

고리형안테나에 의한 초광대역임펄스측정의 한가지 방법

박주성, 정원철, 리영명

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《정보통신의 현대화에서 나서는 중심과업은 전신, 전화의 자동화, 수자화, 빛섬유케블화, 컴퓨터화의 성과를 공고발전시키면서 완전IP화, 고정통신과 이동통신의 통합화, 통신망의 광대역화를 전면적으로 실현하는것입니다.》

초광대역통신을 비롯하여 초광대역기술의 응용분야가 넓어지는데 따라 최근에 초광대역전자기임펄스복사체계에 대한 연구가 광범히 진행되고있다.

초광대역임펄스형성선과 이것을 리용한 초광대역임펄스복사체계를 개발하자면 초광대역임펄스복사마당측정문제를 해결하여야 한다.

그러나 선행연구들[1-3]에서는 초광대역전자기마당의 형성과 그것의 응용에 대하여 서술하고 초광대역임펄스복사마당측정에 대하여서는 구체적으로 서술하지 못하였다.

본문에서는 고리형안테나를 리용하여 초광대역임펄스복사마당을 측정하기 위하여 초광대역임펄스복사마당의 형성과정을 밝히고 고리형안테나에 의한 초광대역임펄스복사마당측정과정을 해석하였으며 복사마당의 측정실험을 진행하였다.

1. 초광대역임펄스복사안테나에 의한 초광대역임펄스의 복사과정

초광대역임펄스복사안테나의 복사개구에는 그림 1과 같은 파형을 가진 초광대역임펄스가 급전된다.

그림 1에서 $V_{\text{입}}$ 은 급전선로의 입구전압이며 $V_{\text{앞}}$ 은 임펄스형성선에서 얻어지는 초광대역임펄스의 앞임펄스전압이고 $\Gamma_{\text{입}}$, $\Gamma_{\text{부}}$ 는 급전선로의 입출구반사계수이다. 그리고 $V_{\text{출}}$ 은 초광대역임펄스복사안테나에 급전되는 신호전압이다.

복사마당이 축선방향에서 집초되는 경우에 먼마당 구역에서 초광대역임펄스복사안테나의 축방향복사마당은 다음과 같이 표시된다.

$$\vec{E}(r, s) \cong \frac{se^{-jkr}}{2\pi cr} f(s) \int_S \vec{E}_t(x', y') ds' \quad (1)$$

여기서 c 는 자유공간에서의 빛속도, $\vec{E}_t(x', y')$ 는 개구점선전기마당의 공간적분포이며 $f(s)$ 는 파형함수이다.

식 (1)을 시간영역에서 표시하면 다음과 같이 된다.

$$\vec{E}(r, t) \cong \frac{1}{2\pi cr} \left[\int_S \vec{E}_t(x', y') ds' \right] \frac{df(t)}{dt} \quad (2)$$

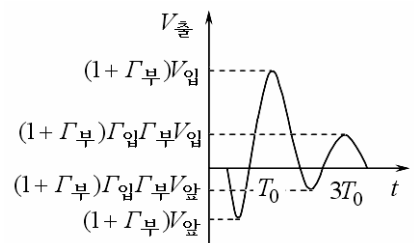


그림 1. 초광대역임펄스복사안테나에 급전되는 신호파형

한편 개구에서의 파형함수는

$$f(t) = \frac{V(t)}{V_0} \quad (3)$$

로 표시할수 있다. 여기서 $V(t)$ 는 출구전압신호이며 V_0 은 진폭이다.

따라서 식 (2)는 다시

$$\vec{E}(r, t) \cong \frac{1}{2\pi cr V_0} \left[\int_S \vec{E}_t(x', y') ds' \right] \frac{dV(t)}{dt} \quad (4)$$

로 된다.

여기로부터 초광대역임펄스의 축방향복사마당은 개구에 급전되는 초광대역임펄스신호가 미분된 파형태를 가진다는것을 알수 있으며 따라서 그림 1에 제시된 개구급전신호가 복사될 때 그림 2와 같은 모양을 가지게 된다.

이제

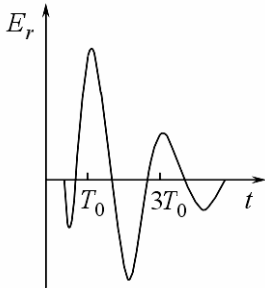


그림 2. 초광대역임펄스의 복사마당

$$h_t = \frac{f_g \int \vec{E}_t(x', y') ds'}{\tau_t V_0} \quad (5)$$

를 송신안테나의 개구유효높이로 정의하면 식 (4)는

$$\vec{E}(r, t) \cong \frac{\tau_t h_t}{2\pi cr f_g} \frac{dV(t)}{dt} \quad (6)$$

로 된다.

원천신호의 도함수값 $dV(t)/dt$ 를 으뜸시간 Δt 에 대한 최대 원천전압 ΔV_{\max} 의 비로 근사화하면

$$\vec{E}(r, t) \cong \frac{\tau_t h_t}{2\pi cr f_g} \frac{\Delta V_{\max}}{\Delta t} \quad (7)$$

이다.

2. 고리형안테나에 의한 초광대역임펄스복사마당의 측정방법

달긴고리를 지나는 변하는 자기마당에 의하여 유기되는 전압은 다음과 같이 표시된다.

$$U(t) = \mu_0 S \frac{dH(t)}{dt} \quad (8)$$

여기서 μ_0 은 자유공간의 투자율이며 S 는 고리형안테나의 면적이다.

고리형안테나에 평면파가 작용한다면 전기마당과 자기마당사이에는 다음과 같은 관계가 있다.

$$H(t) = \frac{E(t)}{z_0} \quad (9)$$

여기서 z_0 은 자유공간의 파동저항이다.

따라서 식 (8)은

$$U(t) = \left(\frac{\mu_0}{z_0} \right) S \frac{dE(t)}{dt} \quad (10)$$

로 되며

$$z_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \quad (11)$$

이므로

$$U(t) = \sqrt{\epsilon_0 \mu_0} S \frac{dE(t)}{dt} = \frac{S}{c} \frac{dE(t)}{dt} \quad (12)$$

이다. 여기서 c 는 빛속도이다.

이로부터 전기마당세기는 다음과 같다.

$$E(t) = \frac{c}{S} \int_0^t U(\tau) d\tau \quad (13)$$

이때 초광대역임펄스복사마당을 정확히 측정하기 위하여 고리안테나의 직경은 다음의 조건을 만족해야 한다.

$$D \leq c \cdot t_d / 2\pi \quad (14)$$

여기서 t_d 는 임펄스지속시간이다.

3. 실험결과 및 분석

측정실험에 이용된 초광대역임펄스복사체계는 1차에너르기원천과 초광대역임펄스출력발생기, 초광대역임펄스복사안테나로 이루어졌다. 복사안테나는 500ps정도의 임펄스오름시간을 가진 40kV의 임펄스전압에 의하여 급전된다.

안테나특성정수들에 기초하여 측방향의 10m 거리에서 계산된 복사전기마당세기는 $E_r = 4\text{kV/m}$ 이다.

복사마당측정실험은 반사대상들로부터 먼 열린 공간에서 진행되었다.

그림 3은 송신안테나로부터 10m거리에서 측정된 전기마당파형을 보여준다. 그림 3에서 보는바와 같이 측정된 복사마당파형과 복사마당의 최대값은 이론적 연구결과와 유사하다.

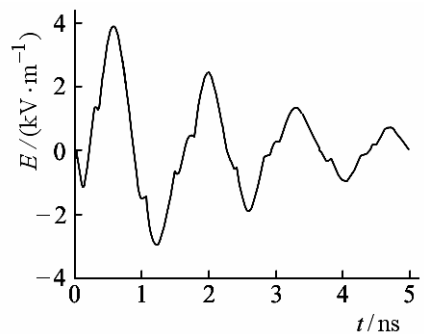


그림 3. 송신안테나로부터 10m거리에서 측정된 전기마당파형

맺 는 말

초광대역임펄스의 복사에 대한 이론적모형에 대하여 논의하였으며 초광대역임펄스복사마당측정방법을 확립하였다. 그리고 측정실험을 통하여 초광대역임펄스복사마당측정방법의 정확성을 확증하였다.

참 고 문 헌

- [1] Partha Sarkar et al.; IEEE Trans. Plasma Sci., 34, 5, 1832, 2006.
- [2] John Mankowski et al.; IEEE Trans. Plasma Sci., 28, 1, 102, 2000.
- [3] Laurent Pécastaing et al.; IEEE Trans. Plasma Sci., 34, 5, 1822, 2006.

주체107(2018)년 5월 5일 원고접수

A Method of Ultra-Wideband Impulse Measurement Using Loop Antenna

Pak Ju Song, Jong Won Chol and Ri Yong Myong

In this paper, the theoretical model on radiation of ultra-wideband impulse was studied, and the radiated field measurement method of ultra-wideband impulse using loop antenna was established.

The exactness of radiated field measurement method of ultra-wideband impulse that we studied was verified through measurement experiment.

Key words: ultra-wideband, impulse, radiated field measurement