

ІНЖЕНЕРНИЙ РОЗРАХУНОК ТЕПЛОФІЗИЧНИХ, ГАЗОДИНАМІЧНИХ І ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОГО ВИБУХУ В ГАЗІ ТОНКОГО МЕТАЛЕВОГО ПРОВІДНИКА

Баранов М.І., Буряковський С.Г., Князєв В.В.

Науково-дослідний та проєктно-конструкторський інститут «Молнія»

Національного технічного університету

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Наведені результати розрахунково-експериментальних досліджень основних теплофізичних, газодинамічних і електроенергетичних параметрів електричного вибуху (ЕВ) в газовому середовищі тонкого металевого циліндричного провідника завдовжки l_0 і радіусом r_0 , розміщеного в розрядному сильноточному колі потужного високовольтного генератора імпульсних струмів (ГІС), що включають: максимальну температуру T_m і тиск P_m в плазмовому каналі, час t_{ex} вибуху провідника, активний опір R_c і питому електропровідність γ_p плазмового каналу, теплову енергію, що вводиться в провідник W_i і що виділяється в плазмовому каналі W_c , і максимальну швидкість v_{mw} розповсюдження ударної акустичної хвилі в “металевій плазмі” від ЕВ в газі досліджуваного провідника під дією великого імпульсного струму (ВІС). На основі запропонованих оригінальних розрахункових аналітичних співвідношень показано, що при ЕВ в атмосферному повітрі короткого тонкого мідного провідника ($l_0 \approx 110$ мм; $r_0 \approx 0,1$ мм), включеного в електричне сильноточне коло потужної конденсаторної батареї високовольтного ГІС (із зарядною напругою U_{c0} і електричною енергією W_0 , що запасасться) мікросекундного часового діапазону з розрядним затухаючим синусоїдальним струмом $i_c(t)$, що характеризується першою амплітудою I_{mc} при часі t_{mc} , коефіцієнтом загасання δ_c і круговою частотою ω_c коливань ($I_{mc} \approx -190$ кА; $\delta_c \approx 14,39 \cdot 10^3$ с⁻¹; $\omega_c \approx 26,18 \cdot 10^3$ с⁻¹; $t_{mc} \approx 42$ мкс; $U_{c0} \approx -27$ кВ; $W_0 \approx 121,4$ кДж), вказані параметри електровибухового процесу в його розрядному колі з ВІС набувають наступних наближених чисельних значень: $T_m \approx 121,6 \cdot 10^3$ К; $P_m \approx 451,1 \cdot 10^5$ Па; $t_{ex} \approx 3,32$ мкс; $R_c \approx 18,37$ МОм; $\gamma_p \approx 1587,6$ (Ом·м)⁻¹; $W_i \approx 2,4$ кДж; $W_c \approx 37,2$ кДж; $v_{mw} \approx 4693$ м/с. Отримано співвідношення для наближеного розрахунку чисельних значень критичного інтеграла струму J_k при ЕВ в газовому середовищі металевих провідників з найбільш використовуваними в галузі експериментальної фізики, техніки ВІС і електровибухових технологій провідниковими матеріалами. Теплова енергія $W_i \approx 2,4$ кДж, що вводиться в мідний провідник ($l_0 \approx 110$ мм; $r_0 \approx 0,1$ мм), який включений в сильноточне коло ГІС, при його ЕВ в атмосферному повітрі не перевищує 2,3 % від електричної енергії $W_0 \approx 121,4$ кДж, що запасасться в конденсаторній батареї ГІС. При цьому теплова енергія $W_c \approx 37,2$ кДж, що виділяється в плазмовому каналі, спільно з тепловою енергією $W_i \approx 2,4$ кДж, яка вводиться в провідник, забезпечує досягнення коефіцієнта корисного використання $\eta_c \approx (W_i + W_c)/W_0$ електричної енергії конденсаторної батареї ГІС ($W_0 \approx 121,4$ кДж), чисельно рівного $\eta_c \approx 0,326$ (32,6 %). Результати експериментів, підтвердили достовірність запропонованого підходу до розрахунку вказаних параметрів ЕВ.