

УДК 621.3

ВЕРОЯТНОСТЬ «СРЕЗА» ИМПУЛЬСОВ ТОКА В КОНТУРЕ ЕМКОСТНОГО НАКОПИТЕЛЯ ЭНЕРГИИ С ВАКУУМНЫМ РАЗРЯДНИКОМ

Л.А.Лютенко, В.М.Михайлов, докт.техн.наук

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,
ул. Фрунзе, 21, Харьков, 61002, Украина.

Получены зависимости вероятностной частоты появления «срезанных» импульсов тока в разрядном контуре магнитно-импульсной установки с управляемым вакуумным разрядником от напряжения заряда и емкости накопителя энергии. В экспериментах длительность и амплитуду первой полуволны тока изменяли в диапазоне $130 \div 200$ мкс и $18 \div 67$ кА. Установлены области наиболее высокой вероятности появления «срезанных» импульсов. Сделана оценка скорости изменения тока при переходе через нулевое значение. Библ. 4, рис. 3.

Ключевые слова: магнитно-импульсная установка, вакуумный разрядник, «срезанный» импульс тока.

Введение. В патенте [4] для получения «срезанных» импульсов тока было предложено использовать плавкий элемент или дополнительный емкостный накопитель, формирующий «срезающие» импульсы. В 2007–2008 г.г. в лаборатории МИОМ НТУ «ХПИ» были проведены эксперименты по расширению цилиндрических заготовок малого диаметра при помощи внешнего индуктора на магнитно-импульсной установке (МИУ) с одним емкостным накопителем, оснащенной управляемым вакуумным разрядником (УВР) [1]. На осциллограммах был зарегистрирован «срез» колебательного затухающего импульса разрядного тока после первой полуволны – прерывание тока вблизи перехода через нулевое значение (рис.1, масштабные коэффициенты по горизонтали – 50 мкс/дел, по вертикали – 1 В/дел). Явление «среза» в аппаратуре с вакуумными дугами переменного тока при частоте 60 Гц известно [2]. Автор работы [3] отмечает, что в случае применения УВР в МИУ «срезы» появляются в режиме относительно «малых» токов со скоростью «нарастания» менее 400 А/мкс. Мы обратили внимание на вероятностный характер появления «срезанных» импульсов: при одних и тех же условиях создаются как полные, так и «срезанные» импульсы разрядного тока. В известных нам источниках для случая больших импульсных токов с длительностью полуволны ~ 100 мкс этот вопрос детально не рассматривался.

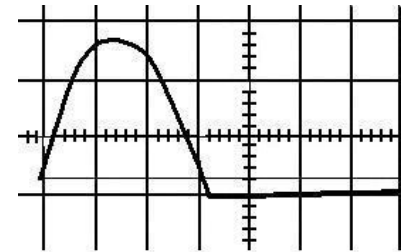


Рис. 1

Результаты экспериментов и их объяснение. Эксперименты проводились на МИУ, емкостный накопитель которой состоял из параллельно соединенных конденсаторов ИК6-150. Число конденсаторов варьировалось так, чтобы емкость накопителя C принимала значения 600, 750, 900 и 1200 мкФ. Напряжение заряда накопителя U_0 изменяли от 1,5 до 6 кВ. Все элементы разрядного контура были соединены между собой системами параллельных коаксиальных кабелей. Накопитель разряжался на индуктор с внутренней цилиндрической проводящей оболочкой через УВР типа РВУ-63-20-УХЛ4. Импульсы разрядного тока регистрировали при помощи пояса Роговского с RC-интегратором (коэффициент преобразования 47 ± 4 мВ/кА, постоянная времени интегратора $\tau_{\text{и}} = 20,8$ мс) на осциллографе С8-13. Для фиксированных значений емкости и напряжения заряда накопителя определяли число «срезанных» импульсов N_c из общего числа импульсов N разрядного тока. По экспериментальным данным построены графики зависимости вероятностной частоты появления «срезанных» импульсов разрядного тока N_c/N , которая является приближением статистической вероятности (рис.2), и модуля производной тока по времени при переходе через нулевое значение (рис.3) от U_0 для различных C . Приняты следующие обозначения

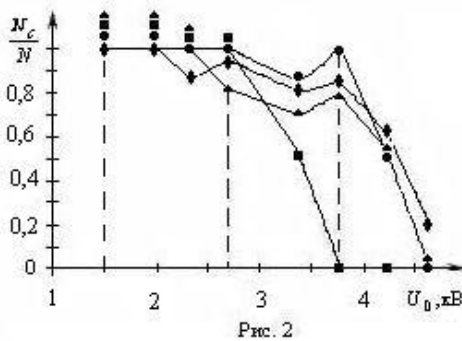


Рис. 2

экспериментальных точек, которые соединены ломаными линиями: \blacklozenge – $C = 600$ мкФ; \bullet – 750 мкФ; \blacktriangle – 900 мкФ; \blacksquare – 1200 мкФ. Для указанного ряда C при изменении U_0 зарегистрированы такие значения соответственно длительности первой полуволны импульса тока $T/2$ в мкс и первой амплитуды тока в кА: 130 и $18 \div 57$, 150 и $21 \div 61$, 160 и $25 \div 64$, 200 и $30 \div 67$. Осциллограмма на рис. 1 получена при $C = 900$ мкФ, $U_0 = 2,7$ кВ. В отличие от экспериментов при частоте 60 Гц [2] «срез» всегда наблюдался после перехода тока через нулевое значение (рис. 1). На оси U_0 выделим две области высокой вероятности ($N_c/N \approx 0,8 \div 1,0$) появления «срезанных» импульсов (на рис. 2 их границы показаны пунктирными линиями): 1) $1,5 \leq U_0 \leq 2,7$ кВ – для всех значений C ; 2) $1,5 \leq U_0 \leq 3,8$ кВ – для $C \leq 900$ мкФ. При $U_0 > 2,7$ кВ для $C = 1200$ мкФ и при $U_0 > 3,8$ кВ для всех остальных значений C наблюдаем вначале уменьшение N_c/N , а затем, кроме случая $C = 600$ мкФ, переход в режим пропуска полных (не «срезанных») импульсов – $N_c/N = 0$ (рис. 2, точки на оси U_0).

«Срез» колебательных импульсов в разрядном контуре с УВР можно объяснить неустойчивостью горения дуги вблизи перехода тока через нулевое значение [2]. При малых токах пары металла конденсируются на поверхностях электродов, а электрическая прочность вакуумного разрядного промежутка быстро, в течение нескольких мкс, восстанавливается. Поэтому при малых скоростях перехода тока в контуре через нулевое значение, а следовательно, и нарастания напряжения разрядный промежуток не пробивается и происходит «срез» тока. Приведенное объяснение вполне согласуется с данными наших экспериментов (рис. 2, 3).

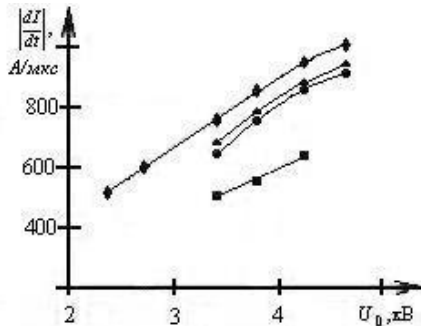


Рис. 3

Выводы. Относительно высокая вероятность появления «срезанных» импульсов с амплитудой порядка десятков кА и $T/2=130\div 160$ мкс имеет место при скорости перехода тока через нулевое значение не более $\sim 760\div 850$ А/мкс (меньшее значение скорости перехода относится к большему значению $T/2$). При увеличении этой скорости рассматриваемая вероятность резко уменьшается, а в случае $T/2=200$ мкс и скорости перехода выше ~ 570 А/мкс наблюдаются только полные импульсы (рис. 2, 3).

1. Бондина Н.Н., Коновалов О.Я., Лезега А.В., Макеев В.Г., Михайлов В.М., Шовкопляс А.В. Магнитно-импульсное расширение цилиндрической проводящей оболочки и создание заданного распределения поля с помощью внешнего индуктора // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск „Проблеми сучасної електротехніки”. – 2008. – Ч.5. – С. 84–89.
2. Вакуумные дуги / Под. ред. Дж.Лафферти. – М.: Мир, 1982. – 432 с.
3. Юсупов Р.Ю. Магнитно-импульсные установки нового поколения для промышленных и учебно-научных целей // Труды международной научно-технической конференции МИОМ–2007. – Самара: Изд. учебн. литературы Самарского гос. аэрокосм. университета, 2007. – С. 251–259.
4. Furth H.P. Devises for metal-forming by magnetic tension. – United States Patent. – №3.196.649. – Cl.72–56.–1965, 8 p.

УДК 621.3

ІМОВІРНІСТЬ „ЗРІЗУ” ІМПУЛЬСІВ СТРУМУ В КОНТУРІ ЄМНІСНОГО НАГРОМАДЖУВАЧА ЕНЕРГІЇ З ВАКУУМНИМ РОЗРЯДНИКОМ

Л.А.Лютенко, В.М.Михайлов, докт.техн.наук,

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
вул. Фрунзе, 21, Харків, 61002, Україна.

Отримано залежності імовірнісної частоти виникнення „зрізаних” імпульсів струму в розрядному колі магнітно-імпульсного пристрою з вакуумним керованим розрядником від напруги заряду та ємності нагромаджувача енергії. В експериментах тривалість й амплітуду першої півхвилі струму змінювали в діапазоні $130\div 200$ мкс і $18\div 67$ кА. Визначено області найбільшої імовірності виникнення „зрізаних” імпульсів. Зроблено оцінку швидкості зміни струму при переході через нульове значення. Бібл. 4, рис. 3.

Ключові слова: магнітно-імпульсний пристрій, вакуумний розрядник, „зрізаний” імпульс струму.

THE PROBABILITY OF INTERRUPTION CURRENT PULSES IN CIRCUIT OF CAPACITOR BANK WITH VACUUM DISCHARGER

L.A.Ljutenko, V.M.Mikhailov,

National technical university “Kharkov polytechnic institute”,
Frunze str., 21, Kharkov, 61002, Ukraine.

The statistic of arise of interruption current pulses in discharge circuit of magnetic-pulse plant with controlled vacuum discharger to charge voltage and capacity of capacitor bank ratio is obtained. The duration and amplitude of first half-wave of current pulse are changed ranges from $130 \mu\text{s}$ to $200 \mu\text{s}$ and from 18 kA to 67 kA . The current rate in going from first half-wave to second half-wave of current pulse is estimated. The intervals of the more probability of arise of interruption current pulses are determined. References 4, figures 3.

Key words: magnetic pulse plant, vacuum discharger, interruption current pulse.

1. Bondina N.N., Konovalov O.Ya., Legeza A.V., Makeev V.G., Mikhailov V.M., Shovkoplyas A.V. Metal-forming by magnetic tension of cylindrical conductive shell and creation given distribution field by outer coil // Tekhnichna elektrodynamika. Tematychny випуск „Problemy suchasnoi elektrotekhniki”. – 2008. – Vol 5. – Pp. 84–89. (Rus)

2. Vacuum arcs: Per. s angl. / Pod. red. Dzh.Lafferti. – Moskva: Mir, 1982. – 432 p. (Rus)

3. Yusupov R.Yu. New magnetic-pulsed devises for industrial and educational scientific purposes // Trudy mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii MIOM-2007. – Samara: Izd. uchebnoi literatury Samarskogo gos. aerokosm. universiteta, 2007. – Pp. 251–259. (Rus)

4. Furth H.P. Devises for metal-forming by magnetic tension. – United States Patent. – № 3.196.649. – Cl.72–56.–1965.–8 p.

Надійшла 03.01.2012

Received 03.01.2012