

계통연계 기능을 갖는 Online ESS 설계 및 실험

장영훈, 이창희*, 김영우*, 이재운*, 원충연
성균관대학교, 다원시스*

Online ESS optimal design and experiment with Grid-Connected capabilities

Young Hoon Jang, Chang Hee Lee*, Young Woo Kim*, Jae Yoon Lee*, Chung Yuen Won
Sungkyunkwan University, Dawonsys*

ABSTRACT

본 논문에서는 Online UPS system에 계통 연계가 가능하며, 피크 전력을 저감 할 수 있는 기능을 추가한 UPS를 제안한다. 제안한 UPS는 계통 연계와 피크 전력 저감을 위하여 AC/DC PWM 컨버터와 배터리 단에 양방향 Buck Boost 컨버터를 적용하였으며 역률 0.98 이상과 THD를 3%이하의 조건을 만족하고 IGBT의 신뢰성 확보를 위한 발열 및 방열을 검토한다.

1. 서 론

UPS는 순간정전, 전압강하, Noise, Surge, SAG 등 주변기기 등에 의해 발생하는 전원 장애로부터 부하장비를 보호하기 위해 정전압, 정주파수의 전원을 공급하는 장치이다. 전원 장애에 민감한 병원, 금융기관, 대형 방송시스템 등 많은 곳에서 전원 장애를 해결하기 위하여 UPS를 적용하고 있으며, 전기기기의 사용이 증가함에 따라 UPS의 수요도 증가하고 있다. UPS의 종류는 크게 Online, Offline 두 가지로 나뉜다. Online은 직렬방식으로 Offline의 병렬방식에 비하여 손실이 크나, 정전·복전시 무순단 운전으로 어떤 부하에도 적용이 가능하며 입력 전원에 영향을 받지 않는 양질의 전원을 사용할 수 있는 장점이 있다^[1].

반면 ESS는 경부하 혹은 중간 부하시에 유휴 전력을 배터리 등의 에너지 저장장치에 저장하였다가 최대 부하시에 사용함으로써 첨두부하를 분산하여 부하평준화를 할 수 있는 에너지 저장 시스템이다. 2011년에 발생한 블랙아웃 사태 이후 ESS의 필요성이 높아지고 있다.

본 논문에서는 UPS의 기능과 ESS의 기능을 가질 수 있도록 정류부를 양방향 AC/DC PWM 컨버터를 적용하여 구성하였으며 Online ESS의 안정적인 운용을 위하여 IGBT의 손실 및 냉각을 검토하고 실험하여 비교 분석한다.

2. 본 론

2.1 On-line ESS의 회로 구조 및 용량 선정

그림 1은 On line ESS의 구성도이다. On line ESS의 시스템은 크게 3가지로 나뉜다. AC/DC PWM 컨버터, DC/DC Buck Boost 컨버터, DC/AC 인버터로 구성된다. 부하 공급 용량이 6[KVA]이고, 배터리의 용량이 20[KWh]로 선정하였을 때, Bypass, DC/DC Buck Boost 컨버터와 AC/DC PWM 컨버

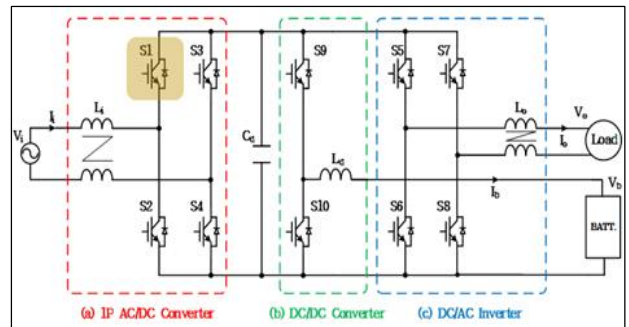


Fig.1 Structure of Online ESS

Table 1 Parameter of Online ESS

| | | |
|---------------------------|-------------|----------|
| Input Capacity | 10 | kVA |
| Output Capacity | 6 | kVA |
| Batt. In/Out Capacity | 4 / 10 | kWh |
| Input Voltage / Frequency | 220 / 60 | V/Hz |
| DC Link Voltage | 440 | V |
| IGBT Fsw | 12 | kHz |
| IGBT | FF150R12RT4 | Infineon |

터의 용량을 구할 수 있다. Bypass는 전력변환장치를 사용하지 않고 전원과 부하를 직접 연결해주며, 전력변환 손실을 최소화하기 위하여 사용된다. DC/DC Buck Boost 컨버터에서 Buck 컨버터로 운전 시 최대 필요 용량은 배터리 충전 시간을 5시간으로 하였을 때 4[KW]의 용량이 필요하다. Boost 컨버터로 운전 시 최대 필요 용량은 부하공급용량과 ESS Mode 시 회생 요구 용량의 합으로 선정할 수 있으며, 피크 저감을 위한 회생 시간을 5시간으로 하였을 때, DC/DC Buck Boost 컨버터는 10[KW] 용량으로 구성한다. AC/DC PWM 컨버터의 용량은 인버터의 부하공급용량과 배터리 충전시의 충전용량의 합으로 선정하여야 하므로 10[KVA]의 용량으로 구성한다.

2.2 IGBT Loss calculation

IGBT의 손실은 크게 세가지로 분류된다. 스위칭 손실과 도통 손실 그리고 누설손실이다. 하지만, 누설손실은 스위칭 손실과 도통손실에 비해 무시될 수 있는 수준이므로 본 논문에서는 식(1)과 같이 스위칭 손실과 도통손실에 대하여 검토한다^[2].

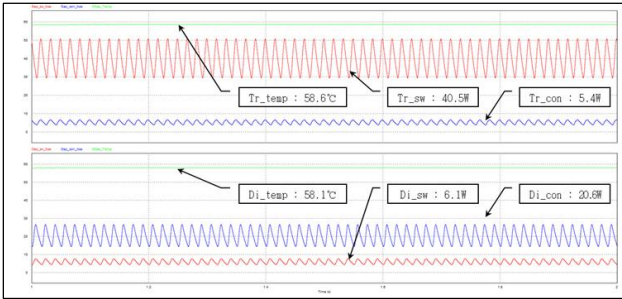


Fig.2 Psim simulation result of loss and junction temp. of transistor and diode

| | | |
|--|---------|-------------------------|
| | 경계 조건 | 단순 |
| | 입,출구 풍량 | 190 CFM 0.10987 Kg/s |
| | 발열체 | 130W×5ea =650W×125% |
| | 자연대류 | 5W/m ² °C |

Fig.3 Heating and cooling conditions

$$P_l = P_{con} + P_{sw} + P_b \approx P_{con} + P_{sw} \quad (1)$$

3. 시뮬레이션

3.1 IGBT Loss simulation

IGBT 소자의 FIT 및 MTBF등의 신뢰성 및 수명 평가 시 높은 온도를 기준으로 검토하므로 스위칭 주파수 조정하여 IGBT와 Anti parallel diode의 접합온도의 균형을 맞춰주는 것이 유리하다. 스위칭 주파수를 12kHz 이상 가져가면, transistor의 발열이 증가하며, 주파수를 낮추면 Anti parallel diode의 발열이 증가한다. transistor와 diode 온도의 균형이 기대 수명을 증가시킬 수 있다^[3]. 그림 2는 PSIM을 이용한 transistor와 diode의 손실과 발열량이다. 그림 2에서 볼 수 있듯이 transistor와 diode의 손실은 각각 46W, 26.7W이며 온도는 각각 58.6°C, 58.1°C로 주변온도를 고려하여도 사용할 수 있음을 확인할 수 있다.

3.1 IGBT Heatsink simulation

S₁의 손실은 Q₁과 D₁의 합으로 알 수 있다. Online ESS는 강제 풍냉식으로 190CFM의 풍량으로 냉각을 하였을 때, IGBT의 접합온도를 검토하여 신뢰성을 판단한다. 그림 3은 Heatsink simulation을 수행하기 위한 조건이다. 그림 3의 조건을 적용하여 IGBT손실을 구하였을 시, IGBT의 손실은 62.6W로 나오게 된다. 사용된 IGBT는 dual type으로 구성되어 있으므로 발열체에 대한 안전기준을 적용하여 dual type IGBT의 손실량은 162.5W로 적용한다. 그림 4는 계산된 IGBT 손실량을 적용하여 본 정상상태 Heatsink의 온도 데이터이다. 그림 4에서 볼 수 있듯이 가장 높은 곳의 온도는 60°C로 확인 할 수 있다.

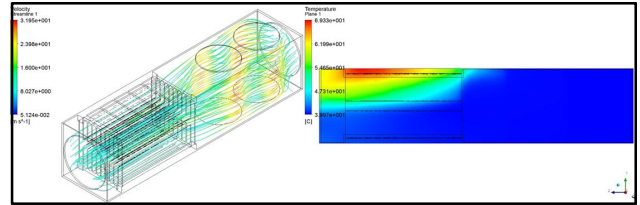
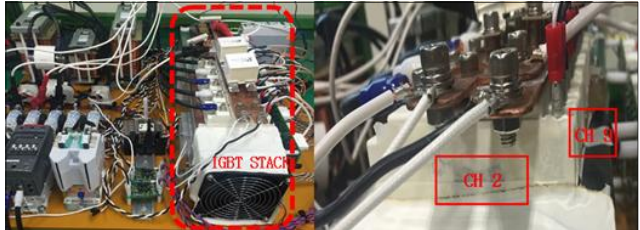


Fig.4 Steady-state modeling of the Heatsink



| | | | |
|--|---------|--------|--------|
| | Channel | CH2 | CH9 |
| | Start | 29.5°C | 29.5°C |
| | End | 42.3°C | 38.2°C |
| | °C ΔT | 12.8°C | 8.7°C |

Fig.5 Test equipment and heatsink temperature

4. 시험결과

그림 5는 Online ESS의 시험 환경 구성과 방열판 온도 데이터이다. AC/DC PWM Boost 컨버터 동작 시험에서 방열판과 IGBT Case의 온도를 측정하였으며 가장 높은 곳의 온도는 42.3°C, 38.2°C로 측정되었다. CH2의 위치는 IGBT Module에서 방열이 되지 않는 플라스틱 표면의 온도이며, CH9는 IGBT에서 가까운 방열판의 온도이다. 방열판의 온도가 약 40°C이고 주변온도가 30°C인 점을 감안하였을 때, IGBT의 접합온도는 68.1°C임을 유추할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 Online UPS 기능에 양방향 AC/DC PWM 컨버터와 배터리 단에 양방향 Buck Boost 컨버터를 적용하여 계통 연계가 가능하며, 피크 전력을 저감 할 수 있는 기능을 추가한 UPS를 제안하였다. 또한 IGBT의 신뢰성 확보를 위한 발열 및 방열을 검토하였으며 시뮬레이션 단계에서 IGBT와 Heatsink 간의 접촉 열 저항과 FAN의 풍압 등을 자세히 고려하여 검토하면 정확한 자료를 얻을 수 있다.

참고 문헌

- [1] Jin Ha Choi "A Study on On line UPS for High Efficiency and High Power Factor" (2003), pp 12 14.
- [2] M.H. Bierhoff, F.W. Fuchs "Semiconductor Losses in Voltage Source and Current Source IGBT Converters Based on Analytical Derivation" (2004), pp 1, 3.
- [3] Dr.Dušan Graovac, Marco Pürschel, "IGBT Power Losses Calculation Using the Data Sheet Parameters" Infineon, Application Note, V1.1, 2009, January.