

# Драйверы SEMIKRON

## для управления тиристорными модулями

Кроме известных на весь мир модулей IGBT SEMIKRON производит широкую гамму компонентов общего применения, в том числе тиристорные модули и контроллеры для управления ими, речь о которых и пойдет в данной статье.

Андрей Колпаков

Andrey.Kolpakov@semikron.com

Трудно спорить с тем, что самыми популярными элементами для мощных импульсных применений являются транзисторы MOSFET и IGBT. Это объясняется, в первую очередь, большими значениями достижимой плотности мощности, компактностью и высокой эффективностью построенных на их основе преобразователей. Кроме того, эти компоненты позволяют разрабатывать импульсные преобразовательные устройства, удовлетворяющие жестким требованиям по электромагнитной совместимости.

Однако тиристоры и симисторы еще долго будут оставаться элементами, привлекательными для разработчиков, благодаря своей дешевизне, простоте управления и надежности. Именно поэтому они выпускаются практически всеми крупнейшими изготовителями силовых полупроводников.

Компания SEMIKRON является одним из ведущих мировых производителей, специализирующимся на разработке компонентов для изделий силовой электронной техники: электротранспорта, приводов, блоков вторичного электропитания, устройств промышленной автоматизации и энергетики, автомобильной промышленности. Кроме известных на весь мир модулей IGBT SEMIKRON производит широкую гамму компонентов общего применения, в том числе тиристорные модули и контроллеры для управления ими, речь о которых и пойдет в данной статье.

Драйверы, предназначенные для управления тиристорами и симисторами, выпускаются рядом фирм. Российским разработчикам хорошо известны микросхемы серии MOC30xx производства Motorola. Они изготавливаются в малогабаритных корпусах,

имеют оптическую развязку, для их включения требуется небольшое количество внешних компонентов. Схема подключения драйвера MOC30xx, управляемого током логического элемента D1, к симистору Th1 показана на рис. 1, а, а к паре тиристоров Th1 и Th2 — на рис. 1, б. Резисторы и конденсаторы, показанные на рисунке, предназначены для ограничения тока управления и скорости нарастания напряжения  $dv/dt$  (снабберная цепочка  $R_S C_S$ ).

Контроллеры SEMIKRON отличаются от аналогичных изделий тем, что они являются полностью законченными изделиями, предназначенными для управления тиристорами, соединенными в определенной конфигурации: полумостовой, мостовой, 3-фазной мостовой. Контроллеры SKNIT 01 представляют собой печатные платы, а драйверы серии SKPC и RT имеют модульное исполнение, причем конструктивно они согласованы с тиристорными модулями SEMIPACK (по подключению и установочным размерам), что обеспечивает простое и надежное соединение.

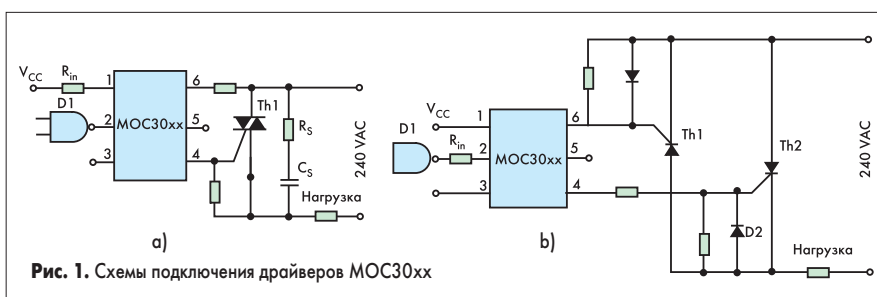
### SKNIT 01 — драйвер 3-фазного тиристорного моста

Драйвер SKNIT 01 предназначен для управления 3-фазным полупроводящим тиристорным мостом. Его структурная схема и схема подключения показаны на рис. 2, а внешний вид — на рис. 3. Как видно из рисунка, конструкция драйвера предусматривает его вертикальную установку на печатную плату при помощи пайки.

Основные технические характеристики драйвера SKNIT 01:

- максимальное входное напряжение — 530 В;
- выходной ток — 400 мА;
- питание — 15 В, 150 мА;
- ток управления — 10 мА;
- напряжение изоляции — 2500 В.

Одной из самых серьезных проблем, возникающих при включении мощного преобразовательного устройства, является ограничение тока заряда электролитических конденсаторов, подключенных после выпрямительного моста к шине питания. Большие пусковые токи не только перегружают пи-



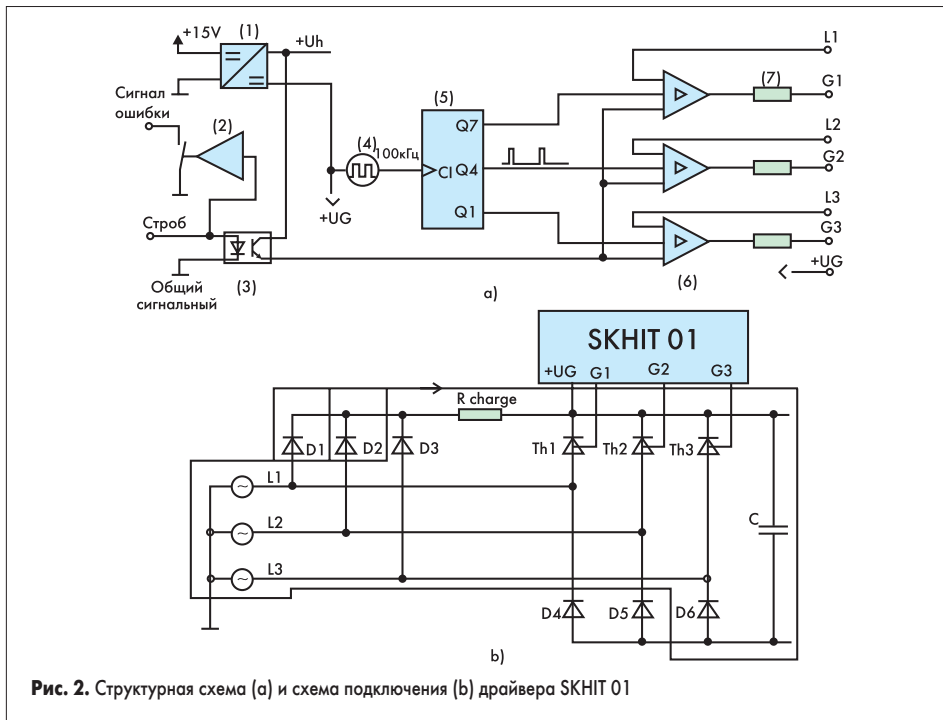


Рис. 2. Структурная схема (а) и схема подключения (б) драйвера SKNIT 01



Рис. 3. Внешний вид платы драйвера SKNIT 01

тающую сеть и могут вызвать срабатывание защитных устройств, они еще и резко сокращают срок службы электролитических конденсаторов.

При невысоких мощностях нагрузки эта проблема обычно решается с помощью резистора «предварительного заряда» (precharge) и реле, замыкающего его после окончания процесса заряда. С увеличением мощности реализация такой схемы становится все более сложной, кроме того, надежность мощных контакторов сравнительно невелика, поэтому для заряда конденсаторов силовой шины питания обычно используются тиристорные выпрямители с фазовым управлением. Специально для обеспечения плавного заряда конденсаторов шины питания фирмой International Rectifier разработан интегральный драйвер IR1110 — контроллер «плавного запуска» (Soft Start Controller), упрощенная схема подключения которого приведена на рис. 4. Микросхема IR1110 выпускается в корпусе MQFP-64. Она способна управлять 3-фазным полупроводящим тиристорным мостом и обеспечивает следующие режимы работы:

- регулирование напряжения шины питания;
- возможность работы с однофазной и трехфазной сетью напряжением 115/230/380/460/575 В;
- возможность программирования характеристики нарастания напряжения;
- защита от короткого замыкания по шине питания;
- формирование сигнала неисправности.

SEMIKRON предлагает свой вариант решения задачи (см. рис. 2, б). После подачи питания происходит заряд конденсатора С через выпрямительные диоды D1 — D3 и резистор R<sub>charge</sub>. После окончания процесса заряда включается тиристорный выпрямитель Th1 — Th3, управляемый драйвером SKNIT 01, и формируется сигнал, разрешающий подключение нагрузки. Преимуществом данной схемы является отсутствие прерывания тока тиристорами и, соответственно, низкий уровень излучаемых в сеть помех. Такая схема проще в реализации, а наличие трех дополнительных маломощных диодов практически не влияет на стоимость изделия. В отли-

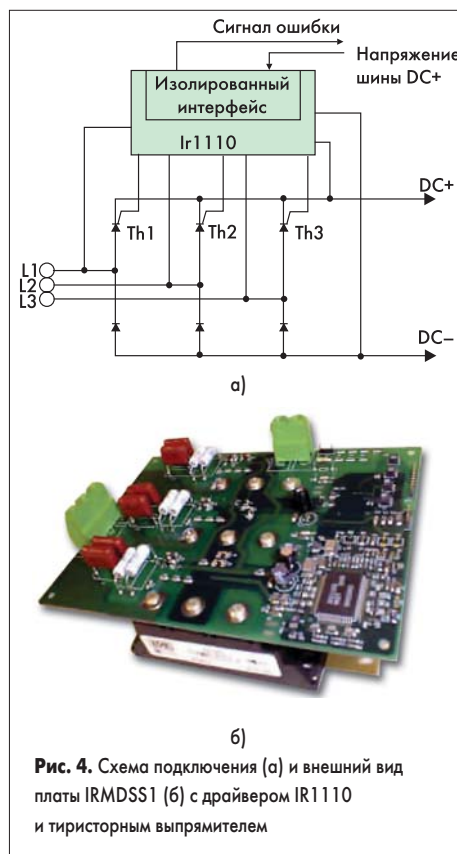


Рис. 4. Схема подключения (а) и внешний вид платы IRMDSS1 (б) с драйвером IR1110 и тиристорным выпрямителем

чие от схемы с контроллером IR1110, в случае использования драйвера SKNIT 01 требуется минимальное количество внешних элементов.

На рис. 2, а приведена структурная схема драйвера SKNIT 01. Десятичный счетчик (5), на вход которого поступают тактовые импульсы с генератора (4), формирует три импульсных, сдвинутых по фазе напряжения с частотой 10 кГц и коэффициентом заполнения около 0,1. Фазовый сдвиг импульсных последовательностей определяется сдвигом фаз питающего напряжения L1 — L3. Далее импульсы через компараторы-усилители (6) и ограничительные резисторы подаются на управляющие электроды тиристоров. Если напряжение, приложенное к тиристорам, отрицательно (линейное напряжение L1 — L3) или отсутствует сигнал разрешения (строб), то сигналы управления тиристорами не проходят.

Потенциал точки соединения катодов тиристоров (+UG) близок к выходному напряжению выпрямительного моста и не совпадает с потенциалом общего сигнального провода. Согласование потенциалов осуществляется с помощью гальванически изолированного DC/DC-конвертора (1). Для включения драйвера служит сигнал «строб», разрешающий или запрещающий прохождение управляющих импульсов на выход устройства.

### Контроллеры управления тиристорными модулями SKPC

Контроллеры SKPC представляют новое поколение модулей управления SEMI-PCM (Semikron Power Control Modules), разработанных английским отделением фирмы SEMIKRON. Модули SKPC 100 предназначены для совместной работы с управляемыми тиристорными выпрямителями в 2 режимах: с контролем нулевого перехода (SKPC 100Z) и с непосредственным управлением фазным углом. Данные компоненты позволяют создавать твердотельные реле большой мощности для различных применений, где требуется коммутация переменного тока или управление мощностью нагрузки. Модули SKPC в первую очередь предназначены для применения в устройствах с большими значениями коммутируемых токов и индуктивным характером нагрузки.

Основные особенности контроллеров SKPC:

- уровень сигнала управления — TTL, CMOS;
- гальваническая изоляция сигнала управления;
- удовлетворяют требованиям стандартов UL, CSA, VDE;
- согласованы по установочным размерам и подключению с тиристорными модулями SEMIPACK 1 — SEMIPACK 4.

Контроллер SKPC 200 предназначен для управления модулями тиристор/тиристор в различных конфигурациях, его структурная схема и внешний вид показаны на рис. 5 и 6. На рис. 7 приведены варианты соединения тиристоров в модуле, с которыми может работать SKPC 200, — коммутатор переменного тока (7, а) и мостовые схемы (7, б и в). Основные особенности контроллера SKPC 200:

Таблица 1. Функциональное назначение модулей SKPC

Тип элемента	Назначение
SKPC 100 SKPC 100Z	Драйвер управления модулем тиристор/тиристор с оптической изоляцией и контролем нулевого перехода
SKPC 200	Контроллер регулирования фазового угла для однофазных конвертеров AC/AC и мостовых преобразователей AC/DC
SKPC 300	Тиристорный контроллер для трехфазных конвертеров AC/AC и мостовых преобразователей AC/DC
SKPC 500	Контроллер фазового регулирования для тиристорных схем управления нагревателями
SKPC 600	Прецизионный контроллер фазового регулирования для источников питания с ограничением выходной мощности

- встроенный трансформатор (Тр) источника питания может быть подключен к отдельной сети 220 В, что позволяет устройству использовать широкий диапазон напряжений;
- защита от короткого замыкания;
- встроенный операционный усилитель и источник опорного напряжения для выработки сигнала управления в замкнутой системе.



Рис. 6. Внешний вид модуля SKPC 200

На рис. 8 показан внешний вид модулей управления, разработанных и производимых испанским отделением SEMIKRON. Далее в тексте приведено краткое описание данных модулей.



Рис. 8. Внешний вид модулей для управления тиристорными мостами серий RT, MP, APTT

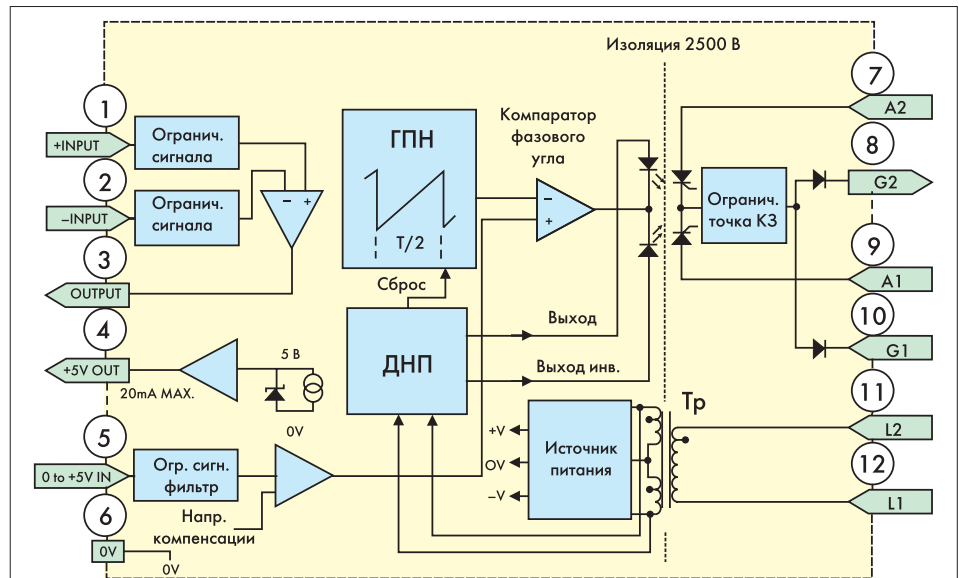


Рис. 5. Структурная схема SKPC 200

Таблица 2. Основные технические характеристики контроллеров SKPC 100/200:

Параметр	SKPC 200-115	SKPC 200-240	SKPC 200-440	SKPC 100(Z)-240	SKPC 100(Z)-440
Напряжение сети, В	115	240	440	240	440
Напряжение управления, В	0-5	0-5	0-5	4-32	4-32
Рабочая частота, Гц	45-65	45-65	45-65	45-450	45-450
Зависимость фазового угла от напряжения управления	линейная	линейная	линейная	-	-
Выходной ток макс., А	9	9	9	1,7	1,7
Напряжение изоляции, В	2500	2500	2500	2500	2500
Рабочая температура, °С	-30 +100	-30 +100	-30 +100	0 +55	0 +55

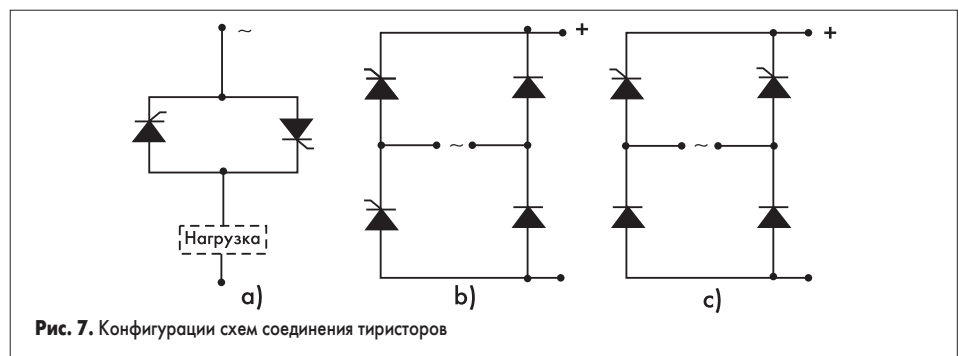


Рис. 7. Конфигурации схем соединения тиристоров

**RT380M B2C** — регулятор фазового угла для управления тиристорным мостом/полумостом в конфигурации B2C с контролем нулевого перехода

Область применения: регулировка освещения, температуры, скорости вращения двигателей постоянного тока, асинхронных двигателей, управление электрохимическими процессами.

- Основные особенности:
- напряжение питания — 50/60 Гц, 220/380 В;
  - напряжение управления — 0...5/0...10 В;
  - встроенный источник питания 5 В;
  - напряжение изоляции — 4 кВ;
  - согласован по электрическим характеристикам и конструкции со всеми тиристорными модулями SEMIKRON.

**RT380T** — аналоговый контроллер 3-фазного тиристорного моста в конфигурациях B6C, B6HK, B6HKF

Область применения: регулировка мощности 3-фазной нагрузки.

- Основные особенности:
- напряжение питания — 50/60 Гц, 220/380 В;

- работа на индуктивную нагрузку с  $\cos \phi = 0,2$ ;
- напряжение управления — 0...5/0...10 В;
- встроенный источник питания 5 В, 100 мА;
- напряжение изоляции — 4 кВ;
- согласован по электрическим характеристикам и конструкции со всеми тиристорными модулями SEMIKRON.

**MP380T** — микропроцессорный контроллер 3-фазного тиристорного моста

Область применения: регулировка мощности 3-фазной нагрузки.

- Основные особенности:
- напряжение питания — 50/60 Гц, 220/380 В с автоматическим выбором диапазона;
  - работа на индуктивную нагрузку с  $\cos \phi = 0,2$ ;
  - напряжение управления — 0...5/0...10 В, 0...20/4...20 мА;
  - программируемый режим пуска и остановки;
  - контроль обрыва фазы и правильности чередования фаз;

- защита от перегрева;
  - режим ограничения тока нагрузки;
  - напряжение изоляции — 4 кВ;
  - управление от PC по протоколу RS485.
- RT120MC — однофазный регулятор для управления AC-ключом (WIC) с обратной связью по току или напряжению**

Область применения: стабилизация тока или напряжения нагрузки.

- Основные особенности:
- напряжение питания — 50/60 Гц, 110/220/380 В;
  - работа на индуктивную нагрузку с  $\cos \varphi = 0,2$ ;
  - напряжение управления — 0...5 В, 0...20 мА, 4...20 мА;
  - программируемый режим плавного пуска/остановки;
  - режим ограничения тока или стабилизации напряжения;
  - напряжение изоляции — 4 кВ.

**APTT840/841 — однофазный регулятор для управления AC-ключом (WIC) и полумостом (B2C) с контролем нулевого перехода (840) и без контроля (841)**

Область применения: регулировка мощности однофазной нагрузки, коррекция коэффициента мощности.

- Основные особенности:
- напряжение питания — 50/60 Гц, 220/380 В;
  - напряжение управления — 12 В;
  - напряжение изоляции — 4 кВ.

**SKW3 ZC — контроллер для управления 3-фазным AC-коммутатором с контролем нулевого перехода**

Область применения: коммутация 3-фазной нагрузки.

- Основные особенности:
- напряжение питания — 50/60 Гц, 230/400 В;
  - напряжение управления — 8...10 В;
  - встроенный источник питания 12 В;
  - напряжение изоляции — 4 кВ;
  - согласован по электрическим характеристикам и конструкции со всеми тиристорными модулями SEMIKRON.

**SKTT6 — контроллер для управления 3-фазным AC коммутатором**

Область применения: коммутация 3-фазной нагрузки.

- Основные особенности:
- напряжение питания — 50/60 Гц, 230/400 В;
  - напряжение управления — 6...30 В;
  - встроенный источник питания 12 В;
  - напряжение изоляции — 4 кВ;
  - согласован по электрическим характеристикам и конструкции со всеми тиристорными модулями SEMIKRON.

**Заключение**

Фирма SEMIKRON стремится максимально обеспечить потребности потребителей полупроводниковых компонентов высокой мощности и необходимых им аксессуаров: теплоотводов, вентиляторов, снабберных цепей, элементов для защиты полупроводников от переходных перенапряжений. Это позволяет разработчику выбрать все необходимые для решения задачи компоненты среди продукции одной фирмы.

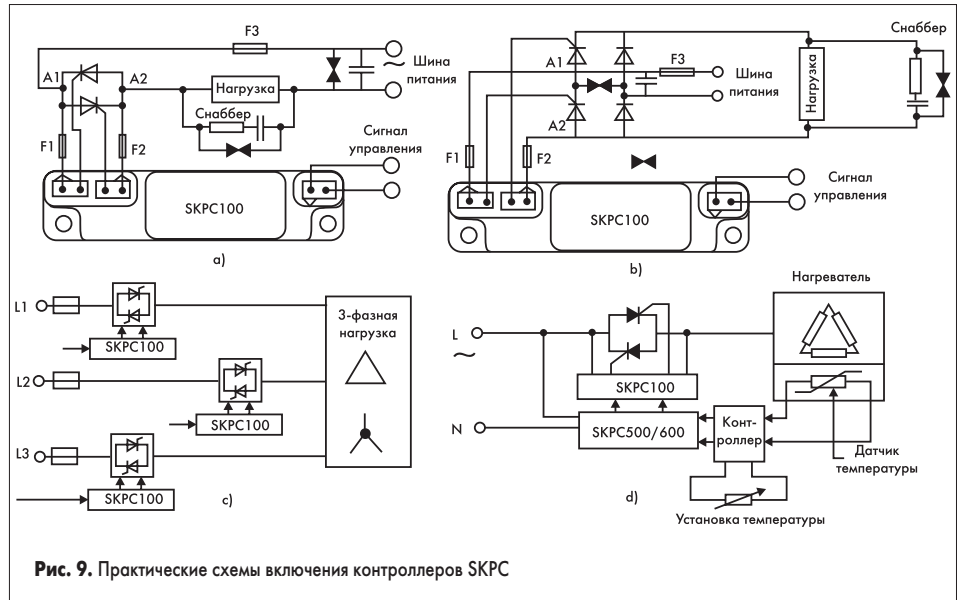


Рис. 9. Практические схемы включения контроллеров SKPC

Основная доля продукции SEMIKRON предназначена для создания мощных преобразовательных устройств: приводов, систем индукционного нагрева, сварочного оборудования и т. д. Одной из проблем, с которой неизбежно сталкивается разработчик данного оборудования, является плавная подача питания. Выпуск компонентов, позволяющих решить данную задачу, позволит сократить стоимость разработки, повысить надежность работы изделия.

Тиристоры остаются элементами, достаточно широко применяемыми в технике, и наличие специализированных контроллеров для управления ими — одна из сильных сторон продукции SEMIKRON. На рис. 9 приведены некоторые практические схемы, в которых могут быть использованы тиристоры, управляемые драйверами SEMIKRON: а — регулятор тока однофазной нагрузки, б — мостовой регулятор мощности нагрузки постоянного тока, с — коммутатор трехфазной нагрузки, d — система термостабилизации.

На рис. 10 показано одно из готовых изделий серии SEMISTACK — сборка, содержащая полностью законченную конструкцию 3-фазного выпрямителя с модулями SEMIPACK SKKT 57/12, драйвером 3-фазного тиристорного моста RT390T, теплоотводом P3/250, вентилятором SKF3-230 и разъемами для подключения силовых и контрольных цепей. Модуль разработан и изготовлен специально



Рис. 10. Демонстрационная сборка SEMITEACH с модулями SKKT 57/12 и драйвером RT390T

для обучения специалистов методам расчета и конструирования тиристорных преобразователей большой мощности.

**Литература**

1. SCR/Thyristor Trigger Module SKHIT 01. Semikron Elektronik GmbH.
2. Thyristor Phase Angle Trigger Module SKPC 200. Semikron Elektronik GmbH.
3. IRMDSS 1 — IR1110 Soft Start IC Reference Design Kit. International Rectifier Data Sheet No. PD60164.
4. Thyristor Power Electronics Teaching System. Application Note.