

УДК 621.3.011:621.372

**ЗАКОНОМЕРНОСТІ ПОВЫШЕННЯ СКОРОСТІ НАРАСТАННЯ РАЗРЯДНИХ ТОКОВ В НАГРУЗКЕ ПРИ ОГРАНИЧЕННІ ИХ МАКСИМАЛЬНИХ ЗНАЧЕНЬ**

**А.А.Щерба**, чл.-корр. НАН України, **Н.И.Супруновская**, канд.техн.наук,  
**Институт электродинамики НАН Украины,**  
**пр. Победы, 56, Киев-57, 03680, Украина.**

*Исследованы закономерности повышения скорости нарастания тока в цепи разряда конденсатора на нагрузку при увеличении его емкости и ограничении максимального значения разрядного тока. Исследован характер изменения длительности импульсных токов в нагрузке и показана возможность увеличения частоты зарядно-разрядных циклов конденсатора при таком регулировании скорости нарастания разрядных токов. Библ. 8, рис. 5, табл. 4.*

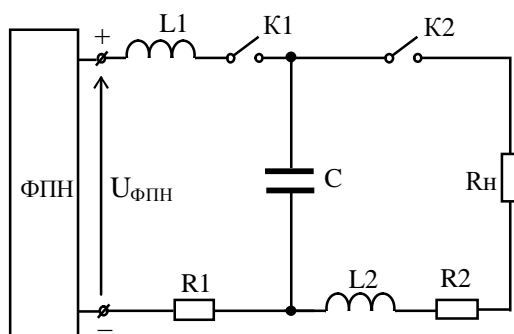
**Ключевые слова:** разрядный импульс, емкость конденсатора, скорость нарастания тока.

**Введение.** При разработке новых разрядно-импульсных технологий главной электродинамической проблемой является повышение потребляемой импульсной мощности в технологической нагрузке. Решение такой проблемы связано с необходимостью формирования мощных разрядных токов с повышенной скоростью их нарастания и малой длительностью протекания в нагрузке. Поскольку выделяемая в нагрузке мгновенная активная мощность прямо пропорциональна величинам ее активного сопротивления и квадратичному значению импульсного тока, то решение указанной проблемы, по сути, направлено на формирование в технологической нагрузке больших импульсных токов малой длительности.

Исследования показывают, что уменьшение длительности импульсных токов в электроискровой нагрузке и увеличение скорости их нарастания уменьшает размеры получаемых электроэрозионных порошков и повышает энергоэффективность электроимпульсных установок, реализующих такие технологии [1, 4–8]. Следовательно, задача формирования больших импульсных токов малой длительности в электроискровой нагрузке является актуальной, и с точки зрения разработки новых электроимпульсных технологий важно провести анализ особенностей протекания переходных процессов разряда накопительного конденсатора на электроимпульсную технологическую нагрузку, а также выявить при этом закономерности, увеличивающие скорость нарастания разрядного тока в нагрузке и уменьшающие его длительность.

**Целью данной работы** являлся анализ переходных процессов в цепи импульсного разряда накопительного конденсатора на технологическую нагрузку и исследование закономерностей повышения скорости нарастания разрядных токов в нагрузке при изменении параметров разрядной цепи и условий переходных процессов.

На рис. 1 показана электрическая схема формирователя разрядных импульсов технологических установок электроискрового диспергирования металлов в диэлектрической жидкости.



**Рис. 1**

Заряд накопительного конденсатора  $C$  в данной схеме осуществляется от формирователя постоянного напряжения (ФПН) по контуру ФПН –  $L_1$  –  $K_1$  –  $C$  –  $R_1$ , а его разряд – по контуру  $C$  –  $K_2$  –  $R_2$  –  $L_2$ .

Величина тока в разрядном контуре конденсатора определяется, с одной стороны, величиной напряжения его заряда ( $U_{0C}$ ), а с другой – параметрами технологической нагрузки ( $R_n$ ) и других элементов контура (величиной емкости конденсатора  $C$ , а также индуктивностью и активным сопротивлением контура ( $R_2$  и  $L_2$ ), включая соединительные провода и полупроводниковые коммутаторы).

В большинстве случаев в таких установках рабочими являются колебательные режимы разряда конденсатора на нагрузку [4, 5, 7, 8].

**Исследование колебательного процесса разряда конденсатора.** Разрядный ток  $i(t)$  и скорость его нарастания  $i'(t)$  для колебательного режима разряда конденсатора в разрядной цепи схемы, показанной на рис. 1, могут быть рассчитаны по формулам [3]

$$i(t) = \frac{U_{0C}}{L\omega_0 B} e^{-\omega_0 t/2Q} \cdot \sin(\omega_0 B t), \quad (1)$$

$$i'(t) = \frac{U_{0C}}{LB} e^{-\omega_0 t/2Q} \left( B \cos(\omega_0 B t) - \frac{\sin(\omega_0 B t)}{2Q} \right), \quad (2)$$

где  $U_{0C}$  – начальное напряжение на конденсаторе при его разряде,  $B = \sqrt{1 - 1/4Q^2}$ ,  $\omega_0 = \sqrt{1/L_2 C}$ ,  $Q = \sqrt{L_2} / \sqrt{C} \cdot (R_1 + R_2)$ .

При добротности контура  $Q > 2$  (принимается, что  $B \approx 1$  и  $e^{-\omega_0 t/2Q} \approx 1$ ) длительность нарастания разрядного тока до его максимального значения  $\Delta t_{max}$  достаточно точно можно определить по формуле

$$\Delta t_{max} \approx 0,5\pi \cdot \sqrt{L_2 C}. \quad (3)$$

Тогда из выражения (1) максимальное значение разрядного тока  $I_{max} = i(\Delta t_{max})$  можно определить как

$$I_{max} \approx U_{0C} \sqrt{C/L_2}. \quad (4)$$

Следовательно, для получения больших импульсных токов возможны три пути: увеличение напряжения заряда конденсатора  $U_{0C}$ , уменьшение индуктивности цепи  $L_2$ , увеличение емкости  $C$ .

Средняя скорость нарастания тока до максимального значения определяется по формуле

$$I_{max} / \Delta t_{max} \approx 2U_{0C} / \pi L_2. \quad (5)$$

Таким образом, можно сделать вывод, что для колебательных режимов разряда конденсатора на нагрузку средняя скорость нарастания тока до своего амплитудного значения практически не зависит от величины емкости конденсатора. Увеличить ее согласно (5) можно, увеличивая напряжение заряда конденсатора  $U_{0C}$  или уменьшая величину индуктивности  $L_2$ .

При необходимости, например, при реализации электрогидроимпульсных и других электровзрывных технологий, напряжение заряда конденсаторов повышают до 50 кВ и более [3]. Однако при этом резко повышается стоимость оборудования, уменьшается его ресурс и возрастает интенсивность электромагнитного излучения, опасного для жизнедеятельности людей. Поэтому увеличение напряжения заряда накопительных конденсаторов более 1000 В имеет серьезные технические ограничения, существенно повышает опасность обслуживания электроразрядных установок и экономически часто не оправдано.

При разработке разрядно-импульсных технологий индуктивность разрядного контура стремятся сделать по возможности минимальной,

однако такое уменьшение имеет свой конструктивный предел. Для большинства электроискровых установок предельным наименьшим значением индуктивности разрядного контура является  $L_2 \approx 1$  мкГн.

При слабо-колебательных режимах разряда конденсатора (при добротности разрядного контура  $Q < 2$ ) величина его емкости несколько больше влияет на среднюю скорость нарастания тока от нуля до своего наибольшего значения.

На рис. 2 показано изменение разрядного тока в слабо-колебательных режимах разряда конденсатора на нагрузку при различных емкостях конденсатора  $C$ , изменяющихся в 6 раз. При этом параметры разрядной цепи выбирались соответствующими параметрам

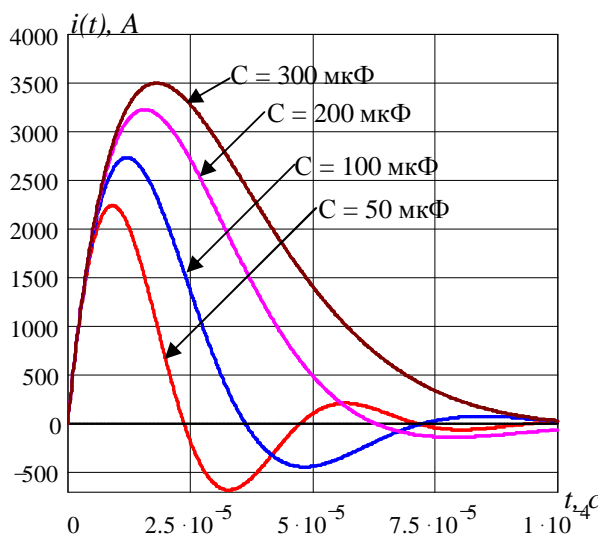


Рис. 2

реально действующих разрядно-импульсных установок электроискрового диспергирования металлов в жидкостях: напряжение заряда конденсатора  $U_{0C}=500$  В, индуктивность разрядной цепи  $L_2=10^{-6}$  Гн, сопротивление нагрузки с учетом активного сопротивления самого контура  $R=0,1$  Ом, емкость конденсатора  $C$  варьировалась от 50 до 300 мкФ. Расчеты и обработка результатов проводились с использованием компьютерного пакета Mathcad 12.

В табл. 1 приведены результаты анализа зависимостей, представленных на рис. 2 – величин максимальных токов  $I_{max i}$ , длительностей времени  $\Delta t_{max i}$ , за которые разрядные токи в нагрузке достигнут максимальных значений, и средних скоростей нарастания токов до наибольших значений, определяемых по формуле  $I_{max i} / \Delta t_{max i}$ .

**Таблица 1**

$C$ , мкФ	50	100	200	300
$Q$	1,4	1,0	0,7	0,58
$I_{max i}$ , А	2238	2731	3224	3497
$\Delta t_{max i}$ , с	$9,2 \cdot 10^{-6}$	$12,1 \cdot 10^{-6}$	$15,7 \cdot 10^{-6}$	$18,1 \cdot 10^{-6}$
$I_{max} / \Delta t_{max}$ , А/с	$244,4 \cdot 10^6$	$225,7 \cdot 10^6$	$205,4 \cdot 10^6$	$192,8 \cdot 10^6$

Согласно полученным результатам, при увеличении емкости конденсатора от 50 до 300 мкФ в слабо-колебательном режиме его разряда (при  $Q < 2$ ) время нарастания разрядного тока от нуля до максимального значения увеличивается, а средняя скорость его нарастания уменьшается.

Поэтому целесообразно провести дополнительные исследования режимов разряда конденсатора как аperiodических, так и колебательных, но на других временных отрезках.

**Исследование аperiodического процесса разряда конденсатора.** Выражение для тока при аperiodическом разряде конденсатора для той же разрядной цепи имеет вид [2]

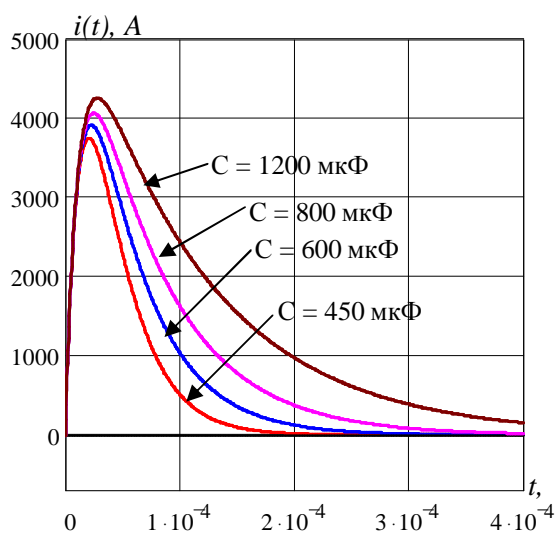
$$i(t) = U_{0C} (e^{p_1 t} - e^{p_2 t}) / L_2 (p_1 - p_2), \quad (6)$$

где  $p_{1,2} = -(R_n + R_2) / 2L_2 \pm \sqrt{(R_n + R_2)^2 / 4L_2^2 - 1/L_2 C}$ .

Введя обозначение  $\alpha = (R_n + R_2) / 2L_2$  и учитывая, что  $\omega_0^2 = 1/L_2 C$ , выражение (6) принимает вид

$$i(t) = \frac{U_{0C} \cdot e^{-\alpha t}}{2L_2 \sqrt{\alpha^2 - \omega_0^2}} \left( e^{\sqrt{\alpha^2 - \omega_0^2} t} - e^{-\sqrt{\alpha^2 - \omega_0^2} t} \right). \quad (7)$$

На рис. 3 показано изменение разрядного тока в аperiodических режимах разряда конденсатора на нагрузку при различных емкостях конденсатора  $C$ . Остальные параметры разрядной цепи оставались теми же ( $U_{0C} = 500$  В,  $L = 10^{-6}$  Гн,  $R = 0,1$  Ом). В табл. 2 приведены результаты анализа зависимостей, представленных на рис. 3 – величин максимальных токов  $I_{max i}$ , длительностей времени  $\Delta t_{max i}$ , за которые разрядные токи в нагрузке достигнут значений  $I_{max i}$  и средних скоростей нарастания токов до таких значений.



**Рис. 3**

Согласно полученным результатам при увеличении емкости конденсатора от 450 до 1200 мкФ (при неизменных остальных параметрах разрядного контура) и аperiodических режимах его разряда (при  $Q < 0,5$ ) время нарастания разрядного тока от нуля до максимального значения также увеличивается, а средняя скорость его нарастания уменьшается. Причем по сравнению со слабо-колебательными режимами значения средней скорости нарастания разрядных токов до максимального в аperiodических режимах становятся еще меньше.

Таким образом, можно сделать вывод, что для аperiodических режимов разряда конденсатора на нагрузку средняя скорость нарастания тока до своего амплитудного значения уменьшается с увеличением емкости конденсатора, несмотря на то, что амплитудное значение тока при этом возрастает. Поэтому необходимо

провести дополнительное исследование режимов разряда конденсатора на других временных отрезках переходного процесса.

**Таблица 2**

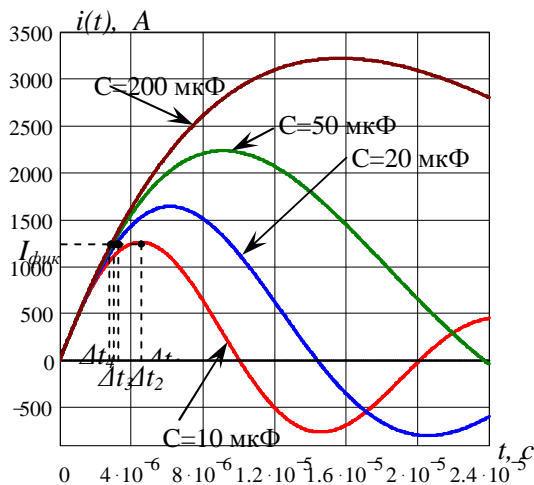
$C$ , мкФ	450	600	800	1200
$Q$	0,47	0,4	0,35	0,29
$I_{max i}$ , А	3752	3916	4067	4255
$\Delta t_{max i}$ , с	$20,7 \cdot 10^{-6}$	$22,8 \cdot 10^{-6}$	$24,8 \cdot 10^{-6}$	$27,9 \cdot 10^{-6}$
$I_{max i} / \Delta t_{max i}$ , А/с	$181 \cdot 10^6$	$172 \cdot 10^6$	$164 \cdot 10^6$	$152 \cdot 10^6$

средней скорости нарастания токов при принудительном прерывании разрядных токов гораздо раньше, чем они достигнут своих максимально возможных значений.

**Анализ средней скорости нарастания тока до некоторого фиксированного значения, меньшего, чем его амплитудное значение, при колебательном разряде конденсатора.** На рис. 4 показаны зависимости разрядного тока в колебательных режимах разряда конденсатора на нагрузку при увеличении емкости конденсатора  $C$  (другие параметры разрядной цепи не изменялись).

Был проведен анализ изменения средней скорости нарастания разрядных токов в нагрузке от нуля до некоторого фиксированного значения, меньшего, чем их амплитудные значения (это фиксированное значение тока принималось равным наименьшему из всех амплитудных значений – 1261 А).

В табл. 3 приведены результаты этого анализа: длительности времени  $\Delta t_{фикс i}$ , за которые разрядные токи в нагрузке достигнут фиксированного значения  $I_{фикс}$  и средние скорости нарастания токов от нуля до этого фиксированного значения –  $I_{фикс} / \Delta t_{фикс i}$ .



**Рис. 4**

Как видно из табл. 3, с ростом величины емкости конденсатора при его колебательном разряде на нагрузку время достижения током в нагрузке некоторого фиксированного значения, меньшего, чем амплитудное значение, уменьшается, а, следовательно, скорость нарастания тока в нагрузке от нуля до этого фиксированного значения  $I_{фикс}$  увеличивается. Так, например, при увеличении емкости конденсатора  $C$  от 10 до 20 мкФ средняя скорость нарастания тока до  $I_{фикс}$  возрастает на 40 %, и при дальнейшем увеличении величины емкости до 50 (200) мкФ она продолжает расти соответственно до 50 (55) %.

Следовательно, можно заключить, что во временных интервалах, соответствующих увеличению разрядного тока от нуля до некоторого фиксированного значения ниже амплитудного, увеличение емкости разряжаемого конденсатора приводит к повышению средней скорости нарастания тока.

**Таблица 3**

$C$ , мкФ	10	20	50	200
$Q$	3,2	2,2	1,4	0,7
$I_{фикс}$ , А	1261	1261	1261	1261
$\Delta t_{фикс i}$ , с	$4,5 \cdot 10^{-6}$	$3,2 \cdot 10^{-6}$	$3,02 \cdot 10^{-6}$	$2,9 \cdot 10^{-6}$
$I_{фикс} / \Delta t_{фикс i}$ , А/с	$278,6 \cdot 10^6$	$390,8 \cdot 10^6$	$418,2 \cdot 10^6$	$430,9 \cdot 10^6$

При дальнейшем росте емкости конденсатора колебательный разрядный процесс становится все более затухающим и переходит в аperiodический.

**Анализ средней скорости нарастания тока до некоторого фиксированного значения, меньшего, чем его амплитудное значение, при аperiodическом разряде конденсатора.** Для определения зависимости средней скорости нарастания тока в диапазоне от 0 до некоторого фиксированного значения  $I_{фикс}$  (меньшего, чем амплитудное значение тока) от емкости конденсатора  $C$  рассмотрим несколько переходных процессов аperiodического разряда в цепи при разных значениях емкости  $C$ . Все параметры разрядной цепи, кроме емкости  $C$ , не изменялись.

На рис. 5 показаны графические зависимости разрядных токов в этих переходных процессах, а в табл. 4 – результаты их анализа (по параметрам, аналогичным параметрам табл. 3). Как следует из данных

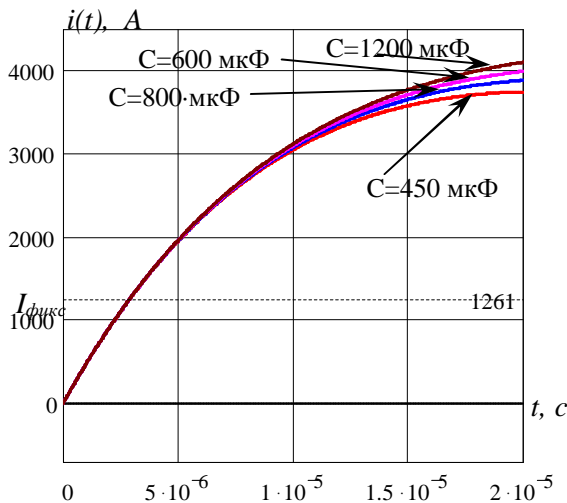


Рис. 5

ванном его значении в технологической нагрузке) длительность импульсного тока в нагрузке (а, следовательно, и средняя скорость его нарастания) изменятся незначительно. Так, при увеличении емкости конденсатора от 200 до 1200 мкФ, когда максимальное значение тока увеличивается от 3224 до 4255 А (при фиксированном значении меньшем приблизительно в 3 раза: 1261 А), средняя скорость нарастания тока  $I_{фикс} / \Delta t_{фикс i}$  увеличивается только на 0,6 %. Дальнейшее увеличение емкости приводит к выполнению условия  $\alpha^2 \gg \omega_0^2$ , и выражение (7) приобретет вид

$$i(t) \approx \frac{U_0 C}{R_H + R_2} \left( 1 - e^{-\frac{(R_H + R_2)t}{L_2}} \right), \quad (8)$$

из которого видно, что ток не зависит от величины емкости. То есть при увеличении величины емкости кривая тока асимптотически будет приближаться к кривой, описанной выражением (8).

Таблица 4

C, мкФ	450	600	800	1200
$Q$	0,47	0,4	0,35	0,29
$I_{фикс}, A$	1261	1261	1261	1261
$\Delta t_{фикс i}, c$	$2,916 \cdot 10^{-6}$	$2,914 \cdot 10^{-6}$	$2,912 \cdot 10^{-6}$	$2,910 \cdot 10^{-6}$
$I_{фикс} / \Delta t_{фикс i}, A/c$	$432,44 \cdot 10^6$	$432,74 \cdot 10^6$	$433,04 \cdot 10^6$	$433,33 \cdot 10^6$

На основе проведенных исследований можно сделать вывод о целесообразности использования метода формирования мощных разрядных импульсов с повышением скорости нарастания токов в нагрузке за счет увеличения емкости разряжаемых конденсаторов и принудительного прерывания разрядного тока раньше, чем он достигнет своего максимального значения.

Современные высокочастотные полностью управляемые полупроводниковые ключи (например, GTO модули) позволяют прерывать токи в сотни – тысячи ампер за время 0,1–10 мкс. Использование таких ключей позволяет принудительно отключать токи в контуре разряда накопительных конденсаторов гораздо раньше, чем они достигнут своих максимально возможных значений. Это позволяет значительно увеличивать емкость конденсатора, в результате чего колебательный разряд становится все более затухающим и переходит в аperiodический, при котором средняя скорость нарастания тока выше по сравнению с колебательными режимами.

Ранее аperiodический режим разряда являлся неприемлемым для электроискровых технологий из-за недопустимо большой длительности протекания разрядного импульса и, как следствие, невозможности реализации высоких частот технологических зарядно-разрядных циклов и получения мелкодисперсных искроэрозионных порошков, размеры которых пропорциональны длительности разрядных импульсов тока [1, 4–6].

табл. 4, во временных интервалах, соответствующих увеличению разрядного тока от нуля до некоторого фиксированного значения ниже максимального, увеличение емкости разряжаемого конденсатора также приводит к повышению средней скорости нарастания тока.

Сравнивая данные табл. 3 и 4, необходимо отметить, что средние скорости нарастания тока до фиксированного значения ниже максимального (1261 А) в аperiodических разрядах выше, чем в колебательных. Так, при увеличении емкости конденсатора от 10 до 450 мкФ средняя скорость нарастания тока  $I_{фикс} / \Delta t_{фикс i}$  увеличивается на 55 %.

Необходимо отметить, что при увеличении емкости конденсатора, когда колебательные его разряды переходят в аperiodические (в случае большого отличия между максимальным значением возможного разрядного тока и выбираемым фиксированным его значением в технологической нагрузке) длительность импульсного тока в нагрузке (а, следовательно, и средняя скорость его нарастания) изменятся незначительно.

Данный метод формирования в нагрузке импульсных токов с повышенной скоростью их нарастания может быть эффективен в установках объемного электроискрового диспергирования слоя металлических гранул в диэлектрической жидкости между электродами, поскольку электрическое сопротивление такой электроискровой нагрузки не является линейным параметром, а изменяется по закону U-образной функции (при увеличении тока до максимального значения сопротивление нагрузки уменьшается до минимальной величины, а после при уменьшении разрядного тока опять увеличивается) [1, 4–6]. Для таких установок по мере уменьшения сопротивления нагрузки при нарастании импульсного тока добротность разрядной цепи  $Q$  будет увеличиваться по сравнению с разрядным режимом при линейном сопротивлении нагрузки (независимым от изменения тока). Следовательно, режим разряда будет более колебательным, и, как показали проведенные исследования, увеличение емкости конденсатора приведет к большему уменьшению длительности импульсного тока в нагрузке и большему увеличению средней скорости его нарастания.

Кроме того, характерное повышение величины сопротивления нагрузки к окончанию разрядного импульса будет существенно уменьшать динамические потери в запираемых полупроводниковых ключах, поскольку при той же величине разрядного тока падение напряжения на сопротивлении нагрузки будет увеличиваться, а, следовательно, в ней будет рассеиваться и большая мощность.

**Выводы.** 1. При разряде конденсатора на нагрузку средняя скорость нарастания тока до своего максимального значения практически не зависит от величины емкости конденсатора в колебательных режимах и уменьшается с увеличением емкости конденсатора для слабо-колебательных и апериодических режимов разряда несмотря на то, что амплитудное значение тока при этом возрастает.

2. При принудительном завершении процесса разряда конденсаторов в момент достижения разрядным током заданного значения увеличение емкости конденсатора приводит к увеличению средней скорости нарастания тока в линейной нагрузке как для колебательного, так и апериодического процессов разряда.

3. При увеличении емкости конденсатора (от 10 до 200 мкФ) и неизменных остальных параметров разрядного контура ( $U_{0C} = 500$  В,  $L = 10^{-6}$  Гн,  $R = 0,1$  Ом) средняя скорость нарастания разрядного тока от нуля до требуемого значения 1261 А (соответствующего наименьшему максимальному значению разрядного тока) может увеличиться более чем в 1,5 раза.

4. При выбранных параметрах разрядного контура увеличение емкости разряжаемого конденсатора с 10 до 450 мкФ вызывает изменение режима разряда с колебательного на апериодический, при котором скорость нарастания тока становится выше. В то же время при дальнейшем увеличении емкости конденсатора средняя скорость нарастания разрядного тока изменяется незначительно.

5. Рациональным является метод формирования разрядных импульсов с повышенной скоростью нарастания токов в линейной нагрузке, основанный на увеличении емкости разряжаемых конденсаторов и принудительном прерывании разрядного тока раньше, чем он достигнет своего максимального значения.

6. Предложенный метод повышения скорости нарастания разрядных токов в нагрузке может быть эффективно применен в системах объемного электроискрового диспергирования слоя металлических гранул, поскольку уменьшение сопротивления электроискровой нагрузки при увеличении протекающего в ней тока способствует большей скорости нарастания тока и уменьшению времени его нарастания до заданного значения; характерное увеличение сопротивления такой нагрузки к окончанию разрядного тока будет существенно уменьшать динамические потери в запираемых полупроводниковых ключах.

1. Асанов У.А., Цой А.Д., Щерба А.А., Казекин В.И. Электроэрозионная технология химических соединений и порошков металлов. – Фрунзе: Илим, 1990. – 255 с.

2. Круг К.А. Основы электротехники. Т.1 Физические основы электротехники. – М.– Л.: Госэнергоиздат, 1946. – 472 с.

3. Пентегов И.В. Основы теории зарядных цепей емкостных накопителей энергии. – Київ: Наукова думка, 1982. – 424 с.

4. Супруновская Н.И. Особенности анализа переходных процессов в разрядной цепи конденсатора при изменении ее конфигурации // Праці Ін-ту електродинаміки НАН України. – 2009. – Вип. 24. – С. 110–115.

5. Шидловский А.К., Щерба А.А., Супруновская Н.И. Энергетические процессы в электроимпульсных установках с емкостными накопителями энергии. – Киев: Интерконтиненталь-Украина, 2009. – 208 с.

6. Щерба А.А. Тиристорные системы электропитания технологических установок с параметрической стабилизацией выходных характеристик // Сб. науч. трудов «Преобразование и стабилизация параметров электрической энергии». – Киев: ИЭД НАНУ, 1996. – С. 18–27.

7. Щерба А.А., Супруновская Н.И., Иващенко Д.С. Анализ импульсных процессов при многократных зарядно-разрядных циклах конденсатора в цепях с электроискровой нагрузкой // Материалы Межд. науч. конференции «Физика импульсных разрядов в конденсированных средах». – Николаев, 2009. – С. 189–191.

8. Щерба А.А., Супруновская Н.И., Иващенко Д.С. Анализ стабилизации зарядного напряжения конденсатора в электроимпульсной установке с электроискровой нагрузкой // Техн. электродинамика. Тем. вип. „Силовая электроника та енергоефективність”. – 2009. – Ч. 1. – С. 61–64.

УДК 621.3.011:621.372

#### **ЗАКОНОМІРНОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОСТІ НАРОСТАННЯ РОЗРЯДНИХ СТРУМІВ У НАВАНТАЖЕННІ ПРИ ОБМЕЖЕННІ ЇХНІХ МАКСИМАЛЬНИХ ЗНАЧЕНЬ**

**А.А. Щерба**, чл.-кор. НАН України, **Н.І. Супруновська**, канд.техн.наук,  
**Інститут електродинаміки НАН України,**  
**пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна.**

*Досліджено закономірності підвищення швидкості наростання струму в ланцюзі розряду конденсатора на навантаження при збільшенні його ємності і обмеженні максимального значення розрядного струму. Досліджено характер змінення тривалості імпульсних струмів у навантаженні і показано можливість збільшення частоти зарядно-розрядних циклів конденсатора при такому регулюванні швидкості наростання розрядних струмів. Бібл. 8, рис. 5, табл. 4.*

**Ключові слова:** розрядний імпульс, ємність конденсатора, швидкість наростання струму.

#### **INCREASING REGULARITIES OF RATE OF CURRENT RISE IN THE LOAD AT LIMITING ITS MAXIMAL VALUES**

**A.A Shcherba, N.I. Suprunovska,**  
**Institute of Electrodynamics National Academy of Sciences of Ukraine,**  
**pr. Peremogy, 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine.**

*The regularities of increasing of rate of current rise in the circuit of capacitor discharge on the load at increasing its capacity and limiting of maximal discharging current value are studied. The behavior of durations of pulse currents in the load is studied and possibilities of increasing of frequency charging-discharging capacitor during such regulation of rate of discharge current rise are shown. Reference 8, figures 5, tables 4.*

**Key words:** discharge pulse, capacitor capacity, rate of current rise.

1. Asanov U.A., Tzoi A.D., Shcherba A.A., Kazekin V.I. Electroerosion technology of chemical compounds and metal powders. – Frunze: Ilim, 1990. – 225 p. (Rus)

2. Krug K.A. Basis of electrical engineering. V.1. Physical basis of electrical engineering. – Moskva–Leninograd: Gosenergoizdat, 1946. – 472 p. (Rus)

3. Pentegov I.V. Basis of charging circuits of capacitive energy storage. – Kyiv: Naukova dumka, 1982. – 424 p. (Rus)

4. Suprunovskaia N.I. Analysis particularities of transient processes in discharge circuit of capacitor during its configuration changing // Pratsi Instytutu Elektrodynamiky Natsionalnoi Akademii Nauk Ukrainy. – 2009. – Vol. 24. – Pp. 110–115. (Rus)

5. Shidlovskii A.K., Shcherba A.A., Suprunovskaia N.I. Power processes in the electropulse installations with capacitive energy storages. – Kiev: Intercontinental-Ukraine, 2009. – 208 p. (Rus)

6. Shcherba A.A. Thyristor systems for electric supply of technological installations with parametrical stabilization of output characteristics // Sbornik nauchnykh trudov “Preobrazovanie i stabilizatsiia parametrov elektricheskoi energii”. – Kyiv: IED NAS Ukraine, 1996. – Pp. 18–27. (Rus)

7. Shcherba A.A., Suprunovskaia N.I., Ivashchenko D.C. Pulse processes analysis during multiple charge-discharge cycles of capacitor in the circuits with electrospark load // Materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii “Fizika impulsnykh razriadov v kondensirovanykh sredakh”. – Nikolaev, 2009. – Pp. 189–191. (Rus)

8. Shcherba A.A., Suprunovskaia N.I., Ivashchenko D.C. Analysis of stabilization of capacitor charge voltage in the electropulse installation with electrospark load // Tekhnichna elektrodynamika. Tematychnyi vypusk "Sylova elektronika ta enerhoeffektyvnist". – 2009. – Vol.1. – Pp. 61–64. (Rus)

Надійшла 06.03.2012

Received 06.03.2012