

# Модули поддержания выходного напряжения серии HUGD

компании GAIA Converter

**В статье рассматриваются специализированные компоненты, позволяющие обеспечить стабильное функционирование DC/DC-преобразователей во время аварийного снижения напряжения питающей шины. Приведены принципы работы, внутренняя структура, основные технические характеристики и рекомендации по применению.**

Константин Верхулевский

info@icquest.ru

Как известно, к источникам питания (ИП) оборудования военного и аэрокосмического назначения предъявляются повышенные требования по надежности и длительности срока безотказной эксплуатации, а при проектировании учитываются такие факторы, как возникновение переходных процессов и скачков напряжения, возможность возникновения аварийных ситуаций и т. д. Комплексное решение должно обеспечивать защиту от импульсных помех и нестационарных процессов, возникающих во входной шине питания, фильтрацию шумов, контроль и резервирование в случае неисправности.

Модульная архитектура ИП позволяет обеспечить соответствие технических характеристик общепринятым стандартам при помощи ряда вспомогательных устройств. Так, компания GAIA Converter, помимо широкой линейки DC/DC- и AC/DC-преобразователей, предлагает разработчикам серии модулей для защиты

## Введение

от электромагнитных помех, подавления переходных процессов, модулей изолированных и неизолированных корректоров коэффициента мощности для случая переменного входного напряжения [1]. Далее речь пойдет о модулях поддержания выходного напряжения, занимающих важное место в структурной схеме ИП и гарантирующих бесперебойную работу потребителей энергии при кратковременном снижении напряжения входной шины.

## Структура и основные характеристики модулей поддержания выходного напряжения GAIA Converter

При эксплуатации систем питания электронной авиационной и военной аппаратуры возможны случаи кратковременного снижения и даже провала входного напряжения, что приводит к потере данных и увеличению количества аварийных отказов. Традиционные решения этой проблемы — приме-

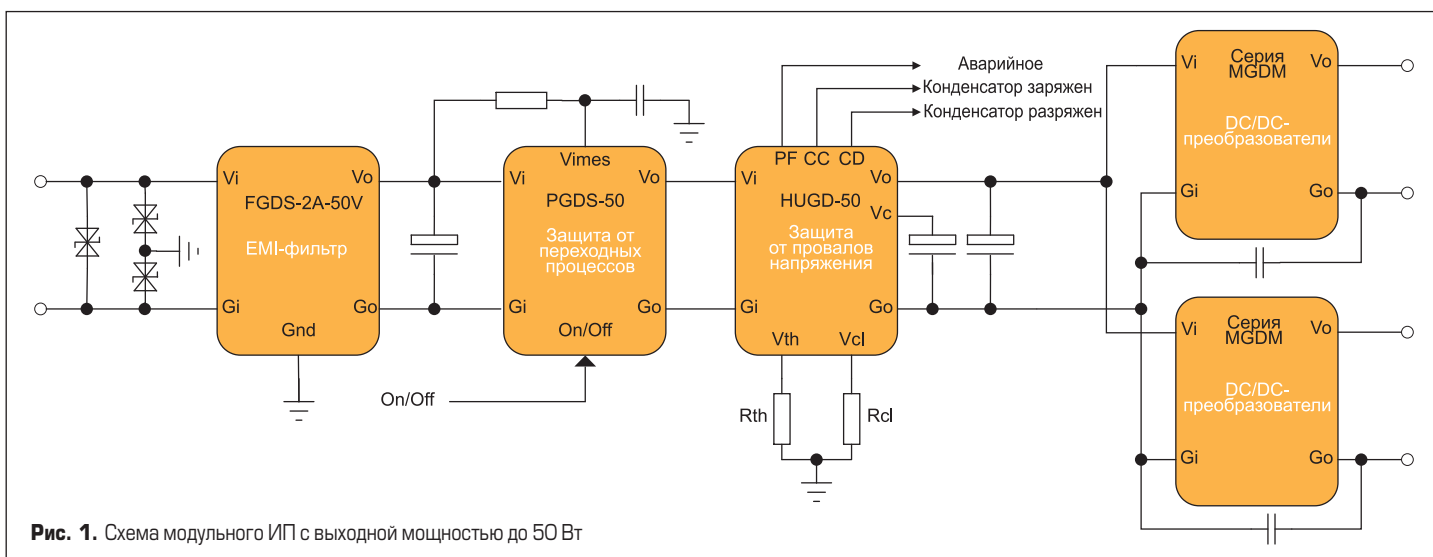


Рис. 1. Схема модульного ИП с выходной мощностью до 50 Вт

нение на входе преобразователей конденсаторов большой емкости и, соответственно, немалых размеров, заряжаемых до рабочего напряжения. Очевидный минус такого подхода — увеличение требуемой площади печатной платы и габаритов изделия в целом. Альтернативой данного способа является использование специализированных модулей, позволяющих значительно снизить величину накопительного конденсатора.

Модули серии HUGD компании GAIA Converter предназначены для удержания и контроля напряжения на заданном уровне, выдачи аварийных и информационных сигналов и резервирования в случае неисправности входной шины. Согласно типовой схеме ИП до 50 Вт модули подключаются между шиной питания и DC/DC-преобразователями [2]. При необходимости перед ними могут быть использованы фильтры для защиты от электромагнитных помех и переходных процессов (рис. 1).

Предназначенные для работы в диапазоне входных напряжений 9–40 В постоянного тока, модули автоматически определяют просадку входного напряжения и инициализируют длительное удержание с применением конденсатора, заряженного до высокого напряжения. Зарядка конденсаторов до более высокого напряжения (38 В), чем номинальное значение напряжения в системе (обычно 28 В), заметно уменьшает величину требуемой емкости конденсатора. Модуль HUGD-50 с выходной мощностью до 50 Вт и максимальным током до 5,6 А оптимизирован для совместной эксплуатации с DC/DC-преобразователями с диапазонами рабочих напряжений 9–36 и 16–40 В. Их применение позволяет уменьшить емкость накопительного конденсатора примерно на 80%. HUGD-50 изготавливается в герметизированном корпусе с размерами 2,5×3,75×0,75 см, характеризуется КПД не менее 98% и полностью соответствует требованиям стандарта MIL-STD-810D. Также предусмотрена возможность использования HUGD-50 в приложениях с максимальной выходной мощностью до 150 Вт. При этом типовая схема подключения должна быть модернизирована, как показано на рис. 2.

Производство вспомогательных модулей серии HUGD-300 планируется начать во второй половине 2013 г. Данная линейка предназначена для защиты входного напряжения от провалов и рассчитана, как видно из названия, на мощность 300 Вт.

В структуре HUGD-50 можно выделить три основные части (рис. 3):

- входную цепь контроля;
- схему зарядки;
- цепь контроля напряжения поддержания.

Входная цепь осуществляет контроль напряжения шины питания и сравнивает его с пороговым значением  $V_{th}$  (аварийное напряжение), которое задается при помощи внешнего резистора и может принимать значения от 8,8 до 15,3 В. При уменьшении входного напряжения до порога автоматически подключается схема зарядки, а также генерируется информационный сигнал PF (Power Fail flag).

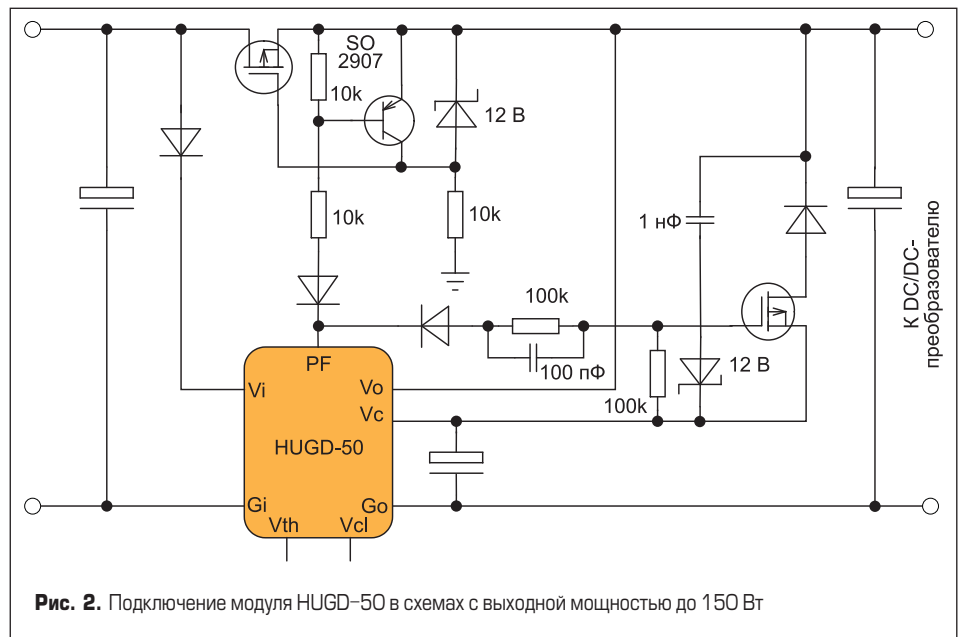


Рис. 2. Подключение модуля HUGD-50 в схемах с выходной мощностью до 150 Вт

Схема зарядного устройства используется для зарядки накопительного конденсатора до 38 В DC. Данная цепь оптимизирована с целью минимизации пускового тока, значение которого определяется резистором, подключенным к входу  $V_{cl}$ .

Схема контроля напряжения поддерживает состояние буферного конденсатора. В зависимости от состояния CC (capacitor charged) или CD (capacitor discharged) на соответствующих выводах с открытым стоком устанавливаются активные флаги, которые могут быть использованы на системном уровне для организации управления питанием.

Модуль HUGD-50 имеет три режима работы [3]:

- Режим зарядки. При повышении входного напряжения до порога зарядки, который устанавливается на 1 В выше порогового напряжения отключения, HUGD-50 начинает заряжать внешний конденсатор до напряжения 38 В, одновременно с этим питая DC/DC-преобразователь. Ток зарядки регулируется в пределах от 100 мА до 2 А при помощи внешнего резистора, время зарядки

зависит от тока зарядки. Когда напряжение на конденсаторе достигнет значения 35 В, на выводе CC появляется активный сигнал «конденсатор заряжен», и модуль переходит в нормальный рабочий режим.

- Нормальный рабочий режим. В данном режиме для поддержания буферного конденсатора в заряженном состоянии HUGD-50 потребляет менее 1 Вт. Напряжение питающей шины лежит в пределах между порогом отключения и 40 В. Падение напряжения вход/выход не превышает 150 мВ (при выходной мощности 50 Вт и входном напряжении 9 В). В этом режиме модуль будет работать до тех пор, пока напряжение на входе не снизится до аварийного уровня.
- Аварийный режим. При низком питающем напряжении модуль отключает вход от выхода и подключает накопительный конденсатор к выходу. В этом случае DC/DC-преобразователи запитываются от конденсатора. При разрядке конденсатора практически до уровня аварийного порога активируется сигнал CD.

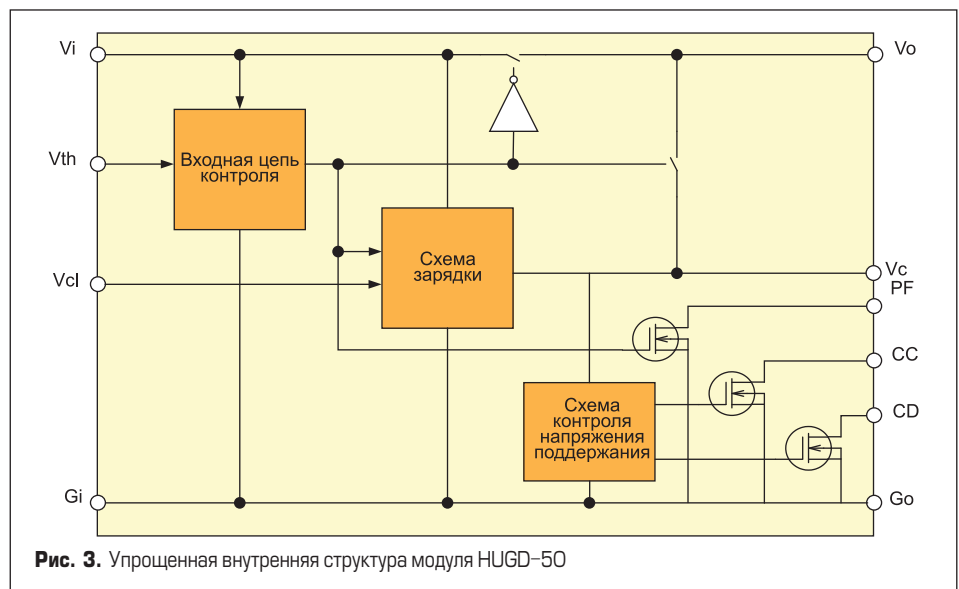


Рис. 3. Упрощенная внутренняя структура модуля HUGD-50

Таблица 1. Доступные версии модуля HUGD-50

	Базовая версия	С увеличенным диапазоном рабочих температур (/T)	С расширенными отбраковочными испытаниями (/S)
Диапазон рабочих температур, °C	-40...+105	-55...+105	-55/-40...+105
Тестирование на воздействие окружающей температуры	Да	Да	Да
Термоэлектротренировка	Нет	Нет	96 ч при T = +105 °C
Термоциклирование	Нет	Нет	30 циклов [-40...+105 °C, 3 °C/мин]
Испытание на принудительный отказ (при полной нагрузке)	Нет	Нет	160 ч при T = +85 °C
Тестирование на воздействие низкой температуры	Нет	Да (-55 °C)	Да (-55 °C)
Тестирование на воздействие высокой температуры	Нет	Нет	Да (+85 °C)
Получение тестовых сигналов	Нет	Нет	Да

Производителем гарантируется средняя наработка на отказ для бортового оборудования 730 тыс. ч при температуре корпуса +40 °C и 300 тыс. ч при +85 °C. Для наземных систем эти показатели удваиваются. Для типовых применений рекомендуется использовать базовую версию модуля со стандартным диапазоном рабочих температур -40...+105 °C (таблица 1). Для ответственных применений доступны компоненты с увеличенным диапазоном рабочих температур и с расширенным перечнем тестовых испытаний (суффиксы /T и /S в наименовании соответственно).

При эксплуатации температура корпуса HUGD не должна превышать +105 °C. При этом максимально допустимая температура окружающей среды зависит от применяемого охлаждения, способа монтажа и рассеиваемой мощности. Рассчитать ее можно при помощи следующего метода. Зная максимальную температуру корпуса  $T_{case} = +105$  °C, выходную мощность  $P_{out}$  и КПД, можно вычислить рассеиваемую мощность модуля  $P_{diss}$ :

$$P_{diss} = P_{out} / (\eta - 1),$$

тогда максимальная температура окружающей среды определяется выражением:

$$T = +105 \text{ °C} - R_{th} \times P_{diss}$$

где  $R_{th}$  — тепловое сопротивление (для данного модуля 12 °C/Вт).

На рис. 4 представлена зависимость выходной мощности от температуры. В результате расчетов получаются две области: в первой модуль способен надежно функционировать в условиях естественного охлаждения (выделено голубым цветом), во второй требуется дополнительное воздушное охлаждение либо радиатор.

### Рекомендации по применению HUGD-50

#### Расчет требуемой емкости накопительного конденсатора

Современные стандарты требований к высоконадежным ИП регламентируют время, необходимое для сохранения данных и корректного завершения работы. В некоторых случаях требуемая длительность работы оборудования в отсутствие питания мо-

жет достигать 7 с (например, в стандарте MIL-STD-704). Как было сказано выше, для обеспечения работоспособности DC/DC-преобразователей во время просадки напряжения входной шины применяются два метода. Сравним расчетную величину конденсатора в обоих случаях.

Требуемая емкость конденсатора зависит от нагрузки, эффективности DC/DC-преобразователя и времени поддержания напряжения. При использовании накопительного конденсатора на входе преобразова-

теля номинальную емкость можно получить из следующего выражения:

$$C_1 = 2PD_t / h(V_1^2 - V_2^2),$$

где:  $P$  — мощность нагрузки (выход преобразователя);  $h$  — КПД преобразователя при заданной нагрузке;  $D_t$  — время поддержания (в секундах);  $V_1$  — начальное напряжение на конденсаторе;  $V_2$  — минимальное входное напряжение преобразователя.

Тогда для стандартной 28-В шины питания (может снижаться до 22 В), времени 50 мс и мощности нагрузки 50 Вт при использовании DC/DC-модуля компании GAIA Converter с минимальным входным напряжением 16 В и КПД 80% емкость конденсатора составит примерно 27 400 мкФ.

С модулем HUGD-50 накопительный конденсатор заряжается до 38 В, и формула претерпевает некоторые изменения:

$$C_2 = 2P(D_t + 0,01) / h(38^2 - V_2^2).$$

Здесь напряжение  $V_2$  может задаваться при помощи внешнего резистора, а 10 мс добавлены для обеспечения небольшого запаса. В ре-

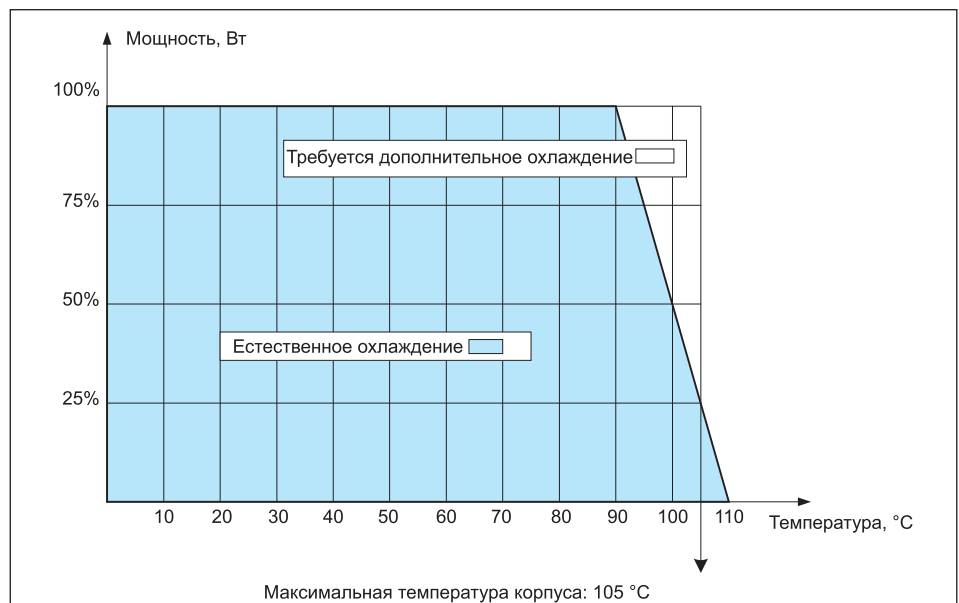


Рис. 4. Зависимость выходной мощности HUGD-50 от температуры

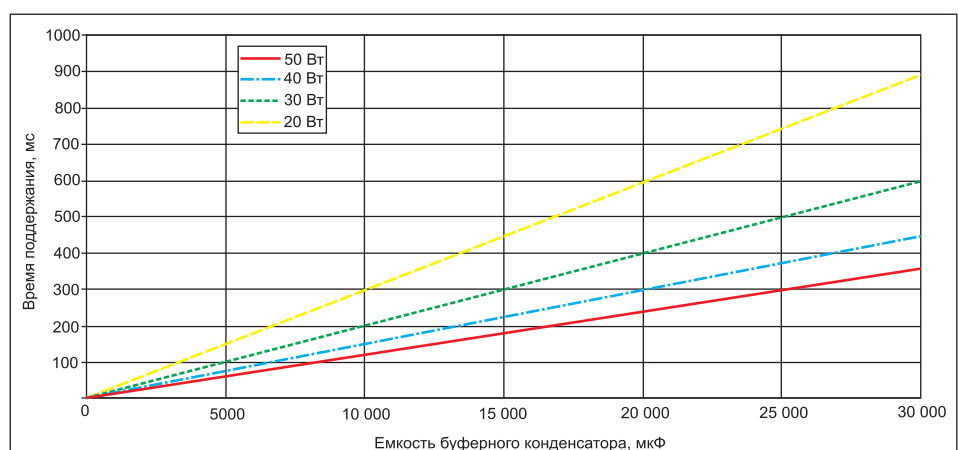


Рис. 5. Выбор емкости буферного конденсатора в зависимости от требуемого времени поддержания

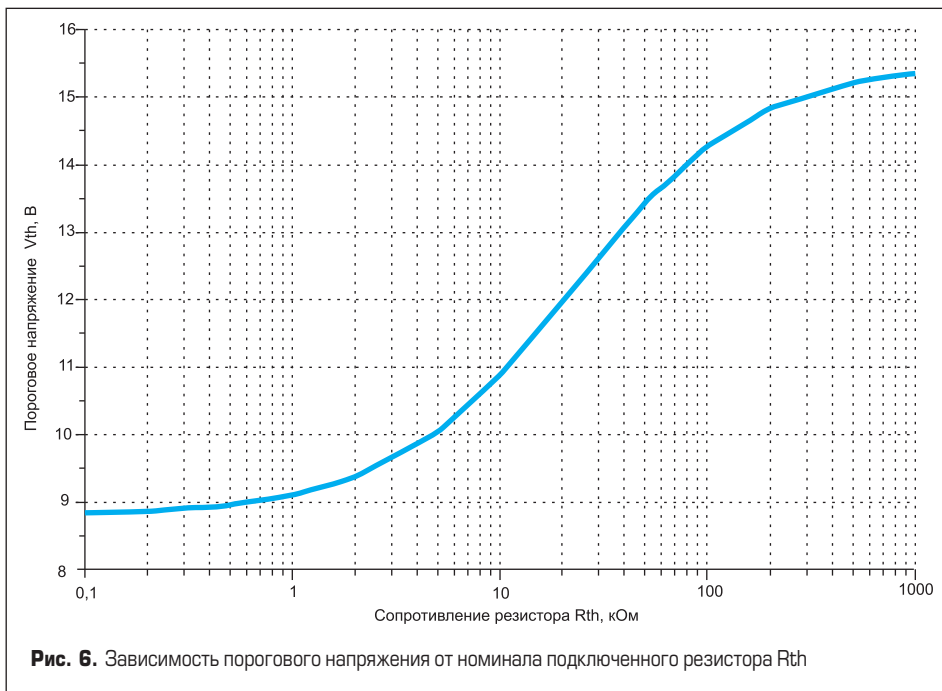


Рис. 6. Зависимость порогового напряжения от номинала подключенного резистора Rth

зультате при аналогичных условиях расчетная емкость снижается до 6300 мкФ.

На рис. 5 представлен график зависимости величины емкости накопительного конденсатора от требуемого времени поддержания для различных уровней выходной мощности. Производитель рекомендует использовать электролитические конденсаторы с расширенным рабочим диапазоном температур и малым эквивалентным последовательным сопротивлением (ESR). Например, широкий выбор подходящих изделий предоставляют каталоги компаний Cornell Dubilier и Sic-Safco, известных производителей высокотехно-

логических алюминиевых электролитических конденсаторов для промышленных и специальных областей применения — военной и авиационной промышленности. У Cornell Dubilier можно отметить несколько серий, ориентированных на военную приемку: 101C (диапазон рабочих температур -55...+105 °С; ESR до 2,5 мОм; емкость до 1,5 Ф; гарантированный срок работы под нагрузкой — 5000 ч); серия 125 (-55...+125 °С; до 4 мОм; 0,19 Ф; 5000 ч); серия 325/326 (-55...+125 °С; до 5 мОм; 46 000 мкФ; 2000 ч). Продукция компании Sic-Safco характеризуется еще более высокими показателями. Высоконадежные конден-

Таблица 2. Номиналы дополнительного конденсатора

Выходная мощность, Вт	10	20	30	40	50
Номинал конденсатора, мкФ	22	47	68	82	100

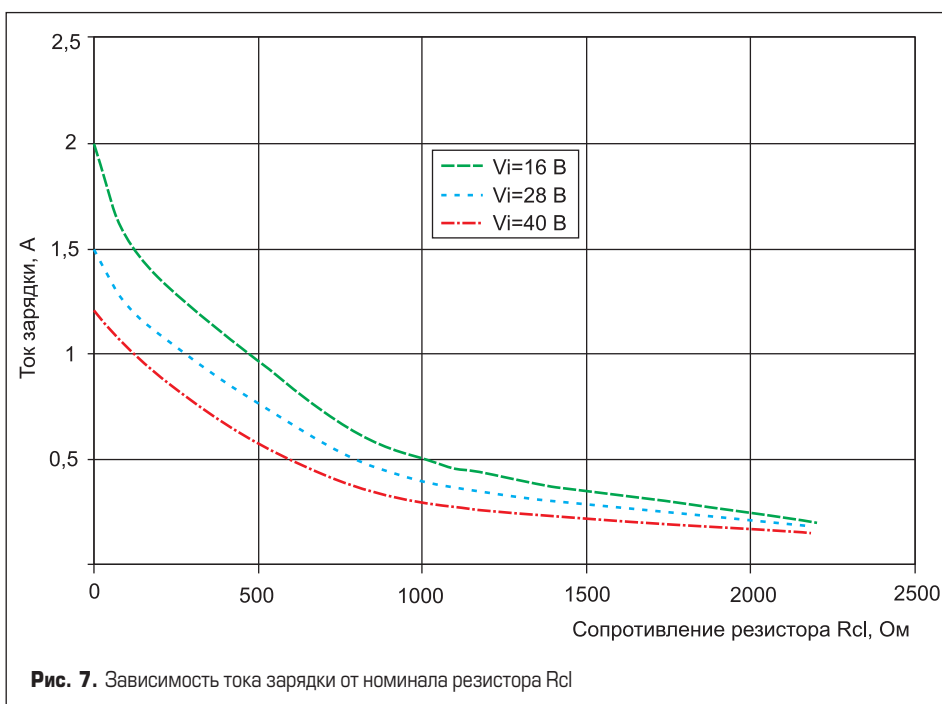


Рис. 7. Зависимость тока зарядки от номинала резистора Rcl

саторы как в резьбовом, так и в радиальном исполнении обладают расширенным диапазоном рабочих температур (-55...+150 °С), большим сроком службы (до 32 000 ч) и высокой вибрационной устойчивостью.

**Выбор значения порога «аварийного напряжения»**

Пороговое напряжение выбирается исходя из диапазона входных напряжений (9–36 или 16–40 В) и может регулироваться в пределах 8,8–15,3 В. Оно задается при помощи внешнего резистора Rth, подключаемого между выводами модуля Vth и Go. В случае прямого соединения вывода Vth с землей порог устанавливается на уровне 8,8 В, а при неподключенном выводе — 15,3 В. График на рис. 6 поможет выбрать необходимый номинал задающего резистора. Гистерезис обнаружения просадки напряжения составляет 1 В, т. е. при уменьшении напряжения ниже Vth модуль отключается от шины питания, а подключение происходит только при превышении порога на 1 В.

**Выбор тока зарядки**

Ток зарядки конденсатора задается в пределах от 200 мА до 2 А при помощи внешнего резистора Rcl, подключенного между выводом Vcl и общим проводом (рис. 7). От выбранного тока напрямую зависит время, необходимое для зарядки накопительного конденсатора до 38 В.

**Выбор дополнительного буферного конденсатора**

Для поддержания выходного напряжения на время переключения модуля HUGD-50 рекомендуется использовать дополнительный конденсатор, подключенный к выводу Vo. Для 50-Вт нагрузки достаточно применить электролитический конденсатор емкостью 100 мкФ. Для меньших нагрузок его величину можно понизить (табл. 2).

**Заключение**

Применение модулей серии HUGD компании GAIA Converter обеспечивает увеличение срока бесперебойной эксплуатации и повышает надежность системы в целом. Сопутствующее сокращение емкости накопительного конденсатора более чем на 80% позволяет добиться экономии площади печатных плат, уменьшения габаритов и стоимости готовых изделий. Высокие показатели наработки на отказ и жесткий контроль качества выпускаемой продукции позволяют рекомендовать данные модули для аппаратуры ответственного применения.

**Литература**

1. [www.gaia-russia.ru](http://www.gaia-russia.ru).
2. Некрасов М. Модули преобразователей DC/DC и AC/DC компании GAIA Converter для высоконадежных и промышленных применений // Силовая электроника. 2011. № 2.
3. Hi-Rel Hold-up module HUGD-50: 50W power. Datasheet. April 2012. [GAIA-converter.com](http://GAIA-converter.com).