

**МНОГОСВЯЗНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫМ ИСТОЧНИКОМ  
ПИТАНИЯ**

А.С. Попов, И.Е. Меняйло

Научный руководитель: доцент, к.т.н. А.В. Обходский

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: asp5@tpu.ru

**MULTI-COMPATIBLE CONTROL SYSTEM OF HIGH-VOLTAGE SOURCE**

A.S. Popov, I.E. Menyailo

Scientific Supervisor: Associate Professor, Ph.D. A.V. Obkhodkiy

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: asp5@tpu.ru

***Abstract.** In this paper, we present the results of a theoretical study of promising directions for constructing high-power power supplies, including the composition of the diagnostic functions, the list of controlled parameters, the methods for controlling the output voltage and current level. The new scientific result is the architecture of the hardware-software complex of high-voltage power supplies ensuring the stability of supply voltage characteristics over a wide range of variation with continuous and continuous operation.*

**Введение.** Высоковольтные источники питания широко применяются для создания промышленных технологий поверхностной модификации материалов, приборов неразрушающего контроля, научно-исследовательских приборов, а также в области контроля качества силовых электротехнических изделий и многих других областях. Актуальность работы обусловлена необходимостью создания программных и технических решений производства высоковольтных систем питания, которые позволят производителям материаловедческого оборудования повысить продуктивность и надежность своих систем.

Одной из основных научно-технических проблем при создании высоковольтных источников питания для материаловедческих приборов высокого разрешения является обеспечение стабильности характеристик питающего напряжения при длительной непрерывной работе материаловедческого оборудования. Стабильность характеристик питающего напряжения во многом зависит от внешних условий применения высоковольтных источников питания.

При реализации интеллектуальных режимов управления высоковольтными источниками питания существенной проблемой является реализация элементной базы для построения контуров обратной связи, обеспечивающих измерение тока и напряжения в реальном масштабе времени с высокой точностью и функционирующих в условиях сильного электрического поля. В таких условиях сложно обеспечить требование к минимизации массы и габаритных размеров источника питания, при этом часто именно эти требования заставляют производителей материаловедческого оборудования принимать решение в пользу источников питания зарубежного производства.

**Теоретическое исследование.** В отличие от низковольтных источников электропитания, проблемы высоковольтных источников питания, особенности их технических решений и высоковольтные компоненты освещены в научно-технической литературе не в полной мере. Известные работы обобщающего характера в этой области [1-2, 3] посвящены, в основном, тематике ВИП, предназначенных для радиолокационной и радиопередающей аппаратуры. Указанные работы опубликованы сравнительно давно, 10–25 лет назад. Не потеряв определенного значения и в наши дни, в этих источниках не в полной мере учитывают современных достижений в рассматриваемой области. Это касается развития мощных преобразовательных высоковольтных источников питания на повышенных, до 50 кГц, частотах преобразования с применением современных и перспективных электронных компонентов. Не рассматриваются мощные высоковольтные полевые транзисторы с изолированным затвором МОПТ или MOSFET, биполярные транзисторы с изолированным затвором БТИЗ или IGBT, интегральные силовые модули ИСМ или IPM на основе MOSFET и IGBT, быстродействующие высоковольтные диоды и другие компоненты. В большей части современных литературных источников по системам и источникам высокого напряжения [4-5] рассматриваются примеры конкретных ВИП специализированных для узкой области применения.

В результате проведенного анализа существующих решений была составлена структурная схема модуля источника питания, представленная на рисунке 1.

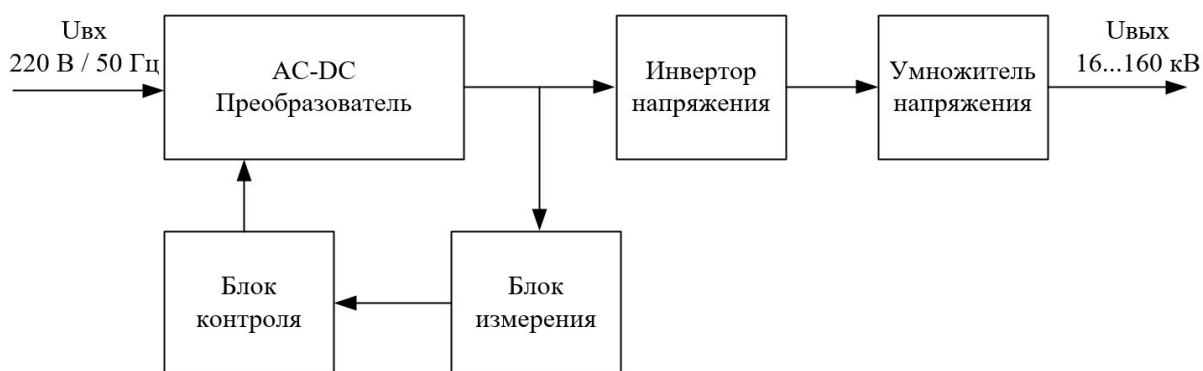


Рис. 1. Структурная схема источника питания

Основной частью данного модуля является АС-DC преобразователь входного напряжения 220 В, 50 Гц в выходное напряжение в диапазоне от 16 до 160 кВ с максимальным током нагрузки 12 мА.

Выпрямленное напряжение преобразуется в переменное прямоугольной формы с помощью силовых ключей, в качестве которых выступают MOSFET транзисторы. Полученный высокочастотный сигнал с АС-DC преобразователя через инвертор подается на умножитель Кокрофта – Уолтона.

Умножитель Кокрофта-Уолтона представляет собой умножитель напряжения, преобразующий переменное или пульсирующее постоянное напряжение в высокое постоянное напряжение. Используя только конденсаторы и диоды, генераторы такого типа могут преобразовывать относительно низкое напряжение в очень высокое. При этом они намного легче и дешевле по сравнению с трансформаторами. Ещё одним преимуществом является возможность снятия напряжения с любой ступени схемы, так же как в многоотводном трансформаторе. На рисунке 2 показана основная схема генератора Кокрофта-Уолтона.

Его работа происходит следующим образом: во время первого полупериода цикла конденсатор С1 заряжается до максимального напряжения источника  $U_0$ , в течение второго полупериода цикла конденсатор С2 заряжается до напряжения  $2U_0$ . Затем заряжаются конденсаторы С3 и С4. Через несколько циклов все конденсаторы нижней строки окажутся заряженными до удвоенного амплитудного значения переменного напряжения. Таким образом, подключая дополнительные каскады на выходе источника питания, достигается максимальное напряжение в 160 кВ.

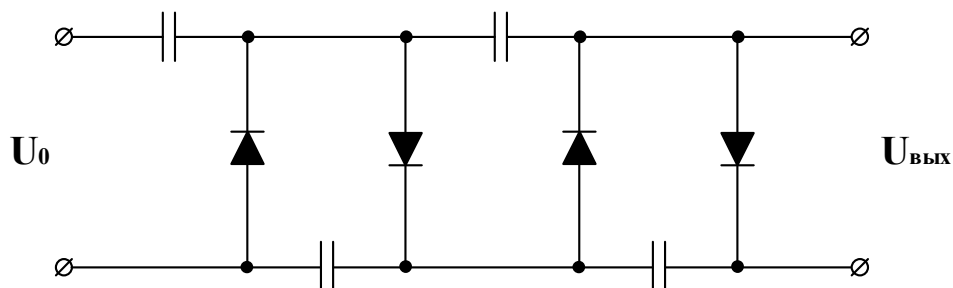


Рис. 2. Схема генератора Кокрофта-Уолтона

В качестве элементов управления используются микроконтроллеры и ПЛИС. С помощью элемента управления производится отслеживание уровня выходного напряжения и непосредственное управление ключом, с помощью ШИМ-сигнала. Микропроцессор производит анализ показаний с датчиков и расчет частоты ШИМ сигнала, а также вывод показаний датчиков на LCD-дисплей и организацию связи источника питания с управляющей ЭВМ.

**Заключение.** В результате работы была создана структурная схема разрабатываемого источника питания с полным описанием принципов и алгоритмов работы. Был разработан концепт системы управления согласно техническому заданию и результатам проведенного литературного анализа в полном соответствии с выбранным принципом работы устройства.

Исследования проводились при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации. Соглашение RFMEFI57517X0150.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ланцов В., Владимиров Е. Мощные высоковольтные источники питания. Часть 1 // Силовая электроника. – 2010. – № 5. – С. 65-70.
2. Костиков В. Г., Никитин И. Е. Источники электропитания высокого напряжения. – М.: Радио и связь, 1986. – 200 с.
3. Березин О. К., Костиков В. Г., Шахнов В. А. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Три Л, – 2000. – 400 с.
4. Полищук А. Г. Вопросы разработки твердотельных импульсных модуляторов для электровакуумных приборов СВЧ // Современная электроника. – 2005. – № 3. – С. 52-55.
5. Гусев Н. С., Казанцев В. И., Млинник А. Ю., Монин С. В. Твердотельная высоковольтная энергетическая система для электронно- лучевой сварки // Электрическое питание. – 2006. – № 3.