

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА ФРОНТЕ УДАРНОЙ ВОЛНЫ ПРИ ЭЛЕКТРОГИДРОИМПУЛЬСНОЙ ШТАМПОВКЕ

Жовноватюк Я.С., ассистент,

Мананков О.В., зав. лаб., НАКУ “ХАИ”, г. Харьков

Нагружение заготовки при подводном электрическом разряде осуществляется последовательно рядом ударных волн – прямой, т.е. первичной волной, распространяющейся от канала разряда, и отраженными, возникающими при взаимодействии прямой ударной волны с граничными поверхностями разрядной камеры.

Экспериментальные данные позволяют утверждать, что наибольший вклад в нагружение заготовки вносят первичная ударная волна и отраженные от внутренней поверхности разрядной камеры ударные волны. Волны же двукратного отражения имеют значительно меньшую амплитуду и могут не приниматься во внимание.

Ударная волна, образуемая при подводном разряде, характеризуется максимальным давлением на фронте и параметрами, определяющими ее профиль. Обычно давление в ударной волне представляют в виде зависимости:

$$P = P_m e^{-\frac{t}{\theta}},$$

где P_m – максимальное давление;

t – время, отсчитываемое от момента прихода фронта ударной волны в рассматриваемую точку;

θ – характерное время спада давления, равное времени, в течение которого давление ударной волны уменьшается от P_m до P_m/e , где e – основание натурального логарифма.

В зависимости от соотношения расстояния от канала разряда до заготовки r и длины разрядного промежутка l_{me} амплитудное давление P_m может быть определено по формулам:

для области цилиндрической симметрии ($r \leq 2,5l_{me}$):

$$P_m = \frac{0,16 \cdot A^{\frac{1}{4}} \cdot \rho_0^{\frac{3}{8}} \cdot U_0^4 \cdot C^{\frac{1}{8}}}{\sqrt{r} \cdot L^{\frac{1}{2}} \cdot l_{me}^{\frac{1}{8}}}; \quad (1)$$

для области перехода цилиндрической симметрии ударной волны в сферическую

($2,5l_{me} < r \leq 5,5l_{me}$):

$$P_m = \frac{0,2 \cdot \left(1 - 0,1 \frac{r}{l_{me}}\right) \cdot A^{\frac{1}{4}} \cdot \rho_0^{\frac{3}{8}} \cdot U_0^{\frac{3}{4}} \cdot C^{\frac{1}{8}}}{\sqrt{r} \cdot L^{\frac{1}{2}} \cdot l_{me}^{\frac{1}{8}}} ; \quad (2)$$

для области сферической симметрии ($5,5l_{me} < r \leq 200l_{me}$):

$$P_m = \frac{0,26 \cdot A^{\frac{1}{4}} \cdot \rho_0^{\frac{3}{8}} \cdot U_0^{\frac{3}{4}} \cdot C^{\frac{1}{8}} \cdot l_{me}^{\frac{1}{2}}}{r^{1,13} \cdot L^{\frac{1}{2}}} . \quad (3)$$

где A – искровая постоянная;

ρ_0 – плотность передающей жидкости;

U_0 – зарядное напряжение;

C – зарядная емкость;

L – индуктивность разрядного контура.

Тем не менее, использование трех расчетных формул может провоцировать появление ошибок, связанных с неправильным выбором области определения формул. Также на границах их области определения присутствуют скачки, что приводит к необходимости их сглаживания. В случае же использования указанных формул в программах построения полей нагружения необходимо усложнять программу, вводя дополнительный цикл проверки их области определения.

Во избежание вышеуказанных недостатков возникает необходимость аппроксимации кусочно-разрывной функции (2.9 – 2.11) гладкой кривой, т.е. построения функции $P_m = f(r, l_{me}, U_0, C, L, \rho_0, A)$ с областью определения .

Применив численные методы аппроксимации получим:

$$P_m = \left(29,6516 + 2,7008 \cdot l_{me} - 5,5705 \cdot 10^{-2} \cdot l_{me}^2 + 5,1965 \cdot 10^{-4} \cdot l_{me}^3 - \right. \\ \left. - 2,5427 \cdot 10^{-6} \cdot l_{me}^4 + 6,2570 \cdot 10^{-9} \cdot l_{me}^5 - 6,0893 \cdot 10^{-12} \cdot l_{me}^6 \right) \times \\ \times r^{-1,6 \cdot 10^{-6} \cdot l_{me}^2 + 1,5702 \cdot 10^{-3} \cdot l_{me} - 1,11831} \cdot \frac{A^{\frac{1}{4}} \cdot \rho_0^{\frac{3}{8}} \cdot U_0^{\frac{3}{4}} \cdot C^{\frac{1}{8}}}{L^{\frac{1}{2}}} \quad (4)$$

Сравнение расчетных значений амплитуды давления, полученных по формуле (4), с экспериментальными показало, что точность аппроксимации, а, следовательно, и точность расчета P_m , можно считать удовлетворительной, а полученное выражение рекомендовать для использования в инженерных расчетах электрогидравлических установок.