

Ю.Е. Коляда, В.И. Доценко, О.С. Недзельский, А.В. Пличко, Е.Г. Понуждаева

ПЕРЕДВИЖНАЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ГИТ-20 ДЛЯ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ ШЛАМОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Наведено результати схемно-технічної розробки пересувної електрофізичної установки "ГИТ-20", призначеної для технологічної обробки шламів металургійного виробництва за допомогою електрогідрравлічних ефектів, викликаних струмами імпульсних розрядів. Описано результати експериментальних досліджень характеристик імпульсів напруги, що ініціюють гарантований розряд генератора імпульсів струму в реальному технологічному середовищі.

Представлены результаты схемно-технической разработки передвижной электрофизической установки ГИТ-20, предназначенной для технологической обработки шламов металлургического производства посредством электрогидравлических эффектов, вызываемых токами импульсных разрядов. Описаны результаты экспериментальных исследований характеристик импульсов напряжения, инициирующих гарантированный разряд генератора импульсов тока в реальной технологической среде.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время генераторы мощных импульсов тока (ГИТ) и импульсов напряжения (ГИН) нашли свое широкое применение в решении ряда задач высокоэффективных технологий, связанных с использованием эффектов мощных электрических разрядов в твердых и жидких материалах и смесях, воздействием мощных электрических и магнитных полей на проводящие и непроводящие материалы. К этим передовым технологиям относятся магнитно-импульсная обработка материалов [1], генерация акустических полей при инъекции плотных плазменных сгустков в жидкости с целью интенсификации технологических процессов в жидкофазных средах [2], интенсификация добычи углеводородов [3], обработка отходов и побочных продуктов металлургического и химического производств и др.

Одним из широко используемых схемно-конструктивных решений для реализации ГИТ и ГИН является применение в качестве основного энергетического узла емкостного накопителя энергии (ЕНЭ) на базе высоковольтных импульсных конденсаторов. Относительно медленное накопление энергии в ЕНЭ и последующее ее быстрое выделение в канале разряда позволяет осуществить широкий спектр технологических операций. Оптимальные параметры электрического разряда, в частности, амплитудно-временные характеристики импульсов тока и напряжения, устанавливаемые как теоретическими, так и экспериментальными проработками, определяют основные электрические параметры разрядной цепи ЕНЭ, выбор элементной базы, конструкцию элементов, узлов установки в целом, ее стоимостные показатели. В ряде случаев технологические и эксплуатационные особенности требуют мобильного (передвижного) конструктивного исполнения установки, с возможностью оперативного присоединения ее энергетических цепей к элементам стационарного оборудования, участвующего в технологическом процессе.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Одной из перспективных технологий, основанных на использовании электрогидравлических эффектов при мощном электрическом разряде в рабочей среде, является обработка отходов металлургического производства (шламов), смешанных с водой, с целью осаждения находящихся в них примесей (например, металлов), подлежащих дальнейшей утилизации.

Для определения технических требований к основным электротехническим параметрам установки в Приазовском государственном техническом университете (г. Мариуполь) была проведена серия экспериментов, определяющих эффективность электрофизического процесса обработки технологической среды. Это позволило определить оптимальные временные и энергетические параметры импульса тока установки, оптимальную конфигурацию электродов разрядного промежутка, помещенного в технологическую (жидкую) среду. Проведена оценка необходимых амплитудно-временных и энергетических параметров импульса напряжения, инициирующего начальную стадию разряда в выбранном разрядном промежутке.

В результате проведенных предварительных теоретических и экспериментальных исследований эффективности технологического процесса и проработки оптимальных схемно-конструктивных вариантов были определены основные требования к установке:

- максимальная энергия, запасаемая ЕНЭ ГИТ – 25 кДж;
- максимальное напряжение заряда ЕНЭ ГИТ – 5 кВ;
- форма импульса тока апериодическая либо затухающая синусоида с амплитудой первой обратной полуволны, не более 20 % амплитуды первой полуволны I_m ;
- длительность импульса тока (первой полуволны) по уровню $0,1I_m$ – от 700 мкс до 1000 мкс;
- разряд инициируется в кольцевом зазоре разрядника между двумя коаксиальными цилиндрическими электродами по поверхности диэлектрика между ними. Наружный электрод заземлен;

- разрядник, рабочий орган установки (РО), размещается в рабочем объеме (баке), заполненном технологической средой. Технологическая среда представляет собой смесь жидкости (воды) с солевым составом, меняющимся в определенных пределах, и твердых измельченных отходов металлургического производства;

- частота следования импульсов тока – 1 импульс в 30 с;

- ресурс установки – не менее 10^5 циклов "заряд-разряд" (при напряжении 5 кВ).

- с целью расширения эксплуатационных возможностей конструктивно установка должна быть мобильной, т.е. ее оборудование (исключая источники силового питания) должно размещаться на борту автотранспорта и обеспечивать возможность подключения высоковольтных разрядных цепей ЕНЭ к рабочему органу стационарного оборудования энергопроводом длиной 20 м.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ

В 2010 г. в Научно-исследовательском и проектно-конструкторском институте "Молния" НТУ "ХПИ" была разработана и создана мощная передвижная электрофизическая установка ГИТ-20 для выполнения технологических операций электроимпульсной обработки отходов металлургического производства.

Принятые схемно-технические решения, результаты проведенных исследовательских работ позволили реализовать все указанные выше технические требования.

Анализ возможных вариантов схемно-технического исполнения установки [4] показал, что оптимальной является схема с параллельно работающими на один разрядный промежуток РО ГИТ и ГИН.

Электрическая схема разрядного контура установки представлена на рис. 1.

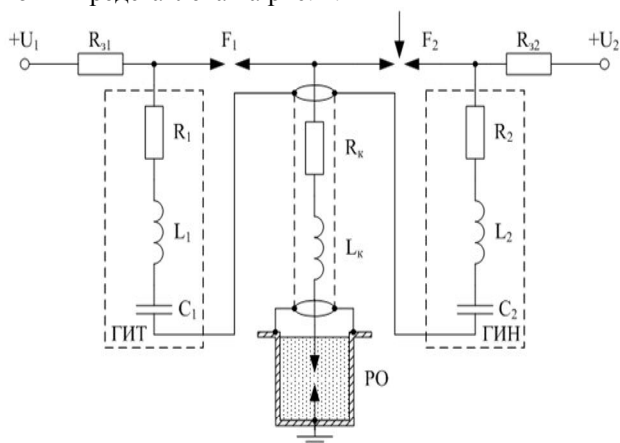


Рис. 1. Электрическая схема разрядного контура установки: C_1, L_1, R_1 – соответственно емкость, индуктивность и активное сопротивление ГИТ; C_2, L_2, R_2 – аналогичные параметры ГИН; F_1 – управляемый двухэлектродный разрядник ГИТ; F_2 – управляемый двухэлектродный разрядник ГИН; R_k, L_k – активное сопротивление и индуктивность энергопровода (кабеля); РО – рабочий орган

На рис. 1 зарядные цепи условно показаны резисторами R_{31} и R_{32} , к которым подведены источники зарядных токов ГИТ и ГИН с напряжениями соответственно U_1 и U_2 .

Схема рис. 1 работает следующим образом:

После заряда ЕНЭ ГИТ и ГИН до определенных уровней напряжения U_1 и U_2 от схемы управления (СУ) в автоматическом либо ручном режиме подается импульс, инициирующий пробой разрядника F_2 . Напряжение ГИН подается на искровые промежутки разрядников F_1 и РО. Скорость нарастания напряжения определяется рядом факторов: временем пробоя разрядника F_2 , $R-L-C$ параметрами разрядного контура, паразитными емкостями, проводимостью жидкой среды, в которой размещается РО. Вольт-секундные параметры импульса напряжения на РО при срабатывании ГИН и электрические параметры разрядных цепей скоординированы таким образом, что позволяют получить одновременное срабатывание РО и F_1 , при этом практически вся энергия ГИН уходит на формирование пробоя и развития проводящего канала в разряднике РО, через который протекает импульсный ток разряда ГИТ.

Вольт-секундные характеристики пробоя искрового промежутка РО во многом зависят от ряда факторов: конструктивного исполнения электродов, материала электродов и диэлектрика в кольцевом зазоре, физических и химических параметров среды, в которой происходит пробой, и др. Как правило, наиболее достоверную информацию в этом вопросе дают экспериментальные исследования.

При разработке установки была изготовлена экспериментальная модель бака, на крышке которого закреплен РО. Конструкция этой модели представлена на рис. 2.

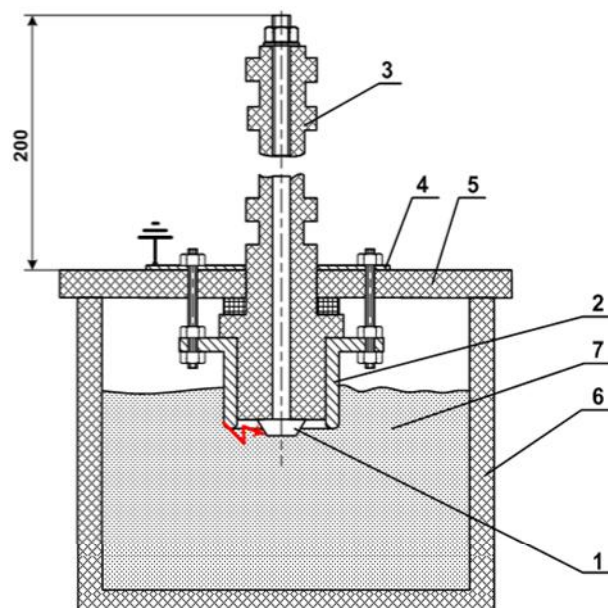


Рис. 2. Конструкция экспериментальной модели бака: 1-высоковольтный электрод, 2-низковольтный электрод, 3-высоковольтный изолятор, 4-фланец, 5-крышка бака, 6-корпус, 7-технологическая жидкость

РО представляет собой двухэлектродный разрядник, рабочим зазором которого является кольцевой промежуток между коаксиально размещенными высоковольтным электродом 1 и заземленным электродом 2. Между электродами размещена диэлектрическая втулка (капролон), являющаяся частью высоковольтного изолятора 3. Низковольтный электрод 2 электрически соединен с металлическим фланцем 4, к которому присоединяются экраны токоподводящего импульсного кабеля и провод заземления. РО закреплен с помощью фланца 4 на крышке бака, в который заливается технологическая жидкость.

С целью оптимизации конструкции разрядника РО и вольт-секундных характеристик генератора инициирующих импульсов напряжения были проведены экспериментальные исследования различных конструкций разрядника, размещаемого в реальной технологической жидкости. На высоковольтный электрод подавался импульс напряжения от ГИН. Выбрана оптимальная конструкция электродной системы, в которой высоковольтный электрод выполнен в виде усеченного конуса, в котором кромки нижнего основания, прилегающего к диэлектрической втулке, обеспечивают необходимую напряженность электрического поля для пробоя промежутка. Расстояние по радиусу между электродами по поверхности диэлектрика (капролон) – 10мм.

В ходе экспериментов установлено, что гарантированный пробой кольцевого зазора с расстоянием между электродами 10 мм (см. рис. 2) происходит при подаче импульса напряжения с фронтом 25-30 нс и амплитудой 35-45 кВ. Характерные осциллограммы импульса напряжения на РО представлены на рис. 3 и рис. 4. Отмечено, что разряд может происходить не только на фронте импульса, но и с "запаздыванием" на время в единицы мкс.

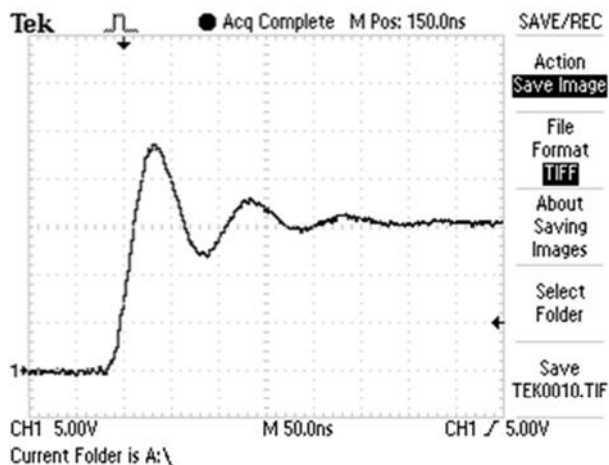


Рис. 3. Осциллограмма импульса напряжения на разряднике РО (амплитуда $U_m = 40$ кВ)

При моделировании экспериментальной схемы, аналогичной рис. 1, в схеме ГИН использовался импульсный конденсатор ИК-100-0,4 (4 мкФ, 100 кВ), заряжаемый от внешнего источника до напряжения от 25 до 45 кВ.

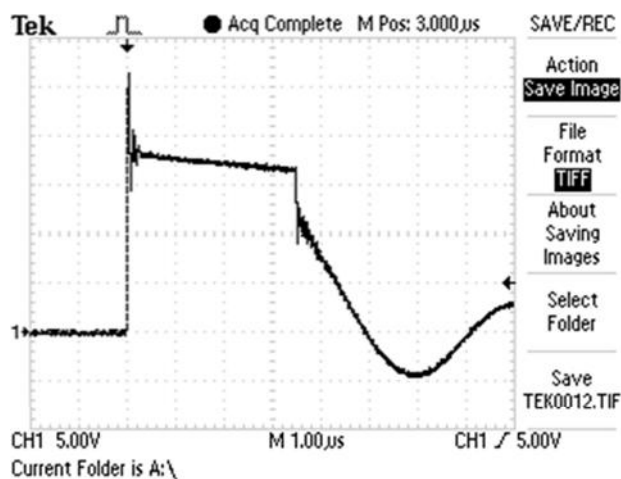


Рис. 4. Осциллограмма импульса напряжения на разряднике РО (время запаздывания пробоя $t_3 = 3,5$ мкс)

При проработке схемно-конструктивных решений установки рассматривались следующие основные требования:

- обеспечение выполнения требования к мобильности установки и, соответственно, конструктивной надежности блоков, узлов и элементов установки;
- обеспечение максимального КПД установки (максимальная отдача энергии ГИТ в проводящий канал разряда РО);
- безопасность эксплуатации и обслуживания установки;
- обеспечение помехозащищенности систем управления, контроля, измерений.

Каждый из этих вопросов решался на основании опыта специалистов НИПКИ "Молния" в разработке высоковольтных импульсных электрофизических установок, с учетом требований нормативных документов, касающихся проблем безопасности эксплуатации и обслуживания.

Размещение оборудования на борту автомобиля ГАЗ-66 КУНГ показано на рис. 5. Основной энергетический блок ЕНЭ ГИТ содержит 14 конденсаторов ИК-6-150 общей массой 770 кг. Масса всего оборудования установки около 1500 кг. На рис. 6 представлена фотография размещения оборудования на борту автомобиля.

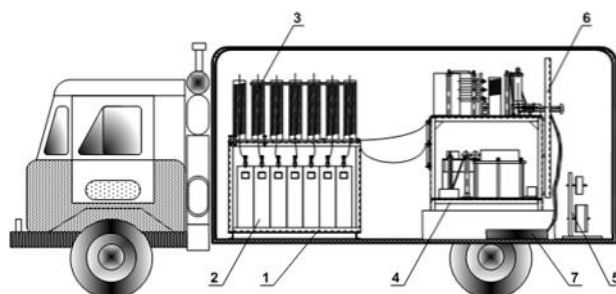


Рис. 5. Размещение основного оборудования ГИТ-20 на борту автомобиля: 1 – блок емкостного накопителя энергии АА2, 2 – конденсаторы ИК-6-150, 3 – катушки индуктивности ЕНЭ, 4 – блок коммутации, 5 – устройство подключения, 6 – ограждение защитное, 7 – кабель высоковольтный

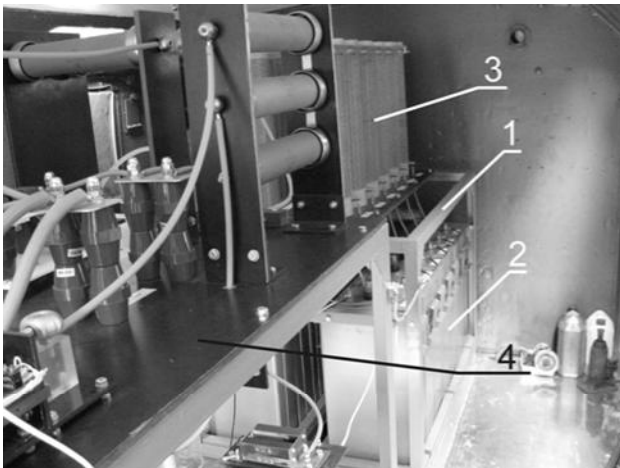


Рис. 6. Фрагмент размещения основного оборудования ГИТ-20 на борту автомобиля ГАЗ-66-КУНГ (обозначения соответствуют рис. 5)

ВЫВОДЫ

Проведены исследовательские и проектно-конструкторские работы по созданию мощной электрофизической установки, обеспечивающей использование электроимпульсных эффектов для технологических целей переработки побочных продуктов металлургического производства.

Создана установка ГИТ-20, которая проходит опытную эксплуатацию на предприятиях металлургической промышленности для подтверждения ее технологической эффективности.

В процессе опытной эксплуатации установки подтверждено полное соответствие технических характеристик заданным. Отмечена высокая надежность работы основного энергетического оборудования, систем управления и контроля

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по магнитно-импульсной обработке металлов. Белый И.В., Фертик С.М., Хименко Л.Т. – Харьков: "Вища школа", 1977. – 168 с.
2. Коляда Ю.Е. Генерация акустических полей при инъекции плотных плазменных сгустков в жидкость. – Доповіді Національної академії наук України. – 1999. – С. 91-95.
3. Хвошчан О.В., Сизоненко О.Н., Курашко Ю.И., Швець І.С. К выбору параметров генератора импульсных токов установок погружного типа // Вісник НТУ "ХПІ". Зб. наук. праць. Темат. вип.: Техніка та електрофізика високих напруг. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2005. – № 49 – С. 111-119.
4. Усов А.Ф., Семкин Б.В., Зиновьев Н.Т. Переходные процессы в установках электроимпульсной технологии. – Л.: Наука, 1987. – 189 с.

Bibliography (transliterated): 1. Spravochnik po magnitno-impul'snoj obrabotke metallov. Belyj I.V., Fertik S.M., Himenko L.T. - Har'kov: "Vischa shkola", 1977. - 168 s. 2. Kolyada Yu.E. Generaciya akusticheskikh polej pri inzhekcii plotnyh plazmennykh sгustkov v zhidkost'. - Dopovidi Nacional'noi akademii nauk Ukraini. - 1999. - S. 91-95. 3. Hvoschan O.V., Sizonenko O.N., Kurashko Yu.I., Shvec I.S. K vyboru parametrov generatora impul'snykh tokov ustanovok pogruzhnogo tipa // Visnik NTU "HPI". Zb. nauk. prac'. Temat vip.: Tehnika ta elektrofizika visokih naprug. - Harkiv: NTU "HPI". - 2005. - № 49 - S. 111-119. 4. Usov A.F., Semkin B.V., Zinov'ev N.T. Perehodnye processy v ustanovkakh `elektroimpul'snoj tehnologii. - L.: Nauka, 1987. - 189 s.

Поступила 09.03.2011

Коляда Юрий Евгеньевич, д.ф.-м.н., проф.
кафедра физики

Приазовский государственный технический университет
87500, Мариуполь, ул. Университетская, 7
e-mail: yukol@ukr.net

Доценко Виктор Иванович, к.т.н.,
Недзельский Олег Саввич,
Пличко Андрей Валерьевич, м.н.с.,
Понуждаева Елена Геннадьевна, зав. сект.
НИПКИ "Молния"
Национального технического университета
"Харьковский политехнический институт"
61013, Харьков, ул. Шевченко, 47
тел./факс (057) 707-62-80
e-mail: vladf48@gmail.com

Kolyada Yu.E., Dotsenko V.I., Nedzelskyi O.S., Plichko A.V.,
Ponuzhdaeva H.G.

"GIT-20" mobile electrophysical installation for electric-pulse working of sludge of metal manufacture.

The paper presents results of engineering development of a powerful mobile electrophysical installation "GIT-20" designed for technological processing of sludge of metal manufacture through electric hydraulic effects caused by pulsed discharge currents. Results of experimental studies of characteristics of voltage pulses initiating a guaranteed discharge of a current pulse generator in real-world technological environment are given.

Key words – current pulse generator, electrophysical installation, electric hydraulic effects, technological environment.