

펄스 강자장 발생 연구

전북대학교 이용호, 이영희, 신용돌, 오동화*
숙명여자대학교 이장로

Study on the Generation of Pulsed High Magnetic Field

Jeonbuk National University Y.H.Lee, Y.H.Lee, Y.D.Shin, D.H.Oh
Sookmyong Women's University J.R.Rhee

1. 서 론

2T이상의 강자장은 철심을 사용한 전자석으로는 얻기 어려워서, 초전도 자석이 쓰이고 있으나 초저온 장치등 문제가 많다. 고전압 대용량의 축전기에 저장한 전기에너지를 공심 솔레노이드에 순간적으로 방전하여 수 ms 동안 강자장을 발생시켜서 전자수송, 비선형광학 효과등의 연구에 쓰이고 있다. 본 연구는 초전도 자석으로 달성하기 어려운 30T 정도를 목표로 하여 유효공간에 강자장을 경제적으로 발생시키는 조건을 연구하기 위하여 1차 목표로 10T의 소규모 장치에 대하여 전압, 전류, 전기용량, 강자장 지속시간등을 전산 시뮬레이션하여 최적 조건을 찾아낸 후에 제작 사용하려 한다.

2. 강자장 발생장치의 원리

본 장치의 개요도는 그림 1과 같다. HV는 직류고전압 발생장치이며 그 출력 전압은 0~2000V 범위에서 가변이다. C는 대용량 고전압 축전기이며 스위치 SC는 OFF하고 SW를 ON하면 고압전원에서 보호저항 RP를 경유하여 전하가 C에 축적된다. 충전이 끝나면 SW는 OFF하고 SC를 ON하면 공심솔레노이드 L에 순간 대전류가 흘러 그 속에 강자장이 발생하며, 시료 S에 생긴 변화는 센서 SE로 검출되어 digital transient recorder TRS에 기록되고 강자장의 크기는 전류검출용 저항 RI에 생긴 전압강하를 TRH에 digital로 기록한다. 그 결과인 digital 기록정보를 천천히 읽어내어 오실로스코프나 XY기록계에 표시한다.

3. 발생강자장의 전산 시뮬레이션

LCR 방전회로의 미분방정식 $L \frac{di}{dt} + Ri + \frac{1}{C} \int idt = 0$ 을 $R < 2\sqrt{L/C}$ (감쇠진동의

경우)의 조건으로 풀어 i 를 구하면, $\tau = 2L/R$, $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$, $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - 1/\tau^2}$,

$\theta = \arctan \omega\tau$, 초기전압을 V 라 할때

$$i = \frac{V}{\omega L} \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \sin \omega t \quad (1)$$

가 되고, 그 최대치 I_m 은 $I_m = \frac{V \sin\theta}{\omega L} \exp(-\frac{\theta}{\omega\tau})$ 가 된다.

공심솔레노이드를 두께 T, 폭 W인 Cu 박대를 두께 D인 절연체를 끼워서 내반경 A로 N회 감아 만든 경우 그 저항 R은 $\rho(A+B)N/WT$ 가 된다. 여기서 $B = A+N(T+D)$ 로서 솔레노이드의 외경이다
 인덕턴스 L은 $L = \pi^2 N^2 (A+B)^2 \times 10^{-7} \left[W \left(1 + \frac{1.29B - 0.39A}{W} + 0.64 \frac{B-A}{A+B} \right) \right]^{-1}$ 으로

최대 자기장 H는 $H = \frac{NI}{2(B-A)} \ln \frac{B + \sqrt{B^2 + W^2/4}}{A + \sqrt{A^2 + W^2/4}}$ 로 계산된다.¹⁾

전산시뮬레이션의 한 예는 표 1과 같다. 이때 A=8mm, W=4cm, T=0.1mm, V=400V, C=0.01F, D = 0.03mm로 하여 N을 50에서 200까지 변화시켰다. i의 시간변화의 보기는 그림 2와 같다.
 표 1.

	N	B	R	L	τ	ω_0	ω	θ	I_m	H
단 위	회	mm	m Ω	μ H	ms	rad/s	rad/s	deg	A	T
	50	14.5	15.9	19.8	2.49	2245	2209	79.7	6866	9.34
	100	21.0	41.0	110.0	5.37	954	935	78.7	2844	7.20
	150	27.5	75.3	323.9	8.60	556	543	77.9	1625	5.73
	200	34.9	118.8	721.0	12.14	372	363	77.2	1070	4.69

1) S.Chikazum, Magnetism. 167, Kyoritsu, Tokyo (1977) (일본)

Fig.1. Block Diagram

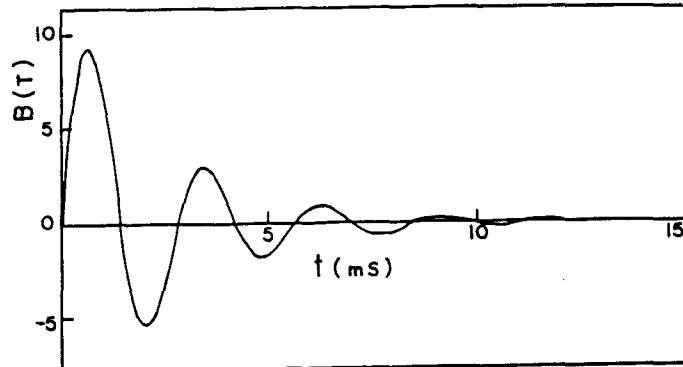
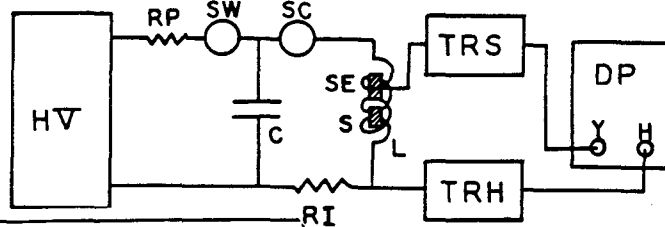


Fig.2. An example of the generated field. N=50, V=400V, C=0.01F.