

AUTOMOTIVE MANUFACTURING & Technology

자동차 제조기술

Basic Course | 모델 기반 설계를 이용한 제어시스템의 조기 검증 실행

소모 전력(전압/전류)의 측정/분석 시간을 획 줄여줍니다. - 애질런트 DC 전력 공급 및 분석기 N6705B



N6705B DC 전력 공급 및 분석기: - 5종의 계측기 기능을 한 대에 통합

여러 종류의 계측기들을 셋업하고 프로그래밍하는 작업은 성가신 일입니다. 하지만 5종의 계측기를 통합한 애질런트 N6705B DC 전력 공급 및 분석기를 사용하면 쉽고 간단하게 DC 바이어스 테스트를 시작하실 수 있습니다.

N6705B의 응용 분야:

1. 임의 전압/전류 변화 시뮬레이션 및 분석
 - 반도체의 인가 전압 변화 시뮬레이션
 - 휴대폰의 SMPL(Sudden Momentary Power Loss) 테스트
 - 자동차 배터리 전압 강하 에뮬레이션
2. 배터리 구동 휴대형 기기의 소모 전력 분석
 - 휴대폰 소모 전류를 수 A 부터 수 uA 까지 한 번에 측정
 - 전자 부품의 소모 전류(uA까지) 및 전력 측정/분석
3. 다중 전원의(4개까지) 동시 또는 시간차 출력
 - LCD 백라이트 On/Off 테스트
 - PC 마더보드 전압공급 장치의 순차적 출력
4. 배터리 충전/방전 테스트

애질런트
공식 범용장비 대리점

충분한 재고 보유로
신속 납품


02-522-4226
www.atminc.co.kr

N6705B 카탈로그 다운로드:
www.agilent.com/find/n6705

자동차에서 손상되기 쉬운 전자혼 전류의 수평 제한 방법

이 기사는 서로 다른 애플리케이션에서의 MOSFET 전력 소모 분석을 주요 내용으로 하고 있다. 최종 결과를 보면 이들 애플리케이션에서 MOSFET의 전력 소모 수치는 서로 비슷하다. 일반적인 사용에 문제가 없는 전력 소모 수치라면 전류를 수평 제한하는 애플리케이션에서도 문제가 없다.

글 Fischer Yuan, 온세미컨덕터

혼(horn)은 자동차 내에서 손상되기 쉬운 장치이다. 혼의 수명은 항상 자동차 수명보다 짧다. 중요한 포인트는 혼의 기계적 접촉 부분. 전자혼은 수명을 늘리기 위해 접촉 부위의 스위치 역할을 하는 MOSFET를 사용한다. 그리고 일부 다른 회로는 주파수와 듀티 사이클을 제어한다.

온도가 실온에서 -40°C 로 바뀌면 코일의 인덕턴스와 저항 성분은 약간 변하게 되고, 이것이 코일의 전류를 상승시킨다. 높은 배터

리 전압도 전류를 상승시킬 수 있는데 이럴 경우 전자기력이 이동 막대를 밀어 고정 막대를 칠 수 있기 때문에 위험하다. 높은 전압과 낮은 온도의 타격이 전자혼의 주된 문제이다.

이 문제는 전류를 일정 레벨 이하로 제한시켜 지속적으로 해결할 수 있다. 이는 실행하기 쉬운 방법으로, 전류 클램핑을 위해 선형 영역에서 MOSFET가 사용된다. 이 애플리케이션에 관한 한 가지 중요한 의문점은 MOSFET의 전력 소모이다. 선형 영역으로 가는 MOSFET로 인해 전압 강하(V_{ds})가 매우 클 수 있으며 전력 소모도 적지 않기 때문이다. 하지만 사실은 전류 제한 회로를 갖추지 않은 보통의 경우보다 MOSFET의 전력 소모가 큰 것은 아니다. 전류를 제한하고 나면 'UIS' 에너지가 적게 변한다.

전류를 수평 제한하는 경우의 전력 소모

그림 2는 수평 제한 회로를 보여주고 있다.

$T1$, $R2$, R_{shunt} 는 추가적으로 전류를 수평 제한하는 소자들이다. 코일 전류가 충분히 높으면 R_{shunt} 의 전압 강하는 $T1$ 의 문턱값에 도달한다. 그러면 $T1$ 이 개방되어 MOSFET의 게이트 전압을 끌어내린다. 그렇게 해서 MOSFET는 선형 영역으로 가고 전류가 제한된다.

정확한 계산을 위해 몇 가지 조건을 들어보자. 주파수는 400Hz 이고 듀티 사이클은 70% 이다. 다이오드의 전압 강하는 1V 이고 트랜지스터 $T1$ 의 문턱 전압은 0.73V 로 동작 중의 콜렉터 전류보다

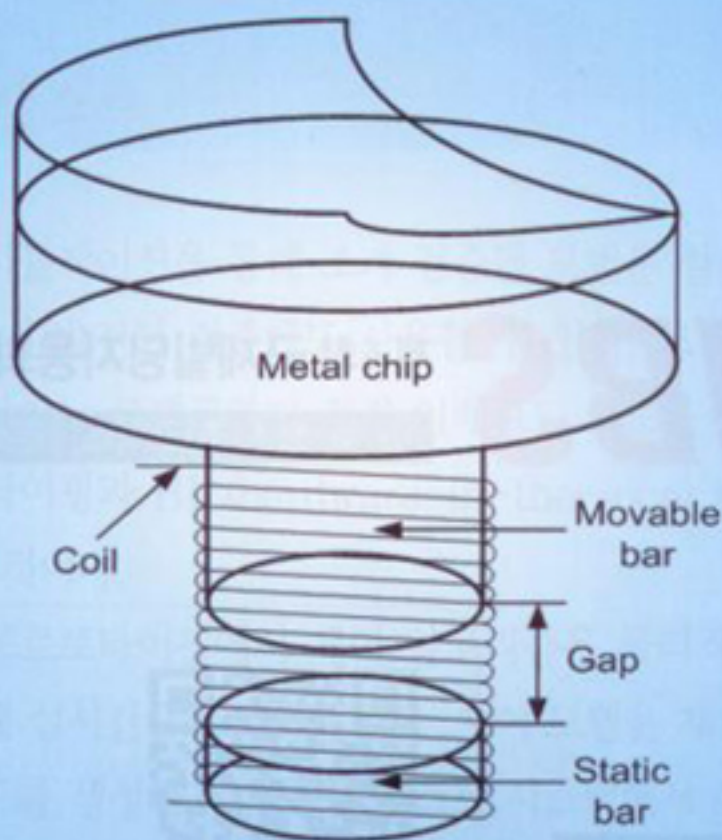


그림 1. 혼의 기계적 구조

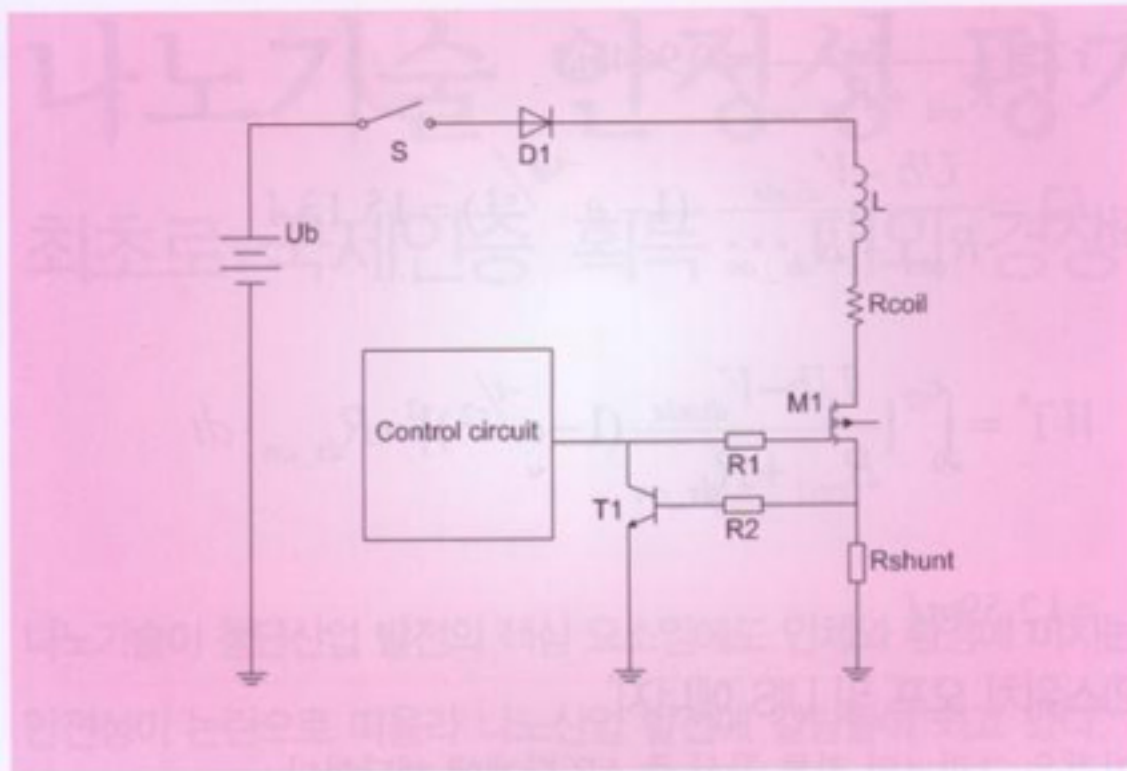


그림 2. 수평 제한 회로

낮다. 높은 배터리 전압은 16V이다. MOSFET(NTB30N20T4G)가 사용됐다.

$U_b=16V$, $V_{diode}=1V$, $V_t=0.73V$, $T=2.5mS$, $D=70\%$,
 $L=0.8mH$, $R_{coil}=0.75\Omega$, $T_a=25^\circ C$, $V_{(br)ds}=200V$,
 $R_{ds_on}=0.08\Omega$, $T_j=175^\circ C$, $E_{as}=450mJ$, $t_f<0.1\mu S$

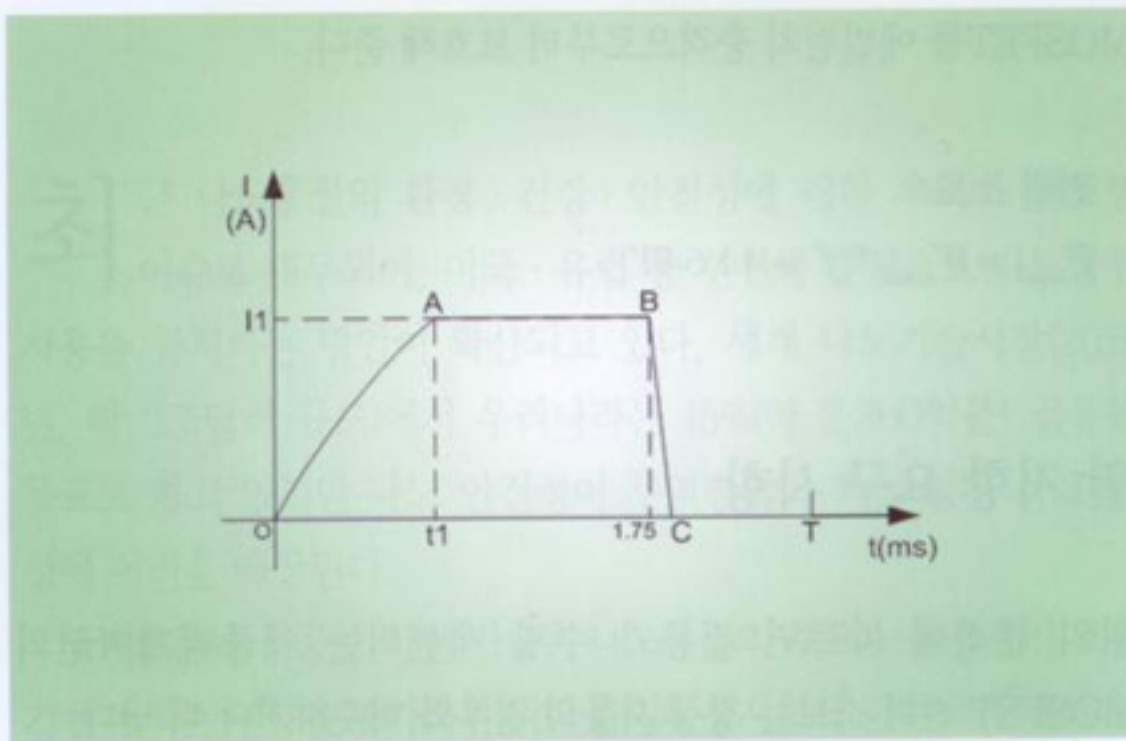


그림 3. 수평 제한된 전류 곡선

1) 스위치 on 상태에서의 전력 소모:

이것은 그림 3의 전류 곡선에서 OA 단계에 관한 것이다.

$$\tau_l = \frac{L}{R_{coil} + R_{ds_on} + R_{shunt}} = 0.86mS$$

$$t_{off} = T * D = 1.75mS$$

$$I_1 = \frac{V_t}{R_{shunt}} = 7.3A$$

전류 제한이 일어날 때의 시각을 t_1 이라고 하자:

$$I_1 = \frac{U_b - V_{diode}}{R_{coil} + R_{shunt} + R_{ds_on}} \cdot (1 - e^{-t_1/\tau_l})$$

$$t_1 = 0.518mS$$

$$W_1 = \int_0^{t_1} \left[\frac{U_b - V_{diode}}{R_{coil} + R_{shunt} + R_{ds_on}} (1 - e^{-t/\tau_l}) \right]^2 \cdot R_{ds_on} \cdot dt$$

2) 전류 제한이 일어나면 MOSFET는 선형 영역으로 간다.

이것은 그림 3의 전류 곡선에서 AB 단계에 해당한다.

$$V_{ds2} = U_b - V_{diode} - I_1 * R_{coil} - I_1 * R_{shunt} = 8.795V$$

MOSFET는 혼 셀에 가까이 있다. 코일은 내부에 있으며, MOSFET에 가까이 있지 않다. 코일의 온도가 상승하면 저항이 더 커지고 그로 인한 전압 강하 또한 더 많아 진다. MOSFET의 전력을 위해서는 그게 낫다. 그러나 최악의 경우에는 코일의 온도 상승이 무시될 수 있다.

$$W_2 = V_{ds2} * I_1 * (t_{off} - t_1) = 79.0987 mJ$$

3) 스위치 오프 및 UIS 에너지

이것은 그림 3의 전류 곡선의 BC 단계에 해당한다. 애벌런치 항복이 일어나지 않으면 MOSFET의 드레인 포인트 전압이 패러데이의 전자기 유도 법칙을 따라 급격하게 상승한다:

$$V_d - (U_b - V_{diode}) = L \frac{di}{dt}$$

$$V_d > 58400015V$$

V_d 가 200V보다 훨씬 높으므로 애벌런치 항복이 일어나야 한다.

그러면 인덕턴스의 전압 강하가 결정된다: $BV - (U_b - V_{diode})$. 스위치가 off 상태로 전환된 후 전류는 다음의 기울기로 0으로 간다:

$$\frac{di}{dt} = \frac{1}{L} \cdot [V_{(br)ds} - (U_b - V_{diode})]$$

경과 시간을 Δt_1 이라고 하자:

전류 라인 위에 두 개의 지점(mS, A)이 있다:

$$(1.75, 7.3), (1.75 + \Delta t_1, 0).$$

전류 식:

$$i = \frac{7.3 - 0}{1.75 - (1.75 + \Delta t_1)} (t - 1.75) + 7.3$$

인덕턴스의 전압 강하 시 자기 에너지가 방출된다.



$$\begin{aligned}\frac{1}{2} \cdot L \cdot (I1)^2 &= \int_{1.75}^{1.75+\Delta t1} [V_{(br)dss} - (Ub - V_{diode})] \cdot i \cdot dt \\ &= [V_{(br)dss} - (Ub - V_{diode})] \cdot \frac{I1}{2} \cdot \Delta t1 \\ \Delta t1 &= \frac{L \cdot I1}{V_{(br)dss} - (Ub - V_{diode})} = 0.03157mS\end{aligned}$$

참고: 배터리 연속 동작으로 인해 MOSFET의 UIS 에너지는 자기 에너지보다 더 크다. $V_{(br)dss}$ 가 Ub 에 가깝다면 $\Delta t1$ 이 매우 길 것이다. 그러면 배터리 효과는 분명해진다.

$$\begin{aligned}W3 &= \int_{1.75}^{1.75+\Delta t1} V_{(br)dss} \cdot i \cdot dt \\ &= V_{(br)dss} \cdot \frac{I1}{2} \cdot \Delta t1 = 23.046mJ\end{aligned}$$

이 값은 Eas 에 비해 너무 낮다.

4) 전력 소모:

한 사이클의 총 에너지:

$$W_{total} = W1 + W2 + W3 = 0.103J$$

Power dissipation:

전력 소모:

$$P_{total} = W_{total} \cdot f = 41.2W$$

정상적인 경우의 전력 소모 분석

정상적인 경우, 전류 클램핑 회로($T1$, $R2$, $Rshunt$)가 갖추어지지 않는다.

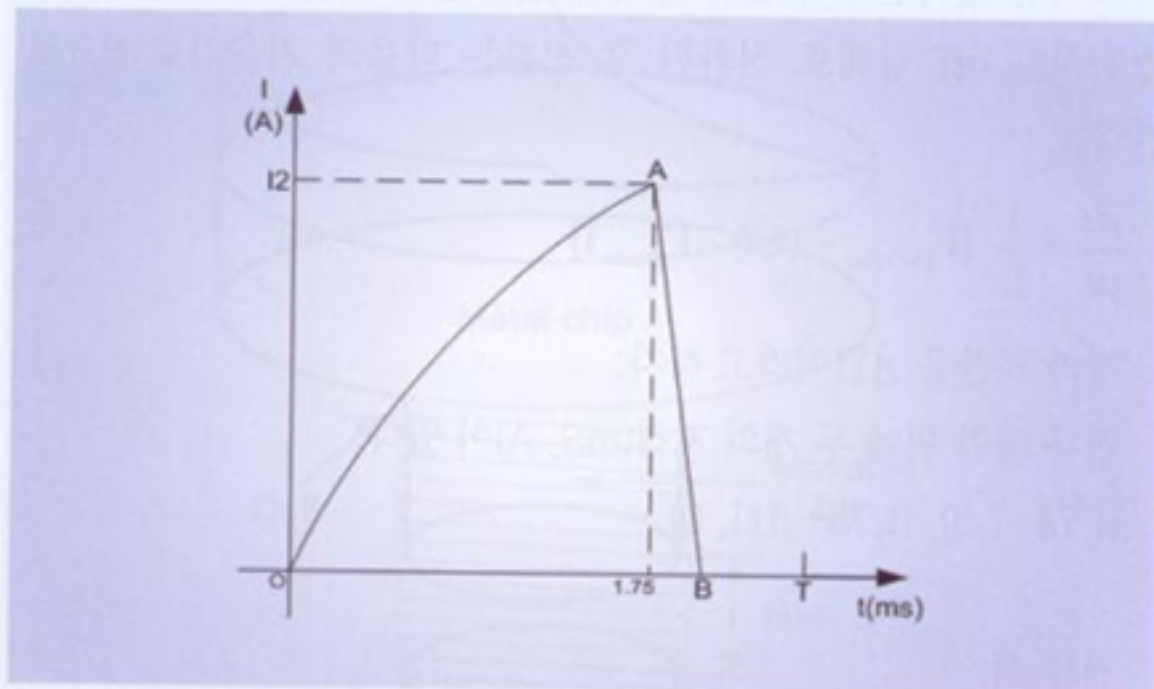


그림 4. 정상적인 경우의 전류 곡선

1) 스위치가 on 상태일 때의 전력 소모:

이것은 그림 4의 전류 곡선에서 OA 단계에 해당한다.

$$\tau2 = \frac{L}{R_{coil} + R_{ds_on}} = 0.964mS$$

$$I2 = \frac{Ub - V_{diode}}{R_{coil} + R_{ds_on}} \cdot (1 - e^{-t_{off}/\tau2}) = 15.13A$$

$$\begin{aligned}W1^* &= \int_0^{t_{off}} \left[\frac{Ub - V_{diode}}{R_{coil} + R_{ds_on}} (1 - e^{-t/\tau2}) \right]^2 \cdot R_{ds_on} \cdot dt \\ &= 12.59mJ\end{aligned}$$

2) 스위치 오프 및 UIS 에너지

이것은 그림 4의 전류 곡선 중 AB 단계에 해당한다.

$$\frac{1}{2} \cdot L \cdot (I2)^2 = [V_{(br)dss} - (Ub - V_{diode})] \cdot \frac{I2}{2} \cdot \Delta t2$$

$$\Delta t2 = \frac{L \cdot I2}{V_{(br)dss} - (Ub - V_{diode})} = 0.065427mS$$

$$W2^* = V_{(br)dss} \cdot \frac{I2}{2} \cdot \Delta t2 = 98.991mJ$$

3) 전력 소모:

한 사이클의 총 에너지: $W_{total} = W1 + W2 = 0.1116J$

이 에너지는 Eas 와 비교될 수 있다. 따라서 전류의 수평 제한은 MOSFET를 애벌런치 충격으로부터 보호해 준다.

전력 소모:

$$P_{total} = W_{total} \cdot f = 44.64W$$

열 저항 요구 사항

위의 분석에 따르면 전류가 수평 제한되는 애플리케이션의 MOSFET 전력 소모는 정상 사용의 경우와 비슷하거나 더 낮다.

열 저항 요구 사항:

$$T_j = T_A + P \cdot R_{\theta JA-r}$$

$$R_{\theta JA-r} = \frac{T_j - T_A}{P} = 3.64^\circ C / W$$

약 $6cm^2$ 정도의 냉각핀이 $10^\circ C/W$ 이하의 열 저항을 줄인다. 금속으로 된 혼 셀이 냉각에 사용되면 열 저항이 급격히 줄어든다. 필요한 열 저항을 맞출 수 있다. 현재 전자혼에서는 혼 셀이 냉각에 널리 사용되고 있다.