

써멀 메니지먼트(Thermal Management)에 의한 3상 전압형 인버터의 전력손실 최적화 설계

論 文
56-10-9

Optimal Design of Power Loss for 3 Phase Voltage Source Inverter by using Thermal Management

曹水億[†] · 朴晟濬^{*}
(SE Cho · SJ Park)

Abstract - Recently, the demand for the low cost power conversion equipment is rapidly increased. To develop this three phase voltage source inverter, optimum power conversion equipment to system is designed. The optimum operation method to minimize the power loss also satisfy the life time of the power electronics that is request in the present industry. In this paper, the efficient operating method to change of the acceleration, jerk, and switching frequency in the interval of acceleration is selected to optimize the power loss and life time of the power electronics by using the elevator model. So, we proposed the method that 50[A] rating power electronics is adopted in 9[kW] load.

Key Words : Thermal Management, Optimal Design, Voltage Source Inverter, Life time of Power electronics

1. 서 론

3상 인버터의 사용이 보편화됨에 따라 각종 부가되는 문제에 대한 연구도 활발히 이루어지고 있는데 본 논문에서 다루는 주제는 전력 변환 장치에서 사용되는 스위칭 소자 중에서 IGBT의 전력 손실의 최적화 및 수명에 관한 것이다. 기존의 연구를 요약하면, IGBT로 구성된 PWM 인버터에 사용되는 전력반도체의 전력 손실을 Saber 시뮬레이션 툴을 이용하여 계산하였다[1]. 그리고 보다 더 정교하게 전력반도체의 전력 손실 및 온도 상승을 계산하기 위하여, 소자의 스위칭 및 전도 손실 그리고 과도 열저항 모델을 수식으로 전개하였다[2]. 또한, 엘리베이터 구동용 전력변환장치와 유사한 하이브리드 전기자동차 분야에서도 전력반도체를 최적화 하기위하여 IGBT의 전력 손실 및 온도 상승 시뮬레이션을 수행하였다[3]. 현대 사회는 산업 사회의 빠른 발전으로 전력 변환 장치의 소형화 및 저렴한 공급 원가를 요구하고 있다. 전력 변환 장치 중에서 가장 많은 원가를 차지하고 있는 부분이 전력 반도체 IGBT이다. 전력 반도체를 시스템에 최적화 하여 저렴한 공급 원가로 제공하기 위해서는 전력 반도체의 수명에 대한 연구가 필수적이다. 전력 반도체의 수명은 전력 반도체의 정션과 방열판 사이의 온도 상승 치에 지수 함수로 반비례 한다. 이는 그림 12에 잘 나타나있다. 전력 반도체의 정션 과 방열판사이의 온도 상승의 주요한 요인으로는 스위칭 주파수, 부하 전류의 크기, 주파수, 역을 등이다. 스위칭 주파수를 줄이거나 부하 전류의 크기를 줄여서 전력 반도체의 손실로 인한 온도 상승을 줄이는 것은 가능하다[4]~[5].

그러나 전력 변환 장치가 적용되는 현장이 다양하고 시스템이 요구하는 사양도 다양하다. 부하가 급변하는 엘리베이터 시스템의 경우는 가속 시 높은 전류가 흐르므로 정격이 높은 전력 반도체를 필요로 한다. 이와 같이 전력 반도체를 적용하는 현장의 요구 사양이 다양하므로 전력 변환 장치를 적용하는 시스템에 최적화 하는 것이 손실을 최소화 하면서 수명을 만족하는 방법이 된다.

2. 전력 반도체의 열 손실 시뮬레이션

2.1 시뮬레이션 구조 및 조건

엘리베이터용 전력 변환 장치를 최적화하기위해 전력 손실 및 온도 상승에 의한 수명을 MatLab으로 시뮬레이션 하였다.

시뮬레이션 구성은 그림 1과 같다. 엘리베이터 모델에서, 입력으로 승강기의 이동거리와 가속도 그리고 방향 및 탑승

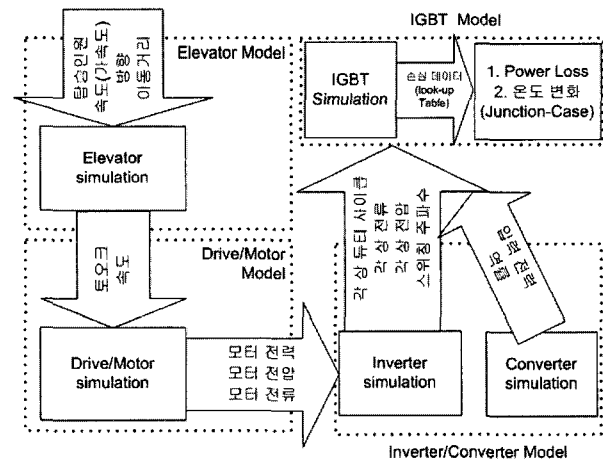


그림 1 IGBT의 온도변화 시뮬레이션 구성
Fig. 1 Configuration of simulation for IGBT temperature rise

[†] 교신저자, 正會員 : 瑞逸大學 電氣科 專任講師 · 工博

E-mail secho@seoil.ac.kr

^{*} 正會員 全南大學 電氣工學科 助教授 · 工博

接受日字 : 2007年 6月 21日

最終完了 : 2007年 8月 24日

인원에 의한 부하가 주어지면, 출력으로 승강기 시브 크기에 의한 시브 속도, 그리고 로프 및 케이시 무게, 인승에 의해서 모터의 필요 토크가 계산되어진다. 드라이브 및 모터 모델에서는 드라이브 및 전동기 특성에 의해 요구 속도 및 토오크에 맞는 모터 전력 및 전압과 전류를 계산한다. 인버터 및 컨버터 모델에서는 부하에 따른 각 상의 듀티 사이클 및 각 상의 전류, 전압 그리고 스위칭 주파수를 계산한다. IGBT 모델에서는 그림 2 및 식(1)에서 (8)까지의 과정에서 각 상 전력반도체(IGBT)의 전력 손실이 계산되어진다.

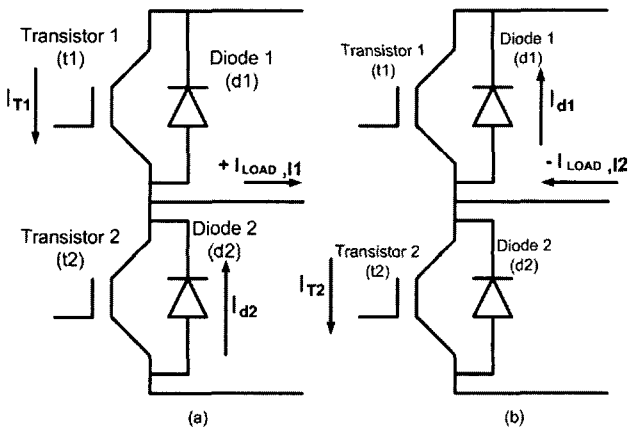


그림 2 부하 전류와 시비율
(a) 정(+의) 구간 부하 전류(Iload) 시비율(D)
(b) 부(-)의 구간 부하 전류(Iload) 시비율(1-D)

Fig. 2 Load current and duty ratio

각각의 IGBT에 소비되는 전체 전력은 다음의 순서로 계산되어진다.

$$P1 = P_{t1sw} + P_{t1cn} + P_{d1cn} \quad (1)$$

$$P2 = P_{t2sw} + P_{t2cn} + P_{d2cn} \quad (2)$$

여기서, P_{t1sw}, P_{t2sw} : transistor의 스위칭 손실

P_{t1cn}, P_{t2cn} : transistor의 전도 손실

P_{d1cn}, P_{d2cn} : diode의 전도 손실

$$P_{t1sw} = F_{sw} \times [E_{swon}(I1) + E_{swoff}(I1)] \quad (3)$$

$$P_{t2sw} = F_{sw} \times [E_{swon}(I2) + E_{swoff}(I2)] \quad (4)$$

여기서, F_{sw} : 스위칭 주파수[Hz]

$E_{swon}(I)$: 스위치 온 에너지 손실

$E_{swoff}(I)$: 스위치 오프 에너지 손실

$$P_{t1cn} = I_{T1} \times V_{ce}(I1) \quad (5)$$

$$P_{t2cn} = I_{T2} \times V_{ce}(I2) \quad (6)$$

$$P_{d1cn} = I_{d1} \times V_{ec}(I1) \quad (7)$$

$$P_{d2cn} = I_{d2} \times V_{ec}(I2) \quad (8)$$

여기서, $V_{ce}(I)$ (컬렉터-에미터 포화 전압), $V_{ec}(I)$ (에미터-컬렉터 포화 전압), $E_{swon}(I)$, $E_{swoff}(I)$ 값들은 메이커에서 제공하며, 여기에 사용된 전력반도체는 Mitsubishi사의 IPM, PM50RSE120 이다[6]. IGBT의 정선 온도는 그림 3의 원리로 계산되며, IGBT의 정선 온도는 식 9, 10, 11에 따른다.

$$dT_{jc} = P_{transistor} \times Z_{jc} \quad (9)$$

$$dT_{cs} = (P_{transistor} + P_{diode}) \times Z_{cs} \quad (10)$$

$$dT_{js} = dT_{jc} + dT_{cs} \quad (11)$$

여기서, dT_{jc} (케이스에 대한 정선의 온도 상승), dT_{cs} (방열판에 대한 케이스의 온도 상승), dT_{js} (방열판에 대한 정선의 온도 상승)이며, Z_{cs} (방열판에 대한 케이스의 임피던스) 및 Z_{jc} (케이스에 대한 정선의 임피던스)의 값은 메이커에서 제공한다[6].

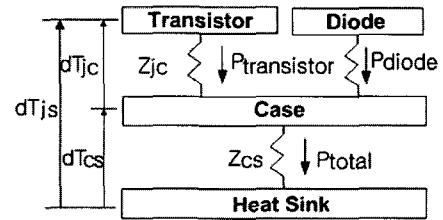


그림 3 IGBT 열 전도 모델
Fig. 3 IGBT thermal conduction model

이 때 전력 반도체의 전도(conduction) 손실 및 스위칭 손실에 영향을 주는 전력 반도체의 파라미터[6]들이 전압 과 전류에 비선형적으로 증가 혹은 감소하기 때문에 좀 더 정확한 시뮬레이션을 위하여 각 파라미터별로 커브 피팅을 실시하여 함수화 하였으며 이를 시뮬레이션에 적용하였다. 그림 4는 시뮬레이션시 적용된 엘리베이터의 시스템 개략도를 나타낸 것이다. 엘리베이터용 전력 변환 장치 최적화에는 엘리베이터 인승 및 모터가 결정되고, 여기에 전력 변환 장치를 최적화한다. 엘리베이터는 통상 승객이 탑승하는 케이시와 전력 저감을 위해 연결된 균형추로 구성되며, 그림 4의 경우 로핑이 1인 구조로 메인 시브가 케이시를 직접 구동하는 방식이며, 로핑이 2인 경우는 케이시위에 보조 시브가 더 장착되어 부하 토오크는 저감하고 이동 거리는 증가되는 구조이다. 균형추는 케이시의 무게에 승차인원의 50[%]의 무게로 만들어진다.

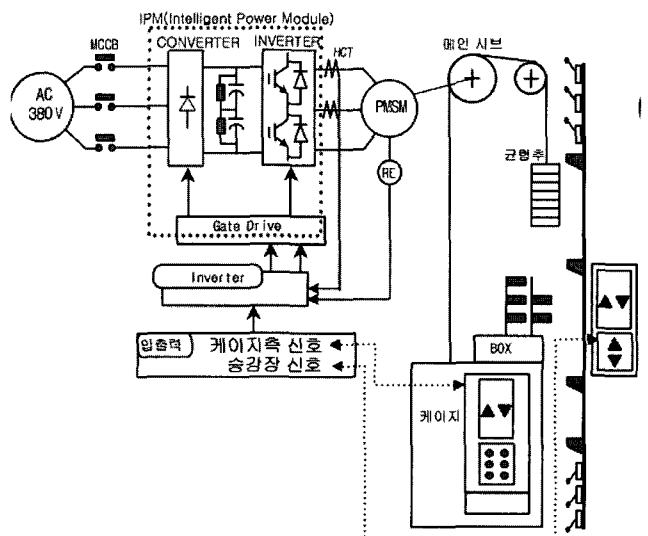


그림 4 IPM이 적용된 엘리베이터 시스템 개략도
Fig. 4 Configuration of Elevator system equipped with IPM

2.2 일반적인 경우의 전력 반도체 손실 및 온도 상승

5[kw]의 부하에 전력 반도체를 정격 50[A] IPM(Intelligent Power Module)으로 적용한 경우이며, 일반적으로 적용하는 예이다. 표 1 및 2의 조건으로 그림 1의 구성으로 시뮬레이션시 IGBT의 정선과 방열판 사이의 온도 상승은 약 24.6°C로 되었으며 이 경우 전류 평균치는 16.672[A], 평균 손실은 173.74[W]이다. 시뮬레이션 결과는 그림 5에 나타내었다. 시뮬레이션 조건인 이동 거리 10[m] 및 속도 그리고 가속도와 가가속도 조건의 결과는 그림 6에 나타내었다.

표 1 엘리베이터 시스템 사양

Table 1 Elevator system specification

인승	11
속도 [m/min]	60
정격 하중 [kg]	750
전동기 [kW]	5
엘리베이터 무게 [kg]	1174
균형추 무게 [kg]	1530
로핑	2

표 2 시뮬레이션 조건

Table 2 Condition of simulation

스위칭 주파수	8[kHz]
이동 거리	10[m]
부하 조건	전부하
방향	상승
가속도	0.8[m/s ²]
가가속도	1.4[m/s ³]

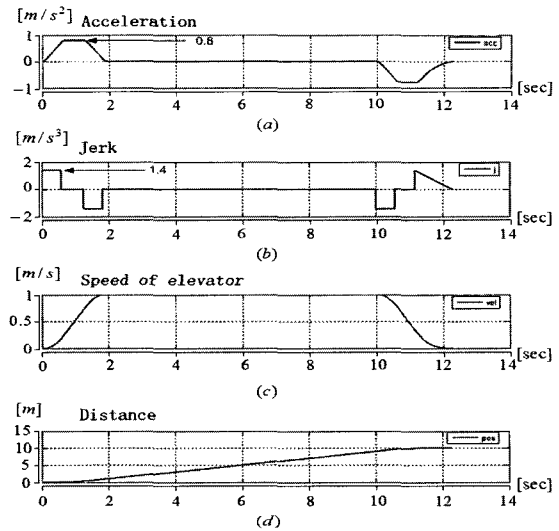


그림 6 50[A] IPM, 5[kW] 모터 적용시, 시뮬레이션 조건 (a) 가속도 (b) 가가속도 (c) 엘리베이터 속도 (d) 이동 거리

Fig. 6 50[A]IPM, 5[kW] Motor case, condition of simulation

2.3 9.2[kW] 모터에 50[A] IPM 적용시 온도 상승

9.2[kW]의 부하에 전력 반도체를 정격 50[A] IPM으로 적용한 경우이며, 표 3 및 4의 조건으로 계산한 결과 정선과 방열판 사이의 온도 상승은 약 30[°C]이며 이 경우 전류 평균치는 20.355[A], 평균 손실은 216.41[W]이다. 결과는 그림 7 및 8에 나타나 있다. 수명에 영향을 주는 정선과 방열판간의 온도 상승이 30°C에 도달하여 수명을 만족하지 못한다. 수명에 관한 사항은 제3장 전력 반도체 수명 분석에서 설명할 것이다.

표 3 9.2 [kW] 동기기 사양

Table 3 Specification of 9.2[kW] PMSM

출력[kW]	9.2	Rs(권선저항)[Ω]	0.42
극수	10	Lq(q축 인덕턴스)[mH]	10
주파수[Hz]	9.62	Ld(d축 인덕턴스)[mH]	8
전압[V]	400	Kemf(역기전력 상수)	0.27
정격 전류[A]	23	rotor inertia[kg-cm ²]	0.1092
Ktorq(토포크 상수)	7.15	효율	0.87
정격 토크[kgf*m]	16.83	gear ratio	1

표 4 엘리베이터 시스템 사양

Table 4 Elevator system specification

인승	13
속도 [m/min]	90
정격 하중 [kg]	900
전동기 [kW]	9.2
엘리베이터 무게 [kg]	1325
균형추 무게 [kg]	1752
로핑	2

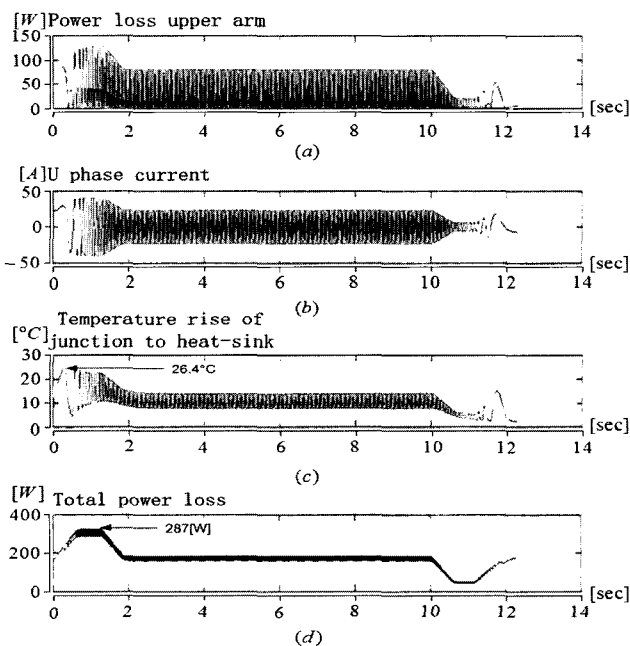


그림 5 50[A] IPM, 5[kW] 모터 적용시

(a) 윗상 전력 손실 (b) U상 전류

(c) 정선과 방열판사이의 온도 상승 (d) 전력 손실

Fig. 5 50[A]IPM, 5[kW] Motor case

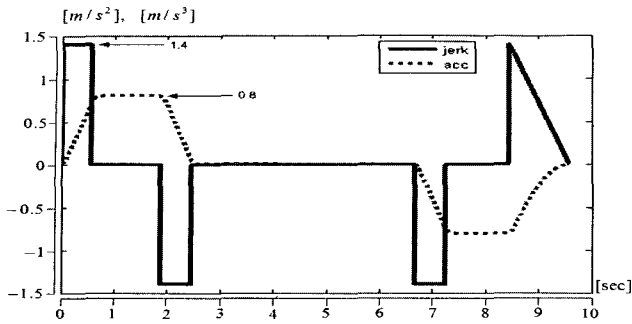


그림 7 가속도(0.8[m/s²]) 와 가가속도(1.4[m/s³])
Fig. 7 Acceleration(0.8[m/s²]) and Jerk (1.4[m/s³])

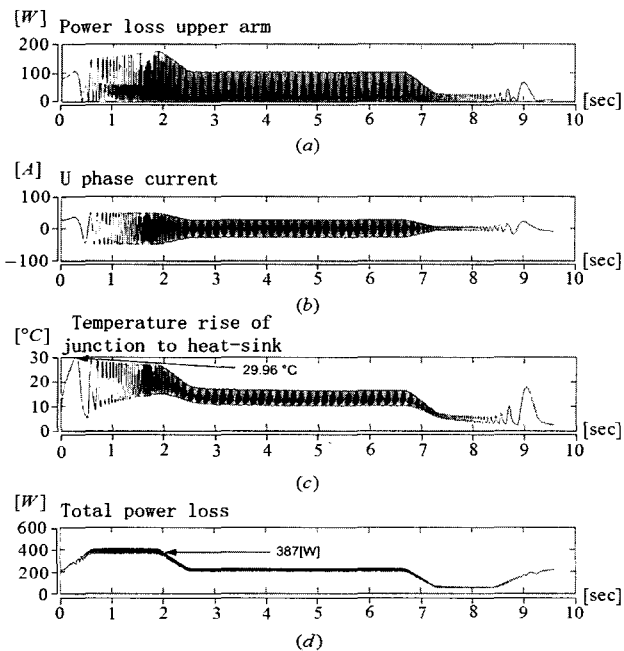


그림 8 50[A] IPM, 9.2[kW] 모터 적용시,
(a) 윗상 전력 손실 (b) U상 전류
(c) 정선과 방열판사이의 온도 상승(d) 전력 손실
Fig. 8 50[A]IPM, 9.2[kW] Motor case

2.4 제안 방법 1

(가가속도 및 가속도를 저감)

백터제어 방식으로 구동되는 PMSM모터의 토크는 식 12와 13으로 표현된다.

$$T_E = K_{Torq} \times I_q \tag{12}$$

$$T_E = J_M \times \frac{d\omega_{rm}}{dt} + B_M \times \omega_{rm} + T_L \tag{13}$$

여기서, T_E 는 모터의 토크, K_{Torq} 는 토크 상수, I_q 는 q축 전류, J_M 은 시스템의 이너서, ω_{rm} 은 모터의 회전 각속도, T_L 은 부하 토크이다.

가속구간에서 승강기 부하의 가속 토크를 저감하여 IGBT의 전력손실을 줄이기 위해 속도 프로파일의 가속도를 0.8[m/s²]에서 0.6[m/s²]로 조정하고, 가가속도를 1.4[m/s³]에서 0.6[m/s³]로 변경하는 경우, 2.3절의 조건으로 시뮬레이션하

면, IGBT의 정선과 방열판 사이의 온도 상승은 약 28.659[°C]이며, 이 경우 전류 평균치는 20.351[A], 평균 손실은 214.11[W]이다. 결과는 그림 9에 나타나 있다. 시뮬레이션 조건인 가속도와 가가속도 조건의 결과는 그림 10에 나타내었다. 제안방식1의 경우, 수명에 영향을 주는 정선과 방열판 간의 온도 상승이 28.659[°C]로 약 1.3[°C] 저감되었으나, 10[m] 주행 시간이 9.7[sec]에서 11[sec]로 증가되어 서비스 효율의 저하를 가져왔다.

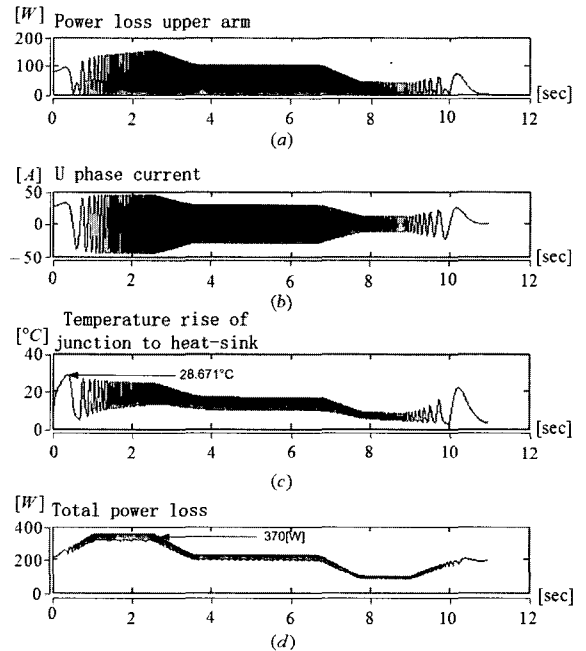


그림 9 가속도(0.6[m/s²])와 가가속도(0.6[m/s³])
(a) 윗상 전력 손실 (b) U상 전류
(c) 정선과 방열판사이의 온도 상승 (d) 전력 손실
Fig. 9 Acceleration(0.6[m/s²]) and Jerk (0.6[m/s³])

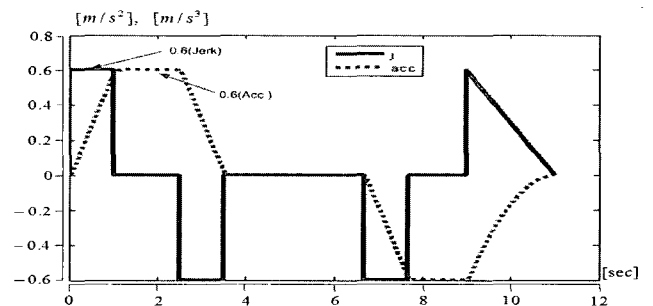


그림 10 가속도(0.6[m/s²])와 가가속도(0.6[m/s³]) 프로파일
Fig. 10 Acceleration(0.6[m/s²]) and Jerk (0.6[m/s³]) profile

2.5 제안 방법 2

(가속 구간에서 스위칭 주파수 저감)

가속도 및 가가속도는 일정하게하고, 가속구간에서 스위칭 주파수를 8[kHz]에서 4[kHz]로 감소하는 경우, 식 3과 4에서 스위칭 소자의 스위칭 손실이 가속구간에서 반으로 저감된다. 가속구간에서 피크 전력 손실은 387[W]에서 290[W]로 약 25% 저감되어 IGBT의 정선과 방열판 사이의 온도 상승은 약 26.33°C로 되었으며 이 경우 전류 평균치는 20.355[A],

평균 손실은 195.57[W]이다. 결과는 그림 11에 나타나 있다. 수명에 영향을 주는 정선과 방열판간의 온도 상승이 26.33°C로 일정 스위칭 주파수 8[kHz]구동 시 30°C 보다 3.67°C 감소하였다.

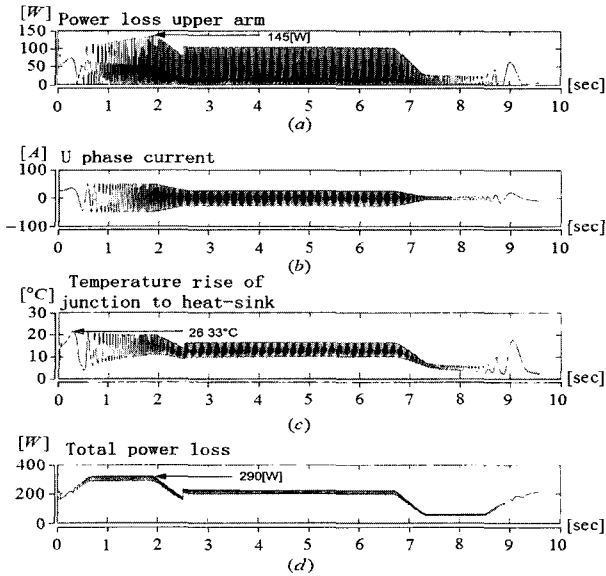


그림 11 가속구간에서, 스위칭 주파수 저감 (8 → 4[kHz])
 (a) 윗상 전력 손실 (b) U상 전류
 (c) 정선과 방열판사이의 온도 상승 (d) 전력 손실

Fig. 11 Switching frequency reduction (8→4[kHz]) at acceleration period

3. 전력 반도체 수명 분석

파워 사이클링 수명은 전력 반도체의 케이스의 온도가 작게 변하고, 전력 반도체의 정선의 온도가 자주 바뀌는 경우에 적용한다.

$$Nf1 = C1 \times \Delta T_j^{-n1} \quad (14)$$

여기서, C1, n1 : 상수

$$\Delta T_j = \Delta T_{j-c} + \Delta T_c$$

ΔT_{j-c} : 전력 반도체의 정선과 케이스간의 온도 상승

ΔT_c : 전력 반도체의 케이스의 온도 상승

Nf1 : 파워 사이클링 횟수

소손 모드는 전력 반도체의 정선의 온도가 바뀌었을 경우 알루미늄 와이어 와 실리콘 칩 사이의 선형 확장 계수 (Coefficient of linear expansion)가 다르므로 해서 두 재질 사이에는 인장 스트레스가 인가된다. 이 스트레스가 반복적으로 인가되는 경우 소손 모드로 이어진다[7]~[9]. 즉 파워 사이클링 수명이란 정선과 케이스 간의 온도 변화에 대한 전력 반도체의 온 오프 횟수를 의미한다. Mitsubishi사에서 제공된 PM50RSE120 S- 시리즈[6] 전력 반도체에 대한 파워 사이클링 수명 데이터는 그림 12와 같다. 파워 사이클링 수명에 대한 식1의 C1과 n1의 상수 값은 다음과 같다. 고장률 1[%]에 대한 C1값은 $10^{12.065}$ 이며, n1 값은 3.978이다. 고장률 10[%]에 대한 C1값은 $10^{12.35}$ 이며, n1 값은 3.978이다.

엘리베이터용 전력 변환 장치를 최적화 하기위해 시뮬레이션 한 전력 반도체의 정선과 방열판 간의 온도 상승 값을 파워 사이클링 수명으로 환산 하면 표 5와 같다.

시뮬레이션 한 결과를 종합해 보면, 가속도나 가가속도를 감소시킨 경우는 정선과 방열판 간의 온도 상승 값이 약 1.3°C 저감되었으나 수명에 미치는 영향은 크다. 이 경우 시뮬레이션 된 수명이 1,563,500회에서 1,862,300회로 기존대비 약 19[%] 증가하였다. 스위칭 주파수를 가속 구간에서 감소시킨 경우 가장 많은 영향을 미친다. 항목 6항의 경우 일반적으로 5[kW]의 부하에 50[A] 정격의 IPM을 사용하는 예이며, 항목 4의 경우, 9.2[kW]의 부하에 통상 100[A] 정격을 사용하나, 가속 구간에서 스위칭 변경을 하는 경우 시뮬레이션 된 수명이 2,612,900회로 기존 대비 약 67[%] 증가 되어 시스템에 따라서는 50[A] IPM 적용도 가능 하리라고 생각된다. 통상 전력 반도체의 정격을 산정하는 경우 가속 전류의 크기에 맞추어 산정하나, 가속 구간에서 스위칭 주파수를 감소할 시킬 수 있는 시스템의 경우, 가속 시 스위칭 변경 방법은 전력 반도체의 최적화시에 전력 반도체의 정격을 감소시킬 수 있는 좋은 방법이라고 생각한다. 하지만 스위칭 주파수를 감소시키는 경우 소음에 취약할 수 있고, 전력 변환 장치 성능에 영향을 줄 수 있으므로 적용하고자하는 시스템의 특성에 맞게 최소 스위칭 주파수를 산정하여야 하며 이러한 스위칭 주파수 변경 방법은 인버터에만 적용 가능하고 컨버터의 경우 전원 주파수가 고정되어 있으므로 전력 손실이 인버터보다 작으며, 전원 측 리액터의 소음 때문에 가속 시 스위칭 주파수 변경 방법은 적당하지 않다.

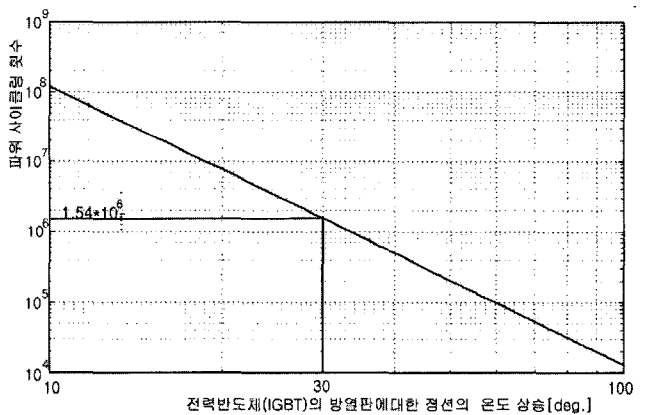


그림 12 파워 사이클링 수명

Fig. 12 Power cycling life

표 5 파워 사이클링 수명

Table 5 Power cycling life

항목	가속도 [%]	가가속도 [m/s ²]	주파수 (가속) [kHz]	주파수 (정속) [kHz]	평균 전류 [A]	평균 손실 [W]	온도 상승 [°C]	수명 (횟수) (고장률 1[%])
1	0.8	1.4	8	8	20.355	216.41	29.96	1,563,500
2	0.8	0.8	8	8	20.35	214.13	28.985	1,783,300
3	0.6	0.6	8	8	20.351	213.12	28.671	1,862,300
4	0.8	1.4	4	8	20.355	197.25	26.33	2,612,900
5	1.0	1.4	8	8	20.352	214.64	29.984	1,558,500
6	0.8	1.4	8	8	16.6	184.05	24.6	3,423,500

4. 결 론

본 논문에서는 엘리베이터를 모델로 사용 하여 저가의 3상 전압형 인버터를 개발하기 위하여, 3상 전압 형 인버터의 열 손실을 최적화하였다. 제안방식1의 경우, 일정 스위칭 주파수(8[kHz])에서, 가속도가 0.8에서 0.6으로, 가가속도가 1.4에서 0.6으로 변경한 경우 수명이 1,563,500회에서 1,862,300회로 기존대비 약 19[%] 증가하였다. 제안방식2의 경우, 일정 가속도 및 가 가속도에서, 가속 구간의 스위칭주파수를8[kHz]에서 4[kHz]로 가변 시 수명이 2,612,900회로 기존 대비 약 67[%] 증가 되었으며, 이 방법을 사용하였을 경우 적용 시스템에 따라 50[A]의 IPM을 9.2[kW] 모터에 적용 가능함을 알 수 있었으며, 이는 일반적으로 9.2[kW] 모터에 적용하는 100[A] IPM 보다 저가의 전력 반도체를 적용함으로써 저가의 전력변환장치를 구성할 수 있는 방안이 된다.

감사의 글

본 논문은 2006년도 서일대학 학술연구비에 의해 연구되었음.

참 고 문 헌

[1] Mantooth, H.A. Hefner, A.R., Jr. "Electrothermal simulation of an IGBT PWM inverter", IEEE Trans. Power Electro., vol 12, no. 3, pp. 474-484, May 1997

[2] Rajapakse, A.D. Gole, A.M. Wilson, P.L., "Electromagnetic Transients Simulation Models for Accurate Representation of Switching Losses and Thermal Performance in Power Electronics Systems", IEEE Trans. Power Electro., vol 20, no. 1, January 2005

[3] Bryant, A.T. Roberts, G.J. A. Walker. "Fast Inverter Loss Simulation and Silicon Carbide Device Evaluation for Hybrid Electric Vehicle Drives", Power Conversion Conference - Nagoya, 2007. PCC '07, April 2007, pp. 1017 - 1024.

[4] Blasko, V. Lukaszewski, R. Sladky, R. "On line thermal model and thermal management strategy of a three phase voltage source inverter", Industry Conference Record of the 1999 IEEE, vol. 2, 3-7 Oct. 1999, pp. 1423-1431.

[5] 조수억, "주문형 IPM을 통한 Inverter 최적화 설계 및 노이즈 저감에 관한 연구" 부산대 석사 학위 논문, 2002:

[6] Mitsubishi S-series IPM PM50RSE120, http://www.mitsubishichips.com/Global/content/product/power/powermod/intelligentpmod/highspeedsw1200v/pm50rse120_e.pdf

[7] Lambilly,H.De. Keser, H. "Failure Analysis of Power modules: A Look at the Packaging and Reliability of large IGBT's," Thirteenth IEEE/CHMT International. Electronics Manufacturing Technology Symposium, 1992. September 28-30, 1992, pp.366-370.

[8] Sankaran,V.A. Chen,C. Avant,C.S. Xu,X. "Power Cycling Reliability of IGBT Power modules," IAS '97.,Industry Applications Conference. Vol.2, Oct. 1997, pp.1222-1227.

[9] Auerbach,F.Lenniger,A."Power-Cycling-Stability of IGBT-Modules," IAS '97. Industry Applications Conference, IEEE Conference Record. Vol.2, pp.1248-1252, Oct. 1997.

저 자 소 개



조 수 억 (曹 洙 億)

1966년 9월 15일생. 1993년 부산대 전기공학과 졸업(학사). 1993년1월 LG 산전 입사 ~ 2004년 11월 OTIS_LG Engineering Center Power Electronics팀 Senior Engineer. 2002년 8월 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2005년 8월 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 2005년 8월~ 2006년 2월 전남대 전기공학과 겸임교수. 2006년 3월부터 현재 서일대 전기과 전임강사.



박 성 준 (朴 晟 濬)

1965년 3월 20일생. 1991년 부산대 전기공학과 졸업(학사). 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 2002년 동 대학원 지능기계공학과 졸업(박사) 1996년 3월부터 2000년 2월까지 거제대학 전기과 조교수. 2000년 3월부터 2003년 8월까지 동명대학 전기과 조교수. 2003년 8월부터 현재 전남대 전기공학과 조교수.