

커패시터로 구동되는 유도형 전자(電磁) 가속장치의 해석

서울대학교	장성만 *
	김석환
강원대학교	정현교
서울대학교	한송엽

Analysis of Capacitor-Driven Induction Coil Guns

Seoul National University	S.M. JANG *
	S.W. KIM
Kangwon University	H.K. JUNG
Seoul National University	S.Y. HANN

1. 서론

전자(電磁) 가속 장치는 전자력에 의해 피루사체를 가속, 발사할 수 있는 장치이므로 폭발에 의한 발사장치와는 달리 설치 방향과 위치가 자유롭고 반복 사용이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 이 장치는 이동자계와 이에 의해 피루사체의 표면에 유기되는 와전류 사이의 반발력을 이용하는 장치이다. 본 연구에서는 가속, 발사용 코일을 커패시터로 구동시켜 이동 자계를 만들어 내는 방식을 채용한 전자(電磁) 가속 장치의 동작 특성과 성능을 해석했다.

2. 해석 방법

코일형 전자기속장치는 RLC가 결합된 등가회로로 표현할 수 있는데, 이 등가회로의 회로방정식과 시스템의 운동방정식을 1계 미분방정식의 형태로 나타내면 식 1 ~ 식 4 와 같이 된다.

$$\left\{ [L] + [M] \right\} \frac{d}{dt} [I] = [V] - [R][I] - v_p [G][I] \quad (m+n \text{ 개}) \quad (\text{식 1})$$

$$[C] \frac{d}{dt} [V_c] = -[I_d] \quad (n \text{ 개}) \quad (\text{식 2})$$

$$[M] \frac{dv_p}{dt} = \sum_{p=1}^m \sum_{d=1}^n [I_p] [I_d] \frac{dM_{pd}}{dx} \quad (1 \text{ 개}) \quad (\text{식 3})$$

$$\frac{dx}{dt} = v_p \quad (1 \text{ 개}) \quad (\text{식 4})$$

식1~식4는 시변계수를 포함하는 비선형 미분방정식이다. 이 방정식을 풀어 전압, 전류, 속도, 이동거리의 시간에 따른 변화를 얻는다. 이 네 가지의 물리량을 사용하여 시스템 전체의 에너지전달율, 에너지 손실을 그리고 그에 따른 온도상승 등을 산출해낸다.

3. 결과

앞에서 기술한 해석방법을 이용하여 간단한 모델에 대해 주파수의 변화에 따른 에너지전달율, 에너지손실율, 커패시터방전율, 그리고 시간에 따른 피투사체의 속도, 이동거리, 받는 힘의 변화를 얻었다. 그림 1.은 주파수의 변화에 따른 에너지전달율이고, 그림 2.는 최대 에너지전달율 일 때의 피투사체의 시간에 따른 속도변화이다.

4. 결론

본 연구에서는 커패시터를 이용한 전자가속장치에 대해 등가회로를 구성하고, 이 등가회로에 대한 회로방정식과 운동방정식을 풀므로써 본 장치의 여러가지 특성을 해석하였다. 이 해석방법은 실제로 모델이 정해져 치수가 주어지면 결과를 예측할 수 있을 뿐 만 아니라 최적의 커패시터용량, 점호시간, 그리고 피투사체의 초기위치를 결정 하는데 많은 도움이 될 수 있다. 이 결과들은 간단한 모델의 실험을 위한 기초자료로 이용하게 된다.

5. 참고 문헌

1. JIANLING HE, "Concerning the Design of Capacitively Driven Induction Coil Guns," IEEE Trans. Plasma Science, Vol. 17, No. 3, pp429-438, June, 1989
2. Z. Zabar, Y. Naot, L. Birebaum, E. Levi, and P. N. Joshi, "Design and Power Conditioning for the CoilGun", IEEE Trans. Magnetics, Vol. 25, No. 1, pp627-631,
3. D. G. Elliott, "Traveling wave Induction Launcher", IEEE Trans. Magnetics, Vol. 25, No. 1, pp159-163, January, 1989 .
4. T. H. Fawzi, P. E. Burke, "The Accurate Computation of Self and Mutual Inductance of Circular Coils", IEEE Trans. PAS, Vol. PAS-97, No. 2, pp464-468, March/April, 1978
5. Bartky W., "Numerical Calaulation of Generalized Complete Elliptic Integral," Rev. Modern Phys., Vol. 10, pp264-269, Oct. 1938

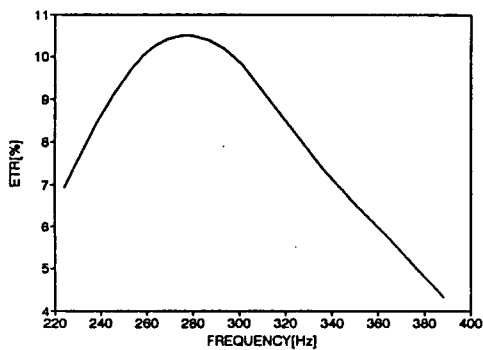


Fig. 1. Energy Transfer Ratio(ETR) versus the Resonant Frequency

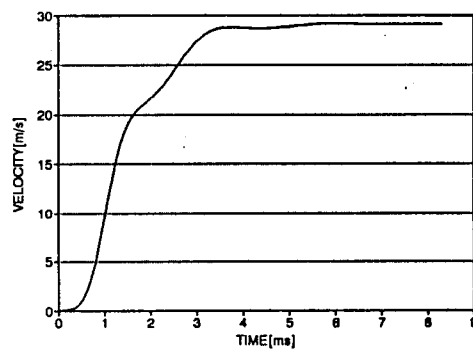


Fig. 2. Projectile velocity versus Time for the Maximum ETR