

Третье поколение интеллектуальных инверторов от «Электрум АВ»

Для «Электрум АВ» 2019 год стал очень результативным по части разработок в области интеллектуальных инверторов. Наконец создана и освоена в производстве целая серия модулей типа М32 и мощных блоков инверторов типа Б31. Разработки, вобравшие в себя многолетний опыт и самую современную элементную базу, в том числе микросхемы драйверов с трансформаторной развязкой от Infineon, датчики тока на эффекте Холла, силовые транзисторы последних поколений — все эти изделия представляют собой третье поколение интеллектуальных инверторов, о котором и пойдет речь в настоящей статье.

Павел Новиков

Предпосылки

Общее в поколении 3

Модули интеллектуальных инверторов серии М31 и модули управления электродвигателями на их основе (МУАДМ, МУВДМ, МУКДМ) производятся уже достаточно долго, почти 10 лет. За это время модули зарекомендовали себя во множестве преобразователей. Однако опыт эксплуатации показал и некоторые особенности модулей, не позволяющие использовать их в ряде специализированных схем. К таким особенностям относится следующее:

- Отсутствие гальванической развязки, что делает проблематичной эксплуатацию модулей в сетях 380 В, в частности для управления асинхронными электродвигателями, либо требует от потребителя проектирования дополнительной схемы изоляции управления, то есть привносит сложности в разработку преобразователя.
- Работа токовой защиты по принципу ограничения, что усложняет применение модулей для управления трансформаторами и значительно влияет на обработку модулем сигналов управления (модуляция токовой защитой).
- Неудовлетворительные конструктивные характеристики для низковольтных модулей, а именно низкое соотношение габаритов и мощности и наличие только конструктива ДМ.
- Относительная «капризность» в жестких режимах эксплуатации, при наличии ошибок в схеме и топологии включения, особенно на стадии отладки, обусловленная схемно-функциональными особенностями модуля.

Все это указывает на некоторую неполноценность модулей в их отдельных характеристиках и сужает область применения, что и явилось предпосылками к разработке интеллектуальных модулей третьего поколения.

В модулях третьего поколения были учтены вышеуказанные недостатки, и, таким образом, М32 имеют следующие конструктивно-функциональные преимущества:

- большой предельно допустимый ток (до 100/75 А для 6/12-го классов против 50/50 А для М31);
- наличие нескольких конструктивных исполнений, гораздо лучшее отношение габариты/мощность;
- наличие полной гальванической развязки;
- большая помехоустойчивость, меньшая критичность к топологии включения;
- работа токовой защиты по принципу отсечки, без активного ограничения тока;
- наличие контроля тока инвертора и токов фаз;
- формирование «мертвого» времени на переключение;
- защита от пониженного напряжения питания со статусным сигналом;
- потенциальная возможность введения в модуль специализированных схем управления без переделки базового модуля.

При этом в части модулей (о блоке Б31 будет сказано ниже) наиболее функционально наполненным модулем является М32 конструктива ДМ, структурная схема которого приведена на рис. 1.

Структурная схема рис. 1 фактически является базовой для всех инверторов третьего поколения, начиная от малогабаритного М32М и заканчивая блоком инвертора Б31. Разумеется, с определенными ограничениями или дополнениями, обусловленными габаритными размерами конечного изделия.

Для М32 конструктива М структурная схема идентична схеме рис. 1, за исключением отсутствующих фазных датчиков тока.

Для малогабаритного М32М изменения наиболее радикальны: от указанной структурной схемы остаются только входная логика, драйверы (без гальванической развязки для нижних ключей), силовой инвертор и терморезистор.

Для блока инвертора Б31 добавляется узел контроля напряжения инвертора (с функцией защиты от перенапряжения), защиты по ненасыщению силовых транзисторов, а также конструктивные блок охлаждения и блок электролитических конденсаторов.

Частное в поколении 3

Таким образом, отличаясь единым идеологическим подходом, но имея различные конструктивные исполнения (а значит, мощностные и схемные ограничения), модули и блоки инверторов третьего поколения обладают и различными функциональными возможностями, сравнение которых приведено в таблице.

Как следует из указанных в таблице соотношений максимальный ток/класс инвертора, модули предназначены для эксплуатации в преобразователях различной мощности. На рис. 2 приведено сравнение инверторов по критерию

Таблица. Сравнение функциональных возможностей инверторов

Функциональные возможности	Б31	М32 (ДМ)	М32 (М)	М32М
Гальваническая развязка	+	+	+	
Повышенная помехоустойчивость	+	+	+	
Защита по КЗ	+	+	+	
Защита по температуре	+	+	+	+
Защита по перенапряжению	+			
Защита по ненасыщению	+			
Контроль тока инвертора	+	+	+	
Контроль тока фаз	+	+		
Контроль напряжения инвертора	+			
«Мертвое» время на переключение	+	+	+	
Защита от пониженного напряжения питания	+	+	+	+
Встроенные снабберные цепи	+	+		
Встроенный блок конденсаторов	+			
Встроенная система охлаждения	+			
Максимальный ток инвертора				
1-й класс		100	75	10
2-й класс		100	50	4
6-й класс		100	25	
12-й класс	500	75		2
Габаритные размеры, мм	481×616×245	104×74×29	80×44×21	39×34×12

средней коммутируемой мощности, при этом максимальная мощность ограничена характеристиками изделия, а минимальная мощность выбрана исходя из целесообразности применения данного конструктива.

Исходя из таблицы и рис. 2, можно выделить ключевые особенности каждого конструктивного исполнения, его базовые характеристики, а значит, и рассмотреть каждый конструктив более пристально.

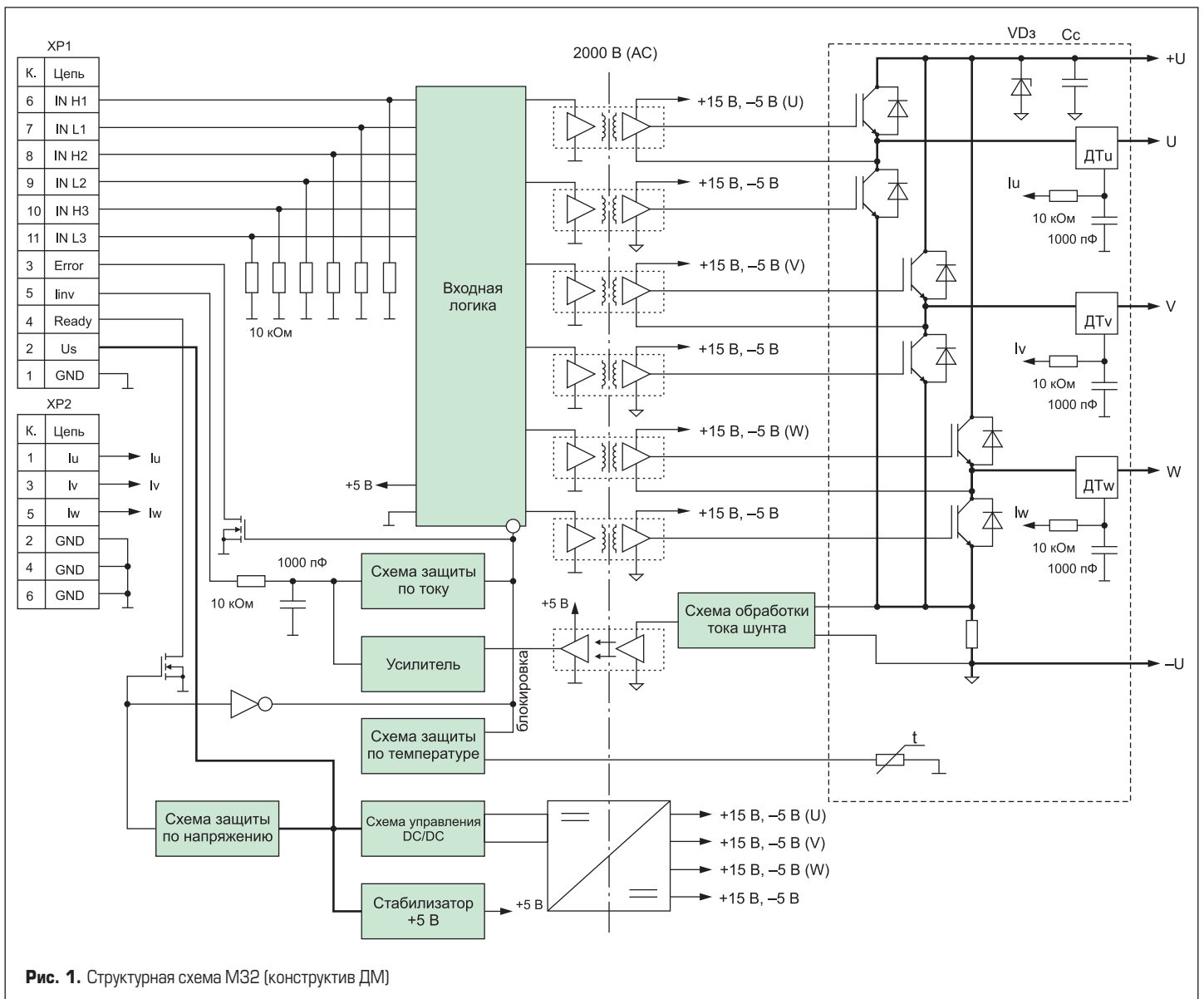


Рис. 1. Структурная схема М32 (конструктив ДМ)

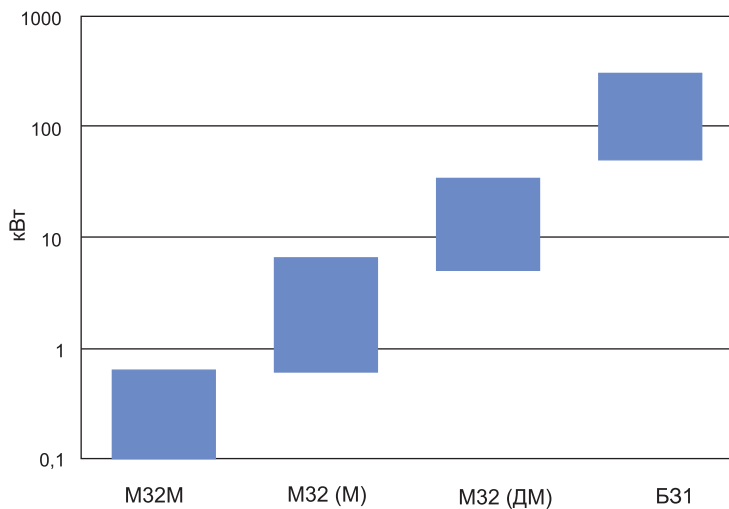


Рис. 2. Коммутлируемая средняя мощность инверторов

М32М

Малогобаритный инвертор с размерами основания всего 39×34 мм (рис. 3). Характерной особенностью модуля является возможность эксплуатации без охладителя на максимальной мощности. То есть можно просто установить модуль в печатную плату и управлять трансформатором или двигателем мощностью несколько сот ватт.

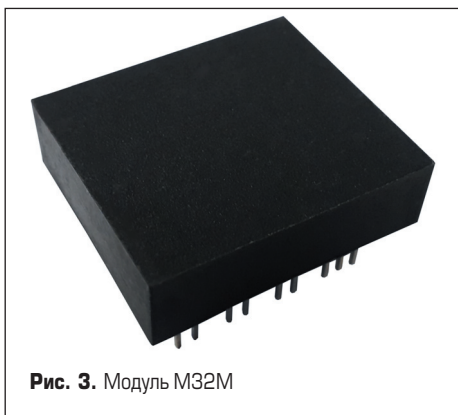


Рис. 3. Модуль М32М

В части структуры и функций модуль очень прост: три микросхемы драйвера полумоста, бутстрепное питание, силовой инвертор на MOSFET-транзисторах (в том числе для 6-го класса) и терморезистор для контроля температуры. Несложно, но для указанных мощностей вполне достаточно.

М32 конструктива М

Инвертор, обладающий для своих габаритных размеров (основание 80×44 мм) очень большим функционалом (рис. 4). В частности, наличие полной гальванической развязки, контроль тока инвертора с выдачей аналогового сигнала текущего значения тока (также с гальванической изоляцией от силовых цепей), полноценный DC/DC-преобразователь, все необходимые защиты и коммутлируемая мощность до 7 кВт.

Относительно конструктивного исполнения ДМ данные модули обладают только двумя



Рис. 4. Модуль М32 конструктива М

недостатками: отсутствием контроля тока фаз и отсутствием исполнений инвертора 12-го класса, что ограничивает область применения модулей сетями 220 или 240 В переменного напряжения.

М32 конструктива ДМ

Наиболее функционально насыщенный инвертор (рис. 5), о чем уже говорилось выше. Гальваническая изоляция, DC/DC-преобразователь, защиты... И в частности, наличие в фазах датчиков тока (Холла), что делает данный инвертор очень удобным для векторного и/или любого бездатчикового управления электродвигателями.



Рис. 5. Модуль М32 конструктива ДМ

Максимальная средняя коммутлируемая мощность модуля 6–30 кВт для 1- и 12-го классов; кратковременная (пусковая) мощность до 12 и 75 кВт соответственно. Эти показатели хоть и не уникальны для данного класса изделий, но, тем не менее, на уровне лучших импортных образцов.

Б31

Изделие, стоящее особняком от всех прочих представителей инверторов третьего поколения (рис. 6). Прежде всего, потому что это не модуль, а блок, то есть более функционально законченное изделие. Уже есть каркас, охладитель (система охлаждения), блок электролитических конденсаторов, шины подключения внешних силовых цепей. К тому же это единственный представитель инверторов, обладающий двумя типоразмерами: 481×350×245 мм для исполнения 300 А и 481×616×245 мм для исполнения 500 А. Функциональные отличия для данных исполнений отсутствуют.



Рис. 6. Блок инвертора Б31 (исполнение 500 А)

В блоке предусмотрены все возможные защиты схемы управления, инвертора в целом и каждого силового модуля (полумоста) в отдельности. Блок выдает ведущему устройству показания текущих токов каждой фазы, напряжения, температуры. Управление может осуществляться как по проводной связи, так и по ВОЛС, в том числе обеспечивается выдача статусов (6 статусных состояний) по ВОЛС на расстояние до 35 м.

Заключение

Как следует из вышесказанного, инверторы третьего поколения являются дальнейшим развитием инверторов серии М31 и основаны на многолетнем опыте их эксплуатации. Множество конструктивных исполнений делает модули М32 и блоки Б31 удобными для применения в преобразователях мощностью 50 Вт — 250 кВт, причем как в системах управления электродвигателями, так и в импульсных трансформаторах, в индукционном нагреве, в понижающих/повышающих преобразователях. По крайней мере при разработке требования универсальности было едва ли не основным.

В общем, более чем достойное завершение 15-летнего опыта разработок, производства и эксплуатации интеллектуальных инверторов в самых разных преобразователях десятков и десятков потребителей.