CT Concept: made in Russia

Драйверы CT Concept прочно вошли в жизнь разработчиков силовой электроники. Но во всем есть свои достоинства и недостатки. Компания CT Concept — не отечественный производитель, а в наше время такой минус может перечеркнуть все оставшиеся плюсы. Чтобы обойти данную проблему, «Электрум АВ» предлагает новую серию аналогов драйверов от CT Concept.

Павел Новиков

novikov@electrum-av.com.

Введение

Так исторически сложилось, что на сегодня основным производителем драйверов для IGBT и MOSFET является швейцарская фирма CT Concept. Безусловно, существуют и другие производители, драйверы которых зачастую во многом превосходят продукцию упомянутой компании, например SEMIKRON или InPower. Однако следует признать тот факт, что драйверы от CT Concept подкупают своей простотой, совместимостью с силовыми транзисторами (принцип plug-n-play) и доступностью, что и позволяет этой фирме занимать лидирующие позиции на рынке силовой управляющей электроники. Потому не удивительно, что подавляющее большинство отечественных преобразователей собрано на драйверах CT Concept.

В то же время для потребителя такой «монополизм» имеет и свои минусы. В особенности они проявились на волне недавнего кризиса. Зависимость отечественных производителей от поставок «из-за бугра» очень негативно сказалась на сроках производства и разработки преобразователей; зачастую поставка драйверов осуществлялась более чем через год после заказа и ситуация была особенно плоха со специализированными драйверами, привозимыми исключительно под заказ. Забегая вперед отмечу, что именно во время кризиса значительно участились запросы о замене драйверов CT Concept нашей («Электрум АВ») продукцией, что и породило идею создания линейки драйверов-аналогов CT Concept. Помимо вышеупомянутой проблемы с импортной комплектацией имеет место то, что известные министерства (особенно железная дорога и военные) значительно ужесточили свои требования к комплектации и уже требуют не только применять в новых разработках отечественную комплектацию, но и менять на оную уже заложенную комплектацию заграничную. И если с первым еще можно как-то мириться, то второе — это едва ли не самое страшное, что может случиться с разработчиком. Ведь действительно, потратить уйму времени, пройти кучу испытаний, съесть вагон валидола, и на тебе: приказ менять комплектацию, то есть практически начинать испытания сначала. Естественно, разработчики не очень-то стремятся начинать работу с каким-то другим производителем, тем более что драйвер в преобразователе — вещь, в некотором смысле, специфичная: относительно цены преобразователя в целом стоит он копейки, однако качество работы всего устройства напрямую зависит от характеристик этого драйвера, а потому рисковать сотнями тысяч рублей (а то и миллионами) ради тех самых, не так уж и трудно обходимых, требований и стабильности поставок совсем не хочется. В конце концов, проще договориться с заказчиком или переплатить «энную» сумму за скорейшую поставку. Впрочем, это бегство от проблемы рано или поздно все равно заводит в тупик.

Требования по совместимости

В сущности, кроме чисто психологических препонов, что страшного в этой самой замене? Для совместимости любых драйверов нужно привести к единому всего несколько требований, а именно габаритные размеры, схему подключения и такие параметры, как напряжения питания и управления, выходной импульсный ток, длительность «мертвого времени» на переключение, динамические и статические параметры защиты по ненасыщению. Все остальное, как правило, не имеет такого уж принципиального значения. Бесспорно, порою какой-то нюанс может испортить всю картину, и на это нельзя закрывать глаза. Например, КПД DC/DC-преобразователя одного драйвера на 10% ниже, чем у другого, а значит, под нагрузкой первый драйвер будет потреблять на 10% мощности больше, чем второй, и если у источника напряжения, от которого питается драйвер, нет запаса, то такая «мелочь» может оказаться губительной для всего преобразователя. Или, например, частота работы этого самого DC/DC-преобразователя будет попадать в резонанс с тактовой частотой схемы управления, что, в свою очередь, приведет к сбоям в работе управляющего блока и далее к выходу оборудования из строя. Всего учесть нельзя. Но следует признать, что такого рода несоответствия скорее досадная, но очень редкая случайность, нежели закономерность; а потому вернемся к тем самым нескольким требованиям для получения аналога, отталкиваясь от которых и была создана новая линейка драйверов «Электрум АВ».

Итак, что из себя представляют аналоги драйверов CT Concept, выпускаемые «Электрум АВ»? Они функционально полностью совместимы с устройствами

швейцарской компании, аналогичны по габаритам и схеме включения. Изначально при разработке этих драйверов было заложено требование полного соответствия по включению; никакого изменения в схеме или в топологии не допускалось. Таким образом, если выпаять из схемы импортный драйвер и впаять отечественный, в работе преобразователя ровным счетом ничего не изменится.

В основе описываемых драйверов лежит, фактически, одна и та же схема с небольшими изменениями под каждый конкретный драйвер (за исключением аналога 1SP0635). Схема эта собрана на базе драйвера МД280П-Б, выпускаемого «Электрум АВ» уже далеко не первый год, разошедшегося по России и миру в количестве десятков тысяч штук и применяемого в сотнях преобразователей различного рода. Базовая структурная схема этого изделия представлена на рис. 1.

Описание этой структурной схемы (и всех обозначений) будет чуть ниже, а пока — в общем.

Решение задачи совместимости

Как видно по рис. 1, полного соответствия схем электрических принципиальных драйверов «Электрум АВ» и CT Concept нет. В сущности, схемотехнически это совсем разные драйверы, что, однако же, никак не мешает называть их аналогами. Впрочем, по поводу «аналогичности» все же следует сказать несколько слов. Нельзя не отметить тот факт, что ни один из драйверов-аналогов абсолютного соответствия параметрам драйвера-прототипа не имеет. При разработке данных драйверов во главу угла была поставлена возможность получения полного соответствия с помощью настроек. Действительно, если, например, драйвер от CT Concept под конкретный силовой модуль имеет такие характеристики, как импульсные токи включения/выключения 10/15 А, «мертвое время» на переключение 5 мкс, задержку срабатывания защиты по ненасыщению 8 мкс и т. д., то если обеспечить на драйвере-аналоге возможность получения таких характеристик (импульсный ток — 1–18 А, «мертвое время» 2–20 мкс, задержка срабатывания защиты 2–20 мкс и т. д.), то до полного соответствия остается всего один шаг: подобрать настроечные элементы в соответствии с графиками, приведенными в паспорте под значения CT Concept. Причем все эти настройки не затрагивают топологию и схему включения драйвера; необходимые настроечные элементы стоят на плате драйвера-аналога; элементы же настройки драйвера CT Concept просто остаются незадействованными. Для большей важности все эти уже ненужные диоды, резисторы и конденсаторы можно из схемы убрать, но и их наличие на работу драйвера никак не повлияет. В общем, можно несколько раз на день менять драйверы на одной и той же плате, работа устройства от этого никак не изменится. И чтобы не быть голословными, ниже приведем методику настройки драйвера-аналога под драйвер CT Concept.

Для получения драйвера, полностью аналогичного (plug-n-play) драйверу CT Concept для конкретного модуля, рекомендуется при настройке придерживаться следующей методики:

- Отключить драйвер CT Concept от силового модуля; между выводами коллектора и эмиттера драйвера подключить источники постоянного напряжения; контролировать сигнал на затворах.
- Подать управляющие сигналы и измерить «мертвое» время на переключение (по уровню 0 В).
- Плавно поднимая напряжение на источниках, имитирующих напряжение насыщения транзистора, измерить напряжение срабатывания защиты.
- Относительно порога срабатывания защиты увеличить напряжение в два раза и измерить задержку срабатывания защиты по ненасыщению.
- Снять режим аварии; выставить частоту управляющего сигнала 0,1–1 кГц; между затвором и эмиттером подключить RC-цепочку (резистором к затвору) номиналами 0,1 Ом/1 мкФ (конденсатор неполярный). Включить драйвер и измерить падение напряжения на резисторе (измерение импульсного тока драйвера).

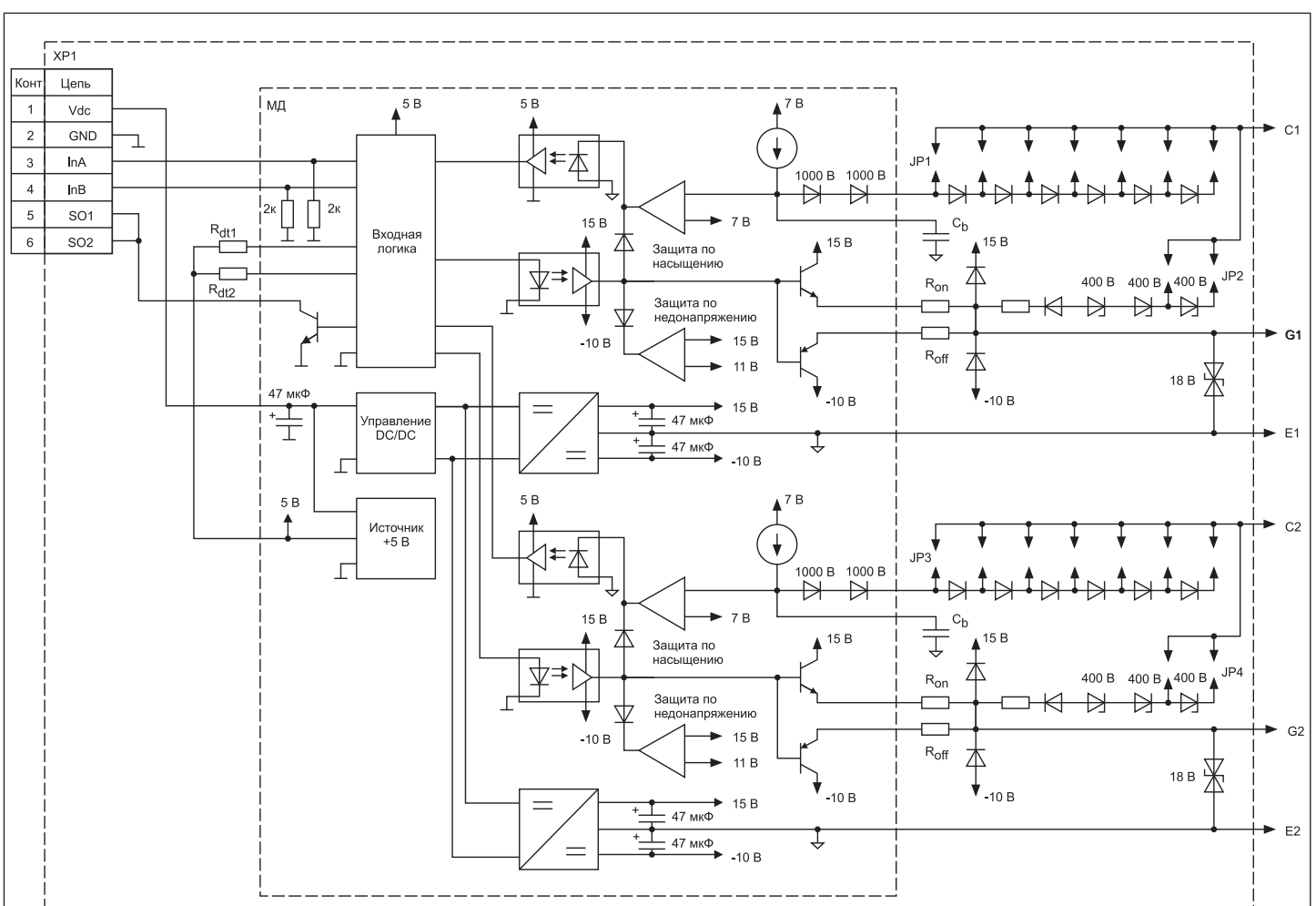

Рис. 1. Структурная схема базового драйвера–аналога

- Настроить драйвер «Электрум АВ» в соответствии с параметрами драйвера CT Concept, а именно:
  - резисторами R_{dt} в соответствии с графиком выставить «мертвое» время;
  - джамперами JP1, JP3 в соответствии с таблицей выставить напряжение срабатывания защиты по ненасыщению;
  - конденсаторами C_b в соответствии с графиком выставить длительность задержки срабатывания защиты;
  - резисторами $R_{g\,on(off)}$ в соответствии с графиком выставить выходной импульсный ток.
- Аналогично проверке драйвера CT Concept измерить полученные параметры драйвера «Электрум АВ», убедившись в их соответствии.
- Подключить драйвер к силовому модулю и убедиться в том, что преобразователь работает аналогично варианту с драйверами CT Concept.

В общем, ничего сложного: на всю эту процедуру потребуется вряд ли более одного дня.

Но вернемся к вышеупомянутой структурной схеме драйвера. Как видно из схемы и как уже было сказано, указанные настроечные элементы установлены на самой плате драйвера. При этом «мертвое время» регулируется двумя резисторами по каждому каналу отдельно, задержка срабатывания защиты по ненасыщению и выходной импульсный ток драйвера также регулируются стандартным образом. Не менее просто регулируется порог срабатывания защиты по перенапряжению управляемого транзистора (джамперы JP2, JP4); такая реализация настройки «активной защиты» позволила обойтись без деления драйверов по классам, что также упрощает задачу выбора драйвера и расширяет возможность его настройки «по месту». Не совсем обычным образом выполнена настройка порога срабатывания защиты по ненасыщению: джамперами подключается определенное количество диодов, на каждом из которых падает по 0,5 В. Таким образом, можно подобрать порог срабатывания защиты с шагом 0,5 В в диапазоне 2,8–5,8 В. Такая схема была выбрана в соответствии с принципом «не навреди»: так как драйвер МД280 зарекомендовал себя и претензий к его работе нет (а этот драйвер не имеет общепринятой настройки порога резистором), то и трогать его, для большей надежности схемы, нежелательно; придется обойтись внешней схемой в цепи «коллектор драйвера–коллектор управляемого транзистора». Впрочем, все это непринципиальные нюансы.

Прототипы и аналоги

Как уже было отмечено, у всех драйверов-аналогов имеется одна и та же базовая схема, однако для каждого драйвера она имеет некоторые свои особенности, и коли уж общее описание дано, настало время конкретизировать: о каких же конкретно драйверах-аналогах идет речь? И здесь снова вернемся к CT Concept.

Данный производитель, несмотря на огромную номенклатуру изделий, все же выпускает несколько основных типов драйверов, а именно:

- модули драйверов малой мощности (например, IGD616);
- модули драйверов средней и большой мощности (например, 2SD315AI);
- модули драйверов на планарных трансформаторах (например, 1SC2060P);
- драйверы plug-n-play (например, 2SB315A);
- драйверы высоковольтных модулей (например, 1SP0635);
- драйверы высоковольтных модулей с высоким напряжением защиты по ненасыщению (например, 1SD210F2).

На сегодня в «Электрум АВ» практически полностью освоены группы 2, 4 и 5; с остальными группами есть определенные сложности в приведении к аналогу, но не за горами решение и этой задачи. В таблице приведены выпускаемые в настоящий момент компанией «Электрум АВ» драйверы-аналоги.

Таблица. Драйверы CT Concept и их аналоги от «Электрум АВ»

Драйвер CT Concept	Драйвер «Электрум АВ»
1SD1548AI	ДР1480П-Б1
2SD315AI	ДР2180П-Б1
2SD300C	ДР2180П-Б2
2SD0320T	ДР2180П-Б3
2SP0115	ДР2180П-Б4
2SB315A	ДР2180П-Б5
2SB315B	ДР2180П-БВ
1SP0635, 1SD536F2, 1SD418F2	ДР1280П-БВ

На рис. 2–6 приведены внешние виды некоторых из перечисленных драйверов производства «Электрум АВ».

Сходства и отличия

Ранее было сказано, что все драйверы имеют свои особенности. Ниже приведено их краткое описание для каждого драйвера. При этом общие сходства указываться не будут, так как по части общего сказано было уже достаточно.

Драйвер ДР1480П-Б1 — аналог 1SD1548AI. Драйвер, максимально приближенный к своему прототипу; алгоритм его настройки ближе CT Concept, нежели чем другим драйверам-аналогам «Электрум АВ», что, впрочем, не так уж и значительно выделяет его из общего ряда.

Драйверы ДР2180П-Б1(2) — аналоги 2SD315AI и 2SD300C соответственно. В сущности, даже у CT Concept это почти одинаковые драйверы. Их различия сводятся к немного другим посадочным местам (в частности, сдвинут входной разъем на один контакт, в остальном выводы и их назначение не изменились); первый более высоковольтный, но слабее; второй мощнее, но на напряжение силовой цепи до 2000 В. Так же и с аналогами: практически полностью идентичные схемы, только первый предназначен для управления транзисторами с напряжением коллектор-

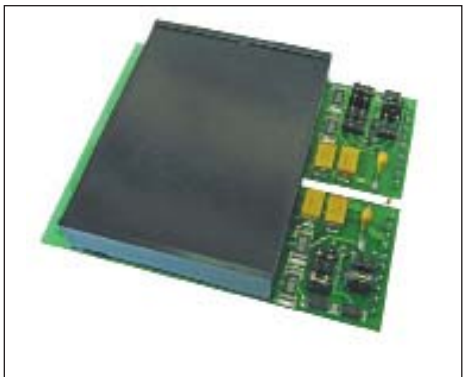

Рис. 2. ДР2180П-Б1 (2SD315AI)

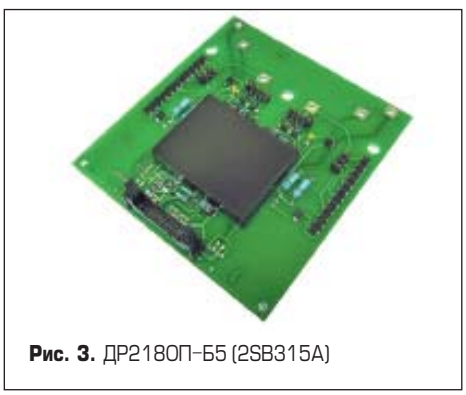

Рис. 3. ДР2180П-Б5 (2SB315A)

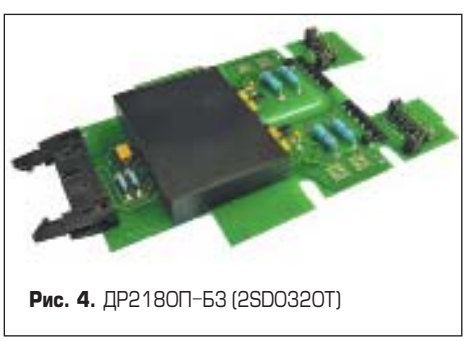

Рис. 4. ДР2180П-Б3 (2SD0320T)

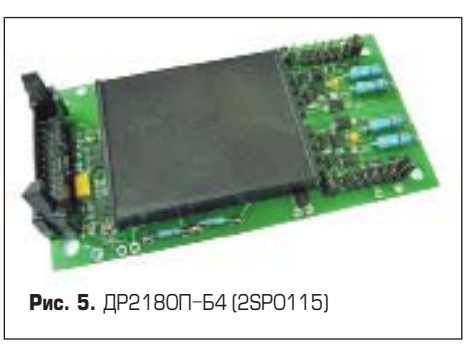

Рис. 5. ДР2180П-Б4 (2SP0115)

Рис. 6. ДР1280П-БВ (1SP0635, 1SD536F2, 1SD418F2)

эмиттер до 3300 В, а второй – до 1700 В и, разумеется, посадочные места немного разные.

Драйвер ДР2180П-Б3 — аналог 2SD0320T. Самый простой и наиболее приближенный к базовой схеме драйвер. В отличие от драйвера CT Concept доступен только вариант с логическим управлением.

Драйвер ДР2180П-Б4 — аналог 2SP0115. Основное отличие от базовой схемы — наличие защиты по температуре управляемого силового модуля. Защита настроена на температуру срабатывания +90…+100 °С (температура управляемого модуля), при этом данная функция может быть незадействована. В остальном отличий от базовой схемы не имеется.

Драйверы ДР2180П-Б5(В) — аналоги 2SB315A и 2SB315B соответственно. Отличаются от базовой схемы наличием возможности управления по ВОЛС через приемопередатчики типа HFBR. При этом реализуются и первый, и второй типы управления на одной и той же плате, так же как и у CT Concept. Основное отличие ДР2180П-БВ от 2SB315B — в одном общем оптическом передатчике статусного сигнала; у CT Concept их два (раздельные статусные выводы для каждого канала). Помимо этого, драйверы ДР2180П-Б5(В), в отличие от аналогичных CT Concept, позволяют управлять силовыми транзисторами с напряжением коллектор-эмиттер до 3300 В (у прототипов — до 1700 В), что, по большому счету, для данного типа модулей не очень-то нужно, однако двухканальный высоковольтный драйвер с управлением по ВОЛС тоже вещь полезная и востребованная.

Драйвер ДР1280П-БВ — аналог 1SP0635, 1SD536F2, 1SD418F2. Единственный, кто выделяется из общего ряда. В его основу был заложен не МД280, а специализированный высоковольтный модуль, применяемый ранее в мощных драйверах с приемкой ВП, что позволило без особых вмешательств в изначальную схему получить достаточно высокую выходную мощность (импульсный ток не менее 28 А, средняя мощность не менее 6 Вт) и высокое напряжение изоляции (до 15 000 В по постоянному току). Также, в отличие от остальных, ДР1280П-БВ является аналогом сразу нескольких драйверов от CT Concept, причем сюда входят драйверы и первого, и второго поколения. Объясняется такое обилие аналогов тем, что все указанные драйверы предназначены для управления одними и теми же транзисторами в одном и том же конструктиве; они лишь несущественно отличаются по параметрам (что можно скомпенсировать вышеописанными настроечными элементами) и нюансами в габаритных размерах. У CT Concept такое количество, в сущности, одинаковых драйверов объясняется всего лишь сменой поколений и корректировкой уже имеющегося на тот момент драйвера под более серьезные требования какого-нибудь появившегося на рынке силового модуля.

Заключение

Конечно, указанные модели не охватывают всего перечня продукции CT Concept, и вполне могут найтись такие применения, где драйверы-аналоги «Электрум АВ» не подойдут. Но, тем не менее, на девять десятых требования отечественного рынка по замене иностранных драйверов отечественные удовлетворить могут. Ведь что страшного в этой замене и что такого особенного в драйверах CT Concept? Обычные драйверы, с не самыми выдающимися характеристиками (за исключением, разве что, 2SC2060P; этот драйвер, конечно, впечатляет), с далеко не самой идеальной работой: «плавающее» срабатывание защиты по ненасыщению, отсутствие плавного выключения в режиме аварии, неустойчивость даже к кратковременным перегрузкам, очень большой ток потребления на холостом ходу при высокой частоте управляющего сигнала и т. д. Драйверы CT Concept разрабатывались не ради достижения идеала и получения невероятных характеристик, а ради прибыли. И вся их «удивительность» сводится, в сущности, к их же обилию. И в настройке драйвера под требования plug-n-play тоже нет ничего уникального: вся эта «сложность» и длительная корректировка по результатам испытаний в конечном итоге сводится всего к нескольким параметрам и нескольким цифрам, воспроизвести которые, в общем-то, не составляет такой уж большой проблемы. В конце концов, у них там, «за бугром», точно такая же силовая электроника, как и у нас, те же самые проблемы и, в общем-то, те же самые решения. И разрабатывают все эти драйверы точно такие же люди, как и мы. Но тогда, спрашивается, чем мы с вами хуже?