

УДК 621.311.62

ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ ПО ТОКУ В ИМПУЛЬСНОМ ИСТОЧНИКЕ ПИТАНИЯ НА БАЗЕ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ IGBT ДРАЙВЕРОВ

Д.В. ГОДУН, А.П. ДОСТАНКО

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь*

Поступила в редакцию 29 января 2008

Дано общее представление о назначении токовой защиты вторичной цепи импульсного источника электропитания на базе высокоскоростных интеллектуальных IGBT драйверов. Рассмотрены структурная и принципиальная электрические схемы.

Ключевые слова: IGBT, импульсные источники электропитания, устройство токовой защиты и защитного отключения.

Введение

Импульсные методы плазменной обработки материалов в настоящее время становятся наиболее актуальными в силу таких особенностей пульсирующей плазмы, как возможность управлять процессом обработки путем изменения частоты и длительности рабочих импульсов источника питания, получать более стабильные характеристики самого разряда, возможность вкладывать большую импульсную мощность при небольшом уровне средней мощности [1].

В реальных установках ионного азотирования температура и давление газа изменяются в больших пределах, что обусловлено условиями технологии. Источник питания должен обеспечить требуемый режим технологического процесса при значительных изменениях параметров нагрузки. Следовательно, выходные параметры источника питания необходимо регулировать в широком диапазоне. Динамические характеристики нагрузки преобразователя определяются спецификой сильноточного газового разряда и технологическим режимом ионного азотирования.

Отличительной особенностью сильноточного газового разряда является его нестабильность. Различные возмущающие факторы приводят к быстрому переходу в камере азотирования от тлеющего разряда к дуговому. При этом энергия, поступающая в камеру при тлеющем разряде, равномерно распределяется по всей поверхности обрабатываемого изделия. При дуговом разряде энергия концентрируется на небольшом участке поверхности изделия. Если не ограничить количество энергии, передаваемой при дуговом разряде в камеру азотирования, повреждается поверхность изделия, что приводит к браку. Для устранения такого режима источник питания должен обеспечивать отключение нагрузки на время деионизации разрядного промежутка после дугового разряда в камере и автоматически осуществлять повторную подачу напряжения на нагрузку после интервала деионизации.

Время деионизации разрядного промежутка составляет десятки – сотни микросекунд. Время подготовки к автоматическому повторному включению (АПВ) должно составлять сотни микросекунд, поэтому источник питания должен работать в режиме АПВ постоянно.

Теоретический анализ

Для более полного изложения информации об обратных связях по току и устройствах реализующих данные задачи, рассмотрим структурную типовую схему источника импульсного напряжения.

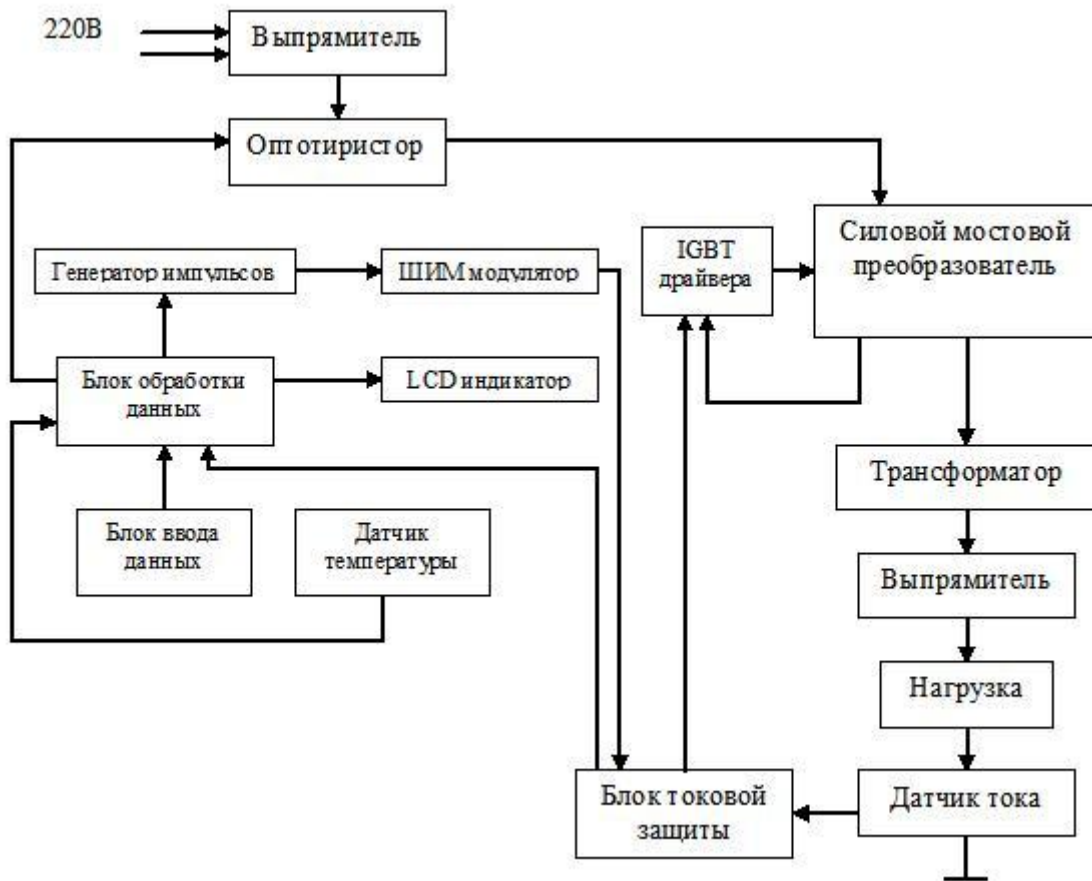


Рис. 1. Структурная схема источника импульсного напряжения

Управляющим блоком системы является микропроцессорный блок обработки данных, на который возложены основные функции управления устройством:

- 1) генерация импульсов;
- 2) обработка данных с блока ручного управления;
- 3) вывод информации на LCD индикатор;
- 4) управление оптоотристором;
- 5) опрос температурного датчика.

В связи с особенностью работы источника на плазменную нагрузку микроконтроллер обеспечивает обработку данных с блока токовой защиты с возможностью кратковременного прекращения работы системы. Таким образом, в центре системы получаем гибкий модуль программного управления, управляющий работой импульсного источника питания.

Пользовательские настройки сохраняются во Flash памяти микроконтроллера до следующего ввода пользователем. По данным настройкам блок обработки данных задает параметры для генератора прямоугольных импульсов, точнее, длительность рабочих импульсов и паузы между ними. Формирование управляющих сигналов происходит в блоке формирования широтно-импульсной модуляции, и сигналы поступают в блок токовой защиты, где по схеме "&" складываются с сигналами IGBT драйверов, выполняющими роль токовых компараторов, управляющий сигнал для которых снимается с датчика тока.

Более подробно данный блок рассмотрим ниже. Выход с устройства токовой защиты подключен к входу блока IGBT драйверов, где обеспечивается гальваническая развязка между

цифровой управляющей частью системы и силовой, происходит увеличение по амплитуде выходных импульсов, необходимых для открытия IGBT транзисторов и обеспечения токовой защиты первичной цепи. Данные блоки должны питаться от разных гальванически развязанных источников.

Блок IGBT драйверов реализован на микросхемах IL33153 производства НПО "Интеграл". Нагрузкой для мостового преобразователя является повышающий трансформатор тороидального типа. На вход преобразователя с разрешения блока обработки данных, подается выпрямленное напряжение питающей сети по средствам управляющего оптотиристора. Датчик температуры установлен в непосредственной близости от силовых структур импульсного источника питания. В нормальном режиме работы системы, когда сформирован и поддерживается аномальный тлеющий разряд, устройство токовой защиты, находящееся во вторичной цепи трансформатора, никаких изменений в ширину импульса вносить не должно. Одновременно блок IGBT драйверов, установленный в первичной цепи должен отслеживать состояние токовой перегрузки.

Экспериментальная часть

Устройство токовой защиты предназначено для распознавания режимов токовой перегрузки и короткого замыкания в силовой цепи импульсного источника электропитания по средствам сигналов, снимаемых с датчика тока.

Перегрузки по току характеризуются медленным повышением тока нагрузки в результате аварии схемы управления или внезапного уменьшения полного сопротивления нагрузки. Токи короткого замыкания являются результатом коротких замыканий в самом силовом приборе и в цепи нагрузки.

На рис. 2 рассмотрена структурная схема блока токовой защиты.

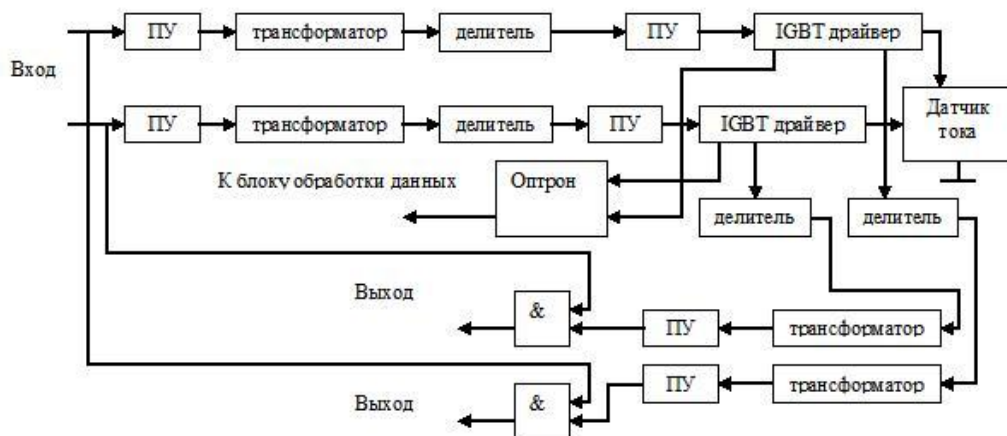


Рис. 2. Структурная схема блока токовой защиты.

Микросхема IL33153PN является IGBT драйвером для мощных схем, которые используются для управления асинхронными двигателями переменного тока, вентильными двигателями постоянного тока и источниками бесперебойного питания. Данная интегральная схема разработана для управления дискретными и модульными IGBT, она также предлагает эффективное ценовое решение для управления мощными полевыми и биполярными транзисторами. Защитные свойства прибора включают блокировку режима недонасыщения или токовой перегрузки и определение недостаточного напряжения питания [1]. На методе отслеживания токовой перегрузки и короткого замыкания в цепи нагрузки в данном разделе остановимся наиболее подробно.

Методом защиты является контроль тока с использованием шунтирующего резистора. Преимущества данного метода заключаются в возможности сравнения двумя различными компараторами опорного сигнала с сигналом, снимаемым с датчика тока. Токовая перегрузка

расценивается при входном сигнале до 65 мВ, а короткое замыкание — до 130 мВ соответственно. Время реакции системы на заданное входное воздействие — 1 мкс, время нарастания ширины импульса с 10 до 100% — 55 нс.

Сигналы с блока формирования широтно-импульсной модуляции поступают на блок преобразователя уровней, в котором они усиливаются и поступают на согласующие трансформаторы. Со вторичной обмотки трансформаторов сигналы, пройдя через резистивные делители, необходимые для согласования по уровню сигнала и блок преобразователей уровня поступают на вход IGBT драйверов, ко входу которых подключен датчик тока, рассмотренный выше.

При входном напряжении до 65 мВ IGBT драйвера выдают импульсы, аналогичные входным, но увеличенные по амплитуде. При увеличении уровня входного напряжения компаратор, сравнив его с опорным, переключит триггеры и установит ширину выходного импульса — 10% от входного.

При дальнейшем увеличении напряжения от 130 мВ драйвера установят "выход ошибки" микросхемы в "1". Данный уровень поступает через оптрон к блоку обработки данных, сигнализируя о коротком замыкании в нагрузку. Соответственно, обработав данный сигнал и выдержав заданную паузу, микроконтроллер закрывает оптодиристор, тем самым прекращая подачу напряжения на силовой каскад преобразователя. Одновременно необходимо снять управляющий сигнал с блока IGBT драйверов, тем самым защелкнуть транзисторы. Во вторичной цепи будет происходить гашение токовой дуги.

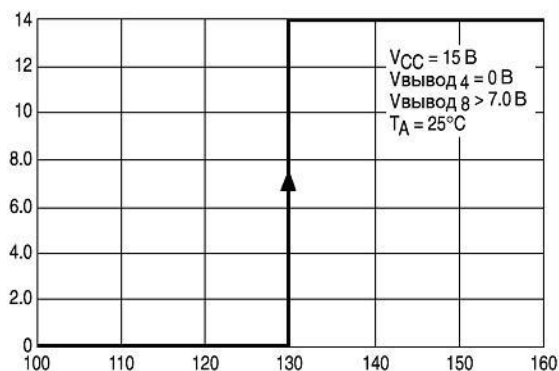


Рис. 3. Зависимость напряжения выхода ошибки от напряжения на входе контроля тока

Выходной сигнал микросхем, пройдя через делители и развязанный по средствам трансформаторов, поступает на входы преобразователей уровня, с выхода которого по схеме "&" складывается с управляющими сигналами блока формирования широтно — импульсной модуляции. Этим уровнем и будет осуществляться управление блоком IGBT драйверов.

Результаты и их обсуждение

В результате разработки устройства токовой защиты импульсного источника питания были получены следующие результаты:

- 1) время реакции устройства на входное заданное напряжение до 1 мкс;
- 2) нарастание ширины импульса от 10 до 100% и наоборот до 55 нс соответственно;
- 3) сравнение входного напряжения с опорным двумя различными компараторами позволяет рассматривать входное напряжение от 65 до 130 мВ как токовую перегрузку, а более 130 мВ — как короткое замыкание. В данном случае устройство посылает сигнал в блок управления, который, в свою очередь, на определенное запрограммированное время закрывает оптодиристор, прекращает подачу управляющих импульсов в силовую часть, обеспечивая тем самым гашение токовой дуги;
- 4) разработана принципиальная электрическая схема устройства токовой защиты.

В аналогичных устройствах, построенных с использованием малощумящих операционных усилителей, охваченных отрицательной обратной связью, существует проблема

наводок шумов силовых мостовых преобразователей, что существенно влияет на стабильную работу задающего аналогового генератора [2, 3]. Разработанная электрическая принципиальная схема не имеет данных недостатков и может быть использована в составе как аналогового, так и цифрового метода построения задающих генераторов.

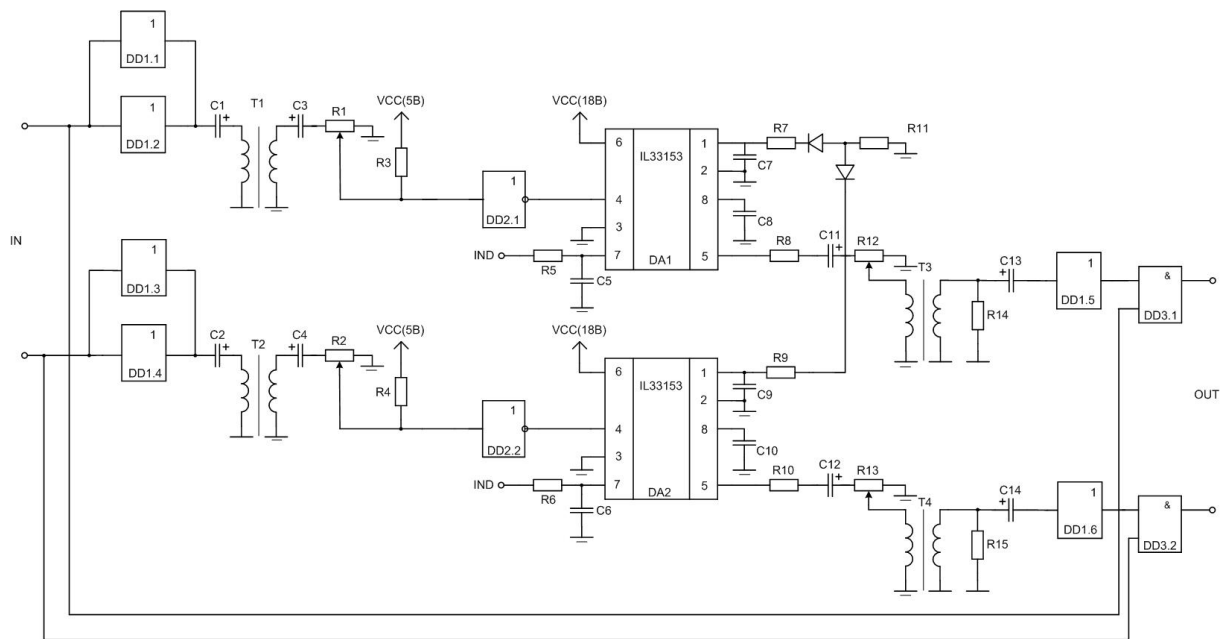


Рис. 4. Электрическая принципиальная схема устройства токовой защиты импульсного источника электропитания

Заключение

В результате экспериментов с R , C , L нагрузками и их комбинациями установлено, что время реакции устройства токовой защиты не превышает 1 мкс, что позволяет использовать данное устройство в источниках электропитания газоразрядных систем. В дальнейшем планируется обеспечить гальваническую развязку по средствам оптронов с большой крутизной характеристики dv/dt , к примеру, Hewlett Packard HCPL4053, что обеспечит значительное упрощение схемы и простоту настройки.

FEEDBACK ON A CURRENT IN THE PULSE POWER SUPPLY ON THE BASIS OF THE HIGH-SPEED IGBT DRIVERS

D.V. HADUN, A.P. DOSTANKO

Abstract

The general representation about appointment current protection of a secondary chain of a pulse source of power supplies on the basis of high-speed intellectual IGBT drivers is given, the structural and basic electric scheme is considered.

Литература

1. Семенов Б.Ю. Силовая электроника. М., 2001.
2. Патент РФ. № 2192698. МПК Н 02 Н 3/08. 2001.
3. Патент США № 5892647. МПК Н 02 Н 3/08. 1999.