

Ю.Г. Алексеев, А.Ю. Королёв, А.Э. Паршутто,
В.С. Нисс, Е.В. Сорока
БНТУ, НТП БНТУ «Политехник», Минск

ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ КОМПЛЕКСНОГО ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В УПРАВЛЯЕМЫХ ИМПУЛЬСНЫХ УНИПОЛЯРНЫХ РЕЖИМАХ МИЛЛИСЕКУНДНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ

При обработке поверхности металлов в электролите под воздействием электрического тока используются два основных режима: электрохимический и электролитно-плазменный. При электрохимических процессах все явления происходят на границе металл – электролит, при сравнительно низких напряжениях (до нескольких десятков вольт). При напряжении более 200 В вокруг анода образуется устойчивая парогазовая оболочка, характеризующаяся высокочастотными колебаниями тока при постоянном рабочем напряжении. Сплошная парогазовая оболочка вокруг анода имеет толщину порядка 50 мкм и постоянно изменяет свою форму. При этом возникает многофазная система металл-плазма-газ-электролит, а явления, происходящие в приэлектродной области, не описываются в рамках классической электрохимии [1]. Наши предварительные эксперименты показали, что при включении напряжения более 200 В, парогазовая оболочка возникает не сразу, а с некоторой задержкой, в среднем в 0,2–0,5 мс. В этот интервал времени на границе металл – электролит происходят электрохимические процессы. Затем образуется парогазовая оболочка и начинают происходить электролитно-плазменные процессы. Если при обработке использовать импульсы регулируемой длительности от 0,2 мс и более, то появляется возможность исследовать влияние совместной электрохимической и электролитно-плазменной обработки на поверхность металлов при разном их соотношении.

С этой целью нами разработан источник питания со следующими параметрами:

– диапазон регулировки амплитуды импульсов напряжения источника питания: $U = 0\text{--}350$ В.

– диапазон регулировки длительности импульсов и пауз: 0,1–100 мс.

– диапазон регулировки соотношения длительности импульсов и пауз от 1:9 до 9:1.

В основе источника питания лежит электронный ключ, использующийся для включения и выключения тока от внешнего источника питания постоянного тока (рисунок 1). Сигнал управления ключом поступает от блока управления, построенного на быстродействующих цифровых КМОП микросхемах серии 74АС.

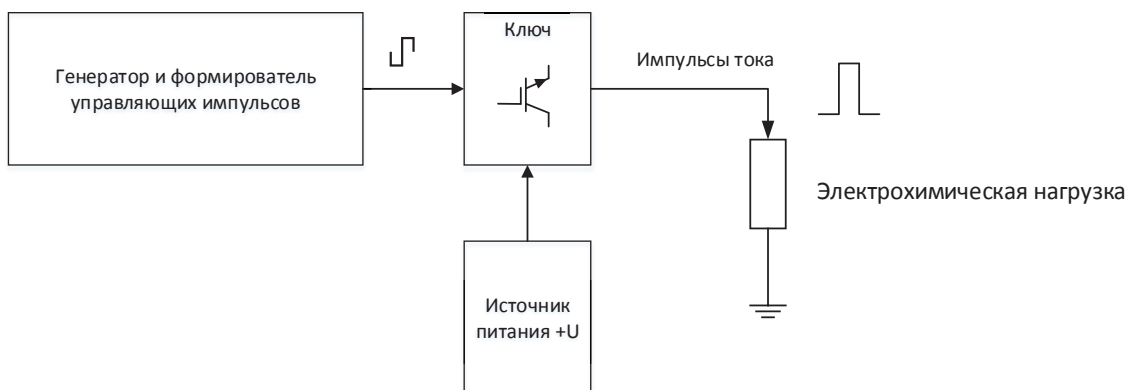


Рисунок 1 – Блок-схема импульсного источника питания

Блок управления состоит из нескольких функциональных модулей: генератора импульсов, делителя частоты с цифровым управлением и формирователя соотношения длительности импульсов и пауз с цифровой регулировкой. Всё управление сделано с помощью цифровых кодовых переключателей, задающих длительность базового импульса и кратность длительностей импульса и паузы.

Для построения модуля ключа выбран современный быстродействующий мощный n-канальный IGBT-транзистор GP50B60PD1, позволяющий формировать импульсы с длительностью фронтов не более 0,16 мкс., напряжением до 600 В и амплитудой тока до 75 А. Важным плюсом такого типа транзисторов является возможность в случае необходимости наращивать максимальный ток переключения ключа на его основе просто добавляя в схему дополнительные транзисторы в параллельном подключении. Для управления транзистором используется специализированная микросхема драйвера ключа IR2121, запитанная от отдельного незаземлённого источника питания. Драйвер ключа имеет схему защиты ключевого транзистора от перегрузки по току. Для развязки земли схемы формирователя импульсов управления и питания ключей, драйверы ключа подключены к ней через

быстродействующие оптроны HCPL-2601. Принципиальная схема модуля ключа приведена на рисунке 2.

В момент включения или выключения тока транзисторным ключом, в проводниках на фронтах импульсов возникают импульсные выбросы напряжения. Амплитуда импульсов может превышать напряжение на транзисторе в несколько раз, что может привести к их пробое. Основной причиной их возникновения является индуктивность проводников, поэтому при конструировании блока ключа уделено большое внимание уменьшению индуктивности проводников, по которым будут идти сильноточные импульсы тока [2, 3]. Другим важным способом уменьшения выбросов импульсного напряжения является введение в схему ключа помехоподавляющей цепи, включающей специализированный снабберный конденсатор (C7 на рисунке 2).

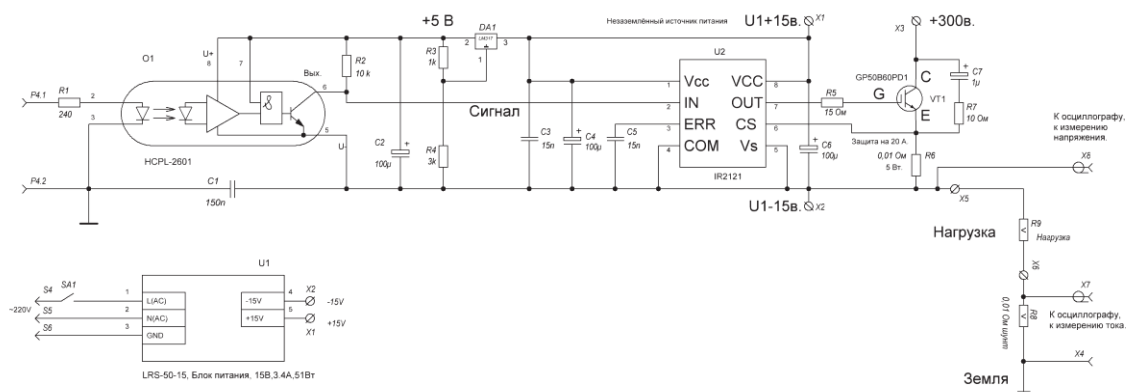


Схема ключа 300в.

Рисунок 2 – Принципиальная схема ключа

С учётом мер по снижению индуктивности силовых проводников, по которым протекают мощные импульсы тока, модуль ключа в конструкции источника питания выделен в отдельный корпус, размещённый непосредственно над ванной электрохимической обработки на минимальном расстоянии от обрабатываемого образца.



Рисунок 3 – Общий вид блока ключа, установленного над ёмкостью с электролитом (3D модель)

ЛИТЕРАТУРА

1. Zeidler, H. Changes on Surfaces of Electrodes in Aqueous Electrolytic Solutions at High Voltages, The 9th International Symposium on Electro Chemical Machining Technology – INSECT, Chemnitz, 2013.
2. Кечиев Л.Н. Проектирование системы распределения питания печатных узлов электронной аппаратуры. – М.: Грифон, 2016. – 400 с.
3. Источник питания для исследования импульсных электрохимических процессов = Power Supply for the Investigation of Pulse Electrochemical Processes / Ю.Г. Алексеев, А.Ю. Королёв, В.С. Нисс, А.Э. Паршутто, Е.В. Сорока, А.С. Будницкий // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика. - 2018. – № 3. – С. 246–257.