

РОЗРАХУНОК СИЛЬНОГО ІМПУЛЬСНОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ В ДОВГОМУ ПОВІТРЯНОМУ ПРОМІЖКУ ДВОЕЛЕКТРОДНОЇ РОЗРЯДНОЇ СИСТЕМИ “ВІСТРЯ–ПЛОЩИНА” З КОМУТАЦІЙНИМ АПЕРІОДИЧНИМ ІМПУЛЬСОМ ВИСОКОЇ НАПРУГИ

Баранов М.І.

*НДПКІ «Молнія» Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Приведені результати розрахункового визначення напруженостей електричного $E_x(x,z,t)$ і магнітного $H_y(x,z,t)$ імпульсних полів в довгому повітряному проміжку двоелектродної розрядної системи (ДЕРС) “вістря-площина” із стандартним комутаційним аперіодичним імпульсом високої напруги $U_{12}(t)$ часової форми $T_m/T_p \approx 200$ мкс/1990 мкс позитивної полярності, де T_m , T_p – відповідно час, який відповідає амплітуді U_{12m} цього імпульсу напруги і його тривалості на рівні $0,5U_{12m}$. Розглянуто прикладний випадок, коли ця ДЕРС містить вертикально розміщений в атмосферному повітрі потенціальний електрод у вигляді металевого круглого стрижня радіусом r_0 із загостреним нижнім краєм з радіусом r_c його кривизни $r_c \ll r_0$ і заземлений плоский електрод у вигляді горизонтально розташованої металеві площини, габаритні розміри якої перевищують мінімальну довжину l_{min} її повітряного проміжку. На основі аналітичного розв’язання з використанням для розрахункової електродинамічної моделі цієї ДЕРС декартової системи координат XOZ з її прив’язкою до загостреного напівкульового краю електроду-вістря ДЕРС системи рівнянь Максвелла з крайовими умовами, які відповідають прийнятій геометрії електродів ДЕРС “вістря-площина” і часовій формі вказаного імпульсу напруги $U_{12}(t)$, показано, що у першому наближенні вирішення польової задачі, що розглядається, для напруженостей електричного $E_x(x,z,t)$ і магнітного $H_y(x,z,t)$ імпульсних полів в робочій зоні досліджуваної ДЕРС з довгим повітряним проміжком мінімальною довжиною $1 \text{ м} \leq l_{min} \leq 100 \text{ м}$ можна записати у вигляді електродинамічних співвідношень:

$E_x(x,z,t) \approx k_{12} U_{12m} (x + r_c)^{-1} [e^{-(k_0 z + \alpha_1 t)} - e^{-(k_0 z + \alpha_2 t)}]$; $H_y(x,z,t) \approx k_{12} U_{12m} (x + r_c)^{-1} Z_0^{-1} [e^{-(k_0 z + \alpha_1 t)} - e^{-(k_0 z + \alpha_2 t)}]$, де x, z – координати точки для плоско-меридіанного імпульсного електромагнітного поля уздовж осей OX і OZ , які орієнтовані відповідно уздовж і поперек довгого повітряного проміжку ДЕРС; $k_0 \approx 0,5\pi T_m^{-1} (\varepsilon_0 \mu_0)^{1/2}$ – подовжнє хвилеве число; $\varepsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12}$ Ф/м, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – електрична і магнітна постійні; $\alpha_1 \approx 0,76/T_p$, $\alpha_2 \approx 3,79/T_m$ – коефіцієнти форми імпульсу напруги $U_{12}(t)$; $Z_0 = (\mu_0/\varepsilon_0)^{1/2}$ – хвилевий опір повітряного простору розрядного проміжку ДЕРС; $k_{12} = [(\beta_0)^n - (\beta_0)^m]^{-1}$ – нормуючий коефіцієнт; $\beta_0 = \alpha_1/\alpha_2$; $n = \alpha_1/(\alpha_2 - \alpha_1)$; $m = \alpha_2/(\alpha_2 - \alpha_1)$. Показано, що мінімальна довжина $\lambda_0 \approx 2\pi/k_0 \approx 4T_m (\varepsilon_0 \mu_0)^{-1/2}$ плоскої вертикально поляризованої поперечної електромагнітної хвилі, що “біжить” в повітрі досліджуваної ДЕРС, при $T_m = 200$ мкс набуває чисельного значення $\lambda_0 \approx 240 \cdot 10^3$ м. Тому для робочої зони цієї ДЕРС при $x \leq l_{min}$, $1 \text{ м} \leq l_{min} \leq 100 \text{ м}$, $z \ll \lambda_0$ і $k_0 z \approx 2\pi z/\lambda_0 \approx 0$ отримані і вказані вище хвильові співвідношення для напруженостей електричного $E_x(x,z,t)$ і магнітного $H_y(x,z,t)$ імпульсних полів в повітрі даної ДЕРС вироджуються у відповідні наближені розрахункові квазістаціонарні електродинамічні співвідношення.