

МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ МОЩНЫХ РАЗРЯДНЫХ ИМПУЛЬСОВ С ПОВЫШЕННОЙ СКОРОСТЬЮ НАРАСТАНИЯ ТОКОВ В НАГРУЗКЕ

Н.И.Супруновская, канд.техн.наук,
Институт электродинамики НАН Украины,
пр. Победы, 56, Киев-57, 03680, Украина.

Исследованы переходные процессы разряда накопительного конденсатора на нагрузку с ограничением в ней величины импульсного тока при помощи полностью управляемого коммутатора. Предложен метод повышения скорости нарастания токов в нагрузке за счет увеличения емкости разряжаемого конденсатора. Показано, что при разрядах конденсатора на электроискровую нагрузку, отличающуюся повышением электрического сопротивления при уменьшении в ней тока, динамические потери в указанном коммутаторе уменьшаются. Библ. 2.

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

При реализации новых разрядно-импульсных технологий одной из основных проблем является повышение импульсной мощности в нагрузке. Решение такой проблемы связано с необходимостью формирования мощных разрядных импульсов с повышенной скоростью нарастания токов в нагрузке. При линейном активном сопротивлении нагрузки выделяемая на нем мгновенная активная мощность прямо пропорциональна квадрату тока, поэтому решение указанной проблемы сводится к формированию больших импульсных токов малой длительности.

Известно, что уменьшение длительности импульсных токов в электроискровой нагрузке и увеличение скорости их нарастания уменьшает размеры получаемых электроэрозионных порошков, повышает энергоэффективность известных высоковольтных гидроимпульсных и других электроразрядных установок [2]. Увеличение емкости разряжаемых конденсаторов при естественной коммутации токов в нагрузке вызывает увеличение длительности разрядных импульсов, что ограничивало применение такого подхода в импульсной электротехнике.

В данной работе исследованы особенности возможного увеличения емкости накопительных конденсаторов. Величина тока в разрядном контуре конденсатора определяется, с одной стороны, величиной напряжения его заряда, а с другой – параметрами технологической нагрузки и других элементов контура (величиной емкости конденсатора, а также индуктивностью и активным сопротивлением контура, включая соединительные провода и полупроводниковые коммутаторы). Наиболее простая электрическая схема замещения такого разрядного контура для случая, когда нагрузку можно представить линейным активным сопротивлением, может рассматриваться как последовательный RLC -контур, где R – суммарное активное сопротивление нагрузки, соединительных проводов и коммутатора, L – индуктивность разрядного контура, C – емкость разряжаемого конденсатора [1,2]. Если добротность контура $Q > 2$, то длительность первого полупериода разрядного тока Δt достаточно точно можно определять по формуле: $\Delta t \approx \pi \sqrt{LC}$. Максимальное значение разрядного тока I_{max} при этом можно рассчитать как $I_{max} \approx U_{OC} \sqrt{C} / \sqrt{L}$, где U_{OC} – начальное напряжение на конденсаторе при его разряде. Таким образом, если при таком режиме разряда уменьшать величину индуктивности контура L , то будет уменьшаться длительность Δt разрядного тока и увеличиваться его амплитудное значение I_{max} . Поэтому в большинстве импульсных технологий стараются уменьшать величину L . Однако такое уменьшение имеет свой конструктивный предел. Для большинства электроискровых установок предельным наименьшим значением индуктивности разрядного контура является $L=1$ мкГн.

Увеличение емкости накопительных конденсаторов C вызывает увеличение амплитудного значения тока I_{max} в \sqrt{C} раз, но во столько же раз увеличивается и длительность первого полупериода разрядного тока Δt . Поэтому среднее значение скорости нарастания тока от 0 до I_{max} при существенно колебательных режимах разряда конденсаторов практически не зависит от величины их емкости.

Поскольку увеличение напряжения заряда накопительных конденсаторов более 1000 В имеет серьезные технические ограничения, существенно увеличивает опасность обслуживания электроразрядных установок и экономически часто не оправдано, то в работе были исследованы переходные процессы в разрядном контуре накопительных конденсаторов при увеличении их емкости. Этому способствовали новые разработки высокочастотных полностью управляемых полупроводниковых ключей, позволяющие 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. Именно принудительное ограничение величины разрядных токов было положено в основу метода увеличения их скорости нарастания в нагрузке с уменьшением их длительности. Использование таких коммутаторов позволяет значительно увеличивать емкость конденсатора, даже несмотря на изменения характера колебательных режимов его разряда, которые по мере увеличения емкости становятся все более затухающими и превращаются в апериодические, ранее не использовавшиеся в высокочастотных разрядно-импульсных установках из-за недопустимо больших длительностей апериодических разрядов конденсаторов на нагрузку.

В роботі проведено аналіз середньої швидкості наростання токів до некоторого заданого фіксованого значення при різних величинах ємності конденсатора, при яких в контурі навантаження виникають як коливальні, так і аперіодическі розряди конденсатора, то єсть аналізувалися перехідні процеси як в високодобротних, так і низкодобротних цепях технологічної навантаження.

Проведені дослідження показали, що при примусовому завершенні процесу розряду конденсаторів в момент досягнення розрядним током заданого значення (меншого, ніж амплітудне значення можливого розрядного току) збільшення ємності конденсатора призводить до збільшення середньої швидкості наростання току в навантаженні як для коливального, так і аперіодического процесів розряду.

При збільшенні ємності конденсатора від 20 до 500 мкФ і реалізації в розрядному контурі добротностей $Q \approx 1$ час наростання розрядного току від нуля до потрібного значення 1000 А зменшується більш, ніж в 2,3 рази, і, відповідно, во стільки ж раз збільшується швидкість наростання току. Далі збільшення ємності до 600 мкФ викликає зміну режимів розряду з коливальних на аперіодическі, при яких швидкість наростання току стає суттєво більшою, ніж при коливальних режимах розряду накопительних ємностей. Однак слід зауважити, що при аперіодических режимах розряду накопительних конденсаторів і більших відмінностях між амплітудним значенням можливого розрядного току і вибираним допустимим його значенням в технологічній навантаженні збільшення величини ємності конденсаторів суттєво зменшує тривалість імпульсного току в навантаженні і збільшує середню швидкість його наростання.

Ефективність даного методу формування в навантаженні імпульсних токів малої тривалості і підвищеної швидкості наростання може бути високою при його використанні в установках об'ємного електроіскрового диспергування шару металічних гранул в діелектричній рідині між електродами, оскільки електричний опір такої електроіскрової навантаження збільшується в декілька разів при зменшенні в ній імпульсного току після досягнення ним свого максимуму [2]. Таке характерне підвищення величини опору технологічної навантаження кінцю розрядного імпульсу буде суттєво зменшувати динамічні втрати в захищаних напівпровідникових ключах і збільшувати енергоефективність досліджуваних формувачів розрядних імпульсів з малою тривалістю і підвищеною швидкістю наростання імпульсних токів в навантаженні.

1. Супруновська Н.І. Особливості аналізу перехідних процесів в розрядній ланці конденсатора при зміні її конфігурації // Праці Ін-ту електродинаміки НАН України. – 2009. – Вип.24. – С. 110–115.

2. Шидловський А.К., Щерба А.А., Супруновська Н.І. Енергетическі процеси в електроімпульсних установках з ємнісними накопительними енергії. – Київ: Інтерконтиненталь-Україна, 2009. – 208 с.

УДК 621.3.011:621.372

МЕТОД ФОРМУВАННЯ ПОТУЖНИХ РОЗРЯДНИХ ІМПУЛЬСІВ З ПІДВИЩЕНОЮ ШВИДКІСТЮ НАРОСТАННЯ СТРУМІВ У НАВАНТАЖЕННІ

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

Досліджено перехідні процеси розряду накопительного конденсатора на навантаження при обмеженні у ньому величини імпульсного струму за допомогою повністю керуваного комутатора. Запропоновано метод підвищення швидкості наростання струмів у навантаженні за рахунок підвищення величини ємності конденсатора, який розряджається. Показано, що при розрядах конденсатора на електроіскрове навантаження, яке відрізняється підвищенням електричного опору при зменшенні у ньому струму, динамічні втрати в зазначеному комутаторі зменшуються. Бібл. 2.

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

METHOD FOR FORMING OF STABLE HIGH-POWER CURRENT PULSES IN DISCHARGE-PULSES TECHNOLOGIES

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

The transient processes of storage capacitor discharge on the load at pulse current limiting in it using a fully controllable switch are studied. The method for increasing of rate of current rise in the load due to increasing the capacitance of the discharging capacitor is proposed. It is shown that at capacitor discharges on electro-spark load, which is characterized electrical resistance increasing with decreasing current in its, the dynamic losses in this switch are reduced. References 2.

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

1. Suprunovskaia N.I. Analysis particularities of transient processes in discharge circuit of capacitor during its configuration changing // Pratsi Instytutu elektrodynamiky NAN Ukrainy. – 2009. – Vol. 24. – Pp. 110–115. (Rus)

2. 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)

Надійшла 10.01.2012

Received 10.01.2012