

전송선의 임폴스급전특성에 대한 연구

리영명, 정원철

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《정보기술, 나노기술, 생물공학을 비롯한 핵심기초기술과 새 재료기술, 새 에너지기기술, 우주기술, 핵기술과 같은 중심적이고 견인력이 강한 과학기술분야를 주력방향으로 정하고 힘을 집중하여야 합니다.》(《조선로동당 제7차대회에서 한 중앙위원회사업총화보고》 단행본 39페이지)

초광대역통신과 초광대역전파탐지를 비롯하여 초광대역기술의 응용분야가 넓어지는데 따라 최근에 초광대역전자기임폴스복사체계에 대한 연구[1-3]가 광범히 진행되고있다.

그러나 선행연구에서는 초광대역임폴스복사안테나에로의 임폴스급전특성을 밝히기 위한 문제는 논의되지 못하였다.

우리는 초광대역임폴스복사안테나에로의 임폴스급전과정을 밝히고 실험적으로 확증하기 위한 연구를 하였다.

먼저 전송선의 임폴스응답특성에 대한 연구를 통하여 초광대역임폴스의 급전모형을 확립하였다. 다음으로 급전모형의 정확성을 확증하기 위하여 초광대역임폴스복사마당의 형성과정을 밝히고 복사마당에 대한 측정실험을 하였다.

일반적으로 초광대역임폴스를 이지러짐없이 복사하기 위하여 TEM전송선을 리용하여 복사개구어로 급전한다. 그림 1은 초광대역임폴스급전선의 등가회로를 보여준다.

론의를 간단히 하기 위하여 임폴스형성선에서 형성된 초광대역임폴스가 전송선을 따라 복사개구까지 전송되는 과정을 이상전송선의 임폴스응답과정으로 볼수 있는데 그 과정은 다음과 같다.

우선 이상전송선에서의 임폴스의 너비가 전송선의 지연시간보다 더 짧을 때 입출구에서의 전압파형을 보자.

이를 위해 급전선로의 초기입력전압과 입출력 반사계수를 논의하면 다음과 같다.

급전선의 초기입력전압 $V_{\text{입}}$ 은 다음과 같다.

$$V_{\text{입}} = V_{\text{원}} \frac{Z_{\text{급}}}{Z_{\text{원}} + Z_{\text{급}}} \quad (1)$$

여기서 $Z_{\text{원}}$ 은 원천의 완전저항, $Z_{\text{급}}$ 은 급전선의 특성저항이다.

입구와 출구에서의 반사계수는 각각

$$\Gamma_{\text{입}} = \frac{Z_{\text{원}} - Z_{\text{급}}}{Z_{\text{원}} + Z_{\text{급}}}, \quad (2)$$

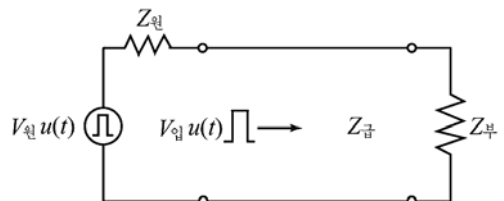


그림 1. 초광대역임폴스급전선의 등가회로

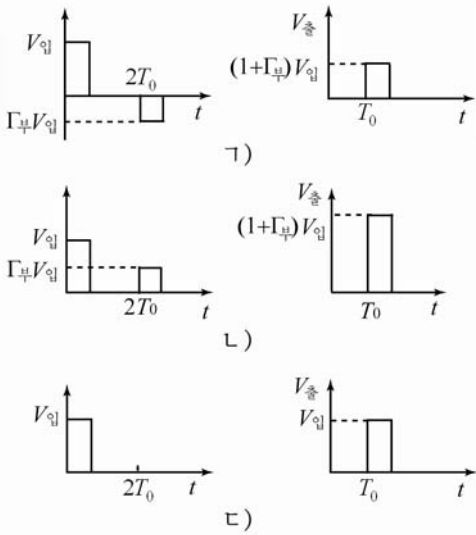


그림 2. 입구와 출구에서의 파형($Z_{\text{원}}=Z_{\text{급}}$)

ㄱ) $Z_{\text{부}} < Z_{\text{급}}$, ㄴ) $Z_{\text{부}} > Z_{\text{급}}$, ㄷ) $Z_{\text{부}} = Z_{\text{급}}$

$$\Gamma_{\text{부}} = \frac{Z_{\text{부}} - Z_{\text{급}}}{Z_{\text{부}} + Z_{\text{급}}} \quad (3)$$

이다.

여기에 기초하여 원천전압이 전송선의 지연 시간 T_0 보다 더 작은 너비 τ 를 가지는 직각임펄스라면 입구가 정합되었을 때 각이한 출구부하에 대하여 입구와 출구에서 전압파형은 그림 2와 같다.

그림 2에서 보는바와 같이 입력된 파가 출구에서 이지러지지 않게 하자면 적어도 입구가 정합되거나 입구와 출구가 다 정합되어야 한다는 것을 알 수 있다.

만일 전송선의 입구와 출구가 다 정합되지 않았다면 다중반사가 생겨 반사파들이 점차적으로 감소되는 개개의 임펄스로 나타난다.

입구와 출구가 다 정합되지 않은 경우를 그림 3에 제시하였다.

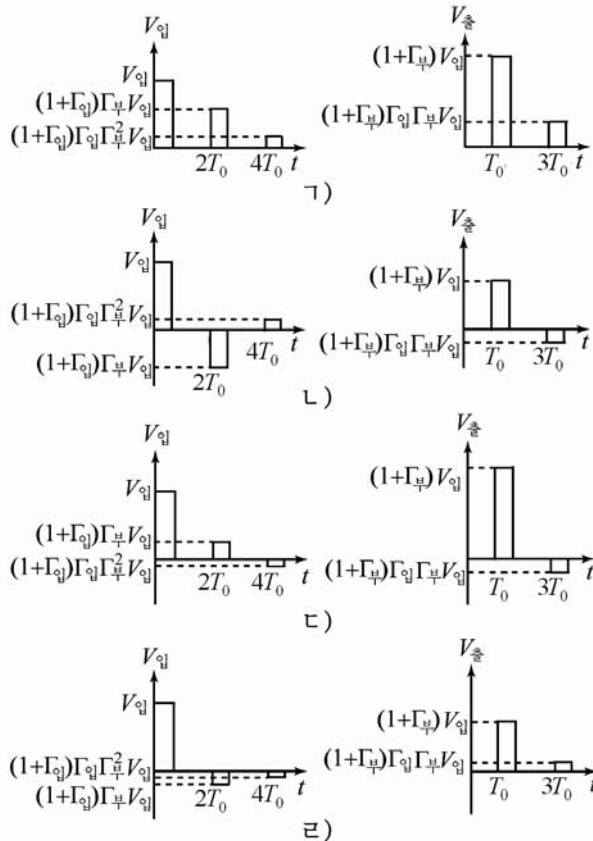


그림 3. 입구와 출구에서의 파형($Z_{\text{부}} \neq Z_{\text{급}}, Z_{\text{원}} \neq Z_{\text{급}}$)

ㄱ) $Z_{\text{부}} > Z_{\text{급}}, Z_{\text{원}} > Z_{\text{급}}$, ㄴ) $Z_{\text{부}} < Z_{\text{급}}, Z_{\text{원}} > Z_{\text{급}}$,

ㄷ) $Z_{\text{부}} > Z_{\text{급}}, Z_{\text{원}} < Z_{\text{급}}$, ㄹ) $Z_{\text{부}} < Z_{\text{급}}, Z_{\text{원}} < Z_{\text{급}}$

가스방전구를 리용한 임펄스형성선에서는 방전구가 닫기기 전까지 방전구의 용량으로 인한 임펄스가 생기게 되며 따라서 복사개구어로 급전되는 실제적인 임펄스는 진폭이 작은 반대극성의 앞임펄스가 놓인 임펄스렬형태를 가진다. 실제로 $Z_{부} > Z_{급}$, $Z_{원} > Z_{급}$ 인 경우의 출구파형을 그림 4에 제시하였다.

이때 앞임펄스의 진폭은 방전구의 용량 C 에 관계되는 값으로서 다음과 같다.

$$V_{앞} = Z_{급} C \frac{dV_c}{dt} \quad (4)$$

여기서 V_c 는 방전구에 걸린 전압이다.

실제적으로 초광대역임펄스발생기에서 발생한 임펄스의 모양은 직각임펄스가 아니라 일정한 오름시간과 내림시간을 가지므로 개구에 급전되는 임펄스렬의 모양은 그림 5의 ㄱ)와 같이 된다. 그리고 임펄스지속시간이 전송선의 지연시간보다 커지는데 따라 그림 5의 ㄴ)와 같이 된다.

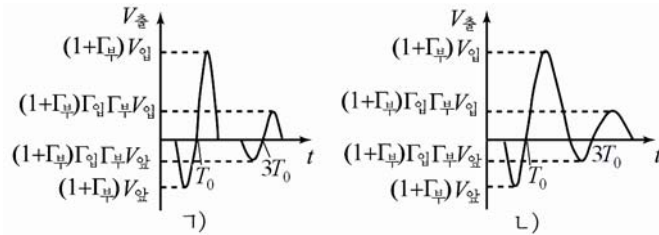


그림 5. 실제적인 출구파형

ㄱ) $\tau < T_0$, ㄴ) $\tau > T_0$

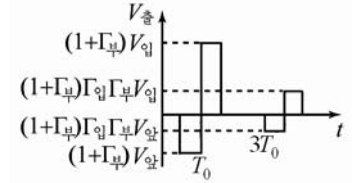


그림 4. 앞임펄스를 가진 출구

임펄스렬($Z_{부} > Z_{급}$, $Z_{원} > Z_{급}$)

다음으로 그림 5에서 보여준 출력신호의 초광대역임펄스복사안테나에 의한 복사과정을 연구하자.

복사마당이 축선방향에서 집초되는 경우에 먼바탕구역에서 초광대역임펄스복사안테나의 축방향복사마당은 다음과 같다.[4]

$$E(r, s) \cong \frac{se^{-jkr}}{2\pi cr} f(s) \int_s E_t(x', y') ds' \quad (5)$$

여기서 c 는 자유공간에서의 빛속도, $E_t(x', y')$ 는 개구면에서의 접선전기마당이며 $f(s)$ 는 파형함수이다.

식 (5)를 시간영역에서 표시하면 다음과 같이 된다.

$$E(r, t) \cong \frac{1}{2\pi cr} \left[\int_s E_t(x', y') ds' \right] \frac{df(t)}{dt} \quad (6)$$

개구에서의 파형함수 $f(t)$ 는

$$f(t) = \frac{V(t)}{V_0} \quad (7)$$

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

따라서 식 (6)은 다시

$$E(r, t) \cong \frac{1}{2\pi cr V_0} \left[\int_s E_t(x', y') ds' \right] \frac{dV(t)}{dt} \quad (8)$$

로 된다. 여기로부터 초광대역임펄스의 축방향복사마당은 개구에 급전되는 초광대역임펄스신호가 미분된 파형태를 가진다는것을 알수 있으며 따라서 그림 5에 제시된 개구급전신호가 복사될 때 그림 6과 같은 모양을 가지게 된다.

다음으로 우리는 초광대역임펄스복사마당측정실험을 진행하여 초광대역임펄스복사안

테나에로의 임펄스급전과 복사물림새에 대한 이론적연구결과의 정확성을 확증하였다.

그림 7은 송신안테나로부터 10m 거리에서 측정된 전기마당파형을 보여준다. 측정된 파형은 앞에서 이론적으로 연구된 결과와 유사하다.

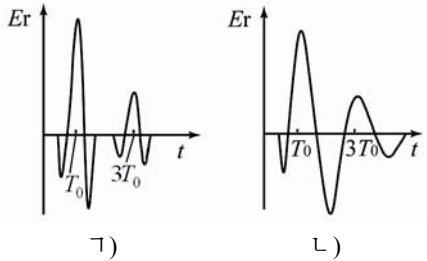


그림 6. 초광대역임펄스의 복사마당
a) $\tau < T_0$, b) $\tau > T_0$

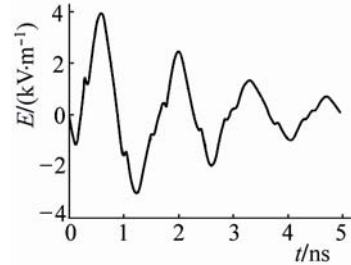


그림 7. 송신안테나로부터 10m 거리에서
측정된 전기마당파형

맺는 말

초광대역임펄스복사안테나에로의 임펄스급전에 대한 이론적모형을 제기하고 그에 기초하여 초광대역임펄스복사마당의 형성과정을 밝혔으며 복사마당에 대한 측정실험을 진행하여 그 정확성을 확증하였다. 복사마당측정결과는 이론적연구결과와 유사하다.

참고 문헌

- [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.

주체105(2016)년 10월 5일 원고접수

On Pulse Feeding Property of Transmission Line

Ri Yong Myong, Jong Won Chol

We studied the theoretical model on the pulse feeding to ultra-wideband impulse radiating antenna and then for verifying its precision, we illuminated the mechanism of ultra-wideband impulse radiating field generation and carried out the measurement experiment of the radiating field. The measurement results of radiating field are similar to the theoretical consideration results.

Key words: ultra-wideband, pulse feeding, impulse radiation