

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ТЕСТИРОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ОПТИМИЗАЦИИ РАЗРЯДНОИМПУЛЬСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ПРОБОЙ В ЖИДКИХ СРЕДАХ

А.И.Вовченко, докт.техн.наук, А.Д.Блащенко, Н.П.Дивак, Р.В.Тертилов, Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины, пр. Октябрьский, 43-А, Николаев, 54018, Украина.

Проведены статистические исследования экспериментально полученных выборок величин давления в точке среды при искровом разряде в воде, определён закон распределения. Выполнен корреляционный анализ электродинамических и гидродинамических величин. Путём сравнения расчётных данных с экспериментальными обосновано применение для оптимизации электрогидроимпульсных технологий математических моделей и алгоритмов расчёта, полученных для случая высоковольтного пробоя. Библ. 10, табл. 3, рис. 5.

Ключевые слова: электрогидродинамические характеристики, оптимизация, разрядноимпульсные технологии, высоковольтный пробой.

Основными факторами, действующими на объект обработки в электрогидроимпульсных технологиях (ЭГИТ) на базе высоковольтного пробоя в конденсированных средах (воде), являются волны сжатия и гидротоки жидкости, распространяющиеся в рабочей среде. Учитывая многообразие областей применения ЭГИТ (разрушение, формообразование, дробление, диспергирование и т.п.), а, следовательно, и объектов обработки, важнейшей практической задачей является оптимизация режимов обработки и обеспечение необходимых параметров и режимов работы оборудования в ЭГИТ.

В настоящее время используются два вида оптимизации ЭГИТ. Первый основан на энергетическом принципе и взаимосогласованном выборе длины разрядного канала l и параметров генератора импульсных токов (ГИТ) высоковольтной электротехнологической установки (индуктивности L , электрической ёмкости конденсаторной батареи C , зарядного напряжения ёмкостного накопителя энергии U_3), при которых обеспечивается выделение в канале разряда максимальной электрической мощности, определяющей интенсивность основных рабочих факторов [7].

Другой подход оптимизации ЭГИТ [1–3] базируется на выборе параметров и режимов работы ГИТ, обеспечивающих не максимальную мощность, а оптимальные характеристики силового воздействия, диктуемые конкретным объектом обработки. Методология такой оптимизации основана на решении обратных задач и сформулирована как для действующих, так и для вновь проектируемых ЭГИТ; при этом разработаны соответствующие математические модели и алгоритмы расчётов. В совокупности это позволяет методом численного моделирования по заданному объекту обработки оптимальному давлению $P(t)$ в точке среды определить необходимые гидродинамические (давление в канале разряда $P_a(t)$ и скорость его расширения $v_a(t)$), электродинамические (разрядный ток $I(t)$ и мощность в канале разряда $N(t)$) характеристики, а также провести синтез ёмкостного ГИТ с нелинейной нагрузкой (определить L , C , U_3 , l). Для оптимизации ЭГИТ, в которых используется электрический разряд в жидкости, инициируемый взрывом микропроводника, достоверность данного подхода, математических моделей и алгоритмов расчёта подтверждены результатами эксперимента [1].

Для случая искрового разряда в жидкости, который используется в большинстве ЭГИТ, процессы пробоя, выделение энергии в канале разряда и генерирование волн сжатия носят стохастический характер. В этом случае нужно оперировать вероятностными показателями случайных величин, которыми являются напряжение пробоя U_{np} (напряжение между электродами в момент их замыкания каналом разряда), разрядный ток $I(t)$, электрическая мощность $N(t)$, а также давление в волне сжатия $P(t)$. Для электродинамических параметров (I , N , U_{np}) существует ряд исследований, позволяющих определять их вероятностные показатели при различных сочетаниях параметров ГИТ, среды и электродной системы и показывающих, что эти характеристики подчиняются нормальному закону распределения [4,8]. Что касается давления в точке рабочей среды $P(t)$, то подобные исследования отсут-

ствуют или, по крайней мере, неизвестны авторам. Априори утверждать наличие детерминированной связи между $N(t)$ и $P(t)$ как для инициированного микропроводником электрического разряда не представляется возможным, поскольку $P(t)$ зависит не только от $N(t)$, но и от гидродинамического излучателя (канала разряда), в частности, от изменяющейся от разряда к разряду его пространственной ориентации [6].

На основании вышеизложенного можно сделать выводы:

- предложенный и обоснованный подход, математические модели и алгоритмы расчёта [1] оптимизации ЭГИТ на базе инициируемого взрывом проводника электрического разряда без дополнительных исследований некорректно распространять на ЭГИТ, использующих высоковольтный пробой;
- сравнение расчётных, полученных при решении обратной задачи, и экспериментальных значений только по электродинамическим характеристикам ($I(t)$, $N(t)$) для высоковольтного пробоя является необходимым, но недостаточным условием проверки адекватности математических моделей и алгоритмов расчета [2,3] реальным физическим процессам.

Цель работы: провести корреляционный анализ электродинамических $I(t)$, U_{np} , $N(t)$ и гидродинамических $P(t)$ величин, полученных при выполнении экспериментальных исследований электродинамических и гидродинамических характеристик искровых разрядов, при различных параметрах ГИТ и электродных систем; выполнить тестирование предложенных в [2,3] алгоритмов и математических моделей путём сравнения расчётных величин с данными эксперимента.

Экспериментальный лабораторный стенд. При экспериментальных исследованиях электро- и гидродинамических характеристик высоковольтного пробоя стенд позволял в процессе одного разряда регистрировать: временное изменение разрядного тока и активной составляющей падения напряжения на межэлектродном промежутке, амплитуду и форму первого импульса сжатия в экваториальной плоскости между электродами. Разряд осуществлялся в резервуаре объемом 1 м^3 с водой, удельная электропроводность которой $\sigma_w=0,055 \text{ См/м}$. Эксперименты выполнялись для двух серий различных параметров разрядного контура, зарядных напряжений, при различных геометриях электродной системы (Серия №1: $U_3=4,5 \cdot 10^4 \text{ В}$, $C=2,06 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$, $L=1,9 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}$, $l=2,3 \cdot 10^{-2} \text{ м}$, $r_3=4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, $l_3=4 \cdot 10^{-2} \text{ м}$; Серия №2: $U_3=3,3 \cdot 10^4 \text{ В}$, $C=2,06 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$, $L=3,9 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}$, $l=4 \cdot 10^{-2} \text{ м}$, $r_3=2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, $l_3=2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$).

Для измерения тока применялся коаксиальный шунт [9] с равномерным распределением тока по сечению и с малоиндуктивным присоединением измерительных кабелей. Такой шунт позволял осциллографировать ток без искажений с крутизной более 10^{10} А/с .

Для регистрации падения напряжения использовался емкостный делитель напряжения [9]. Компенсация индуктивной составляющей падения напряжения на электродной системе производилась последовательным включением в цепь делителя напряжения тороидального воздушного трансформатора равной самоиндукции [9]. Калибровка датчиков тока и напряжения осуществлялась по опытным данным холостого хода (режим стекания) и короткого замыкания RLC контура [9].

Регистрация амплитуды и формы первого импульса сжатия $P(t)$, распространяющегося в среде (воде), выполнялась пьезоэлектрическим датчиком давления [9] на расстоянии $r=180 \text{ мм}$ от оси

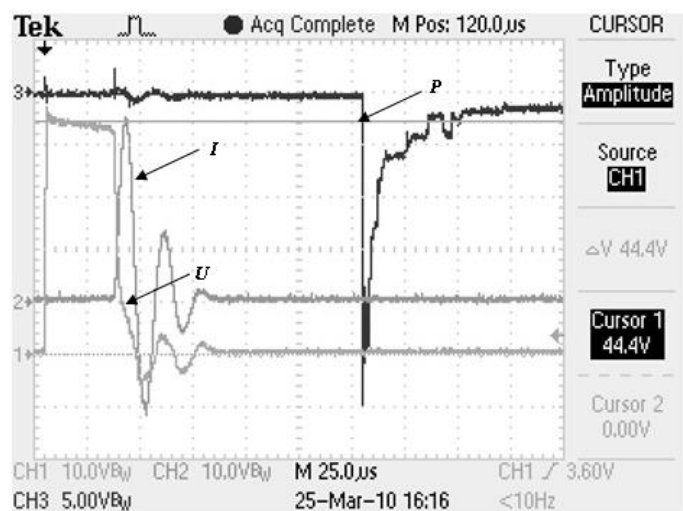


Рис. 1

электродной системы в экваториальной плоскости. Калибровка датчика давления осуществлялась сравнением опытных данных с расчётными значениями $P(t)$ в точке среды, выполненными путём решения прямой задачи по известной из эксперимента мощности и геометрии разрядного канала при инициировании разряда взрывом микропроводника. Коэффициент преобразования датчика давления составлял $0,418 \text{ Па/В}$.

Для регистрации измеряемых параметров $I(t)$, $U(t)$, $P(t)$ использовался цифровой запоминающий осциллограф типа Tektronix. Типичные осциллограммы $I(t)$, $U(t)$, $P(t)$, полученные в процессе одного разряда, показаны на рис. 1.

Результаты исследований. Для набора статистических данных в серии №1 бы-

ло проведено 20 опытов, а в серии №2 – 28. Для дальнейшего использования полученных данных осциллограммы были подвергнуты компьютерной обработке. Чтобы составить общее представление о законе распределения случайной величины, по экспериментальным данным строилась гистограмма – статистический аналог кривой распределения [5]. Так как в ЭГИТ при оценке воздействия волны сжатия $P(t)$ на объект обработки оперируют двумя величинами – максимальным давлением P_m и импульсом P , то статистический анализ проводился относительно этих физических величин. На рис. 2 показаны гистограммы распределения P_m и P для серии экспериментов №1.

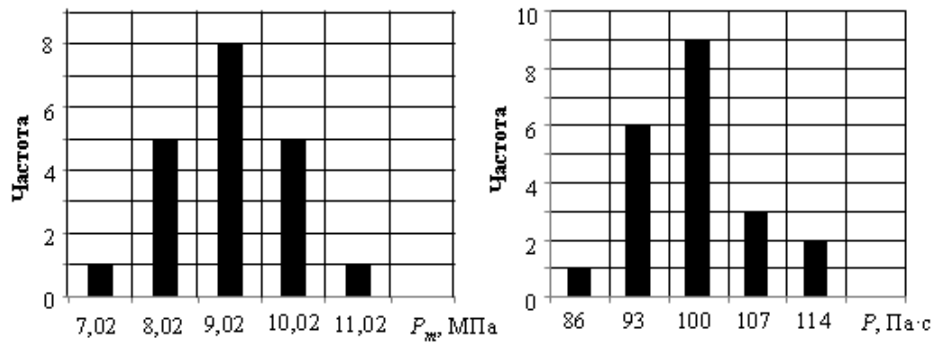


Рис. 2

По внешнему виду гистограмм на рис. 2 можно предположить, что величины P_m и P подчиняются нормальному статистическому закону распределения. Для проверки этой гипотезы воспользуемся критерием Шапиро-Уилка W , который применяется для выборок объемом $n \leq 50$. Статистика W вычисляется по формуле:

$$W = b^2/S^2, \quad (1)$$

где $S^2 = \sum (x_i - \bar{x})^2$; $b = \sum_{i=1}^k a_{n-i+1} (x_{n-i+1} - x_i)$; $n = 2k$ (для выборок, где i – чётное); \bar{x} – среднее статистического ряда; x_i – значения случайной величины; a_{n-i+1} – коэффициент, определяемый из специальных таблиц [10].

Чем ближе значение W к 1, тем меньше вероятность ошибочно принять гипотезу о нормальности распределения; для интерпретации величины W также используют специальные таблицы [10]. Расчёт показал, что для серии №1 для величин P_m и P критерии Шапиро-Уилка $W=0,973$ и $W=0,962$ соответственно. Сверяя полученные значения W с табличными, можно сделать вывод, что распределение статистических величин P_m и P является нормальным, а, следовательно, и $P(t)$ подчиняется нормальному закону распределения.

Аналогичное исследование проводилось и для серии экспериментов №2. Результаты показали, что величины P_m и P , как и в первом случае, распределены нормально, а, значит, к ним применим статистический анализ с использованием следующих статистических характеристик:

математическое ожидание –
$$M[X] = \sum_{i=1}^n x_i p_i, \quad (2)$$

где p_i – вероятность, X – исследуемая величина;

дисперсия случайной величины –
$$D[X] = M[X^2] - (M[X])^2, \quad (3)$$

стандартное отклонение –
$$s_s[X] = \sqrt{D[X]}. \quad (4)$$

Известно, что 68% всех значений нормально распределённой случайной величины лежат в интервале $M[X] \pm \sigma_s[X]$, 95% – в интервале $M[X] \pm 2\sigma_s[X]$, 99% – в интервале $M[X] \pm 3\sigma_s[X]$ [5].

На основании выборки для двух серий с использованием выражений (2–4) рассчитаны статистические характеристики для P_m и P , результаты сведены в табл. 1.

Таблица 1

Номер серии	$M[P_m]$, МПа	$D[P_m]$, МПа ²	$\sigma_s[P_m]$, МПа	$M[P]$, Па·с	$[P]$, (Па·с) ²	$\sigma_s[P]$, Па·с
1	8,50	0,70	0,83	95,6	38,8	6,23
2	9,37	3,94	1,98	127,5	367,2	19,16

Так как исследуемые величины распределены нормально, то для проведения корреляционного анализа возможно применение линейного коэффициента корреляции Пирсона, который используется для оценки линейной связи [5]

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n XY - n\overline{X}\overline{Y}}{\sqrt{(n\sum_{i=1}^n X^2 - n^2\overline{X}^2)(n\sum_{i=1}^n Y^2 - n^2\overline{Y}^2)}} \quad (5)$$

где X, Y – исследуемые величины.

Коэффициент корреляции Пирсона находится в пределах ± 1 , поэтому характеризует не только плотность, но и направление связи (положительное значение свидетельствует о прямой связи, отрицательное – об обратной) [5]. Для интерпретации r необходимо перейти к коэффициенту детерминации $R=r^2$, который характеризует плотность связи [5] или, иными словами, «степень» зависимости двух переменных.

Корреляционный анализ проводился для различных комбинаций электродинамических (I_m, U_{np}, N_m) и гидродинамических (P_m, P) величин. Результаты расчётов R и r для обеих серий экспериментов представлены в табл. 2.

Таблица 2

	r	R		r	R
Серия №1					
$P_m - I_m$	0,9286	0,862	$P - I_m$	0,9437	0,8906
$P_m - U_{np}$	0,9384	0,8807	$P - U_{np}$	0,9606	0,9229
$P_m - N_m$	0,9012	0,8122	$P - N_m$	0,9140	0,8354
$I_m - U_{np}$	0,9960	0,9921			
Серия №2					
$P_m - I_m$	0,9134	0,8343	$P - I_m$	0,8602	0,7400
$P_m - U_{np}$	0,8967	0,8041	$P - U_{np}$	0,9458	0,8946
$P_m - N_m$	0,6995	0,8363	$P - N_m$	0,9679	0,9370
$I_m - U_{np}$	0,9648	0,9308			

Таким образом, рассчитанные коэффициенты детерминации R (табл. 2) между гидродинамическими и электродинамическими характеристиками разрядов при различных параметрах ГИТ и электродных систем свидетельствуют о наличии довольно плотной связи между ними, несмотря на наличие многих физических факторов, определяющих стохастичность этих процессов. Причём более 85% вариаций $P(t)$ линейно связано с изменением электродинамических параметров $I(t)$ и $N(t)$, а около 15% вариаций $P(t)$ обусловлено изменениями других факторов и, по мнению авторов, в первую очередь, связано с непостоянством от разряда к разряду пространственной ориентации гидродинамического излучателя (канала разряда).

Вариации электродинамических характеристик $I(t)$, $N(t)$ более, чем на 90% обусловлены величиной предпробивных потерь, а, следовательно, величиной пробивного напряжения U_{np} (табл. 2), и не более 10% обусловлены другими случайными факторами.

Наличие экспериментально подтверждённых для высоковольтного электровзрыва, как и для разряда, инициированного микропроводником плотных корреляционных причинно-следственных (факторных) связей между параметрами, характеризующими процесс пробоя водного промежутка (U_{np}), электродинамическими параметрами ($I(t)$, $N(t)$) и гидродинамическими параметрами генерируемой волны сжатия ($P(t)$) в рабочей среде (воде), позволяет воспользоваться подходом к оптимизации ЭГИТ, развитым в работах [2,3]. Как и в случае разряда, инициированного взрывом микропроводника, можно принять ту же структурную схему процесса преобразования энергии с взаимодействием отдельных подсистем по цепочечному принципу (выходные характеристики предыдущей подсистемы являются входными для последующей), а также воспользоваться разработанными для каждой подсистемы математическими моделями и алгоритмами расчёта.

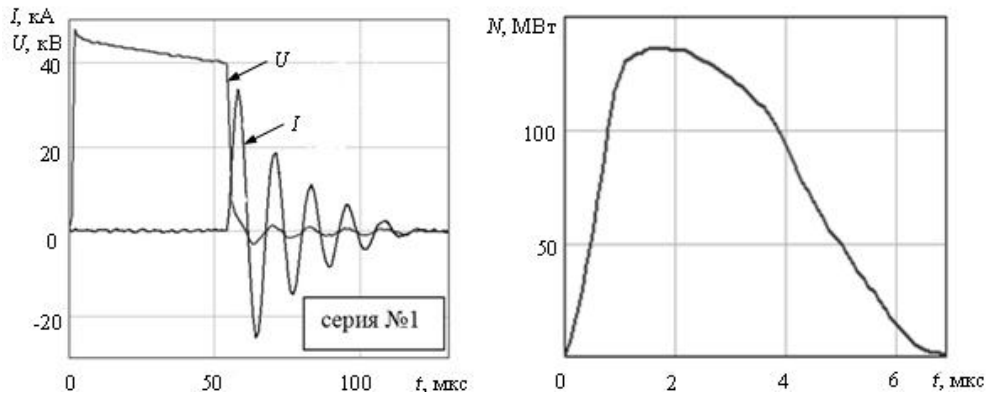


Рис. 3

Тестирование алгоритмов и математических моделей оптимизации ЭГИТ. Представленные выше выводы и полученные опытные данные позволяют выполнить тестирование подхода, математических моделей и алгоритмов расчёта по оптимизации ЭГИТ [2,3]. Для этого из всего массива экспериментальных данных из каждой серии выбирался режим разряда, в котором амплитуда волны сжатия P_m соответствовала математическому ожиданию $M[P_m]$, в дальнейшем данные выбранных экспериментов ($I(t)$, $U(t)$), а также расчётная функция мощности $N(t)$ являлись основой для теоретического расчёта и сравнения. Соответствующие кривые тока $I(t)$, напряжения $U(t)$ и мощности $N(t)$ представлены на рис. 3 (серия №1) и рис. 4 (серия №2).

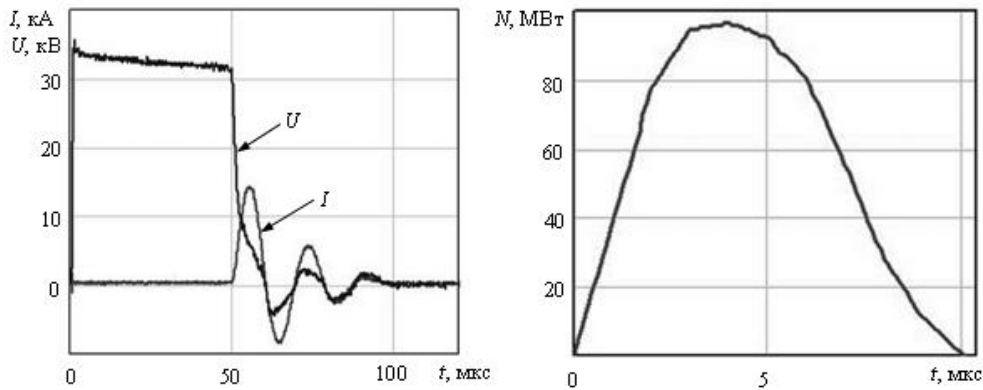


Рис. 4

Задаваясь σ_b , r_s , l_s , на основании экспериментальных временных зависимостей $N(t)$, $I(t)$ (рис. 3, 4) для выбранных режимов с использованием ранее предложенных алгоритмов и математических моделей [2] выполнялся расчёт параметров разрядного контура – емкости накопителя C , индуктивности L , зарядного напряжения U_3 , а также величин пробивного напряжения U_{np} и относительных предпробивных потерь f . Результаты сравнения расчётных параметров с экспериментальными представлены в табл. 3. Расчётные и экспериментальные параметры емкостных ГИТ, а также величины предпробивных потерь энергии f и величины пробивных напряжений U_{np} совпадают с погрешностью до 25%.

Таблица 3

	C , мкФ	L , мкГн	U_3 , кВ	U_{np} , кВ	f
Серия №1					
Расчёт	2,2	2,3	46,3	38,3	0,22
Эксперимент	2,06	1,9	45	39,6	0,19
Расхождение расчётных данных с экспериментальными, %	6,4	17,3	2,8	3,2	14
Серия №2					
Расчёт	2,0	3,3	29,9	25,1	0,25
Эксперимент	2,06	3,9	33	29,0	0,19
Расхождение расчётных данных с экспериментальными, %	2,9	15,4	9,4	13,4	24

Для сравнения расчётных и экспериментальных электродинамических параметров с использованием семейства нормированных кривых тока и электрической мощности [7] по расчетным значениям емкости накопителя C , индуктивности L , пробивного напряжения U_{np} определялись временные зависимости $N(t)$, $I(t)$ для двух серий. Экспериментальные и расчётные зависимости $N(t)$ и $I(t)$ для серий №1 (---) и №2 (—) показаны на рис. 5.

Как видно из рис. 5, расчётные в соответствии с алгоритмом и математическими моделями, представленными в [2], и экспериментальные временные зависимости тока и мощности качественно и количественно совпадают между собой с допустимой погрешностью.

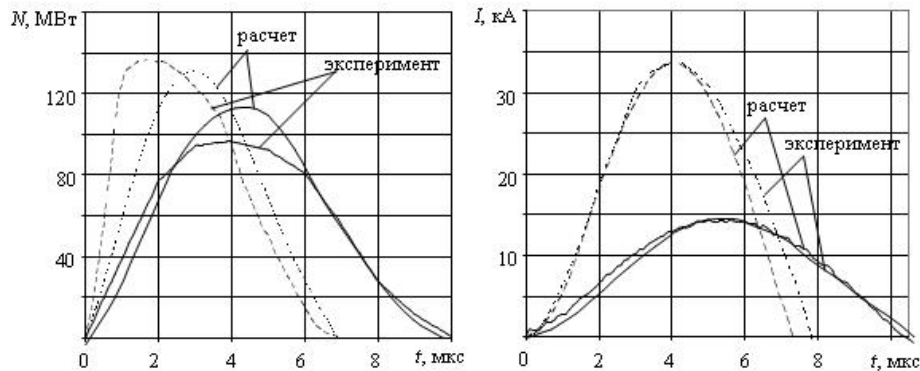


Рис. 5

Основные научные результаты сводятся к следующему:

- впервые выполнены целенаправленные экспериментальные исследования и их статистический анализ по выявлению взаимосвязи между электродинамическими характеристиками ($I(t)$, $N(t)$, U_{np}) и гидродинамическими характеристиками волны сжатия (P_m и P) при высоковольтном пробое в жидкости. Доказано, что основным фактором, определяющим вариацию $P(t)$, является вариация электродинамических характеристик, обусловленная предпробивными процессами, зависящими от параметров ГИТ, электродной системы, физических свойств рабочей среды (воды), а величина $P(t)$ подчиняется нормальному закону распределения.

- для оптимизации ЭГИТ обосновано применение метода математических моделей и алгоритмов расчета, полученных для разряда, инициированного взрывом микропроводника [1], для случая ЭГИТ на базе высоковольтного пробоя; проведено их тестирование путем сравнения с экспериментом. Показано, что расхождение расчетных и экспериментальных данных не превышает 25%.

Практическая значимость полученных научных результатов:

- показана возможность методом компьютерного моделирования определять необходимые параметры ГИТ и режимы его работы как в действующих, так и во вновь проектируемых высоковольтных электротехнологических установках в зависимости от объекта обработки для оптимизации ЭГИТ в целом;

- получено обоснование корректности использования максимального значения разрядного тока I_m в качестве информационной координаты при синтезе системы автоматического управления высоковольтных электротехнологических установок, обеспечивающих заданный технологический процесс, то есть необходимое гидродинамическое воздействие $P(t)$.

1. Вовченко А.И., Шомко В.В., Шишов А.М. Математическое моделирование и оптимизация электрогидроимпульсных технологических процессов // Техн. электродинамика. – 2005. – №3. – С. 68–73.

Vovchenko A.I., Shomko V.V., Shishov A.M. The mathematical modeling and optimization of electrohydropulse technological processes // Tekhnichna elektrodynamika. – 2005. – №3. – P. 68–73. (Rus.)

2. Вовченко А.И., Дивак Н.П., Тертилов Р.В. Оптимизация электрогидроимпульсных технологий и выбор соответствующих режимов работы источников энергии для них // Техн. электродинамика. – 2009. – №6. – С. 54–60.

Vovchenko A.I., Divak N.P., Tertilov R.V. Optimization of electrohydropulse technologies and the option of appropriate operating modes for energy sources // Tekhnichna elektrodynamika. – 2009. – №6. – P. 54–60. (Rus.)

3. Вовченко А.И., Дивак Н.П. Оптимизация высоковольтных электроразрядных систем и технологий, использующих длительные разряды // Збірник наукових праць НУК. – 2009. – №4 (427). – С. 136–141.

Vovchenko A.I., Divak N.P. Optimization of high-voltage electrical discharge systems and technologies, that use long-term discharges // Zbirnyk naukovykh prats NUK. – 2009. – №4 (427). – P. 136–141. (Rus.)

4. *Вовк І.Т., Друмирецький В.В., Кривицький Е.В., Овчинникова Л.Е.* Управление электрогидроимпульсными процессами. – К.: Наукова думка, 1984. – 186 с.
Vovk I.T., Drumiretskii V.V., Krivitskii E.V., Ovchinnikova L.E. The control of electrohydropulse processes. – Kyiv: Naukova dumka, 1984. – 186 p. (Rus.)
5. *Вентцель Е.С., Овчаров Л.А.* Теория вероятностей и ее инженерные приложения. – М.: Наука, 1988. – 477 с.
Venttsel E.S., Ovcharov L.A. The probability theory and its engineering applying. – Moskva: Nauka, 1988. – 477 p. (Rus.)
6. *Исследование процессов электроразрядного преобразования энергии в нелинейно-параметрических источниках и развитие теории задач их синтеза: отчет о НИР (заключительный) / Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины; рук. Вовченко А.И.; исполн.: Блащенко А.Д. [и др.]. – Николаев, 2009. – 120 с. – № ГР 0107U004472. – Инв. № 0210U004223.*
The investigation of electrical discharge processes of energy converting in non-linear parametric sources and development of their synthesis problems theory: otchet o NIR (zakliuchitelnyi) / Institut impulsnykh protsessov i tekhnologii NAN Ukrainy; Ruk. Vovchenko A.I.; ispolnitel: Blashchenko A.D. [i dr.]. – Nikolaiev, 2009. – 120 p. – № GR 0107U004472. – Inv. № 0210U004223. (Rus.)
7. *Кривицький Е.В.* Динамика электровзрыва в жидкости. – Київ: Наукова думка, 1986. – 208 с.
Krivitskii E.V. The dynamics of electrical explosion in liquid. – Kyiv: Naukova dumka, 1986. – 208 p. (Rus.)
8. *Кужекин И.П.* Импульсный пробой и канал разряда в жидкости: Дис. канд. техн. наук. 05.09.05 / Моск. энерг. ин-т. – М., 1967. – 186 с.
Kuzhekin I.P. The pulse breakdown and discharge channel in liquid: Dis. kand. tekhn. nauk. 05.09.05 / Moskovskii energeticheskii institut. – Moskva, 1967. – 186 p. (Rus.)
9. *Шваб А.* Измерения на высоком напряжении: Измерительные приборы и системы измерений / Пер. с нем. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 264 с.
Shvab A. Measurement on high voltage: Measurement equipment and systems of measurement / Per. s nem. – Izd. 2-e, pererab. i dop. – Moskva: Energoatomizdat, 1983. – 264 p. (Rus.)
10. *Шapiro С.С., Уилк М.В.* Анализ числа вариаций на определение принадлежности к нормальному закону распределения // Биометрика. – 1965. – Т.52. – №3/4. – С. 591–611.
Shapiro S.S., Wilk M.V. An Analysis of Variance Test for Normality // Biometrika. – 1965. – Vol.52. – №3/4. – P. 591–611. (Rus.)

УДК 537.8 + 537.52: 621.3.015.51

О.І.Вовченко, докт.техн.наук, О.Д.Блащенко, Н.П.Дівак, Р.В.Тертілов,
Інститут імпульсних процесів і технологій НАН України,
пр. Жовтневий, 43-А, Миколаїв-18, 54018, Україна.

Дослідження електрогідродинамічних характеристик і тестування алгоритмів оптимізації розрядноімпульсних технологій, які використовують високовольтний пробій у рідких середовищах
Проведено статистичні дослідження експериментально отриманих вибірок величин тиску в точці середовища при іскровому розряді у воді, визначено закон розподілення. Виконано кореляційний аналіз електродинамічних і гідродинамічних величин. Шляхом порівняння розрахункових даних з експериментальними обґрунтовано застосування для оптимізації електрогідродіімпульсних технологій математичних моделей і алгоритмів розрахунку, отриманих для випадку високовольтного пробою. Библ. 10, табл. 3, рис. 5.
Ключові слова: електрогідродинамічні характеристики, оптимізація, розрядноімпульсні технології, високовольтний пробій.

O.I.Vovchenko, O.D.Blashchenko, N.P.Divak, R.V.Tertilov,
Institute of Pulse Processes and Technologies National Academy of Science of Ukraine,
Zhovtnevyi, 43-A, Mykolaiv-18, Ukraine.

Exploration of electrohydrodynamic characteristics and test of optimization algorithms for discharge pulse technologies using high voltage breakdown of fluid media

The statistical investigation of samples of pressure value in the volume point by spark discharge is made. The distribution law is defined. The correlation analysis of electrodynamic and hydrodynamic is performed. By comparison of calculative and experimental data, the usage of mathematical models and calculative algorithms applied for high voltage breakdown is justified in terms of optimization of electrohydropulse technologies. Библ. 10, табл. 3, рис. 5.
Key words: electric hydrodynamic characteristics, optimization, discharge technologies, high voltage breakdown.

Надійшла 06.07.2010
 Received 06.07.2010