

ЭЛЕКТРУМ АВ

Паспорт Драйверы транзисторов

Модули драйверов

По вопросам продаж и поддержки обращайтесь:

Архангельск (8182)63-90-72
Астана +7(7172)727-132
Белгород (4722)40-23-64
Брянск (4832)59-03-52
Владивосток (423)249-28-31
Волгоград (844)278-03-48
Вологда (8172)26-41-59
Воронеж (473)204-51-73
Екатеринбург (343)384-55-89
Иваново (4932)77-34-06
Ижевск (3412)26-03-58
Казань (843)206-01-48

Калининград (4012)72-03-81
Калуга (4842)92-23-67
Кемерово (3842)65-04-62
Киров (8332)68-02-04
Краснодар (861)203-40-90
Красноярск (391)204-63-61
Курск (4712)77-13-04
Липецк (4742)52-20-81
Магнитогорск (3519)55-03-13
Москва (495)268-04-70
Мурманск (8152)59-64-93
Набережные Челны (8552)20-53-41

Нижний Новгород (831)429-08-12
Новокузнецк (3843)20-46-81
Новосибирск (383)227-86-73
Орел (4862)44-53-42
Оренбург (3532)37-68-04
Пенза (8412)22-31-16
Пермь (342)205-81-47
Ростов-на-Дону (863)308-18-15
Рязань (4912)46-61-64
Самара (846)206-03-16
Санкт-Петербург (812)309-46-40
Саратов (845)249-38-78

Смоленск (4812)29-41-54
Сочи (862)225-72-31
Ставрополь (8652)20-65-13
Тверь (4822)63-31-35
Томск (3822)98-41-53
Тула (4872)74-02-29
Тюмень (3452)66-21-18
Ульяновск (8422)24-23-59
Уфа (347)229-48-12
Челябинск (351)202-03-61
Череповец (8202)49-02-64
Ярославль (4852)69-52-93

www.electrum.nt-rt.ru || emt@nt-rt.ru

ДРАЙВЕР IGBT И MOSFET ТРАНЗИСТОРОВ

2МД180П–Б, 2МД180П–Б1

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Двухканальный драйвер мощных транзисторов с независимым управлением (далее – драйвер) предназначен для гальванически развязанного управления двумя мощными транзисторами с полевым управлением (MOSFET или IGBT) с предельно допустимым напряжением до 1700 В. Драйвер является усилителем – формирователем сигналов управления затворами транзисторов с частотой до 50 кГц. Драйвер содержит встроенный гальванически развязанный DC/DC-преобразователь, обеспечивающий необходимые уровни отпирающих и запирающих напряжений на затворе транзистора.

2 СОСТАВ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДРАЙВЕРА

2.1 Драйвер выполнен в герметичном пластмассовом корпусе с заливкой компаундом.

2.2 В состав драйвера входят следующие функциональные узлы:

- 1 Стабилизатор напряжения питания драйвера с защитой от неправильной полярности включения;
- 2 Встроенный DC-DC преобразователь со стабилизацией уровня отпирающего и запирающего напряжения на затворах управляемых транзисторов;
- 3 Входная логика;
- 4 Схема управления затворами управляемых транзисторов;
- 5 Схема защиты от пониженного и повышенного напряжения на затворе управляемых транзисторов;
- 6 Схема защиты управляемых транзисторов от перегрузки по току.

2.2 Драйвер обеспечивает следующие функции управления, контроля и защиты управляемого транзистора:

- 1 Контроль напряжения насыщения на коллекторе управляемого транзистора, его защитное отключение при выходе из состояния насыщения;
- 2 Регулировку порога защитного отключения по напряжению насыщения;
- 3 Обеспечение плавного перехода драйвера из активного состояния в неактивное при «аварийной» ситуации (выход управляемого транзистора из режима насыщения);
- 4 Блокировку управления при «аварии»;
- 5 Сигнализацию о наличии аварии;
- 6 Регулировку времени включения - выключения управляемого транзистора путем изменения сопротивления резисторов в выходной цепи (R_{on} , R_{off});
- 7 Контроль напряжений питания драйвера (встроенные компараторы) на выходе DC-DC преобразователя.

3 ГАБАРИТНЫЙ ЧЕРТЕЖ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА

3.1 Габаритный чертёж приведен на рисунке 1, функциональная схема и схема включения драйвера изображены на рисунке 2.

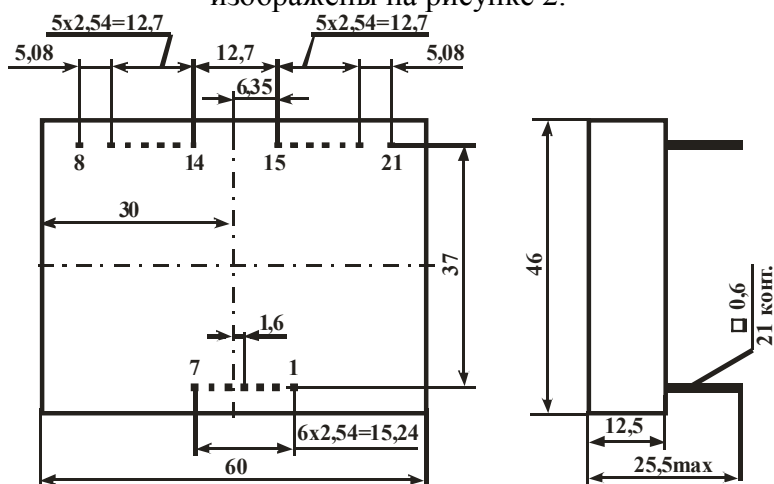


Рисунок 1 – Габаритный чертёж драйвера

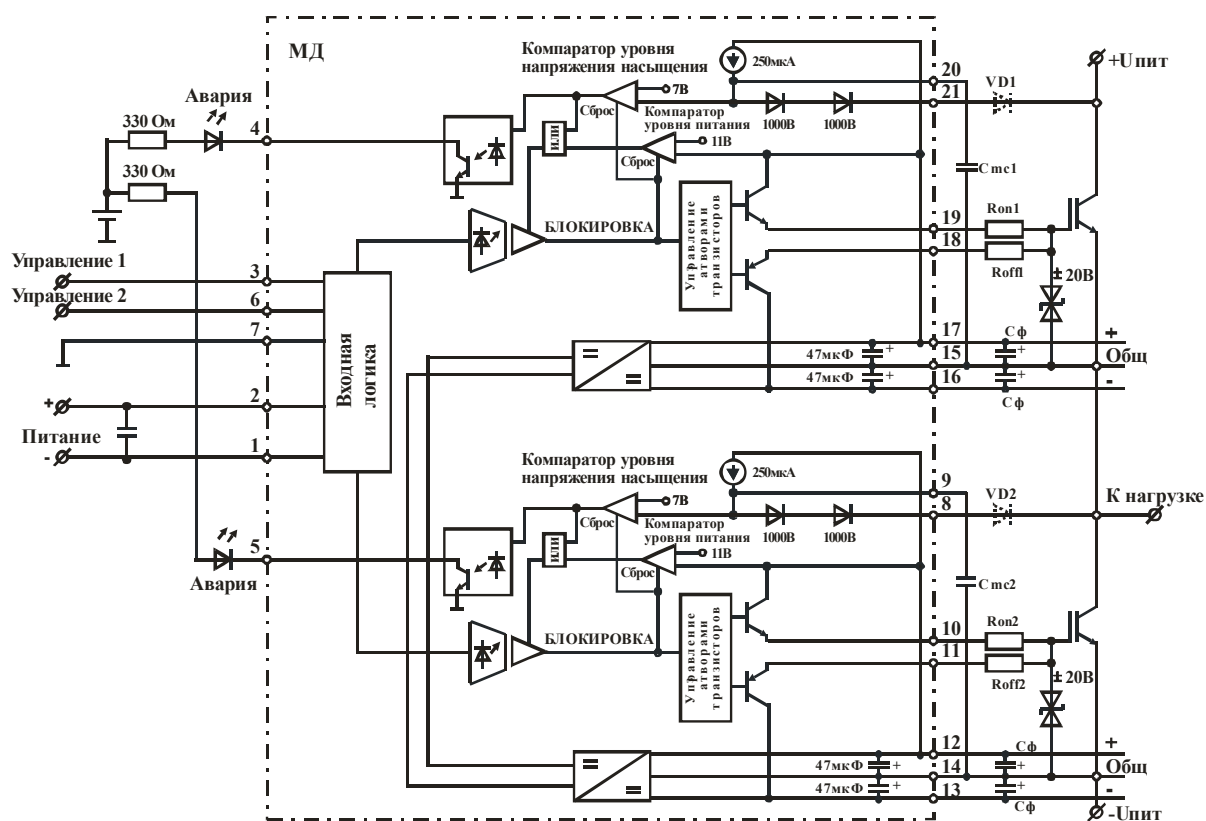


Рисунок 2– Функциональная схема и схема включения драйвера

3.2 Назначение выводов приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Назначение выводов драйвера

Выводы	Назначение выводов	Обозначение выводов
1	Общий питания драйвера	Power GND
2	Питание +15 В	Vs
3	Управляющий вход канала 1	IN1
4	Выход сигнала ошибки канала 1	ERROR1
5	Выход сигнала ошибки канала 2	ERROR2
6	Управляющий вход канала 2	IN2
7	Общий сигнальный вывод для подачи управляющих сигналов	Signal GND

Продолжение таблицы 1

Выводы	Назначение выводов	Обозначение выводов
8	Измерительный коллектор - цепь контроля напряжения насыщения на управляемом транзисторе канала 2	MC2
9	Вывод настройки задержки включения защиты по напряжению насыщения управляемого транзистора канала 2	MCR2
10	Включающий выход драйвера канала 2	OUTon2
11	Выключающий выход драйвера канала 2	OUToff2
12	Выход положительного напряжения питания DC/DC-преобразователя канала 2	Uon2
13	Выход отрицательного напряжения питания DC/DC-преобразователя канала 2	Uoff2
14	Общий вывод выходных сигналов канала 2	OUT GND2
15	Общий вывод выходных сигналов канала 1	OUT GND1
16	Выход отрицательного напряжения питания DC/DC-преобразователя канала 1	Uoff1
17	Выход положительного напряжения питания DC/DC-преобразователя канала 1	Uon1
18	Выключающий выход драйвера канала 1	OUToff1
19	Включающий выход драйвера канала 1	OUTon1
20	Вывод настройки задержки включения защиты по напряжению насыщения управляемого транзистора канала 1	MCR1
21	Измерительный коллектор - цепь контроля напряжения насыщения на управляемом транзисторе канала 1	MC1

4 ОСНОВНЫЕ И ПРЕДЕЛЬНО-ДОПУСТИМЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Таблица 2 – Основные и предельно-допустимые параметры (при T = 25 °C)

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Значение			Примечания
			не менее	тип	не более	
Параметры блока DC/DC						
Номинальное напряжение питания	U _S	В	13,5	15	16,5	
Максимальный ток потребления	I _S	мА			200	f = 0 Гц, см. рисунки 4 и 5
Мощность встроенного источника питания выходной части модуля драйвера	P _{DC-DC}	Вт	4			на каждый канал
Параметры монитора напряжения						
Порог выключения	U _{UVLO+}	В		11		выход DC-DC
Порог включения	U _{UVLO-}	В		12		
Параметры входов управления						
Входное напряжение высокого уровня	U _{IH}	В	3	5	5,6	2МД180П-Б
			9	15	16,8	2МД180П-Б1
Входное напряжение низкого уровня	U _{IL}	В	-0,6	0	0,8	2МД180П-Б
			-0,6	0	2,4	2МД180П-Б1
Входное сопротивление	R _{IN}	кОм		2,0		2МД180П-Б
				5,9		2МД180П-Б1
Временные параметры						
Время задержки включения сигнала между входом и выходом	td on(in-out)	мкс			0,5	см. рисунок 11
Время задержки выключения сигнала между входом и выходом	td off (in-out)	мкс			0,5	см. рисунок 11
Максимальная рабочая частота	f _{max}	кГц			50	без нагрузки;

						см. раздел 6, рисунки 5 и 7
Время блокировки контроля падения напряжения на управляемом транзисторе в открытом состоянии	t_{BLOCK1}	мкс		6		настраивается потребителем; см. раздел 6, рисунки 3 и 10
Время блокировки управляемого транзистора после «аварии»	t_{BLOCK2}	мс		70		см. рисунок 3
Время плавного аварийного отключения управляемого транзистора	t_{off}	мкс		6		см. рисунок 3
Время задержки включения сигнала аварии	$t_{\text{d(on-err)}}$	мкс			2	
Выходные параметры						
Выходное напряжение высокого уровня	U_{OH}	В	+14	+16	+19	во всем диапазоне допустимых нагрузок
Выходное напряжение низкого уровня	U_{OL}	В	-7,5	-6	-4	во всем диапазоне допустимых нагрузок
Максимальный выходной импульсный ток	I_{Omax}	А	-8		+8	настраивается потребителем; см. раздел 6
Средний выходной ток	I_{O}	мА			160	на каждый канал
Время нарастания выходного сигнала	t_{r}	нс			150	без нагрузки, см. раздел 6 и рисунки 6, 11
Время спада выходного сигнала	t_{f}	нс			150	
Максимальный ток статусного вывода «Error»	$I_{\text{ERR max}}$	мА			20	
Максимальное напряжение на статусном выводе «Error»	$U_{\text{ERR max}}$	В			30	
Остаточное напряжение по выходу сигнала «Error»	$U_{\text{O ERR}}$	В	0	0,3	0,7	при $I_{\text{ERR}} = 20 \text{ мА}$
Пороговое напряжение на измерительном входе МС, вызывающее аварийное отключение	$U_{\text{МС}}^{\text{Th}}$	В		5,8		без дополнительных элементов
Параметры изоляции						
Максимально допускаемое обратное напряжение на выводе «МС»	$U_{\text{R(MC)}}$	В			2000	
Напряжение изоляции между входом и выходом по постоянному току	$U_{\text{ISO(IN-OUT)}}$	В			4000	DC, 1 мин
Напряжение изоляции между выходами первого и второго каналов по постоянному току	$U_{\text{ISO(OUT1-OUT2)}}$	В			4000	DC, 1 мин
Критическая скорость изменения напряжения на выходе	$(\text{d}U/\text{d}t)_{\text{cr}}$	кВ/мкс			20	
Параметры эксплуатации и хранения						
Рабочий диапазон температур	T_{A}	°C	-45		+85	
Температура хранения	T_{S}	°C	-60		+100	
Параметры управляемого транзистора						
Максимально допустимое напряжение управляемого транзистора	$U_{\text{CE}} (U_{\text{DS}})$	В			1700	

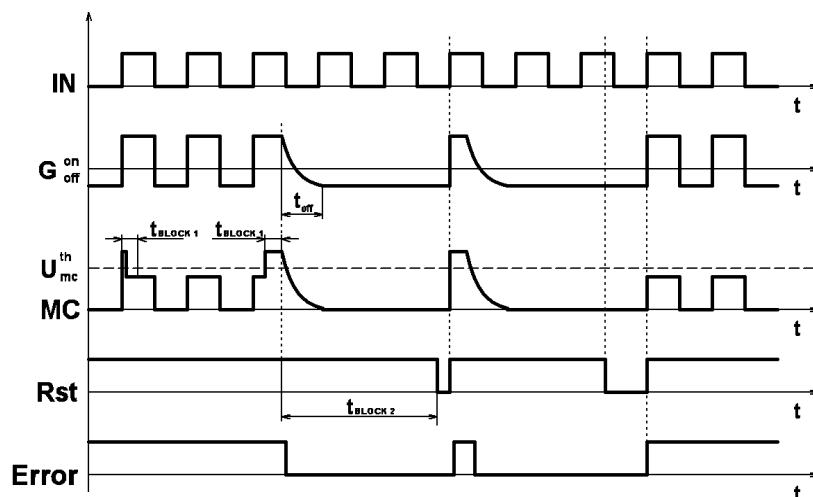
5 РАБОТА ДРАЙВЕРА

Подача «лог.1» на управляющий вход «IN1» или «IN2» приведет к открытию соответствующего управляемого транзистора. Увеличение падения напряжения в открытом состоянии более, чем на U_{mc}^{Th} за время, превышающее t_{BLOCK1} приведет к срабатыванию защиты по превышению падения напряжения в открытом состоянии (по перегрузке по току). При возникновении «аварии» откроется транзистор, включенный по схеме с открытым коллектором (вывод «Error»). Через 70 мс будет произведен сброс «аварии» внутренней схемой сброса «аварии» и по переднему фронту сигнала управления «IN» будет открыт управляемый транзистор. В случае если причина «аварии» не была устранена, цикл защиты повторится.

Снижение напряжения питания драйвера до уровня порога срабатывания защиты от пониженного напряжения питания драйвера U_{UVLO-} приведет к закрытию управляемого транзистора независимо от входных сигналов управления. По порогу срабатывания защиты от пониженного напряжения питания драйвера U_{UVLO+} сигналы управления восстановятся. При срабатывании защиты от пониженного напряжения питания сигнал ошибки на выходе «Error» не появляется.

При подаче на входы «IN1» и «IN2» одновременно «лог. 1» блокировки управления не произойдет, т.к. каналы драйвера работают независимо друг от друга.

Диаграмма, поясняющая работу драйвера в режиме аварии, приведена на рисунке 3. При этом работа любого канала в режиме аварии будет происходить независимо от другого канала; авария на одном из каналов не будет влиять на работу другого канала.



Rst – Периодический внутренний сигнал сброса «аварии»

Рисунок 3 – Функциональная диаграмма работы драйвера при «аварии»

6 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДКЛЮЧЕНИЮ ДРАЙВЕРА

IN1, IN2 – управляющие входы. Управление драйвером описано в разделе «Работа драйвера». При подаче управляющего напряжения следует учитывать, что на входах управления установлены обратные защитные диоды. Как следствие, в том случае если напряжение управления будет превышать напряжения питания более чем на 0,6, произойдет увеличения тока потребления по входам и при значительном превышении напряжения питания драйвер может выйти из строя.

Error1, Error2 – выводы, сигнализирующие о возникновении аварии по соответствующему каналу. Выводы представляет собой открытые коллектора транзисторов схем защиты. При этом транзистор будет открываться только при аварии, вызванной перегрузкой силового транзистора по току; при снижении напряжения питания драйвера до уровня «U_{uvlo-}» транзисторы будут закрыты независимо от входных сигналов управления (сигналы восстановятся при достижении уровня питания соответствующего «U_{uvlo+}»), однако сигнализации об ошибке в данной ситуации не последует.

Не рекомендуется подавать на выход «Error» напряжение и ток значениями выше предельно допустимых, в том числе и кратковременно.

V_s – вход питания драйвера. Следует учитывать, что при уменьшении напряжения питания драйвера уменьшается выходное напряжение DC/DC – преобразователя. Тем самым, если питание меньше

допустимого уровня, входная схема может работать исправно, однако на затворах управляемых транзисторов напряжение может упасть до уровня «U_{uvlo}» и управление транзистором будет некорректным.

Ток потребления по входу питания составляет не более 200 мА без нагрузки. При подключении транзисторов ток потребления увеличивается на величину тока перезарядки затвора и может достигать 750 мА (равная нагрузка для обоих каналов). При большем токе потребления DC/DC – преобразователь может выйти из строя, либо, при кратковременном превышении тока потребления в 750 мА, выходное напряжения DC/DC – преобразователя уменьшится до недопустимого уровня и сработает защита по недонапряжению, что приведёт к некорректному управлению транзистором. В случае, если нагрузка по каналам распределена неравномерно, то ток потребления одним каналом не должен превышать 300 мА (без учёта потребления схемой управления). Ток потребления зависит от частоты сигнала управления, от значений сопротивлений затворных резисторов и от входной ёмкости затвора (см. рисунки 4 и 5). Тем самым, при эксплуатации драйвера следует делать поправку на ток потребления в зависимости от транзисторов, на которые будет работать драйвер. Область безопасной работы драйвера в зависимости от ёмкости затвора и частоты представлена на рисунке 7.

MC1, MC2 – выводы подключения коллектора (стока) управляемого транзистора. Выводы предназначены для контроля падения напряжения (защита по насыщению) на транзисторе. При этом максимальное значение порога срабатывания защиты равно 5,8 В (если не установлены внешние элементы). Порог срабатывания защиты регулируется установкой внешних элементов (стабилитронов и диодов); из максимального напряжения (5,8 В) вычитается падение напряжения на стабилитронах и диодах при токе 250 мкА. К примеру, если установить последовательно (см. рекомендуемую схему подключения на рисунке 2) стабилитрон с номинальным напряжением стабилизации 3,3 В и два диода с падением напряжения 0,7 В на токе 250 мкА, то порог срабатывания защиты будет равен $5,8 - 3,3 - 2 \times 0,7 = 1,1$ В.

В случае если защита от перегрузки по току управляемого транзистора не требуется, то вывод MC следует закоротить на исток (эмиттер) соответствующего канала.

MCR1, MCR2 – выводы подключения времязадающей емкости задержки выключения соответствующего управляемого транзистора при перегрузке по току. Задержка на срабатывание защиты необходима для избегания ложных срабатываний по кратковременным индуктивным выбросам. При этом длительность данной задержки будет равна длительности «импульса перезапуска» в случае возникновения аварии. Для увеличения задержки срабатывания защиты, рекомендуется устанавливать конденсаторы с номиналами указанными на рисунке 10. В случае если увеличение задержки не требуется, следует оставить данный вывод не подключенным; не рекомендуется соединять его с «общим» выводом.

OUToff1, OUToff2, OUTon1, OUTon2 – выходы, предназначенные для подключения затворов управляемых транзисторов. Рекомендуемая схема подключения представлена на рисунке 2. Ограничитель напряжения следует устанавливать с номинальным напряжением пробоя не менее 16 В и не более максимально-допустимого напряжения затвора управляемого транзистора. Рекомендуется ограничитель с номинальным пробивным напряжением 18 В. Допускается установка стабилитронов с соответствующим номинальным напряжением стабилизации. Если управляемый транзистор установлен на удалённом расстоянии от драйвера, то ограничитель рекомендуется ставить непосредственно на транзистор.

Затворные резисторы (Ron1, Ron2, Roff1, Roff2) необходимы для уменьшения максимального импульсного тока. Не рекомендуется устанавливать резисторы с номиналами менее 1 Ом. Допускается установка резисторов разных номиналов, к примеру, для увеличения длительности выключения управляемого транзистора с целью уменьшения амплитуды напряжения индуктивных выбросов.

7 ГРАФИКИ, ПОЯСНЯЮЩИЕ РАБОТУ ДРАЙВЕРА

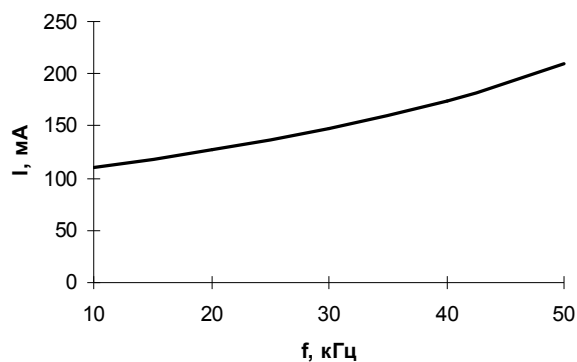


Рисунок 4 – График зависимости тока потребления драйвера от частоты сигнала управления без нагрузки

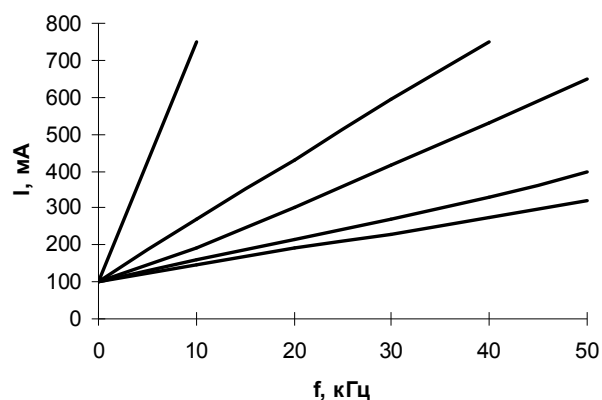


Рисунок 5 – График зависимости тока потребления от частоты сигнала под нагрузкой (с затворным резистором 5 Ом)

для ёмкостей затвора 10 нФ, 25 нФ, 50 нФ, 100 нФ и 250 нФ

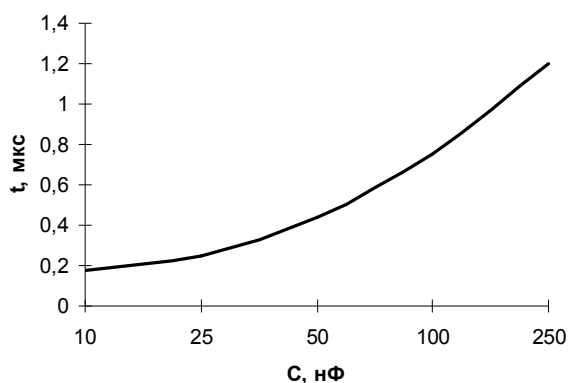


Рисунок 6 – График зависимости длительности фронтов от ёмкости затвора (с затворным резистором 5 Ом)

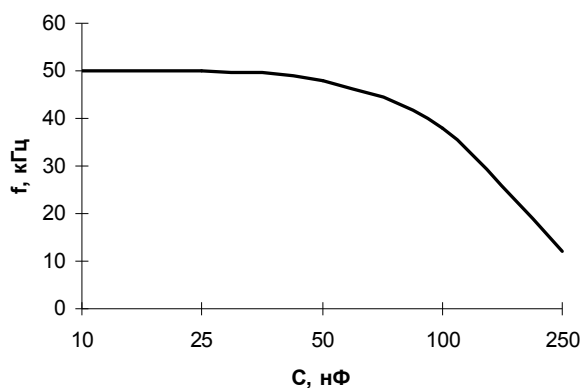


Рисунок 7 – График области безопасной работы драйвера (с затворным резистором 5 Ом)

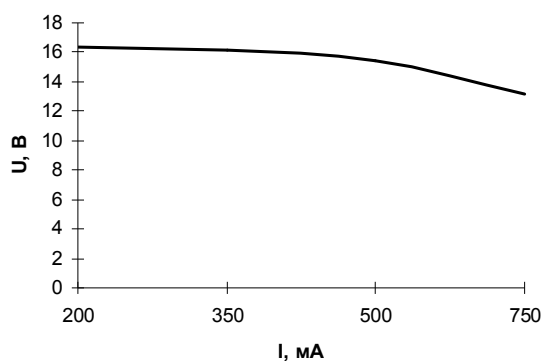


Рисунок 8 – График зависимости напряжения на затворе транзистора от тока потребления

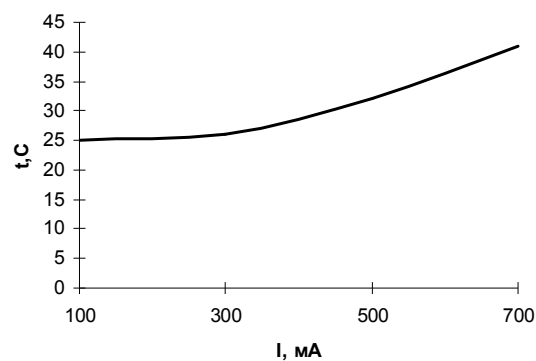


Рисунок 9 – График зависимости температуры корпуса драйвера от тока потребления

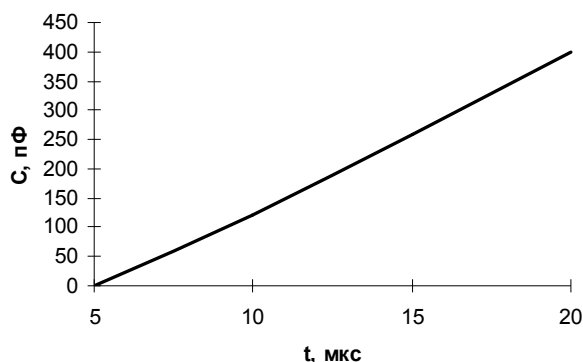


Рисунок 10 – График зависимости длительности задержки включения защиты по насыщению от подстроечной ёмкости

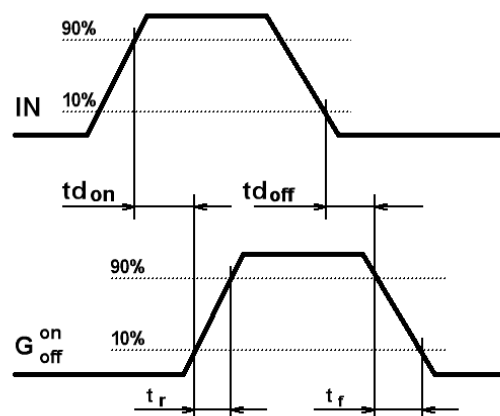


Рисунок 11 – Диаграмма, поясняющая временные параметры драйвера
где IN – входной сигнал управления; G – сигнал на затворе управляемого транзистора

8 СВЕДЕНИЯ О СОДЕРЖАНИИ ДРАГМЕТАЛЛОВ

Драгметаллов не содержится

9 РЕКОМЕНДАЦИИ К ЭКСПЛУАТАЦИИ

9.1 Требования к устойчивости при механических воздействиях

Механические воздействия для драйверов - по ГОСТ 20859.1, в соответствии с требованиями, предъявляемыми к управляемым ими силовым транзисторам, приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Требования по устойчивости драйверов к механическим воздействующим факторам

Внешний воздействующий фактор	Значение внешнего воздействующего фактора
Синусоидальная вибрация:	
- диапазон частот, Гц;	0,5 - 100
- амплитуда ускорения, м/с^2 (g)	150 (15)
Механический удар одиночного действия:	
- пиковое ударное ускорение, м/с^2 (g);	40 (4)
- длительность импульса ударного ускорения, мс	50

Группа устойчивости драйверов к механическим воздействиям - M27 по ГОСТ 17516.1.

В технически обоснованных случаях, по требованию конкретных заказчиков, драйверы могут изготавливаться и для других условий эксплуатации по ГОСТ 17516.1.

9.2 Требования к устойчивости при климатических воздействиях.

Климатические воздействия - по ГОСТ 20859.1, в соответствии с требованиями, предъявляемыми к управляемым ими силовым транзисторам.

Таблица 4 - Требования по устойчивости к климатическим воздействующим факторам

Климатический фактор	Значение климатического фактора
Пониженная температура среды:	
- рабочая, °С;	минус 45
- предельная, °С	минус 60
Повышенная температура окружающей среды:	
- рабочая, °С;	+85
- предельная, °С	+100
Относительная влажность при температуре 35 °С без конденсации влаги, %, не более	98
Изменение температуры среды, °С	от минус 60 до +100
Атмосферное пониженное давление, Па (мм рт.ст.)	86000 (650)
Атмосферное повышенное давление, Па (мм.рт.ст.)	106000 (800)

10 ГАРАНТИИ ИЗГОТОВИТЕЛЯ

Вероятность безотказной работы драйверов за 25000 часов должна быть не менее 0,95.

Гамма-процентный ресурс в условиях и режимах, установленных ТУ должен быть не менее 50000 часов при $\gamma = 90\%$.

Гамма-процентный срок службы драйверов, при условии суммарной наработки не более гамма процентного ресурса, не менее 10 лет, при $\gamma = 90\%$.

Гамма-процентный срок сохраняемости драйверов, при $\gamma = 90\%$ и хранении в условиях, допускаемых ТУ – 10 лет.

11 СВЕДЕНИЯ О ПРИЕМКЕ

Драйвер _____ соответствует АЛЕИ 468332.031 ТУ

Место для штампа ОТК

12 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УТИЛИЗАЦИИ

Утилизация изделия (переплавка, захоронение, перепродажа) производится в порядке, установленном Законами РФ: от 04 мая 1999г. № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха», от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления», а также другими общероссийскими и региональными нормами, правилами, распоряжениями и пр., принятыми во исполнение указанных законов.

ДРАЙВЕР IGBT И MOSFET ТРАНЗИСТОРОВ

МД2180П-Б, МД2180П-Б1

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Двухканальный драйвер МД2180П-Б(Б1) мощных транзисторов с зависимым управлением (далее – драйвер) предназначен для гальванически развязанного управления двумя мощными транзисторами с полевым управлением (MOSFET или IGBT) с предельно допустимым напряжением до 1700 В. Драйвер является усилителем – формирователем сигналов управления затворами транзисторов с частотой до 50 кГц. Драйвер содержит встроенный гальванически развязанный DC/DC-преобразователь, обеспечивающий необходимые уровни отпирающих и запирающих напряжений на затворе транзистора.

2 СОСТАВ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДРАЙВЕРА

2.1 Драйвер выполнен в герметичном пластмассовом корпусе с заливкой компаундом.

2.2 В состав драйвера входят следующие функциональные узлы:

- 1 Стабилизатор напряжения питания драйвера с защитой от неправильной полярности включения;
- 2 Встроенный DC-DC преобразователь со стабилизацией уровня отпирающего и запирающего напряжения на затворах управляемых транзисторов;
- 3 Входная логика;
- 4 Схема управления затворами управляемых транзисторов;
- 5 Схема защиты от пониженного и повышенного напряжения на затворе управляемых транзисторов;
- 6 Схема защиты управляемых транзисторов от перегрузки по току.

2.2 Драйвер обеспечивает следующие функции управления, контроля и защиты управляемого транзистора:

- 1 Контроль напряжения насыщения на коллекторе управляемого транзистора, его защитное отключение при выходе из состояния насыщения;
- 2 Регулировку порога защитного отключения по напряжению насыщения;
- 3 Обеспечение плавного перехода драйвера из активного состояния в неактивное при «аварийной» ситуации (выход управляемого транзистора из режима насыщения);
- 4 Блокировку управления при «аварии»;
- 5 Сигнализацию о наличии аварии;
- 6 Регулировку времени включения - выключения управляемого транзистора путем изменения сопротивления резисторов в выходной цепи (R_{on} , R_{off});
- 7 Блокировку одновременного включения верхнего и нижнего плеча;
- 8 Задержку на переключение верхнего и нижнего плеча;
- 9 Регулировку задержки на переключение верхнего и нижнего плеча;
- 10 Контроль напряжений питания драйвера (встроенные компараторы) на выходе DC-DC преобразователя.

3 ГАБАРИТНЫЙ ЧЕРТЕЖ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА

3.1 Габаритный чертёж приведен на рисунке 1, функциональная схема и схема включения драйвера изображены на рисунке 2.

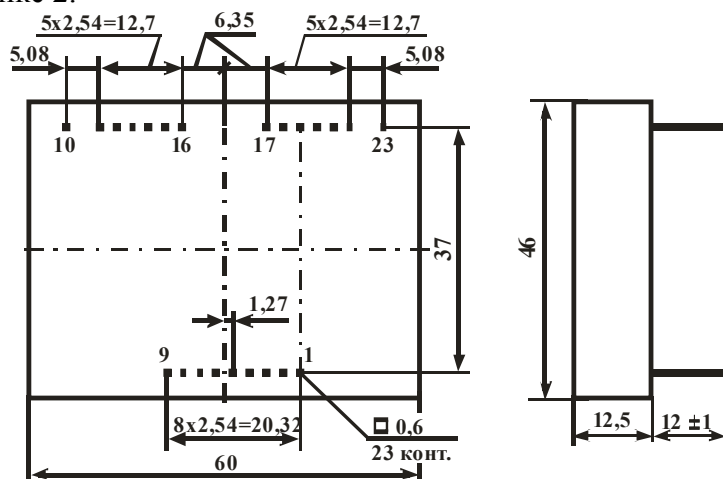


Рисунок 1 – Габаритный чертеж драйвера

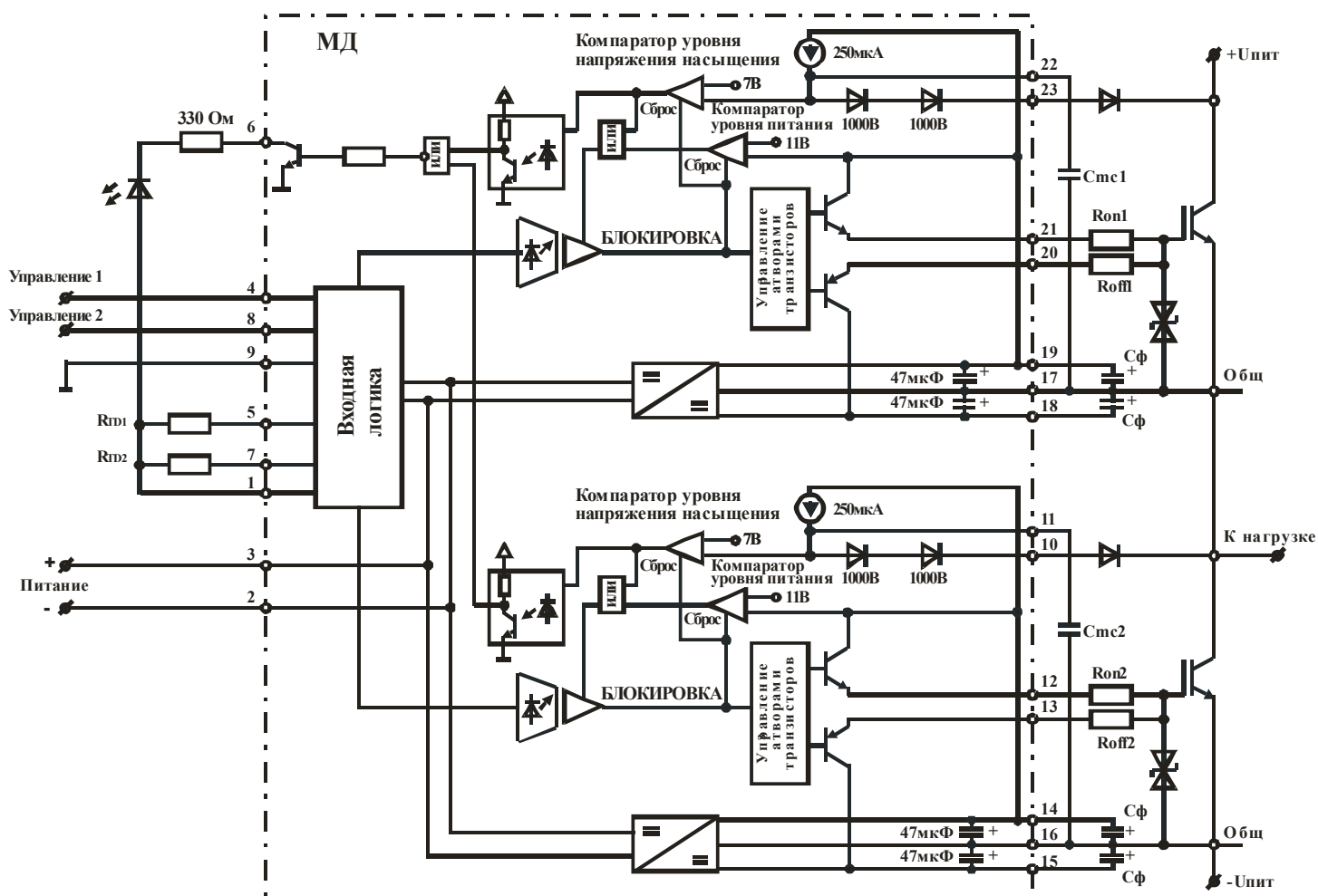


Рисунок 2– Функциональная схема и схема включения драйвера

3.2 Назначение выводов приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Назначение выводов драйвера

Выводы	Назначение выводов	Обозначение выводов
1	Выход внутреннего стабилизатора питания +5 В	Vc
2	Общий питания	POWER GND
3	Вход питания +15 В	Vs
4	Управляющий вход канала 1	IN1
5	Вывод подстройки длительности задержки включения канала 1	R _{TD1}
6	Вывод сигнала ошибки	ERROR
7	Вывод подстройки длительности задержки включения канала 2	R _{TD2}
8	Управляющий вход канала 2	IN2
9	Общий сигнальный вывод для подачи управляющих сигналов	Signal GND
10	Измерительный коллектор - цепь контроля напряжения насыщения на управляемом транзисторе канала 2	MC2
11	Вывод настройки задержки включения защиты по напряжению насыщения управляемого транзистора канала 2	MCR2
12	Включающий выход драйвера канала 2	OUTon2
13	Выключающий выход драйвера канала 2	OUToff2
14	Выход питания +18 В канала 2	Uon2
15	Выход питания -7 В канала 2	Uoff2
16	Общий вывод канала 2	OUTGND 2
17	Общий вывод канала 1	OUTGND 1
18	Выход питания -7 В канала 1	Uoff1
19	Выход питания +18 В канала 1	Uon1
20	Выключающий выход драйвера канала 1	OUToff1
21	Включающий выход драйвера канала 1	OUTon1
22	Вывод настройки задержки включения защиты по напряжению насыщения управляемого транзистора канала 1	MCR1
23	Измерительный коллектор - цепь контроля напряжения насыщения на управляемом транзисторе канала 1	MC1

4 ОСНОВНЫЕ И ПРЕДЕЛЬНО-ДОПУСТИМЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Таблица 2 – Основные и предельно-допустимые параметры (при T = 25 °C)

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Значение			Примечания
			не менее	тип	не более	
Параметры блока DC/DC						
Номинальное напряжение питания	U _S	В	13,5	15	16,5	
Максимальный ток потребления	I _S	мА		80	120	f = 0 Гц
Максимальный ток потребления	I _{S max}	мА			550	см. рис. 5 и 6
Мощность встроенного источника питания выходной части модуля драйвера	P _{DC-DC}	Вт	3			на каждый канал
Параметры монитора напряжения						
Порог выключения	U _{UVLO+}	В		11		выход DC-DC
Порог включения	U _{UVLO-}	В		12		
Параметры входов управления						
Входное напряжение высокого уровня МД2180П-Б	U _{IH}	В	3	5	5,6	
МД2180П-Б1			9	15	16,8	
Входное напряжение низкого уровня	U _{IL}	В	-0,6	0	0,8	
Входное сопротивление	R _{IN}	кОм		2,0		

Продолжение таблицы 2

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Значение			Примечания
			не менее	тип	не более	
Временные параметры						
Время задержки включения сигнала между входом и выходом	td on(in-out)	мкс			0,5	см. рис. 11
Время задержки выключения сигнала между входом и выходом	td off (in-out)	мкс			0,5	см. рис. 11
«Мертвое» время между изменениями сигнала на выходах первого и второго каналов	tTD	мкс	2			см. рис. 10
Максимальная рабочая частота	fmax	кГц			100	без нагрузки; см. рис. 5, 6
Время блокировки контроля падения напряжения на управляемом транзисторе в открытом состоянии	tBLOCK1	мкс	2			настраивается потребителем; см. рисунок 9
Время блокировки управляемого транзистора после «аварии»	tBLOCK2	мс		70		
Время плавного аварийного отключения управляемого транзистора	toff	мкс		1,5		
Время задержки включения сигнала аварии	td(on-err)	мкс			2	
Выходные параметры						
Выходное напряжение высокого уровня	UOH	В	+12	+15	+18	во всем диапазоне допустимых нагрузок
Выходное напряжение низкого уровня	UOL	В	-8	-10	-12	во всём диапазоне допустимых нагрузок
Максимальный выходной импульсный ток включения	IOmax on	А	+18	20		настраивается потребителем; см. рис. 8
Максимальный выходной импульсный ток выключения	IOmax off	А		-22	-18	
Средний выходной ток	IO	мА			130	на каждый канал
Время нарастания выходного сигнала	tr	нс			150	без нагрузки, см. раздел 6 и рис.11
Время спада выходного сигнала	tf	нс			150	
Максимальный ток статусного вывода «Error»	IERR max	мА			20	
Максимальное напряжение на статусном выводе «Error»	UERR max	В			30	
Остаточное напряжение по выходу сигнала «Error»	UO ERR	В		0,3	0,7	при IERR = 20 мА
Пороговое напряжение на измерительном входе МС, вызывающее аварийное отключение	Th UMC	В			6	без дополнительных элементов

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Значение			Примечания
			не ме-нее	тип	не бо-лее	
Параметры изоляции						
Максимально допускаемое обратное напряжение на выводе «МС»	U _{R(MC)}	В			2000	
Напряжение изоляции между входом и выходом по постоянно-му току	U _{ISO(IN-OUT)}	В			4000	DC, 1 мин
Напряжение изоляции между вы-ходами первого и второго каналов по постоянному току	U _{ISO(OUT1-OUT2)}	В			4000	DC, 1 мин
Критическая скорость изменения напряжения на выходе	(dU/dt) _{cr}	кВ/мкс			20	
Параметры эксплуатации и хранения						
Рабочий диапазон температур	T _A	°C	-45		+85	
Температура хранения	T _S	°C	-60		+100	
Параметры управляемого транзистора						
Максимально допустимое напря-жение управляемого транзистора	U _{CE} (U _{DS})	В			1700	

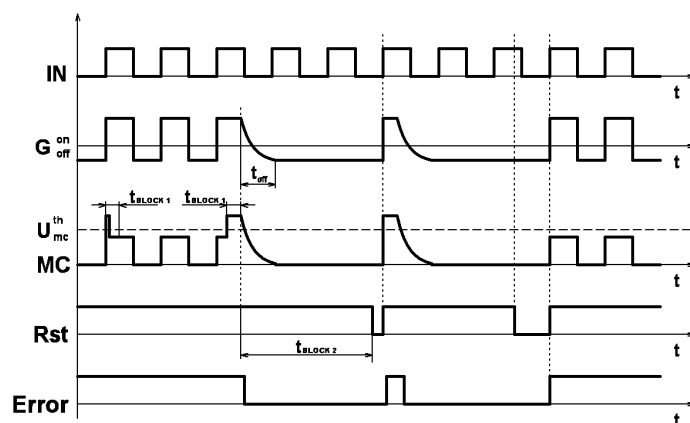
5 РАБОТА ДРАЙВЕРА

Подача «лог.1» на управляющий вход «IN1» или «IN2» приведет к открытию соответствующего управляемого транзистора. Увеличение падения напряжения в открытом состоянии более, чем на U_{MC}^{Th} за время, превышающее t_{BLOCK1} приведет к срабатыванию защиты по превышению падения напряжения в открытом состоянии (по перегрузке по току). При возникновении «аварии» откроется транзистор, включенный по схеме с открытым коллектором (вывод «Error»). Через 70мс будет произведен сброс «аварии» внутренней схемой сброса «аварии» и по переднему фронту сигнала управления «IN» будет открыт управляемый транзистор. В случае если причина «аварии» не была устранена, цикл защиты повторится.

Снижение напряжения питания драйвера до уровня порога срабатывания защиты от пониженного напряжения питания драйвера U_{VLO-} приведет к закрытию управляемого транзистора независимо от входных сигналов управления. По порогу срабатывания защиты от пониженного напряжения питания драйвера U_{VLO+} сигналы управления восстановятся. При срабатывании защиты от пониженного напряжения питания сигнал ошибки на выходе «Error» не появляется.

При подаче на входы «IN1» и «IN2» одновременно «лог. 1» произойдет блокировка управления и управляемые транзисторы будут закрыты, при этом сигнализации о наличии ошибки на выходе «Error» не появляется.

Диаграммы, поясняющие работу драйвера, приведены на рисунках 3 и 4.



Rst – Периодический внутренний сигнал сброса «аварии»

Рисунок 3 – Функциональная диаграмма работы драйвера при «аварии»

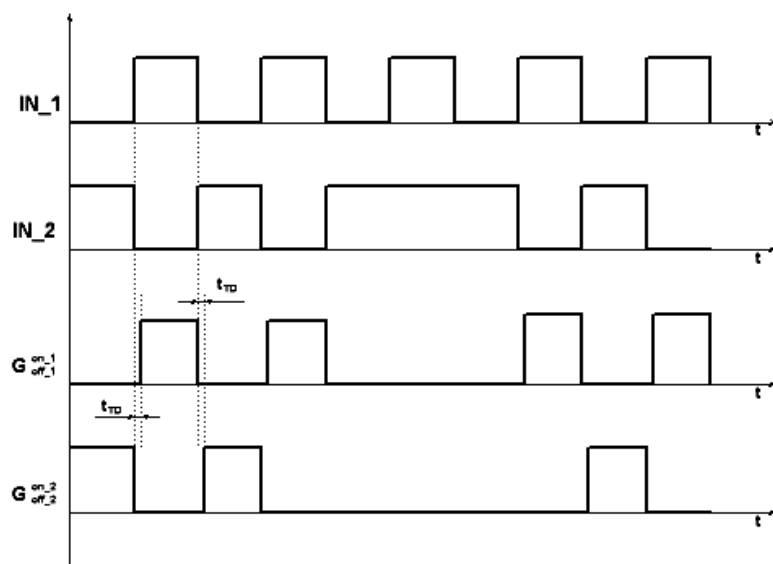


Рисунок 4 – Функциональная диаграмма работы драйвера

6 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДКЛЮЧЕНИЮ ДРАЙВЕРА

IN1, IN2 – управляющие входы. Управление драйвером описано в разделе «Работа драйвера». При подаче управляющего напряжения следует учитывать, что на входах управления установлены обратные защитные диоды. Как следствие, в том случае если напряжение управления будет превышать напряжения питания более чем на 0,6, произойдёт увеличения тока потребления по входам и при значительном превышении напряжения питания драйвер может выйти из строя.

Error – вывод, сигнализирующий о возникновении аварии. Вывод представляет собой открытый коллектор транзистора схемы защиты. При этом транзистор будет открываться только при аварии, вызванной перегрузкой силового транзистора по току; при снижении напряжения питания драйвера до уровня «Uuvlo-» транзисторы будут закрыты независимо от входных сигналов управления (сигналы восстановятся при достижении уровня питания соответствующего «Uuvlo+»), однако сигнализации об ошибке в данной ситуации не последует. Также не последует сигнализации в случае одновременной подачи на входы «IN1» и «IN2» сигналов соответствующих «лог.1», хотя выходные транзисторы будут закрыты.

Не рекомендуется подавать на выход «Error» напряжение и ток значениями выше предельно допустимых, в том числе и кратковременно.

R_{TD1}, R_{TD2} – выводы подключения времязадающих резисторов задержки первого и второго каналов. Фактически резисторами регулируется время задержки включения, тем самым при установке резисторов разных номиналов задержка на переключение по передним фронтам управляющих импульсов первого и второго каналов будет различной. В том случае, если увеличение времени задержки на переключение не требуется, вместо резисторов следует установить перемычки. Зависимость времени задержки от номинала резисторов приведена на рисунке 12.

V_c – выход внутреннего стабилизатора питания +5 В. Допускается подключение к данному выводу внешних схем. Стабилизатор имеет защиту от кратковременной перегрузки по току, однако в среднем ток потребления не должен превышать 50 мА, в противном случае драйвер может выйти из строя.

V_S – вход питания драйвера. Следует учитывать, что при уменьшении напряжения питания драйвера уменьшается выходное напряжение DC/DC – преобразователя. Тем самым, если питание меньше допустимого уровня, входная схема может работать исправно, однако на затворах управляемых транзисторов напряжение может упасть до уровня «Uuvlo-» и управление транзистором будет некорректным.

Ток потребления по входу питания составляет не более 120 мА без нагрузки. При подключении транзисторов ток потребления увеличивается на величину тока перезарядки затвора и может достигать 550 мА (равная нагрузка для обоих каналов). При большем токе потребления DC/DC – преобразователь может выйти из строя, либо, при кратковременном превышении тока потребления в 550 мА, выходное напряжения DC/DC – преобразователя уменьшится до недопустимого уровня и сработает защита по недонапряжению, что приведёт к некорректному управлению транзистором. В случае, если нагрузка по

каналам распределена неравномерно, то ток потребления одним каналом не должен превышать 300 мА (без учёта потребления схемой управления). Ток потребления зависит от частоты сигнала управления, от значений сопротивлений затворных резисторов и от входной ёмкости затвора (см. рисунки 5 и 6). Тем самым, при эксплуатации драйвера следует делать поправку на ток потребления в зависимости от транзисторов, на которые будет работать драйвер. Область безопасной работы драйвера в зависимости от ёмкости затвора и частоты представлена на рисунке 8.

MC1, MC2 – выводы подключения коллектора (стока) управляемого транзистора. Выводы предназначены для контроля падения напряжения (защита по насыщению) на транзисторе. При этом типичное значение порога срабатывания защиты равно 5,8 В (если не установлены внешние элементы). Порог срабатывания защиты регулируется установкой внешних элементов (стабилитронов и диодов); из максимального напряжения (5,8 В) вычитается падение напряжения на стабилитронах и диодах при токе 250 мкА. К примеру, если установить последовательно (см. рекомендуемую схему подключения на рисунке 2) стабилитрон с номинальным напряжением стабилизации 3,3 В и два диода с падением напряжения 0,7 В на токе 250 мкА, то порог срабатывания защиты будет равен $5,8 - 3,3 - 2 \times 0,7 = 1,1$ В.

В случае если защита от перегрузки по току управляемого транзистора не требуется, то вывод MC следует закоротить на исток (эмиттер) соответствующего канала.

MCR1, MCR2 – выводы подключения времязадающей емкости задержки выключения соответствующего управляемого транзистора при перегрузке по току. Задержка на срабатывание защиты необходима для избегания ложных срабатываний по кратковременным индуктивным выбросам. При этом длительность данной задержки будет равна длительности «импульса перезапуска» в случае возникновения аварии. Для увеличения задержки срабатывания защиты, рекомендуется устанавливать конденсаторы с номиналами указанными на рисунке 11. В случае если увеличение задержки не требуется, следует оставить данный вывод не подключенным; не рекомендуется соединять его с «общим» выводом.

OUToff1, OUToff2, OUTon1, OUTon2 – выходы, предназначенные для подключения затворов управляемых транзисторов. Рекомендуемая схема подключения представлена на рисунке 2. Ограничитель напряжения следует устанавливать с номинальным напряжением пробоя не менее 16 В и не более максимально-допустимого напряжения затвора управляемого транзистора. Рекомендуется ограничитель с номинальным пробивным напряжением 18 В. Допускается установка стабилитронов с соответствующим номинальным напряжением стабилизации. Если управляемый транзистор установлен на удалённом расстоянии от драйвера, то ограничитель рекомендуется ставить непосредственно на транзистор.

Затворные резисторы (Ron1, Ron2, Roff1, Roff2) необходимы для уменьшения максимального импульсного тока. Не рекомендуется устанавливать резисторы с номиналами менее 1 Ом. Допускается установка резисторов разных номиналов, к примеру, для увеличения длительности выключения управляемого транзистора с целью уменьшения амплитуды напряжения индуктивных выбросов.

7 ГРАФИКИ, ПОЯСНЯЮЩИЕ РАБОТУ ДРАЙВЕРА

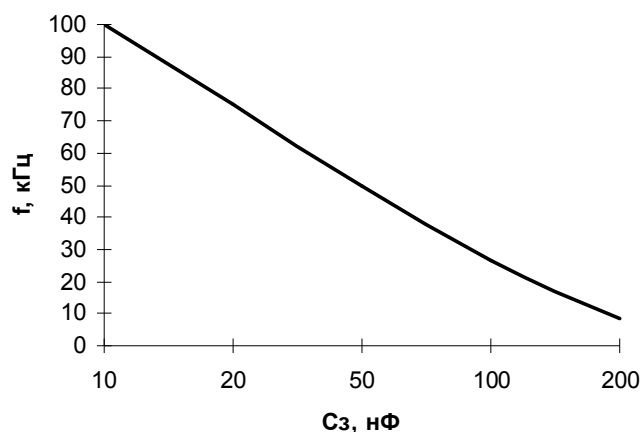


Рисунок 5 – График области безопасной работы драйвера в зависимости от частоты и ёмкости затвора (с затворным резистором 1 Ом)

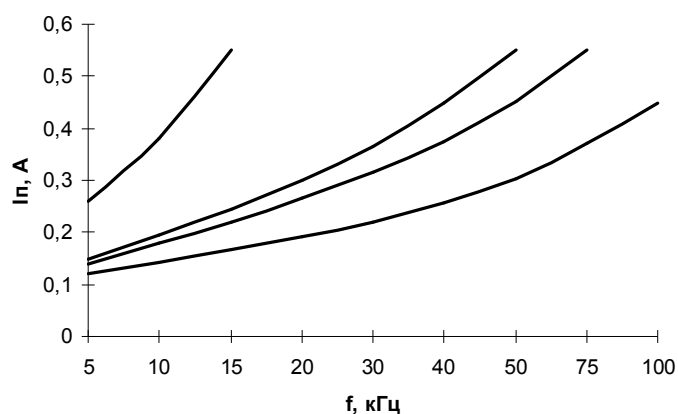


Рисунок 6 – График зависимости тока потребления от частоты сигнала под нагрузкой (с затворным резистором 1 Ом) для ёмкостей затвора 10 нФ, 25 нФ, 50 нФ, 100 нФ

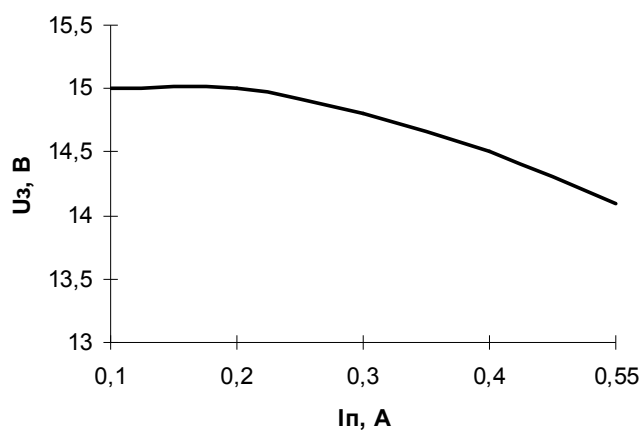


Рисунок 7 – График зависимости напряжения на затворе транзистора от тока потребления

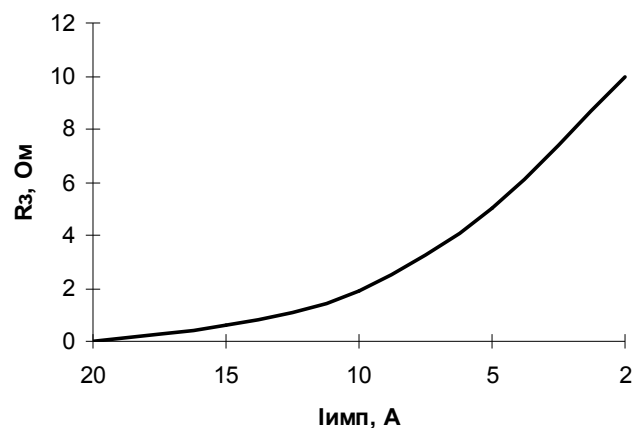


Рисунок 8 – График зависимости выходного импульсного тока от номинала затворных резисторов

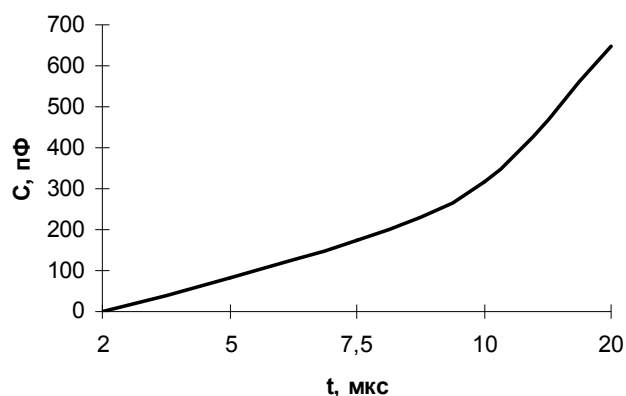


Рисунок 9 – График зависимости длительности задержки включения защиты по насыщению от номинала подстроечной ёмкости $C_{мс}$

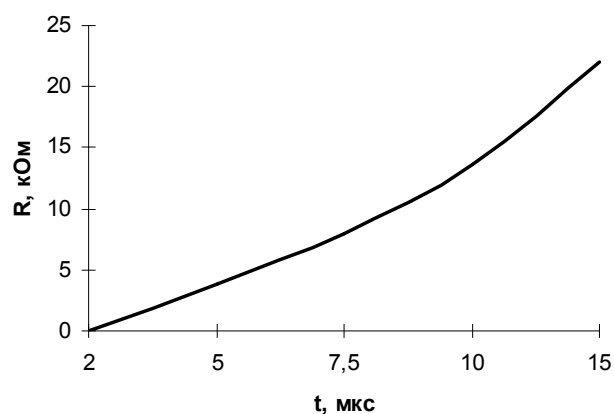


Рисунок 10 – График зависимости длительности «мёртвого» времени от номинала подстроечных резисторов R_{dt}

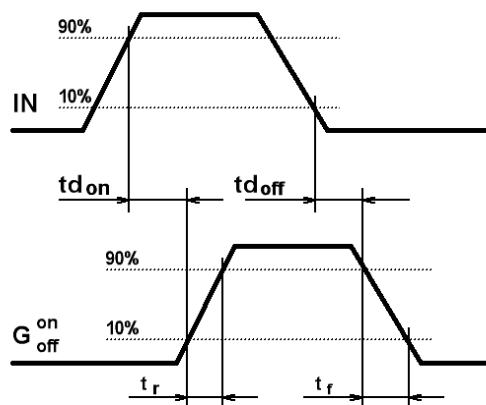


Рисунок 11 – Диаграмма, поясняющая временные параметры драйвера
где IN – входной сигнал управления; G – сигнал на затворе управляемого транзистора

8 СВЕДЕНИЯ О СОДЕРЖАНИИ ДРАГМЕТАЛЛОВ

Драгметаллов не содержится

9 РЕКОМЕНДАЦИИ К ЭКСПЛУАТАЦИИ

9.1 Требования к устойчивости при механических воздействиях

Механические воздействия для драйверов - по ГОСТ 20859.1, в соответствии с требованиями, предъявляемыми к управляемым ими силовым транзисторам, приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Требования по устойчивости драйверов к механическим воздействующим факторам

Внешний воздействующий фактор	Значение внешнего воздействующего фактора
Синусоидальная вибрация:	
- диапазон частот, Гц;	0,5 - 100
- амплитуда ускорения, м/с^2 (g)	150 (15)
Механический удар одиночного действия:	
- пиковое ударное ускорение, м/с^2 (g);	40 (4)
- длительность импульса ударного ускорения, мс	50

Группа устойчивости драйверов к механическим воздействиям - M27 по ГОСТ 17516.1.

В технически обоснованных случаях, по требованию конкретных заказчиков, драйверы могут изготавливаться и для других условий эксплуатации по ГОСТ 17516.1.

9.2 Требования к устойчивости при климатических воздействиях.

Климатические воздействия - по ГОСТ 20859.1, в соответствии с требованиями, предъявляемыми к управляемым ими силовым транзисторам.

Таблица 4 - Требования по устойчивости к климатическим воздействующим факторам

Климатический фактор	Значение климатического фактора
Пониженная температура среды: - рабочая, °C; - предельная, °C	минус 45 минус 60
Повышенная температура окружающей среды: - рабочая, °C; - предельная, °C	+85 +100
Относительная влажность при температуре 35 °C без конденсации влаги, %, не более	98
Изменение температуры среды, °C	от минус 60 до +100
Атмосферное пониженное давление, Па (мм рт.ст.)	86000 (650)
Атмосферное повышенное давление, Па (мм.рт.ст.)	106000 (800)

10 ТРЕБОВАНИЯ К НАДЕЖНОСТИ

Вероятность безотказной работы драйверов за 25000 часов должна быть не менее 0,95.

Гамма-процентный ресурс в условиях и режимах, установленных ТУ должен быть не менее 50000 часов при $\gamma = 90 \%$.

Гамма-процентный срок службы драйверов, при условии суммарной наработки не более гамма процентного ресурса, не менее 10 лет, при $\gamma = 90 \%$.

Гамма-процентный срок сохраняемости драйверов, при $\gamma = 90 \%$ и хранении в условиях, допускаемых ТУ – 10 лет.

11 СВЕДЕНИЯ О ПРИЕМКЕ

Драйвер _____ соответствует АЛЕИ 468332.031 ТУ

Место для штампа ОТК

12 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УТИЛИЗАЦИИ

Утилизация изделия (переплавка, захоронение, перепродажа) производится в порядке, установленном Законами РФ: от 04 мая 1999г. № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха», от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления», а также другими общероссийскими и региональными нормами, правилами, распоряжениями и пр., принятыми во исполнение указанных законов.

ДРАЙВЕР IGBT И MOSFET ТРАНЗИСТОРОВ МД2160П–Б

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Двухканальный драйвер мощных транзисторов с независимым управлением (далее – драйвер) предназначен для гальванически развязанного управления двумя мощными транзисторами с полевым управлением (MOSFET или IGBT) с предельно допустимым напряжением до 1700 В. Драйвер является усилителем – формирователем сигналов управления затворами транзисторов с частотой до 50 кГц. Драйвер содержит встроенный гальванически развязанный DC/DC-преобразователь, обеспечивающий необходимые уровни отпирающих и запирающих напряжений на затворе транзистора.

2 СОСТАВ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДРАЙВЕРА

2.1 Драйвер выполнен в герметичном пластмассовом корпусе с заливкой компаундом.

2.2 В состав драйвера входят следующие функциональные узлы:

- 1 Стабилизатор напряжения питания драйвера с защитой от неправильной полярности включения;
- 2 Встроенный DC-DC преобразователь со стабилизацией уровня отпирающего и запирающего напряжения на затворах управляемых транзисторов;
- 3 Входная логика;
- 4 Схема управления затворами управляемых транзисторов;
- 5 Схема защиты от пониженного и повышенного напряжения на затворе управляемых транзисторов;
- 6 Схема защиты управляемых транзисторов от перегрузки по току.

2.2 Драйвер обеспечивает следующие функции управления, контроля и защиты управляемого транзистора:

- 1 Контроль напряжения насыщения на коллекторе управляемого транзистора, его защитное отключение при выходе из состояния насыщения;
- 2 Регулировку порога защитного отключения по напряжению насыщения;
- 3 Обеспечение плавного перехода драйвера из активного состояния в неактивное при «аварийной» ситуации (выход управляемого транзистора из режима насыщения);
- 4 Сигнализацию о наличии аварии;
- 5 Внешнее управление сбросом в режиме аварии;
- 6 Регулировку времени включения - выключения управляемого транзистора путем изменения сопротивления резисторов в выходной цепи (R_{on} , R_{off});
- 7 Контроль напряжений питания драйвера (встроенные компараторы) на выходе DC-DC преобразователя.

3 ГАБАРИТНЫЙ ЧЕРТЕЖ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА

3.1 Габаритный чертёж приведен на рисунке 1, функциональная схема и схема включения драйвера изображены на рисунке 2.

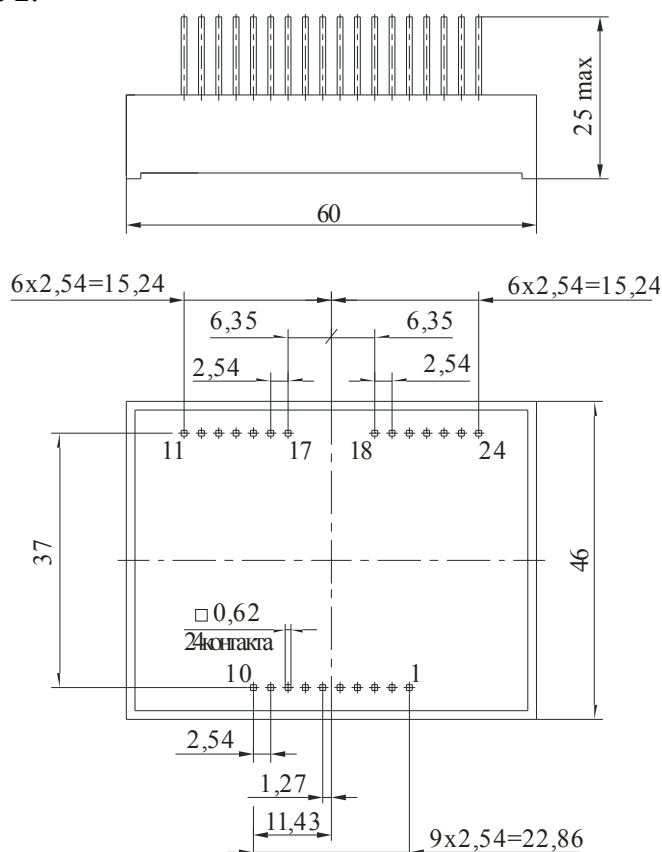


Рисунок 1 – Габаритный чертеж драйвера

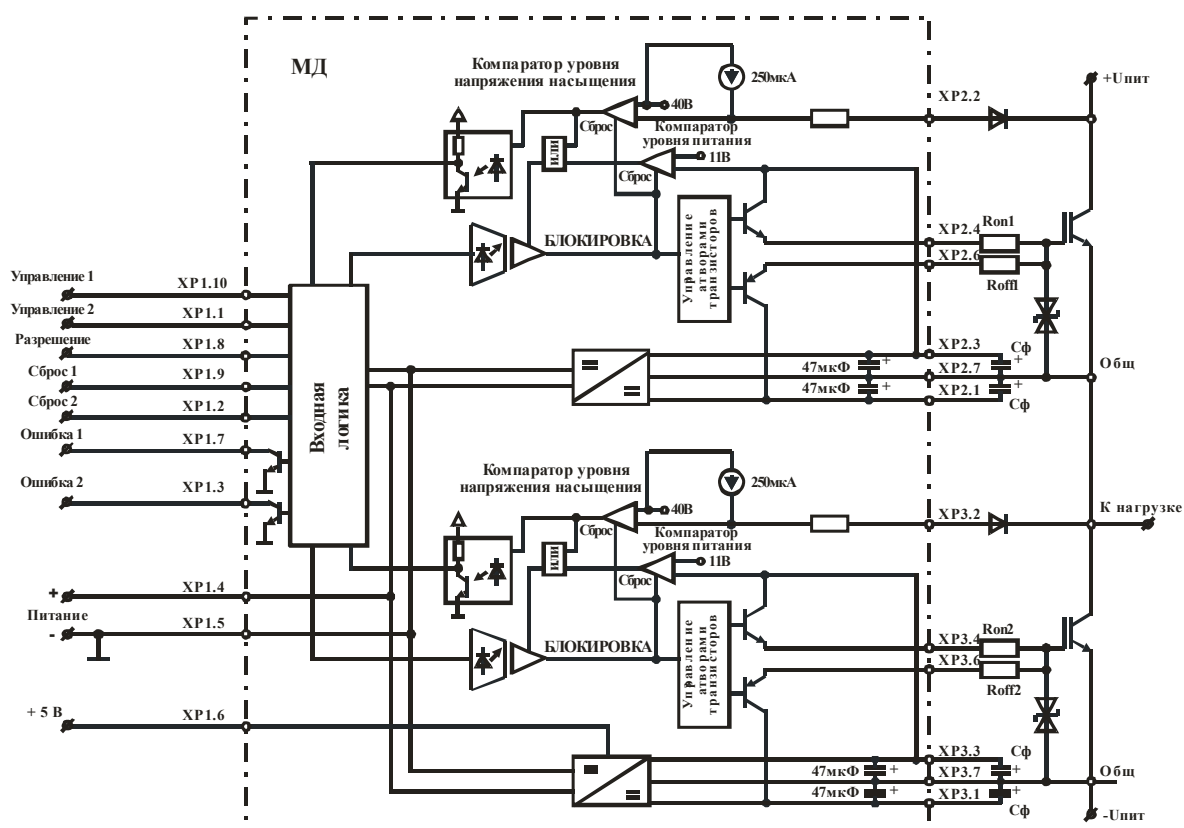


Рисунок 2– Функциональная схема и схема включения драйвера

3.2 Назначение выводов приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Назначение выводов драйвера

Выводы	Назначение выводов	Обозначение выводов
XP1.1	Управляющий вход канала 2	$\overline{\text{IN2}}$
XP1.2	Вход сброса канала 2	$\overline{\text{RESET2}}$
XP1.3	Вывод сигнала ошибки канала 2	$\overline{\text{ERROR2}}$
XP1.4	Вход питания +15 В	Vs
XP1.5	Общий питания и управления	GND
XP1.6	Выход внутреннего стабилизатора питания +5 В	Vc
XP1.7	Вывод сигнала ошибки канала 1	$\overline{\text{ERROR1}}$
XP1.8	Вход разрешения работы драйвера	ENABLE
XP1.9	Вход сброса канала 1	$\overline{\text{RESET1}}$
XP1.10	Управляющий вход канала 1	$\overline{\text{IN1}}$
XP2.1	Выход питания -7 В канала 1	Uoff1
XP2.2	Измерительный коллектор - цепь контроля напряжения насыщения на управляемом транзисторе канала 1	MC1
XP2.3	Выход питания +18 В канала 1	Uon1
XP2.4	Включающий выход драйвера канала 1	OUTon1
XP2.5	Не задействован	
XP2.6	Выключающий выход драйвера канала 1	OUToff1
XP2.7	Общий вывод канала 1	OUTGND 1
XP3.1	Выход питания -7 В канала 2	Uoff2
XP3.2	Измерительный коллектор - цепь контроля напряжения насыщения на управляемом транзисторе канала 2	MC2
XP3.3	Выход питания +18 В канала 2	Uon2
XP3.4	Включающий выход драйвера канала 2	OUTon2
XP3.5	Не задействован	
XP3.6	Выключающий выход драйвера канала 2	OUToff2
XP3.7	Общий вывод канала 2	OUTGND 2

4 ОСНОВНЫЕ И ПРЕДЕЛЬНО-ДОПУСТИМЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Таблица 2 – Основные и предельно-допустимые параметры (при T = 25 °C)

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Значение			Примечания
			не ме- нее	тип	не бо- лее	
Параметры блока DC/DC						
Номинальное напряжение пита- ния	U _S	В	13,5	15	16,5	
Максимальный ток потребления	I _S	мА			200	f = 0 Гц, см. рисунки 4 и 5
Мощность встроенного источника питания выходной части модуля драйвера	P _{DC-DC}	Вт	4			на каждый канал
Параметры монитора напряжения						
Порог выключения	U _{UVLO+}	В		11		выход DC-DC
Порог включения	U _{UVLO-}	В		12		

Параметры входов управления						
Входное напряжение высокого уровня	U_{IH}	В	3	5	5,6	
Входное напряжение низкого уровня	U_{IL}	В	-0,6	0	0,8	
Входное сопротивление	R_{IN}	кОм	10			
Временные параметры						
Время задержки включения сигнала между входом и выходом	$t_{d\ on(in-out)}$	мкс			0,5	
Время задержки выключения сигнала между входом и выходом	$t_{d\ off(in-out)}$	мкс			0,5	
Максимальная рабочая частота	f_{max}	кГц			50	без нагрузки; см. раздел 6, рисунки 5 и 7
Время блокировки контроля падения напряжения на управляемом транзисторе в открытом состоянии	t_{BLOCK}	мкс		4		см. рисунок 3
Время плавного аварийного отключения управляемого транзистора	t_{off}	мкс		4		см. рисунок 3
Время задержки включения сигнала аварии	$t_{d(on-err)}$	мкс			2	
Выходные параметры						
Выходное напряжение высокого уровня	U_{OH}	В	+14	+16	+19	во всем диапазоне допустимых нагрузок
Выходное напряжение низкого уровня	U_{OL}	В	-7,5	-6	-4	во всём диапазоне допустимых нагрузок
Максимальный выходной импульсный ток	I_{Omax}	А	-16		+16	настраивается потребителем; см. раздел 6
Средний выходной ток	I_O	мА			160	на каждый канал
Время нарастания выходного сигнала	t_r	нс			150	без нагрузки, см. раздел 6 и рисунок 6
Время спада выходного сигнала	t_f	нс			150	
Максимальный ток статусного вывода «Error»	$I_{ERR\ max}$	мА			20	
Максимальное напряжение на статусном выводе «Error»	$U_{ERR\ max}$	В			30	
Остаточное напряжение по выходу сигнала «Error»	$U_{O\ ERR}$	В	0	0,3	0,7	при $I_{ERR} = 20\ мА$
Пороговое напряжение на измерительном входе МС, вызывающее аварийное отключение	U_{MC}^{Th}	В		39		без дополнительных элементов
Параметры изоляции						
Напряжение изоляции между входом и выходом по постоянному току	$U_{ISO(IN-OUT)}$	В			4000	DC, 1 мин
Напряжение изоляции между выходами первого и второго каналов по постоянному току	$U_{ISO(OUT1-OUT2)}$	В			4000	DC, 1 мин
Критическая скорость изменения напряжения на выходе	$(dU/dt)_{cr}$	кВ/мкс			20	

Параметры эксплуатации и хранения						
Рабочий диапазон температур	T_A	$^{\circ}\text{C}$	-45		+85	
Температура хранения	T_S	$^{\circ}\text{C}$	-60		+100	
Параметры управляемого транзистора						
Максимально допустимое напряжение управляемого транзистора	$U_{CE} (U_{DS})$	В			1700	

5 РАБОТА ДРАЙВЕРА

Подача «лог.1» на вход Enable разрешит работу драйвера. Подача «лог.0» на управляющие инверсные входы «IN1» или «IN2» приведет к открытию соответствующего управляемого транзистора. Увеличение падения напряжения в открытом состоянии более, чем на U_{MC}^{Th} за время, превышающее t_{BLOCK} приведет к срабатыванию защиты по превышению падения напряжения в открытом состоянии (по перегрузке по току). При возникновении «аварии» откроется транзистор, включенный по схеме с открытым коллектором (вывод «Error»). Сброс режима аварии осуществляется по инверсному входу Reset.

Снижение напряжения питания драйвера до уровня порога срабатывания защиты от пониженного напряжения питания драйвера U_{UVLO-} приведет к закрытию управляемого транзистора независимо от входных сигналов управления. По порогу срабатывания защиты от пониженного напряжения питания драйвера U_{UVLO+} сигналы управления восстановятся. При срабатывании защиты от пониженного напряжения питания сигнал ошибки на выходе «Error» не появляется.

Диаграмма, поясняющая работу драйвера, приведена на рисунке 3. При этом работа любого канала в режиме аварии будет происходить независимо от другого канала; авария на одном из каналов не будет влиять на работу другого канала.

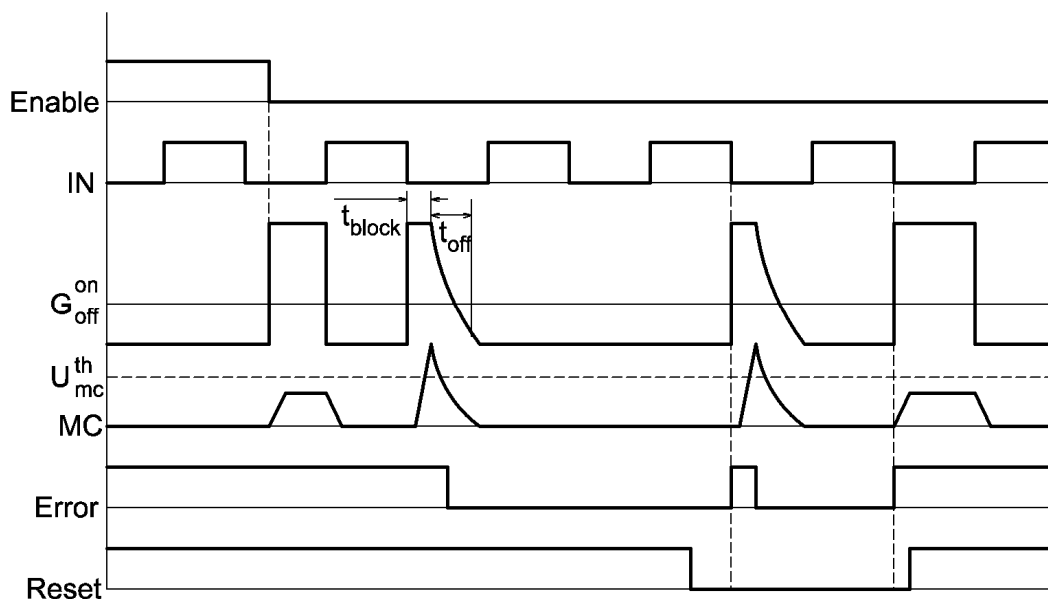


Рисунок 3 – Функциональная диаграмма работы драйвера

6 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДКЛЮЧЕНИЮ ДРАЙВЕРА

IN1, IN2 – управляющие инверсные входы. Управление драйвером описано в разделе «Работа драйвера». При подаче управляющего напряжения следует учитывать, что на входах управления установлены обратные защитные диоды. Как следствие, в том случае если напряжение управления будет превышать напряжения питания более чем на 0,6, произойдёт увеличения тока потребления по входам и при значительном превышении напряжения питания драйвер может выйти из строя.

Error1, Error2 – выводы, сигнализирующие о возникновении аварии по соответствующему каналу. Выводы представляет собой открытый коллектор транзисторов схем защиты. При этом транзистор будет открываться только при аварии, вызванной перегрузкой силового транзистора по току; при снижении напряжения питания драйвера до уровня «Uuvlo-» транзисторы будут закрыты независимо от входных сигналов управления (сигналы восстановятся при достижении уровня питания соответствующего «Uuvlo+»), однако сигнализации об ошибке в данной ситуации не последует.

Не рекомендуется подавать на выход «Еггог» напряжение и ток значениями выше предельно допустимых, в том числе и кратковременно.

Enable – вход разрешения работы драйвера. Работа драйвера будет разрешена при подаче на данный вход «лог.1»; если вход не задействован или присутствует «лог.0» управляющие сигналы на выходе драйвера будут отсутствовать. Вход рекомендуется использовать для реализации защит по входам питания и управления, а так же для формирования задержки на включение драйвера после подачи питания (схема, приведённая на рисунке 2).

V_c – выход внутреннего стабилизатора питания +5 В. Допускается подключение к данному выводу внешних схем. Стабилизатор имеет защиту от кратковременной перегрузки по току, однако в среднем ток потребления не должен превышать 50 мА, в противном случае драйвер может выйти из строя.

V_S – вход питания драйвера. Следует учитывать, что при уменьшении напряжения питания драйвера уменьшается выходное напряжение DC/DC – преобразователя. Тем самым, если питание меньше допустимого уровня, входная схема может работать исправно, однако на затворах управляемых транзисторов напряжение может упасть до уровня «Uuvlo-» и управление транзистором будет некорректным.

Ток потребления по входу питания составляет не более 200 мА без нагрузки. При подключении транзисторов ток потребления увеличивается на величину тока перезарядки затвора и может достигать 750 мА (равная нагрузка для обоих каналов). При большем токе потребления DC/DC – преобразователь может выйти из строя, либо, при кратковременном превышении тока потребления в 750 мА, выходное напряжения DC/DC – преобразователя уменьшится до недопустимого уровня и сработает защита по недонапряжению, что приведёт к некорректному управлению транзистором. В случае, если нагрузка по каналам распределена неравномерно, то ток потребления одним каналом не должен превышать 300 мА (без учёта потребления схемой управления). Ток потребления зависит от частоты сигнала управления, от значений сопротивлений затворных резисторов и от входной ёмкости затвора (см. рисунки 4 и 5). Тем самым, при эксплуатации драйвера следует делать поправку на ток потребления в зависимости от транзисторов, на которые будет работать драйвер. Область безопасной работы драйвера в зависимости от ёмкости затвора и частоты представлена на рисунке 7.

MC1, MC2 – выводы подключения коллектора (стока) управляемого транзистора. Выводы предназначены для контроля падения напряжения (защита по насыщению) на транзисторе. При этом типичное значение порога срабатывания защиты равно 39 В (если не установлены внешние элементы). Порог срабатывания защиты регулируется установкой внешних элементов (стабилитронов и диодов); из максимального напряжения (39 В) вычитается падение напряжения на стабилитронах и диодах при токе 250 мкА. К примеру, если установить последовательно (см. рекомендуемую схему подключения на рисунке 2) стабилитрон с номинальным напряжением стабилизации 10 В и два диода с падением напряжения 0,7 В на токе 250 мкА, то порог срабатывания защиты будет равен $39 - 10 - 2 \times 0,7 = 27,6$ В.

В случае если защита от перегрузки по току управляемого транзистора не требуется, то вывод MC следует закоротить на исток (эмиттер) соответствующего канала.

На выводах MC1 и MC2 отсутствуют защитные диоды, поэтому при подключении коллектора управляемого транзистора необходимо установить защитные диоды, как указано на рисунке 2, с обратным напряжением не менее чем на 30% большим максимального напряжения коллектора управляемого транзистора.

OUToff1, OUToff2, OUTon1, OUTon2 – выходы, предназначенные для подключения затворов управляемых транзисторов. Рекомендуемая схема подключения представлена на рисунке 2. Ограничитель напряжения следует устанавливать с номинальным напряжением пробоя не менее 16 В и не более максимально-допустимого напряжения затвора управляемого транзистора. Рекомендуется ограничитель с номинальным пробивным напряжением 18 В. Допускается установка стабилитронов с соответствующим номинальным напряжением стабилизации. Если управляемый транзистор установлен на удалённом расстоянии от драйвера, то ограничитель рекомендуется ставить непосредственно на транзистор.

Затворные резисторы (Ron1, Ron2, Roff1, Roff2) необходимы для уменьшения максимального импульсного тока. Не рекомендуется устанавливать резисторы с номиналами менее 1 Ом. Допускается установка резисторов разных номиналов, к примеру, для увеличения длительности выключения управляемого транзистора с целью уменьшения амплитуды напряжения индуктивных выбросов.

7 ГРАФИКИ, ПОЯСНЯЮЩИЕ РАБОТУ ДРАЙВЕРА

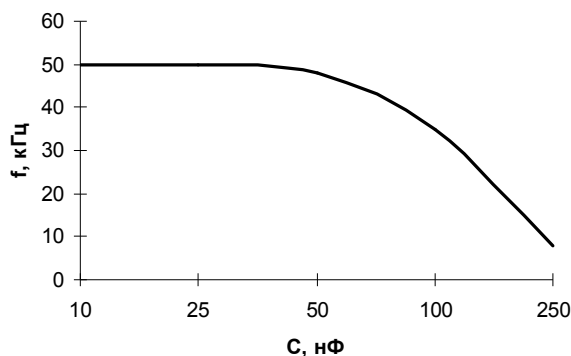


Рисунок 4 – График зависимости тока потребления драйвера от частоты сигнала управления без нагрузки

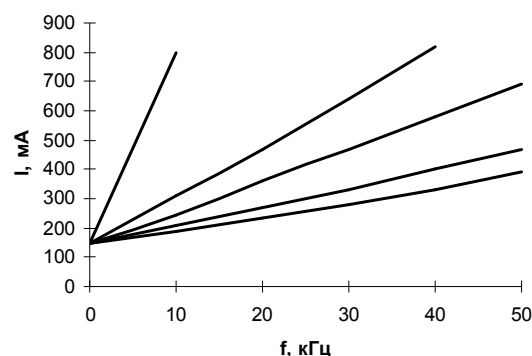


Рисунок 5 – График зависимости тока потребления от частоты сигнала под нагрузкой (с затворным резистором 5 Ом) для ёмкостей затвора 10 нФ, 25 нФ, 50 нФ, 100 нФ и 250 нФ

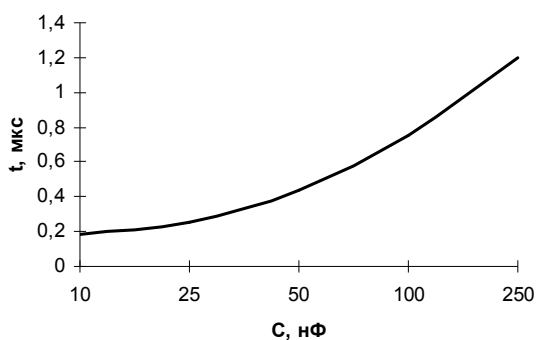


Рисунок 6 – График зависимости длительности фронтов от ёмкости затвора (с затворным резистором 5 Ом)

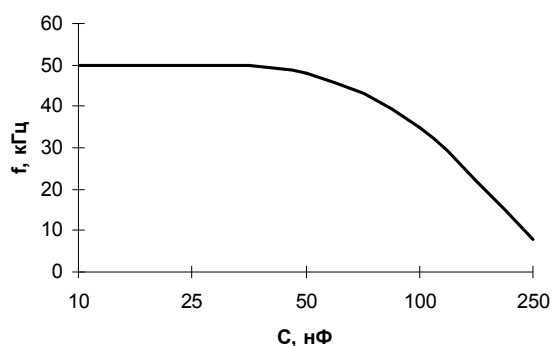


Рисунок 7 – График области безопасной работы драйвера (с затворным резистором 5 Ом)

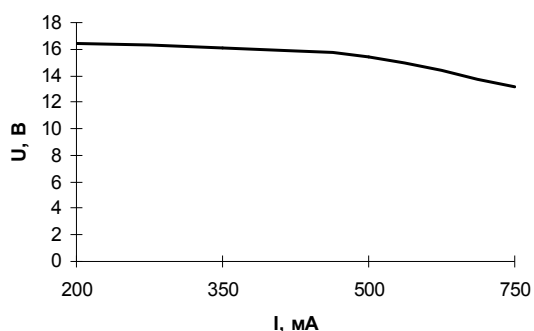


Рисунок 8 – График зависимости напряжения на затворе транзистора от тока потребления

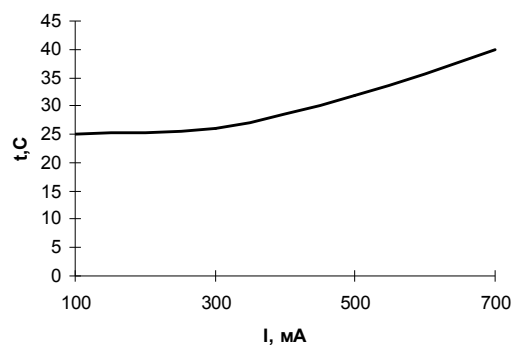


Рисунок 9 – График зависимости температуры корпуса драйвера от тока потребления

8 СВЕДЕНИЯ О СОДЕРЖАНИИ ДРАГМЕТАЛЛОВ

Драгметаллов не содержится

9 РЕКОМЕНДАЦИИ К ЭКСПЛУАТАЦИИ

9.1 Требования к устойчивости при механических воздействиях

Механические воздействия для драйверов - по ГОСТ 20859.1, в соответствии с требованиями, предъявляемыми к управляемым ими силовым транзисторам, приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Требования по устойчивости драйверов к механическим воздействующим факторам

Внешний воздействующий фактор	Значение внешнего воздействующего фактора
Синусоидальная вибрация: - диапазон частот, Гц; - амплитуда ускорения, м/с^2 (g)	0,5 - 100 150 (15)
Механический удар одиночного действия: - пиковое ударное ускорение, м/с^2 (g); - длительность импульса ударного ускорения, мс	40 (4) 50

Группа устойчивости драйверов к механическим воздействиям - М27 по ГОСТ 17516.1.

В технически обоснованных случаях, по требованию конкретных заказчиков, драйверы могут изготавливаться и для других условий эксплуатации по ГОСТ 17516.1.

9.2 Требования к устойчивости при климатических воздействиях.

Климатические воздействия - по ГОСТ 20859.1, в соответствии с требованиями, предъявляемыми к управляемым ими силовым транзисторам.

Таблица 4 - Требования по устойчивости к климатическим воздействующим факторам

Климатический фактор	Значение климатического фактора
Пониженная температура среды: - рабочая, °С; - предельная, °С	минус 45 минус 60
Повышенная температура окружающей среды: - рабочая, °С; - предельная, °С	+85 +100
Относительная влажность при температуре 35 °С без конденсации влаги, %, не более	98
Изменение температуры среды, °С	от минус 60 до +100
Атмосферное пониженное давление, Па (мм рт.ст.)	86000 (650)
Атмосферное повышенное давление, Па (мм.рт.ст.)	106000 (800)

10 ТРЕБОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ

Вероятность безотказной работы драйверов за 25000 часов должна быть не менее 0,95.

Гамма-процентный ресурс в условиях и режимах, установленных ТУ должен быть не менее 50000 часов при $\gamma = 90\%$.

Гамма-процентный срок службы драйверов, при условии суммарной наработки не более гамма процентного ресурса, не менее 10 лет, при $\gamma = 90\%$.

Гамма-процентный срок сохраняемости драйверов, при $\gamma = 90\%$ и хранении в условиях, допускаемых ТУ – 10 лет.

11 СВЕДЕНИЯ О ПРИЕМКЕ

Драйвер _____ соответствует АЛЕИ 468332.031 ТУ

Место для штампа ОТК

12 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УТИЛИЗАЦИИ

Утилизация изделия (переплавка, захоронение, перепродажа) производится в порядке, установленном Законами РФ: от 04 мая 1999г. № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха», от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления», а также другими общероссийскими и региональными нормами, правилами, распоряжениями и пр., принятыми во исполнение указанных законов.

ДРАЙВЕР IGBT И MOSFET ТРАНЗИСТОРОВ МД1120П-А, МД1120П-А1

Аналог VLA500-01

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Одноканальный драйвер MOSFET и IGBT транзисторов предназначенный для гальванически развязанного управления мощным транзистором с полевым управлением с предельно допустимым значениями токов и напряжений 600В/600 А, 1200В/400А, 1700В/400А. Драйвер имеет встроенный DC/DC-преобразователь и является усилителем – формирователем сигналов управления затвором транзистора с частотой до 25 кГц. Драйвер является аналогом микросхемы драйвера VLA500-01 от Mitsubishi.

2 ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДРАЙВЕРА

2.1 Драйвер обеспечивает следующие функции управления, контроля и защиты управляемого транзистора:

- 1 Управление транзистором в соответствии с сигналами управления;
- 2 Формирование гальванически развязанных напряжений отпираания и запираания управляемого транзистора
- 3 Контроль напряжения насыщения на коллекторе управляемого транзистора, его защитное отключение при выходе из состояния насыщения;
- 4 Обеспечение плавного перехода драйвера из активного состояния в неактивное при «аварийной» ситуации (выход управляемого транзистора из режима насыщения);
- 5 Блокировку управления при «аварии»;
- 6 Настройку задержки срабатывания защиты по ненасыщению;
- 7 Настройку длительности плавного аварийного выключения управляемого транзистора;
- 8 Сигнализацию о наличии аварии;

3 ГАБАРИТНЫЙ ЧЕРТЕЖ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА

3.1 Габаритный чертёж приведен на рисунке 1, функциональная схема приведена на рисунке 2, схема включения приведена на рисунке 3.

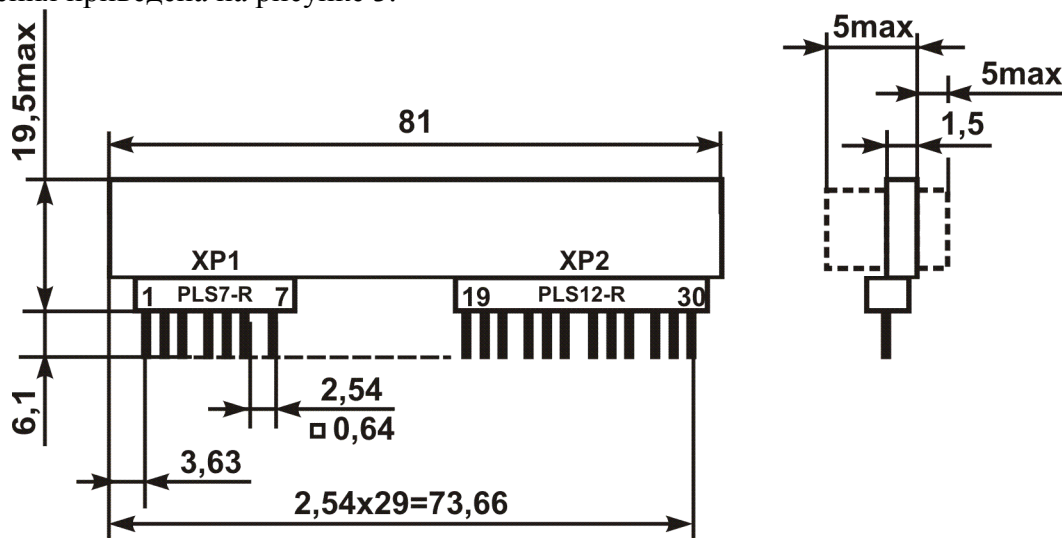


Рисунок 1 – Габаритный чертеж драйвера

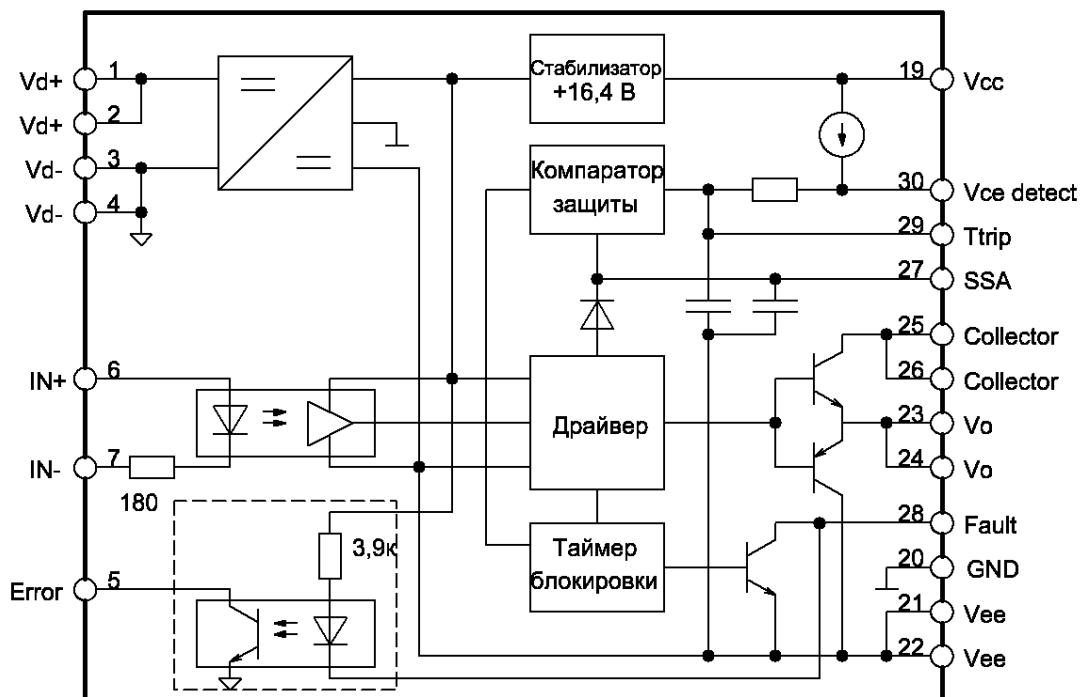


Рисунок 2 – Функциональная схема драйвера

Пунктиром выделен блок входящий в состав только МД1120П-А1

3.2 Назначение выводов драйвера приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Назначение выводов драйвера

Вывод	Обозначение	Назначение
1	Vd+	Вывод подключения «+» питания DC/DC-преобразователя
2		
3	Vd-	Вывод подключения «-» питания DC/DC-преобразователя
4		
5	Error	Вывод сигнала ошибки (открытый коллектор). Задействован только для МД1120П-А1
6	IN+	Анод светодиода входного оптрона
7	IN-	Катод светодиода входного оптрона
17	-	Незадействован
18	-	Незадействован
19	Vcc	Вывод положительного выходного питания 16,4 В
20	GND	Общий вывод выходных цепей; вывод подключения эмиттера (истока)
21	Vee	Вывод отрицательного выходного питания -10 В
22		
23	Vo	Вывод подключения затвора управляемого транзистора
24		
25	Collector	Вывод подключения положительного питания оконечного каскада драйвера
26		
27	SSA	Вывод подключения конденсатора настройки длительности плавного аварийного выключения
28	Fault	Вывод сигнала ошибки (открытый коллектор)
29	Ttrip	Вывод подключения конденсатора настройки задержки срабатывания защиты по ненасыщению
30	Vce detect	Измерительный коллектор, вывод контроля напряжения насыщения

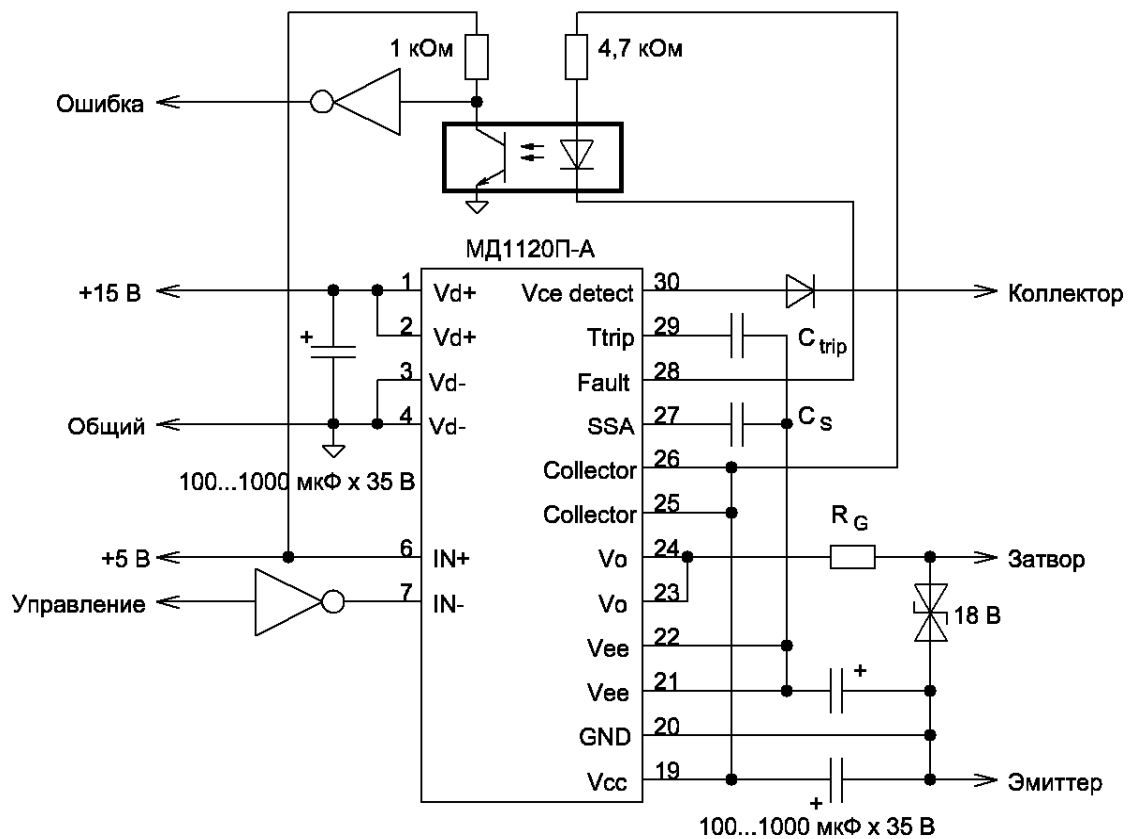


Рисунок 3 – Схема включения драйвера МД1120П-А

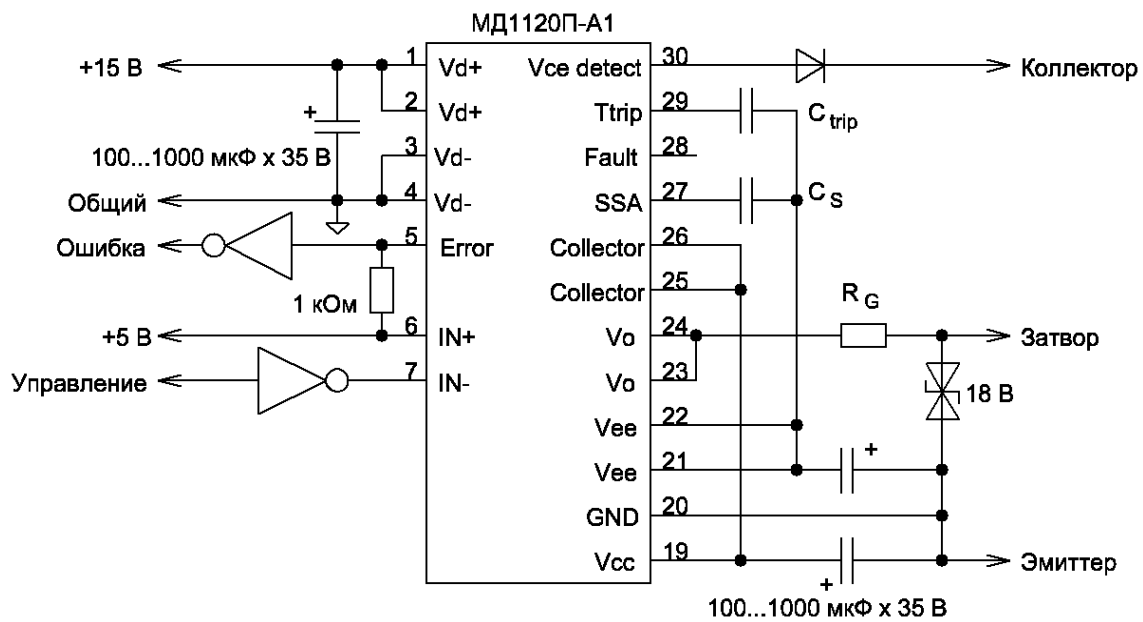


Рисунок 4 – Схема включения драйвера МД1120П-А1

4 ОСНОВНЫЕ И ПРЕДЕЛЬНО-ДОПУСТИМЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Таблица 2 – Основные и предельно-допустимые параметры (при T = 25 °C)

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Значение			Примечания
			не менее	тип	не более	
Параметры питания						
Напряжение питания	U _S	В	13,5	15	16,5	
Ток потребления без нагрузки	I _S	мА		90	100	f = 0 Гц
Максимальный ток потребления	I _{S max}	мА			300	см. рисунок 5
Параметры входов управления						
Ток светодиода оптрона соот. включению управляемого транзистора	I _{IN ON}	мА	5		20	
Ток светодиода оптрона соот. выключению управляемого транзистора	I _{IN OFF}	мА	0		1,5	
Ток управления при U _{упр} =5 В	I _{IN 5V}	мА		17		
Входное сопротивление	R _{IN}	Ом		180		
Временные параметры						
Время задержки включения/выключения между входом и выходом	t _{d on/off (in-out)}	мкс			1	
Максимальная рабочая частота	f _{max}	кГц			25	см. рисунок 6
Задержка срабатывания защиты по ненасыщению	t _{trip}	мкс	2	2,4	3	Настраивается потребителем см. рисунок 9
Время плавного аварийного отключения транзистора	t _s	мкс	5	10	15	Настраивается потребителем см. рисунок 8
Время блокировки управляемого транзистора после «аварии»	t _{block}	мс	1	1,6	2	
Время задержки включения сигнала аварии	t _{d(on-err)}	мкс		0,1	1	
Выходные параметры						
Импульсный ток включения	I _{Omax +}	А	12			
Импульсный ток выключения	I _{Omax -}	А			-12	
Положительное выходное напряжение питания	U _{out +}	В	15	17	18	Во всём диапазоне допустимых нагрузок
Отрицательное выходное напряжение питания	U _{out -}	В	-5	10	-15	
Выходной средний ток	I _O	мА			130	
Время нарастания выходного сигнала	t _r	нс			100	без нагрузки
Время спада выходного сигнала	t _f	нс			150	
Максимальный ток статусных выводов «Fault» и «Error»	I _{F max}	мА			10	
Максимальное напряжение на статусном выводе «Fault» и «Error»	U _{F max}	В			30	
Остаточное напряжение по выходу сигнала «Fault» и «Error»	U _{O F}	В			1	при I _F = 10 мА
Пороговое напряжение на измерительном входе «Detect», вызывающее аварийное отключение	$\begin{matrix} T_h \\ U_{mc} \end{matrix}$	В	9	10	11	С одним защитным диодом
Параметры изоляции						
Напряжение изоляции между входом и выходом	U _{ISO(IN-OUT)}	В			4000	DC, 1 мин
Критическая скорость изменения напряжения на выходе	dU/dt	кВ/мкс			20	
Параметры эксплуатации и хранения						
Рабочий диапазон температур	T _A	°C	-40		+85	
Температура хранения	T _S	°C	-45		+100	

5 РАБОТА ДРАЙВЕРА

Подача тока свыше 5 мА на управляющие входы «IN» приведет к открытию управляемого транзистора. Увеличение падения напряжения в открытом состоянии более, чем на U_{mc}^{Th} за время, превышающее t_{trip} приведет к срабатыванию защиты по превышению падения напряжения в открытом состоянии (по перегрузке по току). При возникновении «аварии» откроется транзистор, включенный по схеме с открытым коллектором (вывод «Fault» для МД1120П-А и вывод «Error» для МД1120П-А1). Через время t_{block} будет произведен сброс «аварии» внутренней схемой сброса «аварии» и по ближайшему следующему за сбросом переднему фронту сигнала управления «IN» будет открыт управляемый транзистор. В случае если причина «аварии» не была устранена, цикл защиты повторится.

Диаграмма, поясняющая работу драйвера, приведена на рисунке 5.

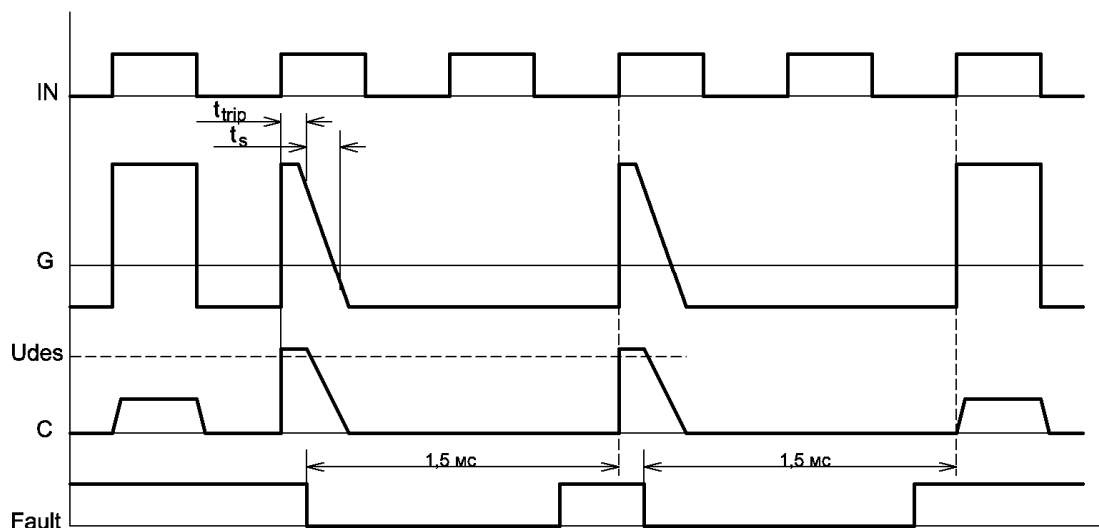


Рисунок 5 – Функциональная диаграмма работы драйвера при «аварии»

6 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДКЛЮЧЕНИЮ ДРАЙВЕРА

IN+, IN- – управляющие входы. Представляют собой выводы светодиода входного оптрона (анод и катод соответственно). Управление драйвером описано в разделе «Работа драйвера».

Fault – вывод, сигнализирующий о возникновении аварии. Вывод представляет собой открытый коллектор транзистора схемы защиты по ненасыщению управляемого транзистора. Вывод гальванически связан с выходными цепями драйвера; для передачи статусного сигнала на гальванически развязанную входную схему драйвера рекомендуется использовать оптрон включённый по схеме приведённой на рисунке 3. Вывод должен быть незадействован для МД1120П-А1.

Error – вывод, сигнализирующий о возникновении аварии; задействован только для МД1120П-А1. Представляет собой открытый коллектор транзистора схемы защиты по ненасыщению управляемого транзистора. Вывод гальванически связан с входными цепями DC/DC-преобразователя драйвера.

Vd+, Vd- – выводы подключения питания DC/DC-преобразователя. Ток потребления по данным выводам в любом режиме работы драйвера не должен превышать 300 мА, в противном случае драйвер может выйти из строя.

Vcc – выход положительного питания DC/DC-преобразователя. К данному выводу относительно «общего» выходных цепей необходимо подключить конденсатор ёмкостью 100...1000 мкФ (см. рисунки 3 и 4).

Vee – выход отрицательного питания DC/DC-преобразователя. К данному выводу относительно «общего» выходных цепей необходимо подключить конденсатор ёмкостью 100...1000 мкФ (см. рисунки 3 и 4).

GND – общий выходных цепей драйвера; вывод подключения эмиттера (истока) управляемого транзистора.

Collector – вывод подключения положительного питания оконечного каскада драйвера. Рекомендуется в качестве положительного питания оконечного каскада использовать выходное положительное питания DC/DC-преобразователя, соединив данный вывод с выводом Vcc.

V_O – вывод подключения затвора управляемого транзистора. Для уменьшения выходного импульсного тока драйвера (и, соответственно, времени включения/выключения управляемого транзистора) рекомендуется в разрыв данного вывода и затвора устанавливать затворный резистор; допускается включение драйвера без затворного резистора. Для защиты управляемого транзистора от перенапряжения на затворе рекомендуется устанавливать между затвором и эмиттером (исток) транзистора двунаправленный ограничитель напряжения на номинальное пробивное напряжение 18 В.

Vce detect – вывод подключения коллектора (стока) управляемого транзистора. Вывод предназначен для контроля падения напряжения (защита по ненасыщению) на транзисторе. Драйвер не имеет встроенного защитного обратного диода, необходима установка внешних обратных диодов на максимальное обратное напряжение не менее чем на 20% больше максимально-допустимого напряжения управляемого транзистора.

Типичное значение порога срабатывания защиты составляет 10 В с одним обратным диодом. Порог срабатывания защиты регулируется установкой внешних элементов (стабилитронов и диодов); из максимального напряжения (10 В) вычитается падение напряжения на стабилитронах и диодах при токе 4 мА. Например, если установить последовательно входу «Vce detect» стабилитрон (катодом к драйверу) с номинальным напряжением стабилизации 3,3 В и два диода с падением напряжения 0,7 В на токе 4 мА, то порог срабатывания защиты будет равен $10 - 3,3 - 2 \times 0,7 = 5,1$ В.

В случае если защита от перегрузки по току управляемого транзистора не требуется, то данный вывод следует закоротить на эмиттер (исток) управляемого транзистора.

SSA – вывод подключения конденсатора настройки длительности плавного аварийного выключения, см. рисунок 8.

Ttrip – вывод подключения конденсатора настройки длительности задержки срабатывания защиты по ненасыщению, см. рисунок 9.

7 ГРАФИКИ, ПОЯСНЯЮЩИЕ РАБОТУ ДРАЙВЕРА

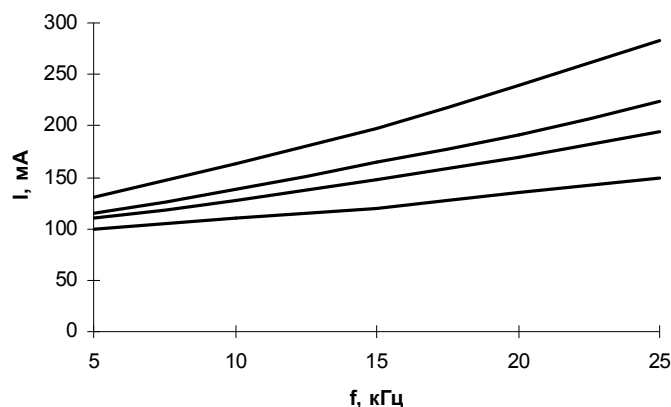


Рисунок 6 – График зависимости тока потребления драйвером от частоты сигнала управления под нагрузкой (с затворным резистором 1 Ом) для ёмкостей затвора 10 нФ, 25 нФ, 50 нФ, 100 нФ

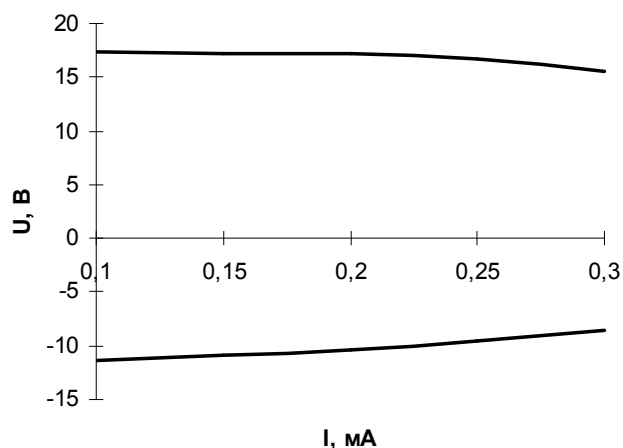


Рисунок 7 – График зависимости амплитуды напряжений на затворе управляемого транзистора от тока потребления драйвером

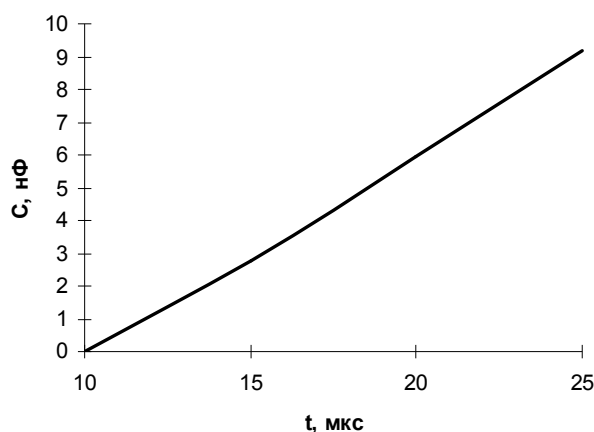


Рисунок 8 – График зависимости длительности плавного аварийного выключения от номинала ёмкости C_s

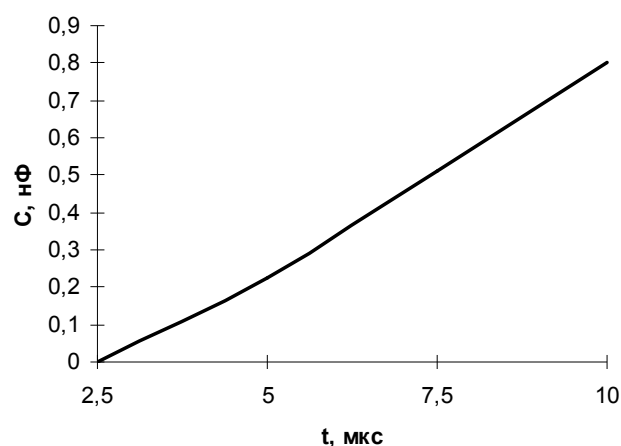


Рисунок 9 – График зависимости длительности задержки срабатывания защиты по ненасыщению от номинала ёмкости C_{trip}

8 СВЕДЕНИЯ О СОДЕРЖАНИИ ДРАГМЕТАЛЛОВ

Драгметаллов не содержится

9 РЕКОМЕНДАЦИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

9.1 Требования к устойчивости при механических воздействиях

Механические воздействия для драйверов - по ГОСТ 20859.1, в соответствии с требованиями, предъявляемыми к управляемым ими силовым транзисторам, приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Требования по устойчивости драйверов к механическим воздействующим факторам

Внешний воздействующий фактор	Значение внешнего воздействующего фактора
Синусоидальная вибрация:	
- диапазон частот, Гц;	0,5 - 100
- амплитуда ускорения, м/с^2 (g)	150 (15)
Механический удар одиночного действия:	
- пиковое ударное ускорение, м/с^2 (g);	40 (4)
- длительность импульса ударного ускорения, мс	50

Группа устойчивости драйверов к механическим воздействиям - М27 по ГОСТ 17516.1.

В технически обоснованных случаях, по требованию конкретных заказчиков, драйверы могут изготавливаться и для других условий эксплуатации по ГОСТ 17516.1.

9.2 Требования к устойчивости при климатических воздействиях.

Климатические воздействия - по ГОСТ 20859.1, в соответствии с требованиями, предъявляемыми к управляемым ими силовым транзисторам.

Таблица 4 - Требования по устойчивости к климатическим воздействующим факторам

Климатический фактор	Значение климатического фактора
Пониженная температура среды: - рабочая, °С; - предельная, °С	минус 40 минус 45
Повышенная температура окружающей среды: - рабочая, °С; - предельная, °С	+85 +100
Относительная влажность при температуре 35 °С без конденсации влаги, %, не более	98
Изменение температуры среды, °С	от минус 45 до +100
Атмосферное пониженное давление, Па (мм рт.ст.)	86000 (650)
Атмосферное повышенное давление, Па (мм.рт.ст.)	106000 (800)

10 ТРЕБОВАНИ НАДЕЖНОСТИ

Вероятность безотказной работы драйверов за 25000 часов должна быть не менее 0,95.

Гамма-процентный ресурс в условиях и режимах, установленных ТУ должен быть не менее 50000 часов при $\gamma = 90\%$.

Гамма-процентный срок службы драйверов, при условии суммарной наработки не более гамма процентного ресурса, не менее 10 лет, при $\gamma = 90\%$.

Гамма-процентный срок сохраняемости драйверов, при $\gamma = 90\%$ и хранении в условиях, допускаемых ТУ – 10 лет.

11 СВЕДЕНИЯ О ПРИЕМКЕ

Драйвер _____ соответствует АЛЕИ 468332.031 ТУ

Место для штампа ОТК

12 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УТИЛИЗАЦИИ

Утилизация изделия (переплавка, захоронение, перепродажа) производится в порядке, установленном Законами РФ: от 04 мая 1999г. № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха», от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления», а также другими общероссийскими и региональными нормами, правилами, распоряжениями и пр., принятыми во исполнение указанных законов.

ДРАЙВЕР IGBT И MOSFET

ТРАНЗИСТОРОВ МД280П–Б, МД280П–Б1

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Двухканальный драйвер мощных транзисторов с зависимым управлением (далее – драйвер) предназначен для гальванически развязанного управления двумя мощными транзисторами с полевым управлением (MOSFET или IGBT) с предельно допустимым напряжением до 1700 В. Драйвер является усилителем – формирователем сигналов управления затворами транзисторов с частотой до 50 кГц. Драйвер содержит встроенный гальванически развязанный DC/DC-преобразователь, обеспечивающий необходимые уровни отпирающих и запирающих напряжений на затворе транзистора.

2 СОСТАВ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДРАЙВЕРА

2.1 Драйвер выполнен в герметичном пластмассовом корпусе с заливкой компаундом.

2.2 В состав драйвера входят следующие функциональные узлы:

- 1 Стабилизатор напряжения питания драйвера с защитой от неправильной полярности включения;
- 2 Встроенный DC-DC преобразователь со стабилизацией уровня отпирающего и запирающего напряжения на затворах управляемых транзисторов;
- 3 Входная логика;
- 4 Схема управления затворами управляемых транзисторов;
- 5 Схема защиты от пониженного и повышенного напряжения на затворе управляемых транзисторов;
- 6 Схема защиты управляемых транзисторов от перегрузки по току.

2.2 Драйвер обеспечивает следующие функции управления, контроля и защиты управляемого транзистора:

- 1 Контроль напряжения насыщения на коллекторе управляемого транзистора, его защитное отключение при выходе из состояния насыщения;
- 2 Регулировку порога защитного отключения по напряжению насыщения;
- 3 Обеспечение плавного перехода драйвера из активного состояния в неактивное при «аварийной» ситуации (выход управляемого транзистора из режима насыщения);
- 4 Блокировку управления при «аварии»;
- 5 Сигнализацию о наличии аварии;
- 6 Регулировку времени включения - выключения управляемого транзистора путем изменения сопротивления резисторов в выходной цепи (R_{on} , R_{off});
- 7 Блокировку одновременного включения верхнего и нижнего плеча;
- 8 Задержку на переключение верхнего и нижнего плеча;
- 9 Регулировку задержки на переключение верхнего и нижнего плеча;
- 10 Контроль напряжений питания драйвера (встроенные компараторы) на выходе DC-DC преобразователя.

3 ГАБАРИТНЫЙ ЧЕРТЕЖ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА

3.1 Габаритный чертёж приведен на рисунке 1, функциональная схема и схема включения драйвера изображены на рисунке 2.

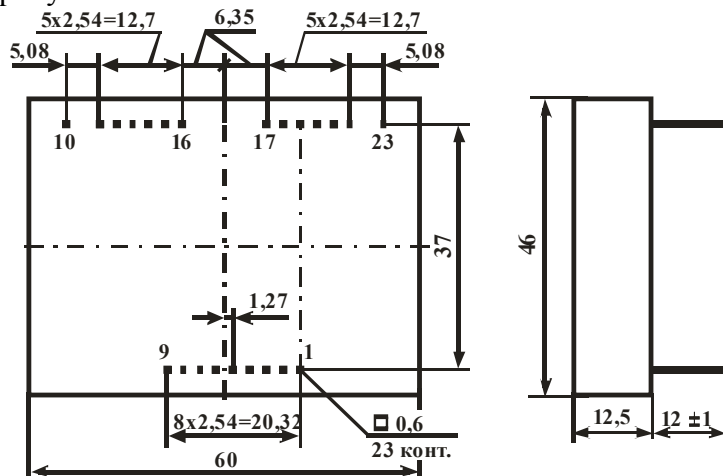


Рисунок 1 – Габаритный чертеж драйвера

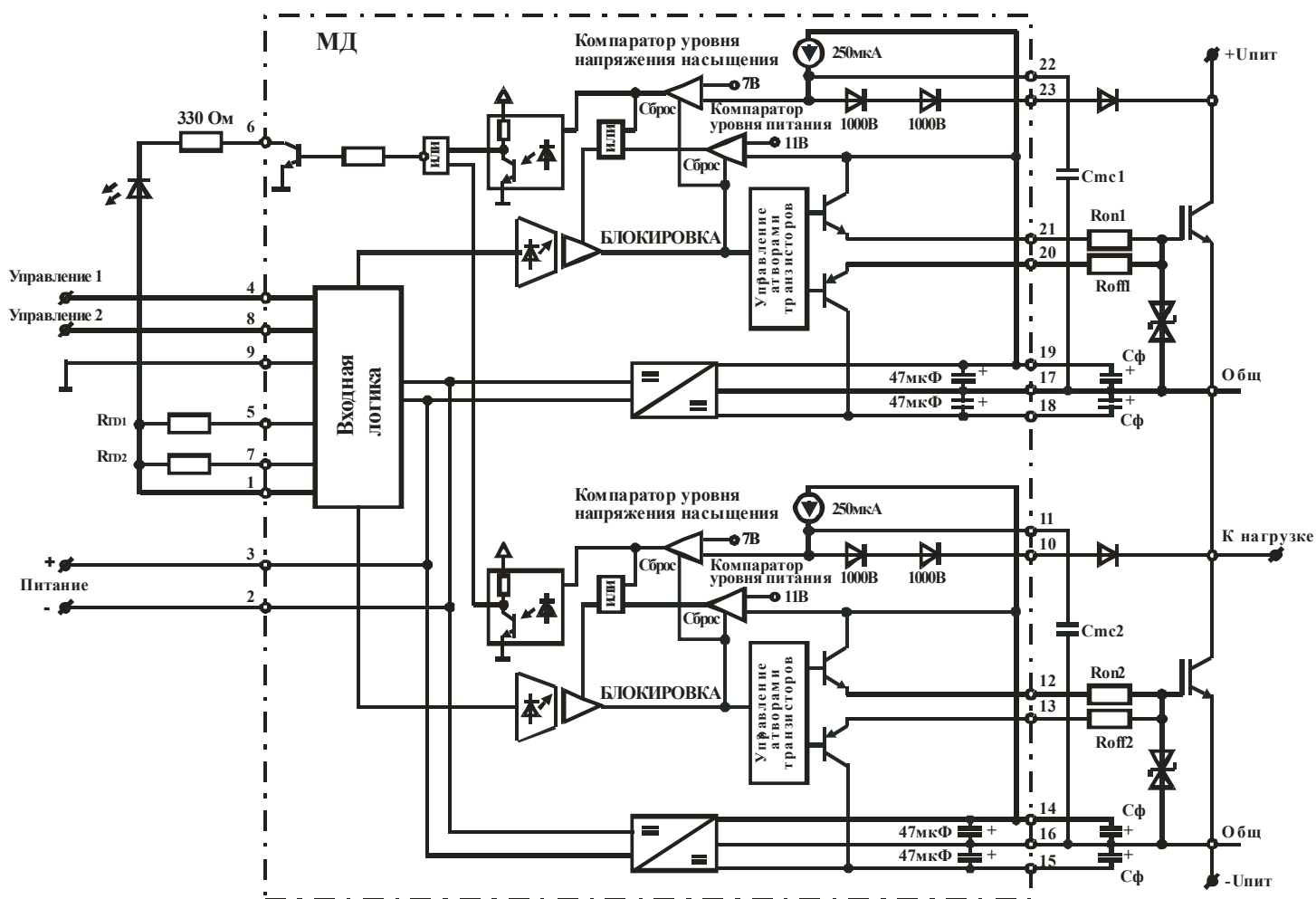


Рисунок 2– Функциональная схема и схема включения драйвера

3.2 Назначение выводов приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Назначение выводов драйвера

Выводы	Назначение выводов	Обозначение выводов
1	Выход внутреннего стабилизатора питания +5 В	Vc
2	Общий питания	POWER GND
3	Вход питания +15 В	Vs
4	Управляющий вход канала 1	IN1
5	Вывод подстройки длительности задержки включения канала 1	R _{TD1}
6	Вывод сигнала ошибки	ERROR
7	Вывод подстройки длительности задержки включения канала 2	R _{TD2}
8	Управляющий вход канала 2	IN2
9	Общий сигнальный вывод для подачи управляющих сигналов	Signal GND
10	Измерительный коллектор - цепь контроля напряжения насыщения на управляемом транзисторе канала 2	MC2
11	Вывод настройки задержки включения защиты по напряжению насыщения управляемого транзистора канала 2	MCR2
12	Включающий выход драйвера канала 2	OUTon2
13	Выключающий выход драйвера канала 2	OUToff2
14	Выход питания +18 В канала 2	Uon2
15	Выход питания -7 В канала 2	Uoff2
16	Общий вывод канала 2	OUTGND 2
17	Общий вывод канала 1	OUTGND 1
18	Выход питания -7 В канала 1	Uoff1
19	Выход питания +18 В канала 1	Uon1
20	Выключающий выход драйвера канала 1	OUToff1
21	Включающий выход драйвера канала 1	OUTon1
22	Вывод настройки задержки включения защиты по напряжению насыщения управляемого транзистора канала 1	MCR1
23	Измерительный коллектор - цепь контроля напряжения насыщения на управляемом транзисторе канала 1	MC1

4 ОСНОВНЫЕ И ПРЕДЕЛЬНО-ДОПУСТИМЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Таблица 2 – Основные и предельно-допустимые параметры (при T = 25 °C)

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Значение			Примечания
			не менее	тип	не более	
Параметры блока DC/DC						
Номинальное напряжение питания	U _S	В	13,5	15	16,5	
Максимальный ток потребления	I _S	мА			200	f = 0 Гц, см. рисунки 5 и 6
Мощность встроенного источника питания выходной части модуля драйвера	P _{DC-DC}	Вт	4			на каждый канал
Параметры монитора напряжения						
Порог выключения	U _{UVLO+}	В		11		выход DC-DC
Порог включения	U _{UVLO-}	В		12		
Параметры входов управления						
Входное напряжение высокого уровня	U _{IH}	В	3	5	5,6	МД280П-Б
			9	15	16,8	МД280П-Б1
Входное напряжение низкого уровня	U _{IL}	В	-0,6	0	0,8	МД280П-Б
			-0,6	0	2,4	МД280П-Б1
Входное сопротивление	R _{IN}	кОм		2,0		МД280П-Б
				5,9		МД280П-Б1

Временные параметры						
Время задержки включения сигнала между входом и выходом	$t_{d\ on(in-out)}$	мкс			0,5	см. рисунок 13
Время задержки выключения сигнала между входом и выходом	$t_{d\ off\ (in-out)}$	мкс			0,5	см. рисунок 13
«Мертвое» время между изменениями сигнала на выходах первого и второго каналов	t_{TD}	мкс		2,5		см. рисунок 4; настраивается потребителем; см. раздел 6 и рисунок 12
Максимальная рабочая частота	f_{max}	кГц			50	без нагрузки; см. раздел 6, рисунки 6 и 8
Время блокировки контроля падения напряжения на управляемом транзисторе в открытом состоянии	t_{BLOCK1}	мкс		6		настраивается потребителем; см. раздел 6, рисунки 3 и 11
Время блокировки управляемого транзистора после «аварии»	t_{BLOCK2}	мс		70		см. рисунок 3
Время плавного аварийного отключения управляемого транзистора	t_{off}	мкс		6		см. рисунок 3
Время задержки включения сигнала аварии	$t_{d(on-err)}$	мкс			2	
Выходные параметры						
Выходное напряжение высокого уровня	U_{OH}	В	+14	+16	+19	во всем диапазоне допустимых нагрузок
Выходное напряжение низкого уровня	U_{OL}	В	-7,5	-6	-4	во всем диапазоне допустимых нагрузок
Максимальный выходной импульсный ток	I_{Omax}	А	-8		+8	настраивается потребителем; см. раздел 6
Средний выходной ток	I_O	мА			160	на каждый канал
Время нарастания выходного сигнала	t_r	нс			150	без нагрузки, см. раздел 6 и рисунки 7, 13
Время спада выходного сигнала	t_f	нс			150	
Максимальный ток статусного вывода «Error»	$I_{ERR\ max}$	мА			20	
Максимальное напряжение на статусном выводе «Error»	$U_{ERR\ max}$	В			30	
Остаточное напряжение по выходу сигнала «Error»	$U_{O\ ERR}$	В	0	0,3	0,7	при $I_{ERR} = 20\ мА$
Пороговое напряжение на измерительном входе МС, вызывающее аварийное отключение	U_{MC}^{Th}	В		5,8		без дополнительных элементов

Параметры изоляции						
Максимально допускаемое обратное напряжение на выводе «МС»	$U_{R(MC)}$	В			2000	
Напряжение изоляции между входом и выходом по постоянному току	$U_{ISO(IN-OUT)}$	В			4000	DC, 1 мин
Напряжение изоляции между выходами первого и второго каналов по постоянному току	$U_{ISO(OUT1-OUT2)}$	В			4000	DC, 1 мин
Критическая скорость изменения напряжения на выходе	$(dU/dt)_{cr}$	кВ/мкс			20	
Параметры эксплуатации и хранения						
Рабочий диапазон температур	T_A	°C	-45		+85	
Температура хранения	T_S	°C	-60		+100	
Параметры управляемого транзистора						
Максимально допустимое напряжение управляемого транзистора	$U_{CE} (U_{DS})$	В			1700	

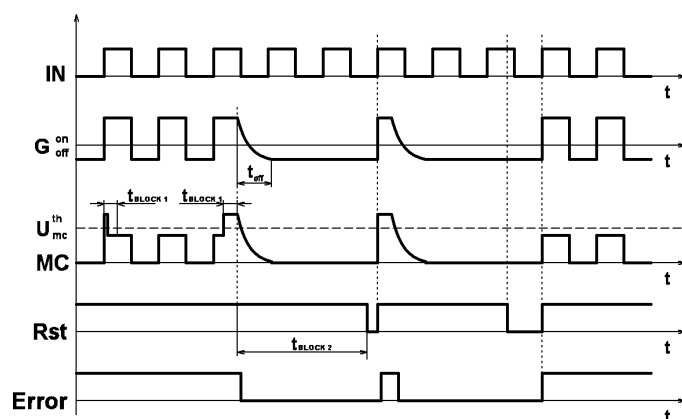
5 РАБОТА ДРАЙВЕРА

Подача «лог.1» на управляющий вход «IN1» или «IN2» приведет к открытию соответствующего управляемого транзистора. Увеличение падения напряжения в открытом состоянии более, чем на U_{MC}^{Th} за время, превышающее t_{BLOCK1} приведет к срабатыванию защиты по превышению падения напряжения в открытом состоянии (по перегрузке по току). При возникновении «аварии» откроется транзистор, включенный по схеме с открытым коллектором (вывод «Error»). Через 70мс будет произведен сброс «аварии» внутренней схемой сброса «аварии» и по переднему фронту сигнала управления «IN» будет открыт управляемый транзистор. В случае если причина «аварии» не была устранена, цикл защиты повторится.

Снижение напряжения питания драйвера до уровня порога срабатывания защиты от пониженного напряжения питания драйвера U_{UVLO-} приведет к закрытию управляемого транзистора независимо от входных сигналов управления. По порогу срабатывания защиты от пониженного напряжения питания драйвера U_{UVLO+} сигналы управления восстановятся. При срабатывании защиты от пониженного напряжения питания сигнал ошибки на выходе «Error» не появляется.

При подаче на входы «IN1» и «IN2» одновременно «лог. 1» произойдет блокировка управления и управляемые транзисторы будут закрыты, при этом сигнализации о наличии ошибки на выходе «Error» не появляется.

Диаграммы, поясняющие работу драйвера, приведены на рисунках 3 и 4.



Rst – Периодический внутренний сигнал сброса «аварии»

Рисунок 3 – Функциональная диаграмма работы драйвера при «аварии»

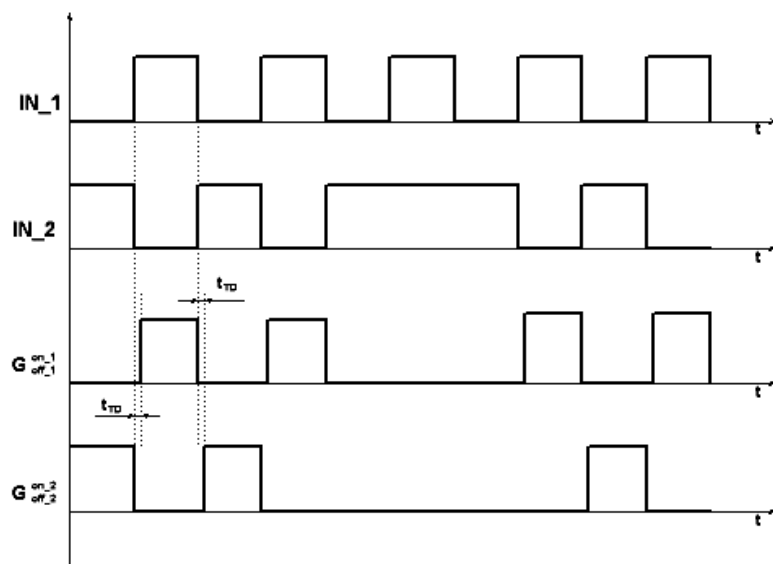


Рисунок 4 – Функциональная диаграмма работы драйвера

6 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДКЛЮЧЕНИЮ ДРАЙВЕРА

IN1, IN2 – управляющие входы. Управление драйвером описано в разделе «Работа драйвера». При подаче управляющего напряжения следует учитывать, что на входах управления установлены обратные защитные диоды. Как следствие, в том случае если напряжение управления будет превышать напряжения питания более чем на 0,6, произойдёт увеличения тока потребления по входам и при значительном превышении напряжения питания драйвер может выйти из строя.

Error – вывод, сигнализирующий о возникновении аварии. Вывод представляет собой открытый коллектор транзистора схемы защиты. При этом транзистор будет открываться только при аварии, вызванной перегрузкой силового транзистора по току; при снижении напряжения питания драйвера до уровня «U_{uvlo-}» транзисторы будут закрыты независимо от входных сигналов управления (сигналы восстановятся при достижении уровня питания соответствующего «U_{uvlo+}»), однако сигнализации об ошибке в данной ситуации не последует. Также не последует сигнализации в случае одновременной подачи на входы «IN1» и «IN2» сигналов соответствующих «лог.1», хотя выходные транзисторы будут закрыты.

Не рекомендуется подавать на выход «Error» напряжение и ток значениями выше предельно допустимых, в том числе и кратковременно.

R_{ТД1}, R_{ТД2} – выводы подключения времязадающих резисторов задержки первого и второго каналов. Фактически резисторами регулируется время задержки включения, тем самым при установке резисторов разных номиналов задержка на переключение по передним фронтам управляющих импульсов первого и второго каналов будет различной. В том случае, если увеличение времени задержки на переключение не требуется, вместо резисторов следует установить перемычки. Зависимость времени задержки от номинала резисторов приведена на рисунке 12.

V_c – выход внутреннего стабилизатора питания +5 В. Допускается подключение к данному выводу внешних схем. Стабилизатор имеет защиту от кратковременной перегрузки по току, однако в среднем ток потребления не должен превышать 50 мА, в противном случае драйвер может выйти из строя.

V_s – вход питания драйвера. Следует учитывать, что при уменьшении напряжения питания драйвера уменьшается выходное напряжение DC/DC – преобразователя. Тем самым, если питание меньше допустимого уровня, входная схема может работать исправно, однако на затворах управляемых транзисторов напряжение может упасть до уровня «U_{uvlo-}» и управление транзистором будет некорректным.

Ток потребления по входу питания составляет не более 200 мА без нагрузки. При подключении транзисторов ток потребления увеличивается на величину тока перезарядки затвора и может достигать 750 мА (равная нагрузка для обоих каналов). При большем токе потребления DC/DC – преобразователь может выйти из строя, либо, при кратковременном превышении тока потребления в 750 мА, выходное

напряжения DC/DC – преобразователя уменьшится до недопустимого уровня и сработает защита по недонапряжению, что приведёт к некорректному управлению транзистором. В случае, если нагрузка по каналам распределена неравномерно, то ток потребления одним каналом не должен превышать 300 мА (без учёта потребления схемой управления). Ток потребления зависит от частоты сигнала управления, от значений сопротивлений затворных резисторов и от входной ёмкости затвора (см. рисунки 5 и 6). Тем самым, при эксплуатации драйвера следует делать поправку на ток потребления в зависимости от транзисторов, на которые будет работать драйвер. Область безопасной работы драйвера в зависимости от ёмкости затвора и частоты представлена на рисунке 8.

MC1, MC2 – выводы подключения коллектора (стока) управляемого транзистора. Выводы предназначены для контроля падения напряжения (защита по насыщению) на транзисторе. При этом типичное значение порога срабатывания защиты равно 5,8 В (если не установлены внешние элементы). Порог срабатывания защиты регулируется установкой внешних элементов (стабилитронов и диодов); из максимального напряжения (5,8 В) вычитается падение напряжения на стабилитронах и диодах при токе 250 мкА. К примеру, если установить последовательно (см. рекомендуемую схему подключения на рисунке 2) стабилитрон с номинальным напряжением стабилизации 3,3 В и два диода с падением напряжения 0,7 В на токе 250 мкА, то порог срабатывания защиты будет равен $5,8 - 3,3 - 2 \times 0,7 = 1,1$ В.

В случае если защита от перегрузки по току управляемого транзистора не требуется, то вывод MC следует закоротить на исток (эмиттер) соответствующего канала.

MCR1, MCR2 – выводы подключения времязадающей емкости задержки выключения соответствующего управляемого транзистора при перегрузке по току. Задержка на срабатывание защиты необходима для избегания ложных срабатываний по кратковременным индуктивным выбросам. При этом длительность данной задержки будет равна длительности «импульса перезапуска» в случае возникновения аварии. Для увеличения задержки срабатывания защиты, рекомендуется устанавливать конденсаторы с номиналами указанными на рисунке 11. В случае если увеличение задержки не требуется, следует оставить данный вывод не подключенным; не рекомендуется соединять его с «общим» выводом.

OUToff1, OUToff2, OUTon1, OUTon2 – выходы, предназначенные для подключения затворов управляемых транзисторов. Рекомендуемая схема подключения представлена на рисунке 2. Ограничитель напряжения следует устанавливать с номинальным напряжением пробоя не менее 16 В и не более максимально-допустимого напряжения затвора управляемого транзистора. Рекомендуется ограничитель с номинальным пробивным напряжением 18 В. Допускается установка стабилитронов с соответствующим номинальным напряжением стабилизации. Если управляемый транзистор установлен на удалённом расстоянии от драйвера, то ограничитель рекомендуется ставить непосредственно на транзистор.

Затворные резисторы (Ron1, Ron2, Roff1, Roff2) необходимы для уменьшения максимального импульсного тока. Не рекомендуется устанавливать резисторы с номиналами менее 1 Ом. Допускается установка резисторов разных номиналов, к примеру, для увеличения длительности выключения управляемого транзистора с целью уменьшения амплитуды напряжения индуктивных выбросов.

7 ГРАФИКИ, ПОЯСНЯЮЩИЕ РАБОТУ ДРАЙВЕРА

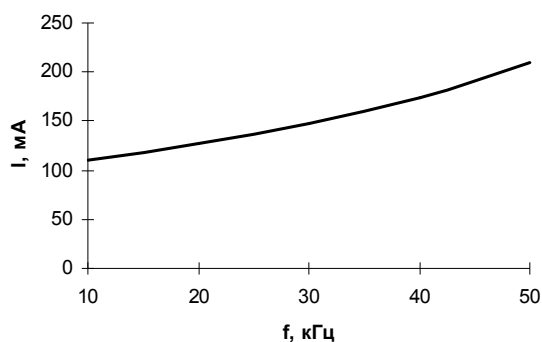


Рисунок 5 – График зависимости тока потребления драйвера от частоты сигнала управления без нагрузки

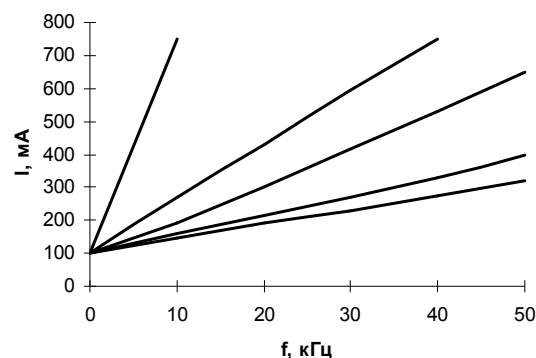


Рисунок 6 – График зависимости тока потребления от частоты сигнала под нагрузкой (с затворным резистором 5 Ом) для ёмкостей затвора 10 нФ, 25 нФ, 50 нФ, 100 нФ и 250 нФ

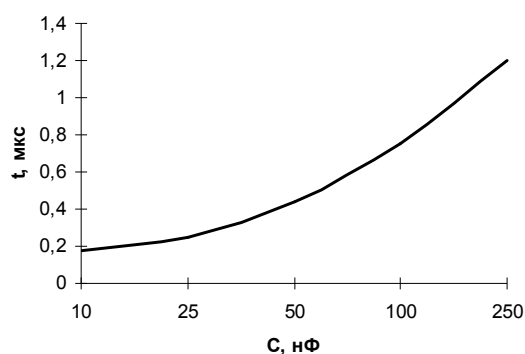


Рисунок 7 – График зависимости длительности фронтов от ёмкости затвора (с затворным резистором 5 Ом)

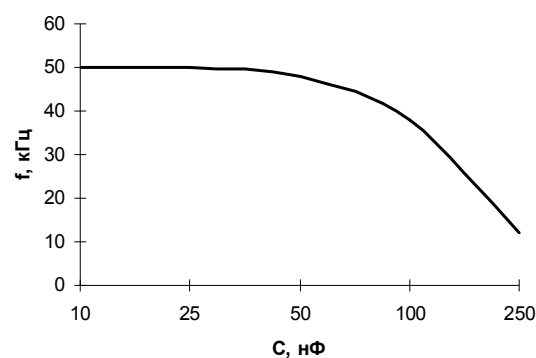


Рисунок 8 – График области безопасной работы драйвера (с затворным резистором 5 Ом)

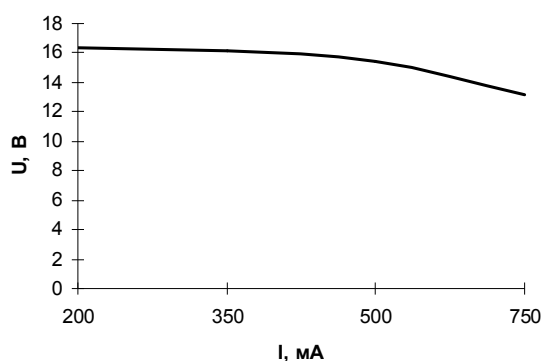


Рисунок 9 – График зависимости напряжения на затворе транзистора от тока потребления

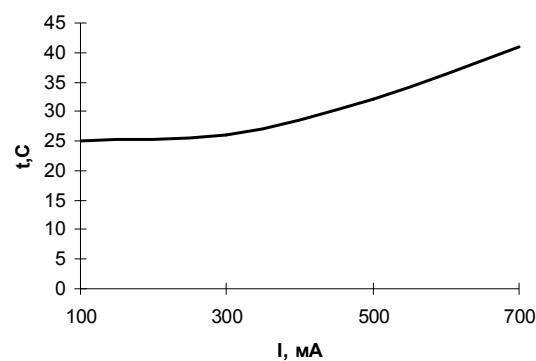


Рисунок 10 – График зависимости температуры корпуса драйвера от тока потребления

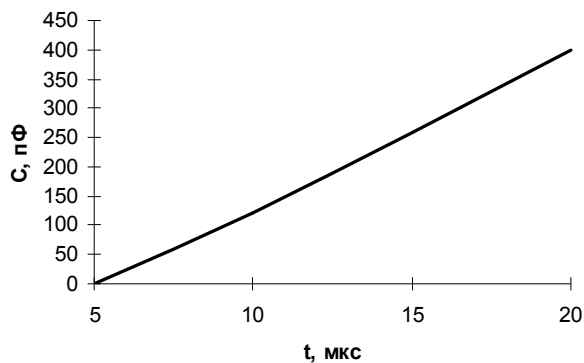


Рисунок 11 – График зависимости длительности задержки включения защиты по насыщению от подстроечной ёмкости

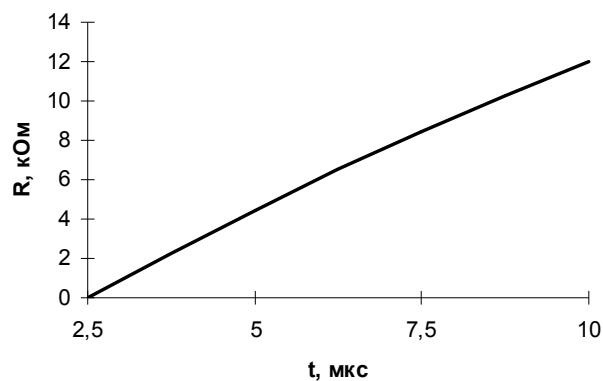


Рисунок 12 – График зависимости длительности задержки на переключение от номинала подстроечных резисторов

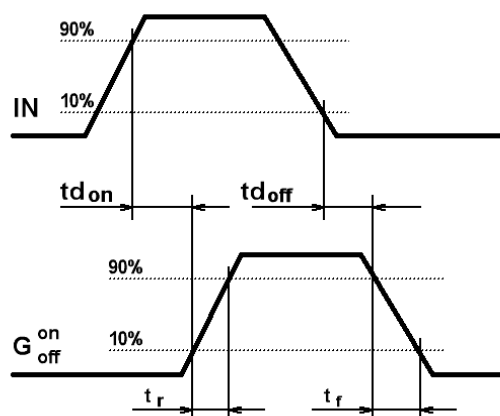


Рисунок 13 – Диаграмма, поясняющая временные параметры драйвера где IN – входной сигнал управления; G – сигнал на затворе управляемого транзистора

8 СОДЕРЖАНИЕ ЦВЕТНЫХ И ДРАГОЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ

В изделии содержатся цветные металлы: Медь..... г
Латунь г

9 РЕКОМЕНДАЦИИ К ЭКСПЛУАТАЦИИ

9.1 Требования к устойчивости при механических воздействиях

Механические воздействия для драйверов - по ГОСТ 20859.1, в соответствии с требованиями, предъявляемыми к управляемым ими силовым транзисторам, приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Требования по устойчивости драйверов к механическим воздействующим факторам

Внешний воздействующий фактор	Значение внешнего воздействующего фактора
Синусоидальная вибрация: - диапазон частот, Гц; - амплитуда ускорения, м/с^2 (g)	0,5 - 100 150 (15)
Механический удар одиночного действия: - пиковое ударное ускорение, м/с^2 (g); - длительность импульса ударного ускорения, мс	40 (4) 50

Группа устойчивости драйверов к механическим воздействиям - М27 по ГОСТ 17516.1.

В технически обоснованных случаях, по требованию конкретных заказчиков, драйверы могут изготавливаться и для других условий эксплуатации по ГОСТ 17516.1.

9.2 Требования к устойчивости при климатических воздействиях.

Климатические воздействия - по ГОСТ 20859.1, в соответствии с требованиями, предъявляемыми к управляемым ими силовым транзисторам.

Таблица 4 - Требования по устойчивости к климатическим воздействующим факторам

Климатический фактор	Значение климатического фактора
Пониженная температура среды: - рабочая, °C; - предельная, °C	минус 45 минус 60
Повышенная температура окружающей среды: - рабочая, °C; - предельная, °C	+85 +100
Относительная влажность при температуре 35 °C без конденсации влаги, %, не более	98
Изменение температуры среды, °C	от минус 60 до +100
Атмосферное пониженное давление, Па (мм рт.ст.)	86000 (650)
Атмосферное повышенное давление, Па (мм.рт.ст.)	106000 (800)

10 ГАРАНТИИ ИЗГОТОВИТЕЛЯ

Вероятность безотказной работы драйверов за 25000 часов – не менее 0,95.

Гамма-процентный ресурс в условиях и режимах, установленных ТУ – не менее 50000 часов при $\gamma = 90 \%$.

Гамма-процентный срок службы драйверов при условии суммарной наработки не более гамма процентного ресурса – не менее 10 лет при $\gamma = 90 \%$.

Гамма-процентный срок сохраняемости драйверов при $\gamma = 90 \%$ и хранении в условиях, допускаемых ТУ – 10 лет.

11 СВЕДЕНИЯ О ПРИЕМКЕ

Драйвер _____ соответствует АЛЕИ 468332.031 ТУ

Место для штампа ОТК

12 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УТИЛИЗАЦИИ

Утилизация изделия (переплавка, захоронение, перепродажа) производится в порядке, установленном Законами РФ: от 04 мая 1999г. № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха», от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления», а также другими общероссийскими и региональными нормами, правилами, распоряжениями и пр., принятыми во исполнение указанных законов.

ДРАЙВЕР IGBT И MOSFET

ТРАНЗИСТОРОВ МД180П-Б, МД180П-Б1

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Одноканальный драйвер мощных транзисторов с управлением (далее – драйвер) предназначен для гальванически развязанного управления мощным транзистором с полевым управлением (MOSFET или IGBT) с предельно допустимым напряжением до 1700 В. Драйвер является усилителем – формирователем сигналов управления затворами транзисторов с частотой до 50 кГц. Драйвер содержит встроенный гальванически развязанный DC/DC-преобразователь, обеспечивающий необходимые уровни отпирающих и запирающих напряжений на затворе транзистора.

2 СОСТАВ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДРАЙВЕРА

2.1 Драйвер выполнен в герметичном пластмассовом корпусе с заливкой компаундом.

2.2 В состав драйвера входят следующие функциональные узлы:

- 1 Стабилизатор напряжения питания драйвера с защитой от неправильной полярности включения;
- 2 Встроенный DC-DC преобразователь со стабилизацией уровня отпирающего и запирающего напряжения на затворах управляемых транзисторов;
- 3 Входная логика;
- 4 Схема управления затворами управляемых транзисторов;
- 5 Схема защиты от пониженного и повышенного напряжения на затворе управляемых транзисторов;
- 6 Схема защиты управляемых транзисторов от перегрузки по току.

2.2 Драйвер обеспечивает следующие функции управления, контроля и защиты управляемого транзистора:

- 1 Контроль напряжения насыщения на коллекторе управляемого транзистора, его защитное отключение при выходе из состояния насыщения;
- 2 Регулировку порога защитного отключения по напряжению насыщения;
- 3 Обеспечение плавного перехода драйвера из активного состояния в неактивное при «аварийной» ситуации (выход управляемого транзистора из режима насыщения);
- 4 Блокировку управления при «аварии»;
- 5 Сигнализацию о наличии аварии;
- 6 Регулировку времени включения - выключения управляемого транзистора путем изменения сопротивления резисторов в выходной цепи (R_{on} , R_{off});
- 7 Контроль напряжения питания драйвера (встроенный компаратор) на выходе DC-DC преобразователя.

3 ГАБАРИТНЫЙ ЧЕРТЕЖ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА

3.1 Габаритный чертёж приведен на рисунке 1, функциональная схема и схема включения драйвера изображены на рисунке 2.

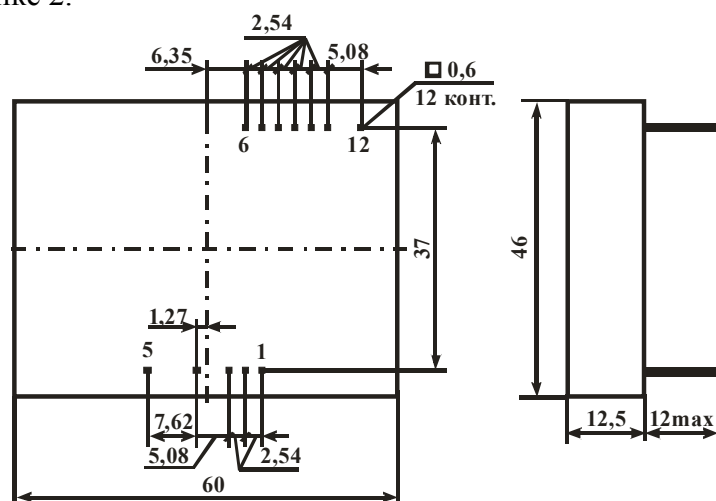


Рисунок 1 – Габаритный чертеж драйвера

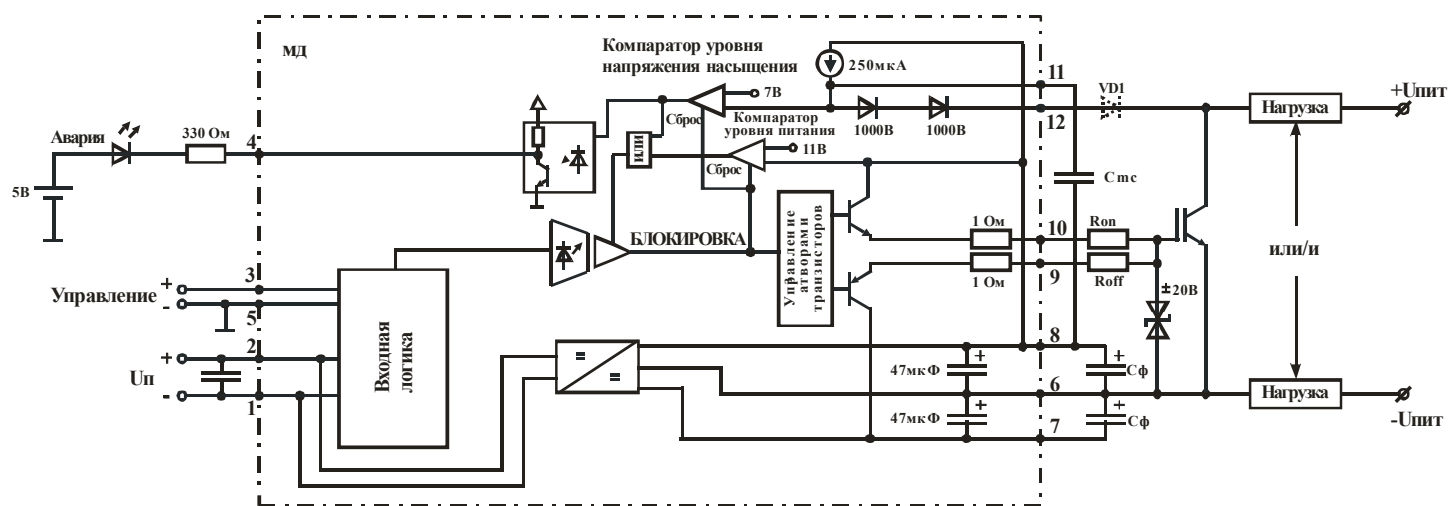


Рисунок 2– Функциональная схема и схема включения драйвера

3.2 Назначение выводов приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Назначение выводов драйвера

№ вывода	Назначение выводов	Обозначение выводов
1	Общий питания драйвера	Power GND
2	Питание + 15 В	Vs
3	Управляющий вход	IN
4	Выход сигнала ошибки	ERROR
5	Общий сигнальный вывод для подачи управляющего сигнала	Signal GND
6	Общий вывод выходных сигналов	OUTGND
7	Выход отрицательного питания DC-DC преобразователя	Uoff
8	Выход положительного питания DC-DC преобразователя	Uon
9	Выход драйвера с настройкой времени выключения	OUToff
10	Выход драйвера с настройкой времени включения	OUTon
11	Вывод настройки задержки включения защиты по напряжению насыщения управляемого транзистора	MCR
12	Измерительный коллектор – цепь контроля напряжения насыщения на управляемом транзисторе	MC

4 ОСНОВНЫЕ И ПРЕДЕЛЬНО-ДОПУСТИМЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Таблица 2 – Основные и предельно-допустимые параметры (при $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Значение			Примечания
			не менее	тип	не более	
Параметры блока DC/DC						
Номинальное напряжение питания	U _S	В	13,5	15	16,5	
Максимальный ток потребления	I _S	мА			100	f = 0 Гц, см. рисунки 4 и 5
Мощность встроенного источника питания выходной части модуля драйвера	P _{DC-DC}	Вт	4			
Параметры монитора напряжения						
Порог выключения	U _{UVLO+}	В		11		выход DC-DC
Порог включения	U _{UVLO-}	В		12		
Параметры входов управления						
Входное напряжение высокого уровня	U _{IH}	В	3	5	5,6	МД180П-Б
			9	15	16,8	МД180П-Б1
Входное напряжение низкого уровня	U _{IL}	В	-0,6	0	0,8	МД180П-Б
			-0,6	0	2,4	МД180П-Б1
Входное сопротивление	R _{IN}	кОм		2,0		МД180П-Б
				5,9		МД180П-Б1
Временные параметры						
Время задержки включения сигнала между входом и выходом	td on(in-out)	мкс			0,5	см. рисунок 11
Время задержки выключения сигнала между входом и выходом	td off (in-out)	мкс			0,5	см. рисунок 11
Максимальная рабочая частота	f _{max}	кГц			50	без нагрузки; см. раздел 6, рисунки 5 и 7
Время блокировки контроля падения напряжения на управляемом транзисторе в открытом состоянии	t _{BLOCK1}	мкс		6		настраивается потребителем; см. раздел 6 и рисунки 3 и 10
Время блокировки управляемого транзистора после «аварии»	t _{BLOCK2}	мс		70		см. рисунок 3
Время плавного аварийного отключения управляемого транзистора	t _{off}	мкс		6		см. рисунок 3
Время задержки включения сигнала аварии	td _(on-err)	мкс			2	
Выходные параметры						
Выходное напряжение высокого уровня	U _{OH}	В	+14	+16	+19	во всем диапазоне допустимых нагрузок
Выходное напряжение низкого уровня	U _{OL}	В	-7,5	-6	-4	во всём диапазоне допустимых нагрузок
Максимальный выходной импульсный ток	I _{Omax}	А	-8		+8	ограничено затворными резисторами, настраивается потребителем
Средний выходной ток	I _O	мА			160	

Продолжение таблицы 2

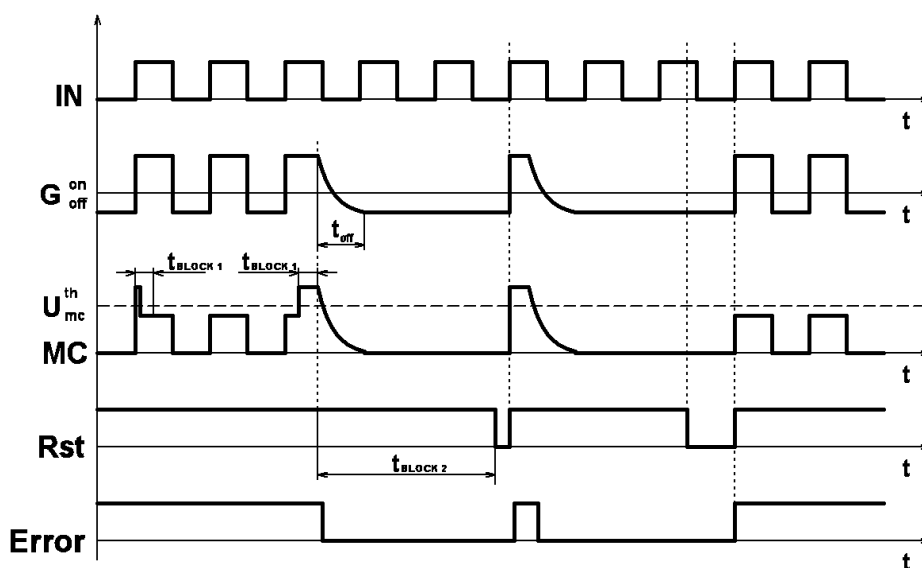
Параметр	Обозначение	Единица измерения	Значение			Примечания
			не менее	тип	не более	
Время нарастания выходного сигнала	t_r	нс			150	без нагрузки, см. раздел 6 и рисунки 6, 11
Время спада выходного сигнала	t_f	нс			150	без нагрузки, см. раздел 6 и рисунки 6, 11
Максимальный ток статусного вывода «Error»	$I_{ERR\ max}$	мА			20	
Максимальное напряжение на статусном выводе «Error»	$U_{ERR\ max}$	В			30	
Остаточное напряжение по выходу сигнала «Error»	$U_{O\ ERR}$	В	0	0,3	0,7	при $I_{ERR} = 20\ \text{мА}$
Пороговое напряжение на измерительном входе МС, вызывающее аварийное отключение	U_{MC}^{Th}	В		5,8		без дополнительных элементов
Параметры изоляции						
Максимально допускаемое обратное напряжение на выводе «МС»	$U_{R(MC)}$	В			2000	
Напряжение изоляции между входом и выходом по постоянному току	$U_{ISO(IN-OUT)}$	В			4000	DC, 1 мин
Критическая скорость изменения напряжения на выходе	$(dU/dt)_{cr}$	кВ/мкс			20	
Параметры эксплуатации и хранения						
Рабочий диапазон температур	T_A	°C	-45		+85	
Температура хранения	T_s	°C	-60		+100	
Параметры управляемого транзистора						
Максимально допустимое напряжение управляемого транзистора	$U_{CE} (U_{DS})$	В			1700	

5 РАБОТА ДРАЙВЕРА

Подача «лог.1» на управляющий вход «IN» приведет к открытию управляемого транзистора. Увеличение падения напряжения в открытом состоянии более чем на U_{mc}^{Th} за время, превышающее t_{BLOCK1} , приведет к срабатыванию защиты по превышению падения напряжения в открытом состоянии (при перегрузке по току). При возникновении «аварии» откроется транзистор, включенный по схеме с открытым коллектором (вывод «Error»). Через 70мс будет произведен сброс «аварии» внутренней схемой сброса «аварии» и по переднему фронту сигнала управления «IN» будет открыт управляемый транзистор. В случае если причина «аварии» не была устранена, цикл защиты повторится.

Снижение напряжения питания драйвера до уровня порога срабатывания защиты от пониженного напряжения питания драйвера «Uuvlo-» приведет к закрытию управляемого транзистора независимо от входных сигналов управления. По порогу срабатывания защиты от пониженного напряжения питания драйвера «Uuvlo+» сигналы управления восстановятся. При срабатывании защиты от пониженного напряжения питания сигнал ошибки на выходе «Error» не появляется.

Диаграмма, поясняющая работу драйвера, приведена на рисунке 3.



Rst – Периодический внутренний сигнал сброса «аварии»

Рисунок 3 – Функциональная диаграмма работы драйвера при «аварии»

6 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДКЛЮЧЕНИЮ ДРАЙВЕРА

IN – управляющий вход. Управление драйвером описано в разделе «Работа драйвера». При подаче управляющего напряжения следует учитывать, что на входах управления установлены обратные защитные диоды. Как следствие, в том случае если напряжение управления будет превышать напряжения питания более чем на 0,6 В, произойдет увеличения тока потребления по входам и при значительном превышении напряжения питания драйвер может выйти из строя.

Error – вывод сигнализирующий о возникновении аварии. Вывод представляют собой открытый коллектор транзистора схемы защиты. При этом транзистор будет открываться только при аварии вызванной перегрузкой силового транзистора по току; при снижении напряжения питания драйвера до уровня «Uuvlo-» транзисторы будут закрыты независимо от входных сигналов управления (сигналы восстановятся при достижении уровня питания соответствующего «Uuvlo+»), однако сигнализации об ошибке в данной ситуации не последует. Не рекомендуется подавать на выход «Error» напряжение и ток значениями выше предельно допустимых, в том числе и кратковременно.

V_S – вывод питания драйвера. Следует учитывать, что при уменьшении напряжения питания драйвера уменьшается выходное напряжение DC/DC – преобразователя. Тем самым, если питание меньше допустимого уровня, входная схема может работать исправно, однако на затворах управляемых транзисторов напряжение может упасть до уровня «Uuvlo-» и управление транзистором будет некорректным.

Типичный ток потребления по входу питания составляет не более 100 мА без нагрузки. При подключении транзисторов ток потребления увеличивается на величину тока перезарядки затвора и может достигать 400 мА. При большем токе потребления DC/DC – преобразователь может выйти из строя, либо, при кратковременном превышении тока потребления в 400 мА, выходное напряжения DC/DC – преобразователя уменьшится до недопустимого уровня и сработает защита по недонапряжению, что приведёт к некорректному управлению транзистором. Ток потребления зависит от частоты сигнала управления, от сопротивления затворных резисторов и от входной ёмкости затвора (см. рисунки 4 и 5). Тем самым, при эксплуатации драйвера следует делать поправку на ток потребления в зависимости от транзисторов, на которые будет работать драйвер. Область безопасной работы драйвера в зависимости от ёмкости затвора и частоты представлена на рисунке 7.

МС – вывод подключения коллектора (стока) управляемого транзистора. Вывод предназначен для контроля падения напряжения (защита по насыщению) на транзисторе. При этом максимальное значение порога срабатывания защиты равно 5,8 В. Порог срабатывания защиты регулируется установкой внешних элементов (стабилитронов и диодов); из максимального напряжения (5,8 В) вычитается падение напряжения на стабилитронах и диодах при токе 250 мкА. К примеру, если установить последовательно (см. рекомендуемую схему подключения на рисунке 2) стабилитрон с номинальным напряжением стабилизации 3,3 В и два диода с падением напряжения 0,7 В на токе 250 мкА, то порог срабатывания защиты будет равен $5,8 - 3,3 - 2 \times 0,7 = 1,1$ В.

В случае если защита от перегрузки по току управляемого транзистора не требуется, то вывод МС следует закоротить на исток (эмиттер) соответствующего канала.

MCR – вывод подключения времязадающей емкости задержки выключения управляемого транзистора при перегрузки по току. Задержка на срабатывание защиты необходима для избегания ложных срабатываний по кратковременным индуктивным выбросам. При этом длительность данной задержки будет равна длительности «импульса перезапуска» в случае возникновения аварии. Для увеличения задержки срабатывания защиты, рекомендуется устанавливать конденсаторы с номиналами указанными на рисунке 10. В случае, если увеличение задержки не требуется, следует оставить данный вывод не подключенным; не рекомендуется соединять его с «общим» выводом.

OUToff, OUTon – выходы, предназначенные для подключения затворов управляемых транзисторов. Рекомендуемая схема подключения представлена на рисунке 2. Ограничитель напряжения следует устанавливать с номинальным напряжением пробоя не менее 16 В и не более максимально-допустимого напряжения на затворе управляемого транзистора. Рекомендуется ограничитель с номинальным пробивным напряжением 18 В. Допускается установка стабилитронов с соответствующим номинальным напряжением стабилизации. Если управляемый транзистор установлен на удалённом расстоянии от драйвера, то ограничитель рекомендуется ставить непосредственно на транзистор.

Затворные резисторы (R_{on} , R_{off}) необходимы для уменьшения максимального импульсного тока. Не рекомендуется устанавливать резисторы с номиналами менее 1 Ом. Допускается установка резисторов разных номиналов, к примеру, для увеличения длительности выключения управляемого транзистора с целью уменьшения амплитуды напряжения индуктивных выбросов.

7 ГРАФИКИ, ПОЯСНЯЮЩИЕ РАБОТУ ДРАЙВЕРА

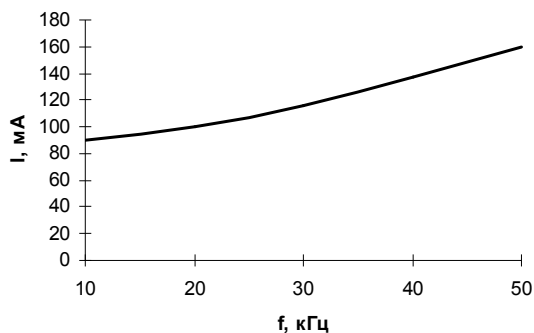


Рисунок 4 – График зависимости тока потребления драйвера от частоты сигнала управления без нагрузки

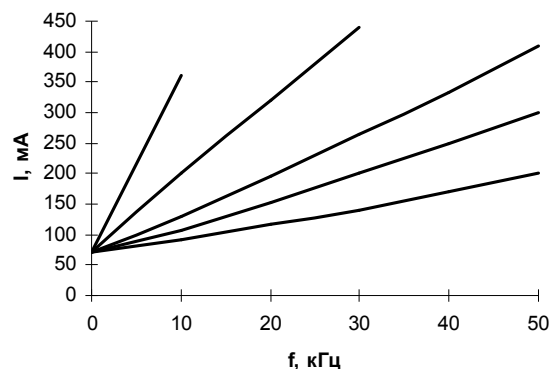


Рисунок 5 – График зависимости тока потребления от частоты сигнала под нагрузкой (с затворным резистором 5 Ом) для ёмкостей затвора 10 нФ, 25 нФ, 50 нФ, 100 нФ и 250 нФ

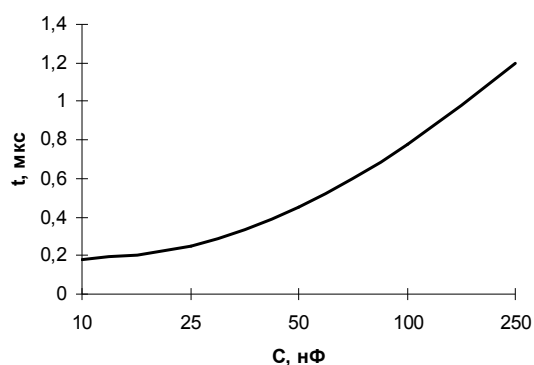


Рисунок 6 – График зависимости длительности фронтов от ёмкости затвора (с затворным установленным резистором 5 Ом)

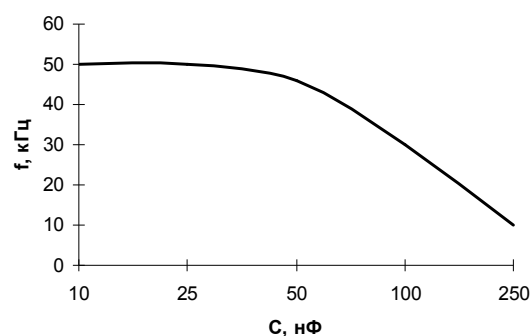


Рисунок 7 – График области безопасной работы драйвера (с затворным резистором 5 Ом)

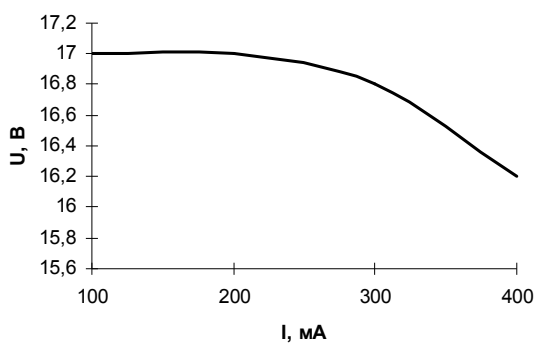


Рисунок 8 – График зависимости напряжения на затворе транзистора от тока потребления

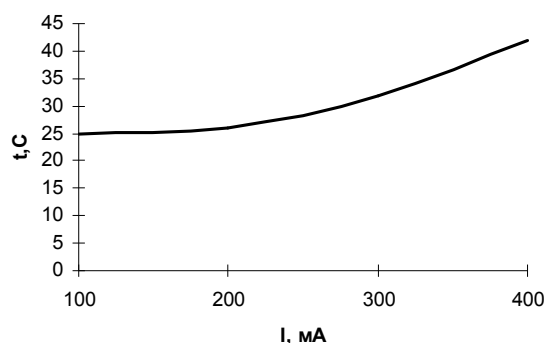


Рисунок 9 – График зависимости температуры корпуса драйвера от тока потребления

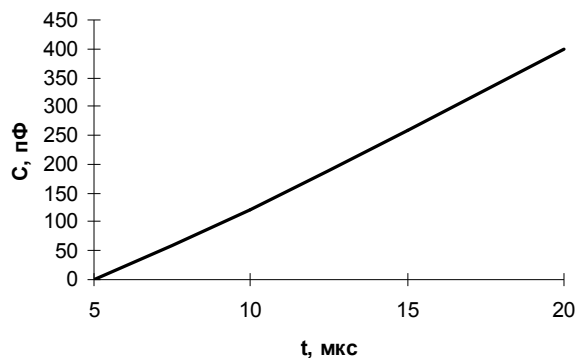


Рисунок 10 – График зависимости длительности задержки включения защиты по насыщению от подстроечной ёмкости

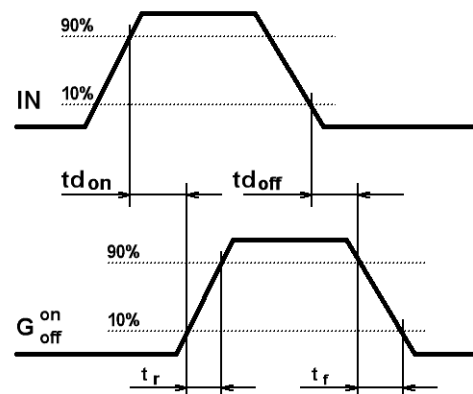


Рисунок 11 – Диаграмма, поясняющая временные параметры драйвера
где IN – входной сигнал управления; G – сигнал на затворе управляемого транзистора

8 СОДЕРЖАНИЕ ЦВЕТНЫХ И ДРАГОЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ

В изделии содержатся цветные металлы: Медь..... г
Латунь г

9 РЕКОМЕНДАЦИИ К ЭКСПЛУАТАЦИИ

9.1 Требования к устойчивости при механических воздействиях

Механические воздействия для драйверов - по ГОСТ 20859.1, в соответствии с требованиями, предъявляемыми к управляемым ими силовым транзисторам, приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Требования по устойчивости драйверов к механическим воздействующим факторам

Внешний воздействующий фактор	Значение внешнего воздействующего фактора
Синусоидальная вибрация:	
- диапазон частот, Гц;	0,5 - 100
- амплитуда ускорения, м/с^2 (g)	150 (15)
Механический удар одиночного действия:	
- пиковое ударное ускорение, м/с^2 (g);	40 (4)
- длительность импульса ударного ускорения, мс	50

Группа устойчивости драйверов к механическим воздействиям - M27 по ГОСТ 17516.1.

В технически обоснованных случаях, по требованию конкретных заказчиков, драйверы могут изготавливаться и для других условий эксплуатации по ГОСТ 17516.1.

9.2 Требования к устойчивости при климатических воздействиях.

Климатические воздействия - по ГОСТ 20859.1, в соответствии с требованиями, предъявляемыми к управляемым ими силовым транзисторам.

Таблица 4 - Требования по устойчивости к климатическим воздействующим факторам

Климатический фактор	Значение климатического фактора
Пониженная температура среды:	
- рабочая, °С;	минус 45
- предельная, °С	минус 60
Повышенная температура окружающей среды:	
- рабочая, °С;	+85
- предельная, °С	+100
Относительная влажность при температуре 35 °С без конденсации влаги, %, не более	98
Изменение температуры среды, °С	от минус 60 до +100
Атмосферное пониженное давление, Па (мм рт.ст.)	86000 (650)
Атмосферное повышенное давление, Па (мм.рт.ст.)	106000 (800)

10 ГАРАНТИИ ИЗГОТОВИТЕЛЯ

Вероятность безотказной работы драйверов за 25000 часов – не менее 0,95.

Гамма-процентный ресурс в условиях и режимах, установленных ТУ – не менее 50000 часов при $\gamma = 90 \%$.

Гамма-процентный срок службы драйверов при условии суммарной наработки не более гамма процентного ресурса – не менее 10 лет при $\gamma = 90 \%$.

Гамма-процентный срок сохраняемости драйверов при $\gamma = 90 \%$ и хранении в условиях, допускаемых ТУ – 10 лет.

11 СВЕДЕНИЯ О ПРИЕМКЕ

Драйвер _____ соответствует АЛЕИ 468332.031 ТУ

Место для штампа ОТК

12 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УТИЛИЗАЦИИ

Утилизация изделия (переплавка, захоронение, перепродажа) производится в порядке, установленном Законами РФ: от 04 мая 1999г. № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха», от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления», а также другими общероссийскими и региональными нормами, правилами, распоряжениями и пр., принятыми во исполнение указанных законов.

ДРАЙВЕРЫ IGBT И MOSFET ТРАНЗИСТОРОВ МД150А, МД150Б, МД150В

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Одноканальные драйверы MOSFET и IGBT транзисторов серии МД150 предназначены для гальванически развязанного управления мощным транзистором с полевым управлением. Драйвер является усилителем – формирователем сигналов управления затвором транзистора с частотой до 25 кГц.

Исполнения драйвера представлены в таблице 1.

Таблица 1

Тип драйвера	Аналог драйвера	Максимальное напряжение управляемого модуля (V_{CE}) и соответствующий максимальный ток (I_C)		
		600 В	1200 В	1700 В
МД150А	M57962L	600 А	400 А	-
МД150Б	M57962AL			
МД150В	M57962K-01R	600 А	400 А	400 А

2 ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДРАЙВЕРА

2.1 Драйвер обеспечивает следующие функции управления, контроля и защиты управляемого транзистора:

- 1 Управление транзистором с напряжениями соответствующими заданным напряжениям питания
- 2 Контроль напряжения насыщения на коллекторе управляемого транзистора, его защитное отключение при выходе из состояния насыщения;
- 3 Обеспечение плавного перехода драйвера из активного состояния в неактивное при «аварийной» ситуации (выход управляемого транзистора из режима насыщения);
- 4 Блокировку управления при «аварии»;
- 5 Сигнализацию о наличии аварии;

3 ГАБАРИТНЫЙ ЧЕРТЕЖ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА

3.1 Габаритный чертёж приведен на рисунке 1, функциональная схема приведена на рисунке 2, схема включения приведена на рисунке 3.

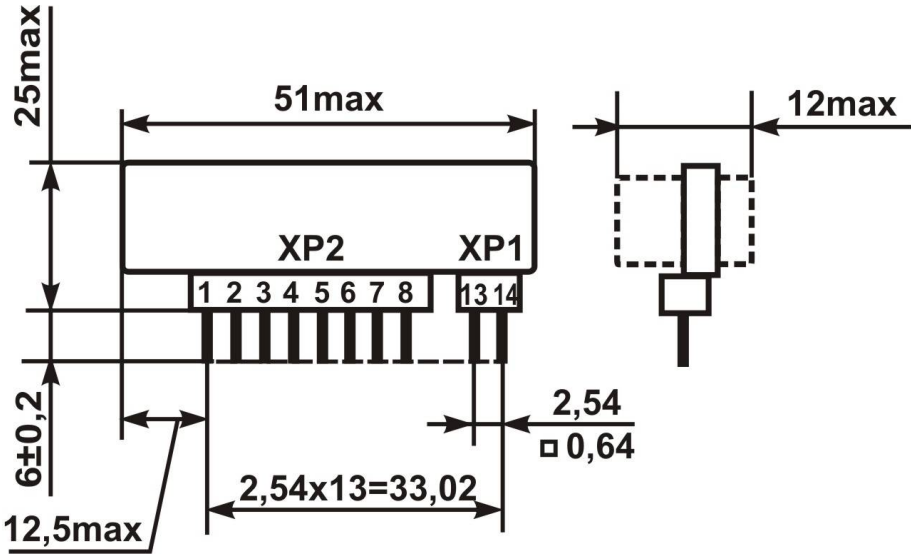


Рисунок 1 – Габаритный чертеж драйвера

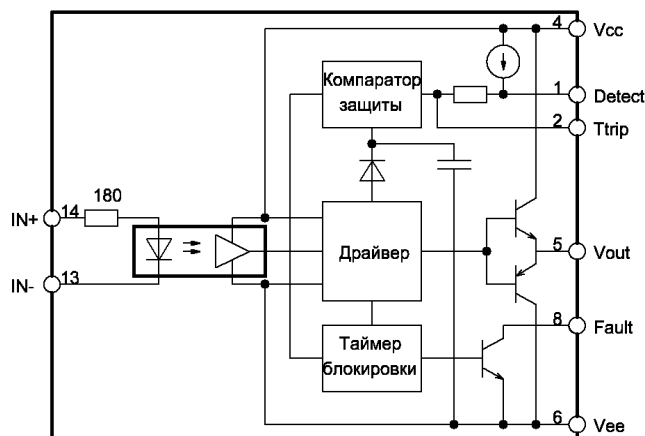


Рисунок 2 – Функциональная схема драйвера

Выход «Ttrip» задействован только для драйверов МД150Б, МД150В

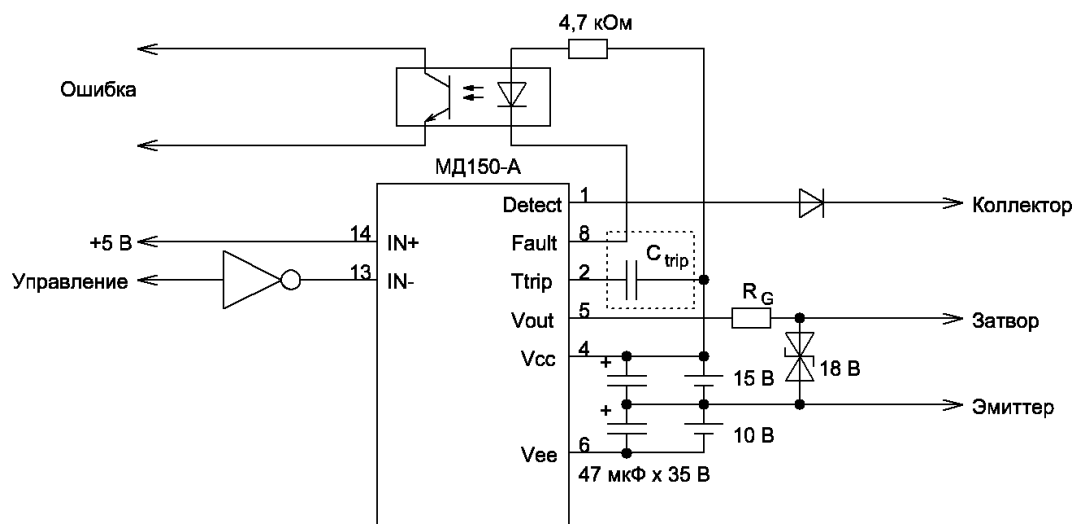


Рисунок 3 – Схема включения драйвера

Конденсатор «Ctrip» устанавливается для драйверов МД150Б, МД150В

3.2 Назначение выводов драйвера приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Назначение выводов драйвера

Вывод	Обозначение	Назначение
1	Detect	Измерительный коллектор, вывод контроля напряжения насыщения
2	Ttrip	Вывод настройки задержки срабатывания защиты по ненасыщению (для МД150А вывод недействует)
3	-	Недействует
4	Vcc	Вывод подключения положительного выходного питания +10...20 В
5	Vout	Вывод подключения затвора управляемого транзистора
6	Vee	Вывод подключения отрицательного выходного питания -20...0 В
7	-	Недействует
8	Fault	Вывод сигнала ошибки (открытый коллектор)
9	-	Недействует
10	-	Недействует
11	-	Недействует
12	-	Недействует
13	IN-	Катод светодиода входного оптрона
14	IN+	Анод светодиода входного оптрона

4 ОСНОВНЫЕ И ПРЕДЕЛЬНО-ДОПУСТИМЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Таблица 2 – Основные и предельно-допустимые параметры (при T = 25 °C)

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Значение			Примечания
			не менее	тип	не более	
Параметры питания						
Максимальный размах напряжений питания	U _S	В			35	
Положительное напряжение питания	U _{CC}	В	10		20	
Отрицательное напряжение питания	U _{EE}	В	-20		0	
Ток потребления без нагрузки	I _S	мА			35	f = 0 Гц
Максимальный ток потребления	I _{S max}	мА			150	см. рисунок 5
Параметры входов управления						
Ток светодиода оптрона соот. включению управляемого транзистора	I _{IN ON}	мА	5		20	
Ток светодиода оптрона соот. выключению управляемого транзистора	I _{IN OFF}	мА	0		1,5	
Ток управления при Uупр=5 В	I _{IN 5V}	мА		17		
Входное сопротивление	R _{IN}	Ом		180		
Временные параметры						
Время задержки включения/выключения между входом и выходом	t _{d on/off (in-out)}	мкс			1,5	для МД150А
					1,3	для МД150Б(В)
Максимальная рабочая частота	f _{max}	кГц			25	см. рисунок 5
Задержка срабатывания защиты по ненасыщению	t _{trip}	мкс	2	2,6	3	см. рисунок 6
Время плавного аварийного отключения транзистора	ts	мкс	5	8	15	
Время блокировки управляемого транзистора после «аварии»	t _{block}	мс	1	1,6	2	
Время задержки включения сигнала аварии	td _(on-err)	мкс		0,1	1	
Выходные параметры						
Выходной импульсный ток включения	I _{Omax +}	А	5			
Выходной импульсный ток выключения	I _{Omax -}	А			-5	
Выходной средний ток	I _O	мА			130	
Время нарастания выходного сигнала	t _r	нс			150	без нагрузки
Время спада выходного сигнала	t _f	нс			100	
Максимальный ток статусного вывода «Fault»	I _{F max}	мА			10	
Максимальное напряжение на статусном выводе «Fault»	U _{F max}	В			30	
Остаточное напряжение по выходу сигнала «Fault»	U _{O F}	В			1	при I _{ERR} = 10 мА
Пороговое напряжение на измерительном входе «Detect», вызывающее аварийное отключение	U Th _{Umc}	В	9	9,4	11	При U _{cc} =15 В и одним защитным диодом
Параметры изоляции						
Напряжение изоляции между входом и выходом (DC, 1 мин)	U _{ISO(IN-OUT)}	В			4000	для МД150А(Б)
					7500	для МД150В
Критическая скорость изменения напряжения на выходе	dU/dt	кВ/мкс			20	
Параметры эксплуатации и хранения						
Рабочий диапазон температур	T _A	°С	-40		+85	
Температура хранения	T _S	°С	-45		+100	

5 РАБОТА ДРАЙВЕРА

Подача тока свыше 5 мА на управляющие входы «IN» приведет к открытию управляемого транзистора. Увеличение падения напряжения в открытом состоянии более, чем на U_{mc}^{Th} за время, превышающее t_{trip} приведет к срабатыванию защиты по превышению падения напряжения в открытом состоянии (по перегрузке по току). При возникновении «аварии» откроется транзистор, включенный по схеме с открытым коллектором (вывод «Fault»). Через время t_{block} будет произведен сброс «аварии» внутренней схемой сброса «аварии» и по ближайшему следующему за сбросом переднему фронту сигнала управления «IN» будет открыт управляемый транзистор. В случае если причина «аварии» не была устранена, цикл защиты повторится.

Диаграмма, поясняющая работу драйвера, приведена на рисунке 4.

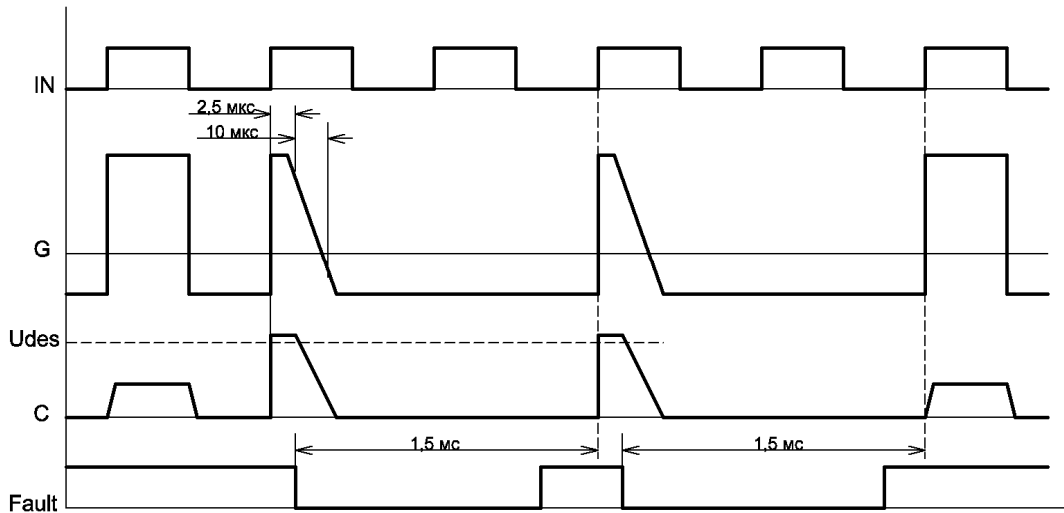


Рисунок 4 – Функциональная диаграмма работы драйвера при «аварии»

6 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДКЛЮЧЕНИЮ ДРАЙВЕРА

IN+, IN- – управляющие входы. Представляют собой выводы светодиода входного оптрона (анод и катод соответственно). Управление драйвером описано в разделе «Работа драйвера».

Fault – вывод, сигнализирующий о возникновении аварии. Вывод представляет собой открытый коллектор транзистора схемы защиты по ненасыщению управляемого транзистора. Вывод гальванически связан с выходными цепями драйвера; для передачи статусного сигнала на гальванически развязанную входную схему драйвера рекомендуется использовать оптрон включённый по схеме приведённой на рисунке 3.

V_{CC}, V_{EE} – выводы подключения положительного и отрицательного питания соответственно выходной схемы драйвера, при этом суммарный размах напряжений питания по данным выводам не должен превышать 35 В. К выводам подключения питания относительно «общего» выходных необходимо устанавливать конденсаторы ёмкостью 20...100 мкФ (см. рисунок 3). Ток потребления по данным выходам в любом режиме работы драйвера не должен превышать 150 мА, в противном случае драйвер может выйти из строя.

V_{out} – вывод подключения затвора управляемого транзистора. Для уменьшения выходного импульсного тока драйвера (и, соответственно, времени включения/выключения управляемого транзистора) рекомендуется в разрыв данного вывода и затвора устанавливать затворный резистор; допускается включение драйвера без затворного резистора. Для защиты управляемого транзистора от перенапряжения на затворе рекомендуется устанавливать между затвором и эмиттером (исток) транзистора двунаправленный ограничитель напряжения на номинальное пробивное напряжение 18 В.

T_{trip} – вывод подключения конденсатора настройки длительности задержки срабатывания защиты по ненасыщению, см. рисунок 6. Вывод задействован для драйверов МД150Б, МД150В.

Detect – вывод подключения коллектора (стока) управляемого транзистора. Вывод предназначен для контроля падения напряжения (защита по ненасыщению) на транзисторе. Драйвер не имеет встроенного защитного обратного диода, необходима установка внешних обратных диодов на максимальное

обратное напряжение не менее чем на 20% больше максимально-допустимого напряжения управляемого транзистора.

Типичное значение порога срабатывания защиты составляет 9,4 В с одним обратным диодом. Порог срабатывания защиты регулируется установкой внешних элементов (стабилитронов и диодов); из максимального напряжения (9,4 В) вычитается падение напряжения на стабилитронах и диодах при токе 4 мА. Например, если установить последовательно входу «Detect» стабилитрон (катодом к драйверу) с номинальным напряжением стабилизации 3,3 В и два диода с падением напряжения 0,7 В на токе 4 мА, то порог срабатывания защиты будет равен $9,4 - 3,3 - 2 \times 0,7 = 4,7$ В.

В случае если защита от перегрузки по току управляемого транзистора не требуется, то данный вывод следует закоротить на эмиттер (исток) управляемого транзистора.

7 ГРАФИКИ, ПОЯСНЯЮЩИЕ РАБОТУ ДРАЙВЕРА

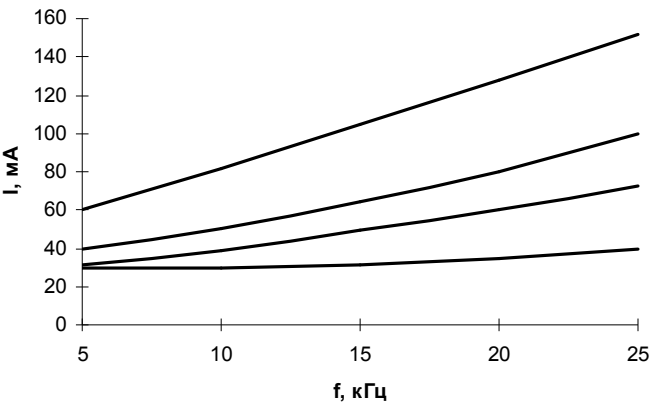


Рисунок 5 – График зависимости тока потребления драйвером от частоты сигнала управления под нагрузкой (с затворным резистором 1 Ом) для ёмкостей затвора 10 нФ, 25 нФ, 50 нФ, 100 нФ

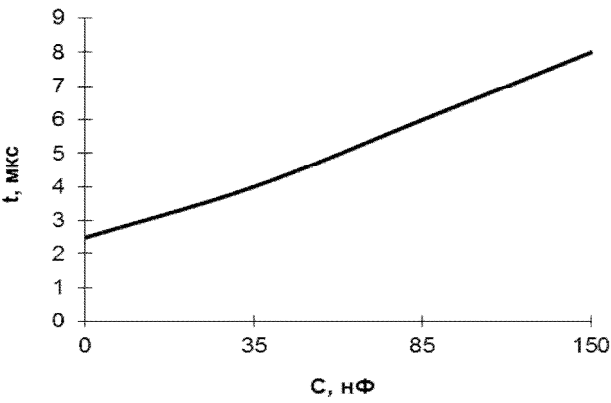


Рисунок 6 – График зависимости длительности задержки срабатывания защиты по ненасыщению от номинала ёмкости Strip

8 СВЕДЕНИЯ О СОДЕРЖАНИИ ДРАГМЕТАЛЛОВ

Драгметаллов не содержится

9 РЕКОМЕНДАЦИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

9.1 Требования к устойчивости при механических воздействиях

Механические воздействия для драйверов - по ГОСТ 20859.1, в соответствии с требованиями, предъявляемыми к управляемым ими силовым транзисторам, приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Требования по устойчивости драйверов к механическим воздействующим факторам

Внешний воздействующий фактор	Значение внешнего воздействующего фактора
Синусоидальная вибрация:	
- диапазон частот, Гц;	0,5 - 100
- амплитуда ускорения, м/с ² (g)	150 (15)
Механический удар одиночного действия:	
- пиковое ударное ускорение, м/с ² (g);	40 (4)
- длительность импульса ударного ускорения, мс	50

Группа устойчивости драйверов к механическим воздействиям - M27 по ГОСТ 17516.1.

В технически обоснованных случаях, по требованию конкретных заказчиков, драйверы могут изготавливаться и для других условий эксплуатации по ГОСТ 17516.1.

9.2 Требования к устойчивости при климатических воздействиях.

Климатические воздействия - по ГОСТ 20859.1, в соответствии с требованиями, предъявляемыми к управляемым ими силовым транзисторам.

Таблица 4 - Требования по устойчивости к климатическим воздействующим факторам

Климатический фактор	Значение климатического фактора
Пониженная температура среды: - рабочая, °С; - предельная, °С	минус 40 минус 45
Повышенная температура окружающей среды: - рабочая, °С; - предельная, °С	+85 +100
Относительная влажность при температуре 35 °С без конденсации влаги, %, не более	98
Изменение температуры среды, °С	от минус 45 до +100
Атмосферное пониженное давление, Па (мм рт.ст.)	86000 (650)
Атмосферное повышенное давление, Па (мм.рт.ст.)	106000 (800)

10 ТРЕБОВАНИ НАДЕЖНОСТИ

Вероятность безотказной работы драйверов за 25000 часов должна быть не менее 0,95.

Гамма-процентный ресурс в условиях и режимах, установленных ТУ должен быть не менее 50000 часов при $\gamma = 90\%$.

Гамма-процентный срок службы драйверов, при условии суммарной наработки не более гамма процентного ресурса, не менее 10 лет, при $\gamma = 90\%$.

Гамма-процентный срок сохраняемости драйверов, при $\gamma = 90\%$ и хранении в условиях, допускаемых ТУ – 10 лет.

11 СВЕДЕНИЯ О ПРИЕМКЕ

Драйвер _____ соответствует АЛЕИ 468332.031 ТУ

Место для штампа ОТК

12 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УТИЛИЗАЦИИ

Утилизация изделия (переплавка, захоронение, перепродажа) производится в порядке, установленном Законами РФ: от 04 мая 1999г. № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха», от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления», а также другими общероссийскими и региональными нормами, правилами, распоряжениями и пр., принятыми во исполнение указанных законов.

ДРАЙВЕР IGBT И MOSFET ТРАНЗИСТОРОВ 2МД1180П–Б

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Двухканальный драйвер мощных транзисторов с независимым управлением (далее – драйвер) предназначен для гальванически развязанного управления двумя мощными транзисторами с полевым управлением (MOSFET или IGBT) с предельно допустимым напряжением до 1700 В. Драйвер является усилителем – формирователем сигналов управления затворами транзисторов с частотой до 100 кГц. Драйвер содержит встроенный гальванически развязанный DC/DC-преобразователь, обеспечивающий необходимые уровни отпирающих и запирающих напряжений на затворе транзистора.

2 СОСТАВ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДРАЙВЕРА

2.1 Драйвер выполнен в герметичном пластмассовом корпусе с заливкой компаундом.

2.2 В состав драйвера входят следующие функциональные узлы:

- 1 Стабилизатор напряжения питания драйвера с защитой от неправильной полярности включения;
- 2 Встроенный DC-DC преобразователь со стабилизацией уровня отпирающего и запирающего напряжения на затворах управляемых транзисторов;
- 3 Входная логика;
- 4 Схема управления затворами управляемых транзисторов;
- 5 Схема защиты от пониженного и повышенного напряжения на затворе управляемых транзисторов;
- 6 Схема защиты управляемых транзисторов от перегрузки по току.

2.2 Драйвер обеспечивает следующие функции управления, контроля и защиты управляемого транзистора:

- 1 Контроль напряжения насыщения на коллекторе управляемого транзистора, его защитное отключение при выходе из состояния насыщения;
- 2 Регулировку порога защитного отключения по напряжению насыщения;
- 3 Обеспечение плавного перехода драйвера из активного состояния в неактивное при «аварийной» ситуации (выход управляемого транзистора из режима насыщения);
- 4 Блокировку управления при «аварии»;
- 5 Сигнализацию о наличии аварии;
- 6 Регулировку времени включения - выключения управляемого транзистора путем изменения сопротивления резисторов в выходной цепи (R_{on} , R_{off});
- 7 Контроль напряжений питания драйвера (встроенные компараторы) на выходе DC-DC преобразователя.

3 ГАБАРИТНЫЙ ЧЕРТЕЖ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА

3.1 Габаритный чертёж приведен на рисунке 1, функциональная схема и схема включения драйвера изображены на рисунке 2.

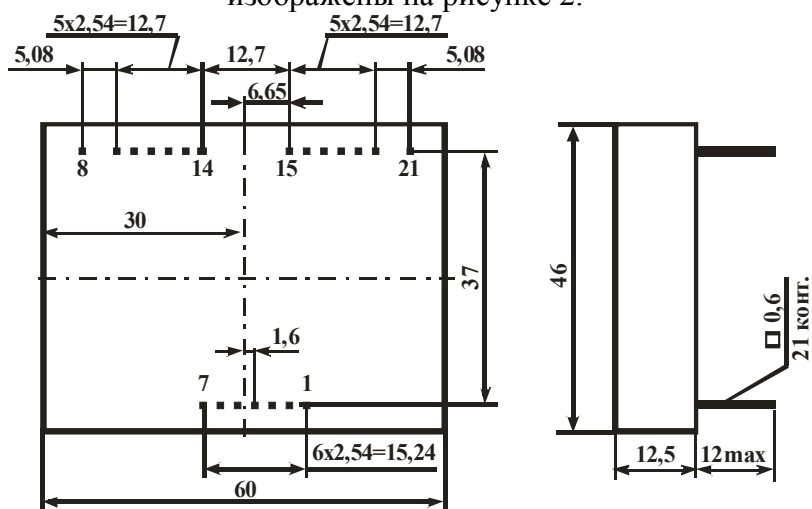


Рисунок 1 – Габаритный чертёж драйвера

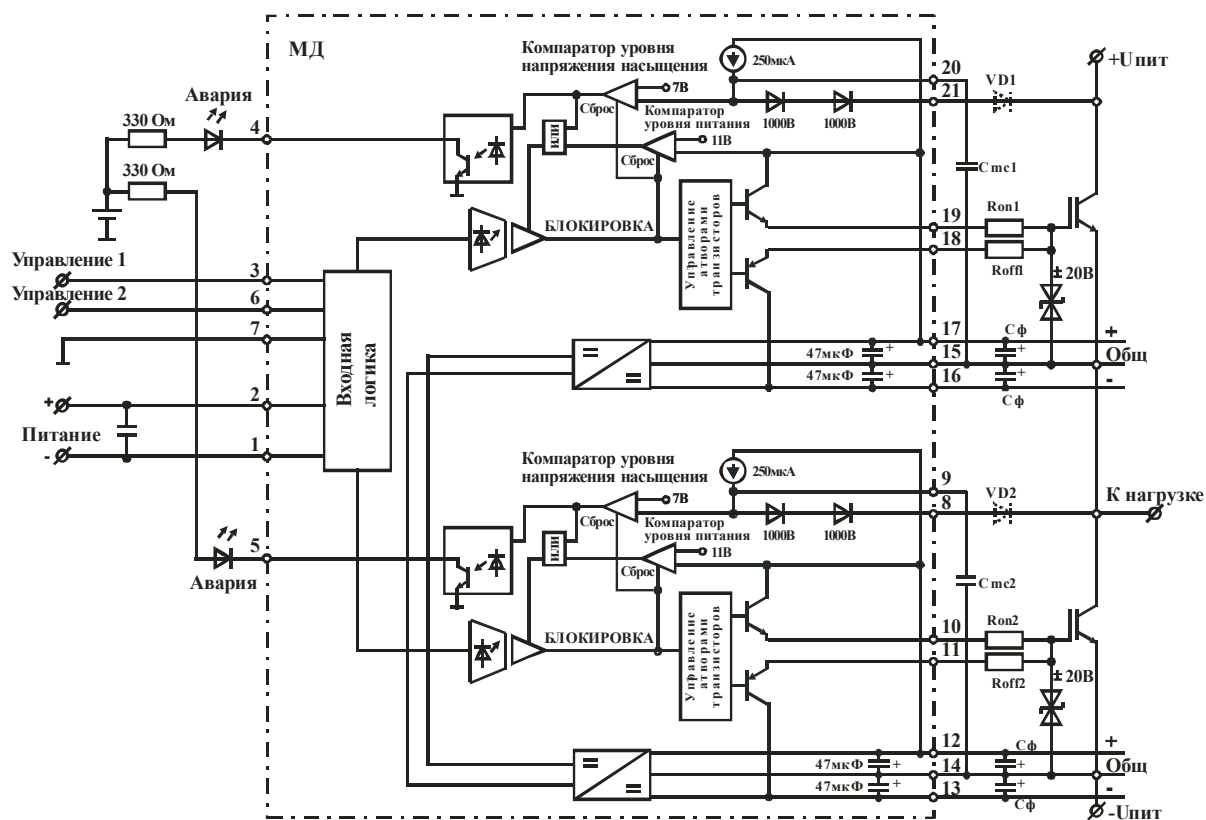


Рисунок 2– Функциональная схема и схема включения драйвера

3.2 Назначение выводов приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Назначение выводов драйвера

Выводы	Назначение выводов	Обозначение выводов
1	Общий питания драйвера	Power GND
2	Питание +15 В	Vs
3	Управляющий вход канала 1	IN1
4	Выход сигнала ошибки канала 1	ERROR1
5	Выход сигнала ошибки канала 2	ERROR2
6	Управляющий вход канала 2	IN2
7	Общий сигнальный вывод для подачи управляющих сигналов	Signal GND

Продолжение таблицы 1

Выводы	Назначение выводов	Обозначение выводов
8	Измерительный коллектор - цепь контроля напряжения насыщения на управляемом транзисторе канала 2	MC2
9	Вывод настройки задержки включения защиты по напряжению насыщения управляемого транзистора канала 2	MCR2
10	Включающий выход драйвера канала 2	OUTon2
11	Выключающий выход драйвера канала 2	OUToff2
12	Выход положительного напряжения питания DC/DC-преобразователя канала 2	Uon2
13	Выход отрицательного напряжения питания DC/DC-преобразователя канала 2	Uoff2
14	Общий вывод выходных сигналов канала 2	OUT GND2
15	Общий вывод выходных сигналов канала 1	OUT GND1
16	Выход отрицательного напряжения питания DC/DC-преобразователя канала 1	Uoff1
17	Выход положительного напряжения питания DC/DC-преобразователя канала 1	Uon1
18	Выключающий выход драйвера канала 1	OUToff1
19	Включающий выход драйвера канала 1	OUTon1
20	Вывод настройки задержки включения защиты по напряжению насыщения управляемого транзистора канала 1	MCR1
21	Измерительный коллектор - цепь контроля напряжения насыщения на управляемом транзисторе канала 1	MC1

4 ОСНОВНЫЕ И ПРЕДЕЛЬНО-ДОПУСТИМЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Таблица 2 – Основные и предельно-допустимые параметры (при $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Значение			Примечания
			не менее	тип	не более	
Параметры блока DC/DC						
Номинальное напряжение питания	U _S	В	13,5	15	16,5	
Максимальный ток потребления	I _S	мА		80	120	f = 0 Гц, см. рисунки 5 и 6
Мощность встроенного источника питания выходной части модуля драйвера	P _{DC-DC}	Вт	3			на каждый канал
Параметры монитора напряжения						
Порог выключения	U _{UVLO+}	В		11		выход DC-DC
Порог включения	U _{UVLO-}	В		12		
Параметры входов управления						
Входное напряжение высокого уровня	U _{IH}	В	3	5	5,6	
Входное напряжение низкого уровня	U _{IL}	В	-0,6	0	0,8	
Входное сопротивление	R _{IN}	кОм		2,0		
Временные параметры						
Время задержки включения сигнала между входом и выходом	td on(in-out)	мкс			0,5	см. рисунок 10
Время задержки выключения сигнала между входом и выходом	td off (in-out)	мкс			0,5	см. рисунок 10
Максимальная рабочая частота	f _{max}	кГц			100	без нагрузки; см. раздел 6

Время блокировки контроля падения напряжения на управляемом транзисторе в открытом состоянии	t_{BLOCK1}	мкс	2			настраивается потребителем; см. раздел 6, рисунок 9
Время блокировки управляемого транзистора после «аварии»	t_{BLOCK2}	мс		70		
Время плавного аварийного отключения управляемого транзистора	t_{off}	мкс		1,5		
Время задержки включения сигнала аварии	$t_{\text{d(on-err)}}$	мкс			2	
Выходные параметры						
Выходное напряжение высокого уровня	U_{OH}	В	+12	+15	+18	во всем диапазоне допустимых нагрузок
Выходное напряжение низкого уровня	U_{OL}	В	-8	-10	-12	во всем диапазоне допустимых нагрузок
Максимальный выходной импульсный ток включения	$I_{\text{Omax on}}$	А	+18	20		настраивается потребителем; см. рисунок 8
Максимальный выходной импульсный ток выключения	$I_{\text{Omax off}}$	А		-22	-18	
Средний выходной ток	I_{O}	мА			130	на каждый канал
Время нарастания выходного сигнала	t_{r}	нс			150	без нагрузки
Время спада выходного сигнала	t_{f}	нс			150	
Максимальный ток статусного вывода «Error»	$I_{\text{ERR max}}$	мА			20	
Максимальное напряжение на статусном выводе «Error»	$U_{\text{ERR max}}$	В			30	
Остаточное напряжение по выходу сигнала «Error»	$U_{\text{O ERR}}$	В	0	0,3	0,7	при $I_{\text{ERR}} = 20 \text{ мА}$
Пороговое напряжение на измерительном входе МС, вызывающее аварийное отключение	$U_{\text{МС}}^{\text{Th}}$	В			6	без дополнительных элементов
Параметры изоляции						
Максимально допускаемое обратное напряжение на выводе «МС»	$U_{\text{R(MC)}}$	В			2000	
Напряжение изоляции между входом и выходом по постоянному току	$U_{\text{ISO(IN-OUT)}}$	В			4000	DC, 1 мин
Напряжение изоляции между выходами первого и второго каналов по постоянному току	$U_{\text{ISO(OUT1-OUT2)}}$	В			4000	DC, 1 мин
Критическая скорость изменения напряжения на выходе	$(dU/dt)_{\text{cr}}$	кВ/мкс			20	
Параметры эксплуатации и хранения						
Рабочий диапазон температур	T_{A}	°C	-45		+85	
Температура хранения	T_{S}	°C	-60		+100	
Параметры управляемого транзистора						
Максимально допустимое напряжение управляемого транзистора	$U_{\text{CE}} (U_{\text{DS}})$	В			1700	

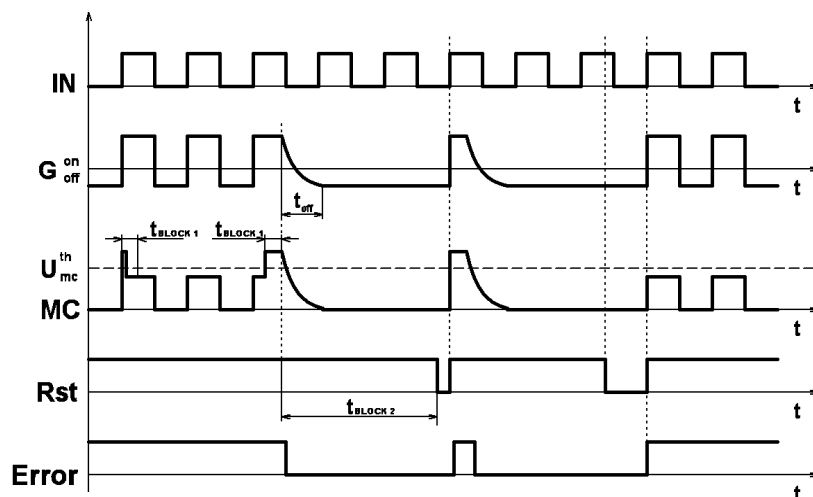
5 РАБОТА ДРАЙВЕРА

Подача «лог.1» на управляющий вход «IN1» или «IN2» приведет к открытию соответствующего управляемого транзистора. Увеличение падения напряжения в открытом состоянии более, чем на U_{mc}^{Th} за время, превышающее t_{BLOCK1} приведет к срабатыванию защиты по превышению падения напряжения в открытом состоянии (по перегрузке по току). При возникновении «аварии» откроется транзистор, включенный по схеме с открытым коллектором (вывод «Error1» или «Error2») соответствующего канала. Через 70 мс будет произведен сброс «аварии» внутренней схемой сброса «аварии» и по переднему фронту сигнала управления «IN» будет открыт управляемый транзистор. В случае если причина «аварии» не была устранена, цикл защиты повторится.

Снижение напряжения питания драйвера до уровня порога срабатывания защиты от пониженного напряжения питания драйвера U_{UVLO-} приведет к закрытию управляемого транзистора независимо от входных сигналов управления. По порогу срабатывания защиты от пониженного напряжения питания драйвера U_{UVLO+} сигналы управления восстановятся. При срабатывании защиты от пониженного напряжения питания сигнал ошибки на выходе «Error» не появляется.

При подаче на входы «IN1» и «IN2» одновременно «лог. 1» блокировки управления не произойдет, т.к. каналы драйвера работают независимо друг от друга.

Диаграмма, поясняющая работу драйвера в режиме аварии, приведена на рисунке 3. При этом работа любого канала в режиме аварии будет происходить независимо от другого канала; авария на одном из каналов не будет влиять на работу другого канала.



Rst – Периодический внутренний сигнал сброса «аварии»

Рисунок 3 – Функциональная диаграмма работы драйвера при «аварии»

6 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДКЛЮЧЕНИЮ ДРАЙВЕРА

IN1, IN2 – управляющие входы. Управление драйвером описано в разделе «Работа драйвера». При подаче управляющего напряжения следует учитывать, что на входах управления установлены обратные защитные диоды. Как следствие, в том случае если напряжение управления будет превышать напряжения питания более чем на 0,6, произойдет увеличения тока потребления по входам и при значительном превышении напряжения питания драйвер может выйти из строя.

Error1, Error2 – выводы, сигнализирующие о возникновении аварии по соответствующему каналу. Выводы представляет собой открытые коллектора транзисторов схем защиты. При этом транзистор будет открываться только при аварии, вызванной перегрузкой силового транзистора по току; при снижении напряжения питания драйвера до уровня «U_{uvlo-}» транзисторы будут закрыты независимо от входных сигналов управления (сигналы восстановятся при достижении уровня питания соответствующего «U_{uvlo+}»), однако сигнализации об ошибке в данной ситуации не последует.

Не рекомендуется подавать на выход «Error» напряжение и ток значениями выше предельно допустимых, в том числе и кратковременно.

V_s – вход питания драйвера. Следует учитывать, что при уменьшении напряжения питания драйвера уменьшается выходное напряжение DC/DC – преобразователя. Тем самым, если питание меньше

допустимого уровня, входная схема может работать исправно, однако на затворах управляемых транзисторов напряжение может упасть до уровня «U_{uvlo}» и управление транзистором будет некорректным.

Ток потребления по входу питания составляет не более 120 мА без нагрузки. При подключении транзисторов ток потребления увеличивается на величину тока перезарядки затвора и может достигать 550 мА (равная нагрузка для обоих каналов). При большем токе потребления DC/DC – преобразователь может выйти из строя, либо, при кратковременном превышении тока потребления в 550 мА, выходное напряжения DC/DC – преобразователя уменьшится до недопустимого уровня и сработает защита по недонапряжению, что приведёт к некорректному управлению транзистором. В случае, если нагрузка по каналам распределена неравномерно, то ток потребления одним каналом не должен превышать 300 мА (без учёта потребления схемой управления). Ток потребления зависит от частоты сигнала управления, от значений сопротивлений затворных резисторов и от входной ёмкости затвора (см. рисунки 4 и 5). Тем самым, при эксплуатации драйвера следует делать поправку на ток потребления в зависимости от транзисторов, на которые будет работать драйвер. Область безопасной работы драйвера в зависимости от ёмкости затвора и частоты представлена на рисунке 7.

MC1, MC2 – выводы подключения коллектора (стока) управляемого транзистора. Выводы предназначены для контроля падения напряжения (защита по насыщению) на транзисторе. При этом максимальное значение порога срабатывания защиты равно 5,8 В (если не установлены внешние элементы). Порог срабатывания защиты регулируется установкой внешних элементов (стабилитронов и диодов); из максимального напряжения (5,8 В) вычитается падение напряжения на стабилитронах и диодах при токе 250 мкА. К примеру, если установить последовательно (см. рекомендуемую схему подключения на рисунке 2) стабилитрон с номинальным напряжением стабилизации 3,3 В и два диода с падением напряжения 0,7 В на токе 250 мкА, то порог срабатывания защиты будет равен $5,8 - 3,3 - 2 \times 0,7 = 1,1$ В.

В случае если защита от перегрузки по току управляемого транзистора не требуется, то вывод MC следует закоротить на исток (эмиттер) соответствующего канала.

MCR1, MCR2 – выводы подключения времязадающей емкости задержки выключения соответствующего управляемого транзистора при перегрузке по току. Задержка на срабатывание защиты необходима для избегания ложных срабатываний по кратковременным индуктивным выбросам. При этом длительность данной задержки будет равна длительности «импульса перезапуска» в случае возникновения аварии. Для увеличения задержки срабатывания защиты, рекомендуется устанавливать конденсаторы с номиналами указанными на рисунке 10. В случае если увеличение задержки не требуется, следует оставить данный вывод не подключенным; не рекомендуется соединять его с «общим» выводом.

OUToff1, OUToff2, OUTon1, OUTon2 – выходы, предназначенные для подключения затворов управляемых транзисторов. Рекомендуемая схема подключения представлена на рисунке 2. Ограничитель напряжения следует устанавливать с номинальным напряжением пробоя не менее 16 В и не более максимально-допустимого напряжения затвора управляемого транзистора. Рекомендуется ограничитель с номинальным пробивным напряжением 18 В. Допускается установка стабилитронов с соответствующим номинальным напряжением стабилизации. Если управляемый транзистор установлен на удалённом расстоянии от драйвера, то ограничитель рекомендуется ставить непосредственно на транзистор.

Затворные резисторы (Ron1, Ron2, Roff1, Roff2) необходимы для уменьшения максимального импульсного тока. Не рекомендуется устанавливать резисторы с номиналами менее 1 Ом. Допускается установка резисторов разных номиналов, к примеру, для увеличения длительности выключения управляемого транзистора с целью уменьшения амплитуды напряжения индуктивных выбросов.

7 ГРАФИКИ, ПОЯСНЯЮЩИЕ РАБОТУ ДРАЙВЕРА

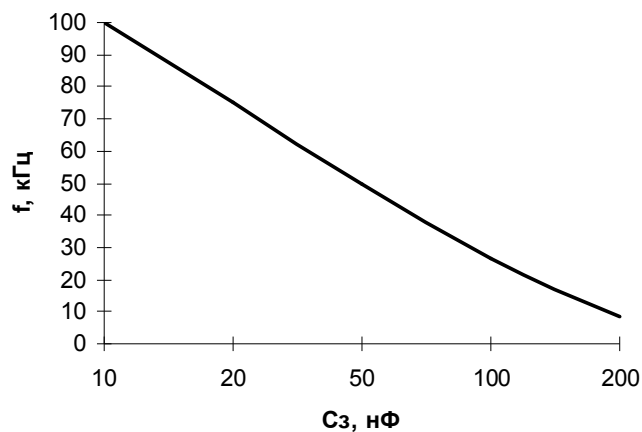


Рисунок 5 – График области безопасной работы драйвера в зависимости от частоты и ёмкости затвора (с затворным резистором 1 Ом)

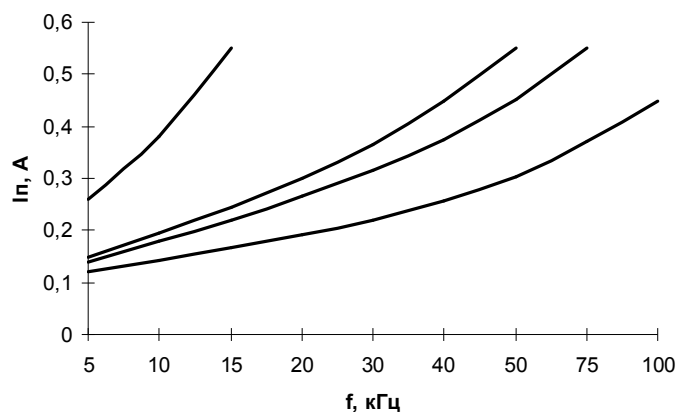


Рисунок 6 – График зависимости тока потребления от частоты сигнала под нагрузкой (с затворным резистором 1 Ом) для ёмкостей затвора 10 нФ, 25 нФ, 50 нФ, 100 нФ

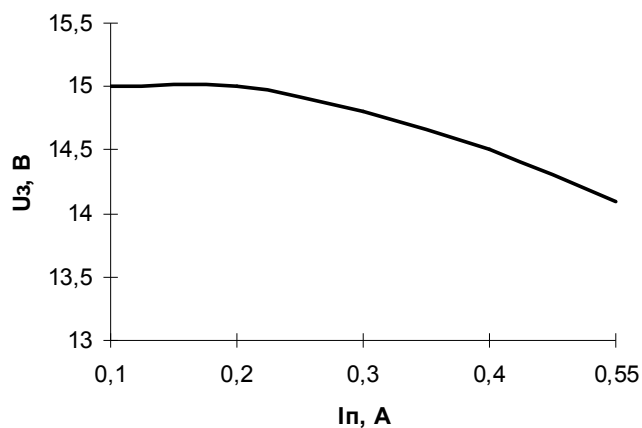


Рисунок 7 – График зависимости напряжения на затворе транзистора от тока потребления

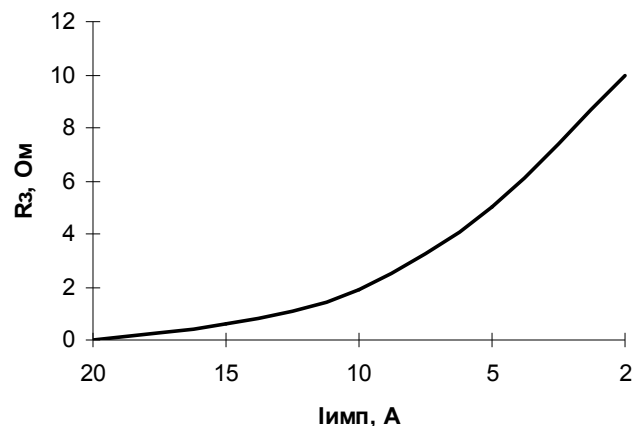


Рисунок 8 – График зависимости выходного импульсного тока от номинала затворных резисторов

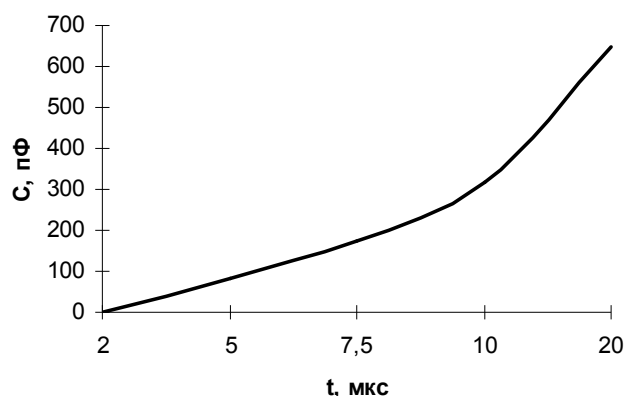


Рисунок 9 – График зависимости длительности задержки включения защиты по насыщению от номинала подстроечной ёмкости C_{mc}

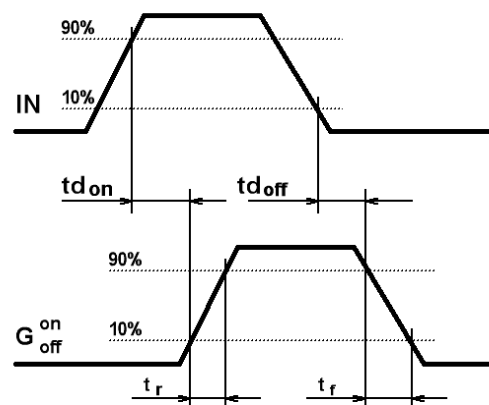


Рисунок 10 – Диаграмма, поясняющая временные параметры драйвера где IN – входной сигнал управления; G – сигнал на затворе управляемого транзистора

8 СВЕДЕНИЯ О СОДЕРЖАНИИ ДРАГМЕТАЛЛОВ

Драгметаллов не содержится

9 РЕКОМЕНДАЦИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

9.1 Требования к устойчивости при механических воздействиях

Механические воздействия для драйверов - по ГОСТ 20859.1, в соответствии с требованиями, предъявляемыми к управляемым ими силовым транзисторам, приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Требования по устойчивости драйверов к механическим воздействующим факторам

Внешний воздействующий фактор	Значение внешнего воздействующего фактора
Синусоидальная вибрация: - диапазон частот, Гц; - амплитуда ускорения, м/с^2 (g)	0,5 - 100 150 (15)
Механический удар одиночного действия: - пиковое ударное ускорение, м/с^2 (g); - длительность импульса ударного ускорения, мс	40 (4) 50

Группа устойчивости драйверов к механическим воздействиям - М27 по ГОСТ 17516.1.

В технически обоснованных случаях, по требованию конкретных заказчиков, драйверы могут изготавливаться и для других условий эксплуатации по ГОСТ 17516.1.

9.2 Требования к устойчивости при климатических воздействиях.

Климатические воздействия - по ГОСТ 20859.1, в соответствии с требованиями, предъявляемыми к управляемым ими силовым транзисторам.

Таблица 4 - Требования по устойчивости к климатическим воздействующим факторам

Климатический фактор	Значение климатического фактора
Пониженная температура среды: - рабочая, °C; - предельная, °C	минус 45 минус 60
Повышенная температура окружающей среды: - рабочая, °C; - предельная, °C	+85 +100
Относительная влажность при температуре 35 °C без конденсации влаги, %, не более	98
Изменение температуры среды, °C	от минус 60 до +100
Атмосферное пониженное давление, Па (мм рт.ст.)	86000 (650)
Атмосферное повышенное давление, Па (мм.рт.ст.)	106000 (800)

10 ТРЕБОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ

Вероятность безотказной работы драйверов за 25000 часов должна быть не менее 0,95.

Гамма-процентный ресурс в условиях и режимах, установленных ТУ должен быть не менее 50000 часов при $\gamma = 90 \%$.

Гамма-процентный срок службы драйверов, при условии суммарной наработки не более гамма процентного ресурса, не менее 10 лет, при $\gamma = 90 \%$.

Гамма-процентный срок сохраняемости драйверов, при $\gamma = 90 \%$ и хранении в условиях, допускаемых ТУ – 10 лет.

11 СВЕДЕНИЯ О ПРИЕМКЕ

Драйвер _____ соответствует АЛЕИ 468332.031 ТУ

Место для штампа ОТК

12 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УТИЛИЗАЦИИ

Утилизация изделия (переплавка, захоронение, перепродажа) производится в порядке, установленном Законами РФ: от 04 мая 1999г. № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха», от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления», а также другими общероссийскими и региональными нормами, правилами, распоряжениями и пр., принятыми во исполнение указанных законов.

По вопросам продаж и поддержки обращайтесь:

Архангельск (8182)63-90-72
Астана +7(7172)727-132
Белгород (4722)40-23-64
Брянск (4832)59-03-52
Владивосток (423)249-28-31
Волгоград (844)278-03-48
Вологда (8172)26-41-59
Воронеж (473)204-51-73
Екатеринбург (343)384-55-89
Иваново (4932)77-34-06
Ижевск (3412)26-03-58
Казань (843)206-01-48

Калининград (4012)72-03-81
Калуга (4842)92-23-67
Кемерово (3842)65-04-62
Киров (8332)68-02-04
Краснодар (861)203-40-90
Красноярск (391)204-63-61
Курск (4712)77-13-04
Липецк (4742)52-20-81
Магнитогорск (3519)55-03-13
Москва (495)268-04-70
Мурманск (8152)59-64-93
Набережные Челны (8552)20-53-41

Нижний Новгород (831)429-08-12
Новокузнецк (3843)20-46-81
Новосибирск (383)227-86-73
Орел (4862)44-53-42
Оренбург (3532)37-68-04
Пенза (8412)22-31-16
Пермь (342)205-81-47
Ростов-на-Дону (863)308-18-15
Рязань (4912)46-61-64
Самара (846)206-03-16
Санкт-Петербург (812)309-46-40
Саратов (845)249-38-78

Смоленск (4812)29-41-54
Сочи (862)225-72-31
Ставрополь (8652)20-65-13
Тверь (4822)63-31-35
Томск (3822)98-41-53
Тула (4872)74-02-29
Тюмень (3452)66-21-18
Ульяновск (8422)24-23-59
Уфа (347)229-48-12
Челябинск (351)202-03-61
Череповец (8202)49-02-64
Ярославль (4852)69-52-93

www.electrum.nt-rt.ru || emt@nt-rt.ru