительно небыстродействующих приводов с простой схемой управления, но не был гибким в применении, к тому же не был технологичен.

В результате второй версией низковольтного интеллектуального инвертора стал 5УМ14А (рис. 3 и 4). Была исключена защита по среднему току, упрощены схемы формирования «мертвого» времени, поскольку, как показала практика, при наличии



обратных связей стабильность этого параметра совершенно не критична, упрощен DC/DC-преобразователь. Все это позволило разместить схему управления модуля на одной внутренней плате, что, помимо снижения габаритных размеров, значительно повысило виброустойчивость и, как следствие, технологичность. Из защит осталась только защита



Таблица. Сравнение низковольтных инверторов специального назначения

| | 5УМ14Б | 5УМ14А | 5М31МА |
|--|----------|----------|----------|
| Максимальный ток инвертора, А | 20 | 20 | 20 |
| Максимальное коммутируемое напряжение, В | | 120 | 130 |
| Габаритные размеры, мм | 95×37×35 | 77×33×22 | 70×29×20 |
| Встроенный DC/DC-преобразователь | + | + | |
| Формирование «мертвого» времени | + | + | |
| Защита по импульсному току | + | + | |
| Защита по среднему току | + | | |
| Защита по пиковому напряжению | + | + | + |

по импульсному току, которая была перенастроена на большую блокировку, минимизирующую нагрев транзисторов при работе в нештатных ситуациях (заклиненный вал двигателя, выход из строя обмотки и т. п.).

Из опыта эксплуатации 5УМ14А были сделаны определенные выводы, как по модулям интеллектуальных инверторов в частности, так и по следящим приводам в целом.

Зачастую собственно защиты модуля разработчику конечного изделия не нужны. Если схема сделана корректно, то в них почти нет необходимости, а если некорректно, то одной защиты по импульсному току все равно недостаточно, чтобы исключить выход из строя. Введение же дополнительных защит разработчику мешает; контроль и ограничение тока если и производятся, то лишь внешней схемой управления, нежелательно влияние модуля на контуры обратных связей и быстродействие привода.

Из защит инвертора необходима только простейшая защита по перенапряжению (супрессор и по возможности снабберный конденсатор).

С другой стороны, оказалась желательна защита от пониженного напряжения питания

схемы управления, так как алгоритмы подачи и снятия питания не разрабатываются почти никогда. Тем более не ставятся защиты от подачи сигналов управления до завершения переходных процессов установления питания.

Плюс к этому относительно сложный и занимающий на плате управления много места DC/DC-преобразователь оказывается фактически не нужным. Для вентильного двигателя более чем достаточно бутстрепного питания верхних ключей; для такого применения DC/DC-преобразователь избыточен. А коллекторные щеточные двигатели в современных разработках используются все реже.

В части элементной базы, благодаря новым разработкам микросхем специального назначения, также напрашивались изменения. В первом модуле — 5УМ14Б, для гальванической развязки управления драйверами верхних ключей использовался оптрон 249ЛП8. Недостатки — относительно большой ток потребления (как по управлению, так и выходной схемой) и относительно низкая устойчивость du/dt . Для исключения этих недостатков в последующем модуле 5УМ14А использовался оп-

трон 3ОД120, практически не имеющий в этом смысле недостатков, но требующий внешнего драйвера для уموощения управляющего сигнала. Уже позже появилась микросхема 1308ЕУ3, которая требовала минимум обвязки в схеме и как нельзя лучше подходила для низковольтного интеллектуального инвертора.

В части конструктива, для повышения виброустойчивости и технологичности, не допускалась установка более чем одной управляющей платы, была необходима минимальная высота, а потребитель требовал минимальных габаритов в целом.

В результате третьей версией низковольтных интеллектуальных инверторов стал 5М31МА (рис. 5 и 6), включивший все вышеуказанные выводы.

Модуль отличается очень малыми габаритными размерами, не имеет в своем составе никаких защит по току и напряжению (кроме одиночного супрессора на силовых выводах питания инвертора), не формирует «мертвое» время, зато обладает защитой от пониженного напряжения питания схемы управления. Также в модуле отсутствует полноценный DC/DC-преобразователь; организовано бутстрепное питание верхних ключей с активной «подтяжкой» фаз к общему. Как следствие, модуль стал очень простым, технологичным, гибким в применении, позволяющим работать при значительных (недлительных) перегрузках.

Итогом развития стали три модуля, одинаковых в части назначения и силовой схемы, но отличающихся функционалом и конструктивом. Сравнение данных модулей приведено в таблице.

Примечательно в развитии интеллектуальных инверторов специального назначения то, что со временем схема и конструкция не усложнялись, а наоборот — упрощались. Обычно это снижает потребительские свойства изделия, но не здесь. Как показал опыт, для следящего привода чем модуль проще, тем лучше. И чем проще конструктив, тем легче пройти испытания. В этом смысле оптимален 5М31МА. С другой стороны, конечно, зачастую разработчику требуется не столько быстродействие, сколько надежность и/или простота собственной схемы управления, тогда оптимальный вариант находится на другом полюсе — 5УМ14Б. Ну и где-то посередине — 5УМ14А. Так изделие развивалось, а что выбрать сегодня, как обычно, решает только разработчик.

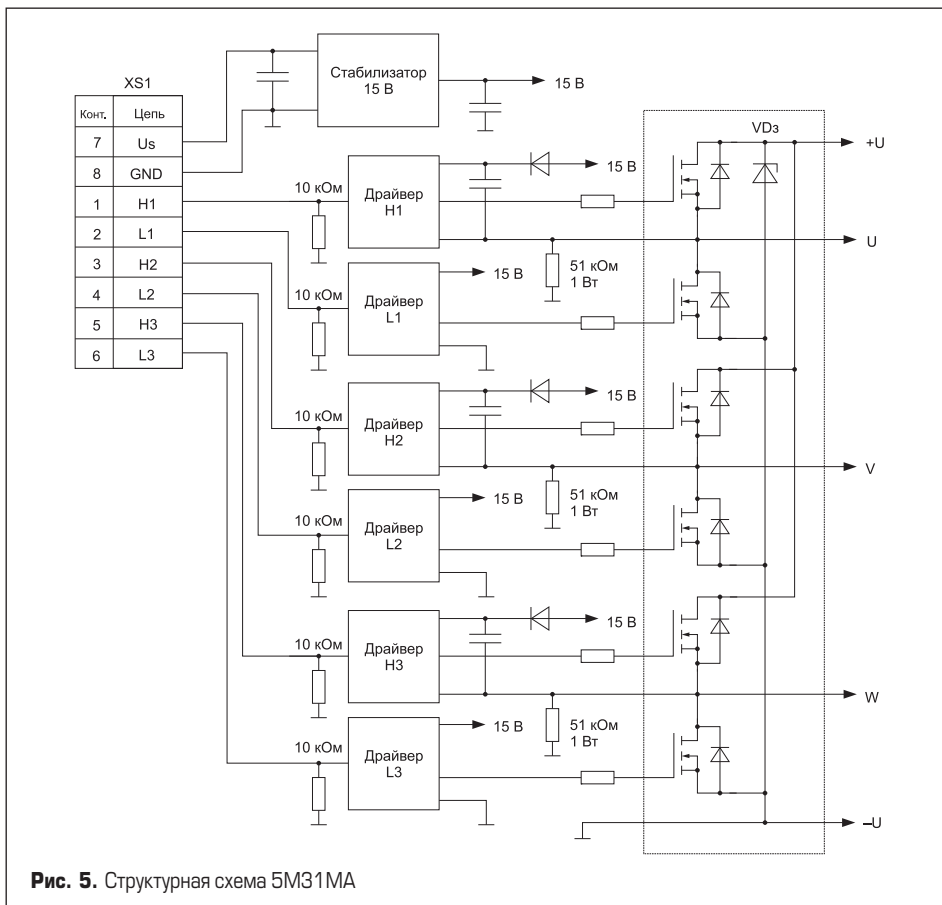


Рис. 5. Структурная схема 5М31МА

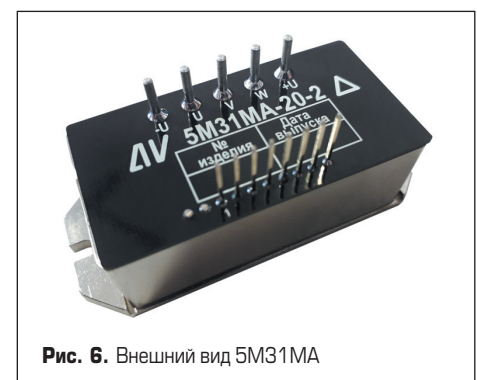


Рис. 6. Внешний вид 5М31МА