

# 10 kW 하이브리드 에너지 시스템 설계 고려사항

한상택<sup>1</sup>, 박정필<sup>2</sup> 이시카와 테즈히로<sup>3</sup>  
삼성 SDI

## Design consideration on a 10 kW hybrid energy system

Sangtaek Han<sup>1</sup>, Jungpil Park<sup>2</sup>, T. Ishikawa<sup>3</sup>  
Samsung SDI

### ABSTRACT

본 논문에서는 태양광 및 리튬 이온 배터리를 에너지원으로 하는 계통 연계 시스템을 효과적으로 구성하기 위해 스위치 손실을 그 기준으로 삼았다. 따라서, 두 가지 종류의 회로구성에 대해 손실 예측 비교를 사용하였다. 전력 반도체의 스위칭 손실 및 도통시 전류, 전압 관계를 모델링 하였고 시뮬레이션을 이용해 손실 예측을 하였다.

### 1. 서론

현재, 화석 연료로부터 에너지를 얻는 행위가 지구 온난화와 환경 오염의 주 원인이라는 인식이 널리 퍼져있다. 화석연료를 연소함으로써 에너지를 얻는 과정뿐 아니라 연료를 채집 및 변환하는 과정에서 요구되는 에너지는 환경오염을 가중 시킨다.

점차, 지구 환경오염에 대한 인식이 커지고, 환경을 정화하고자 하는 노력이 지구적으로 반영됨에 따라, 신재생에너지 자원을 이용한 전기발전이 늘어나고 있다. 특히, 태양광 에너지는 무한하며, 태양에너지를 직접적으로 이용한다는 측면에서 가용성이 뛰어난 자원이다. 하지만, 기후와 날씨에 영향을 받으므로 에너지 저장 수단이 필요하다.

본 논문에서는, 태양광과 리튬이온 배터리를 이용한 산업용 10kW 급 하이브리드 에너지 변환 시스템을 설계하기 위한 고려 사항들 중 변환 효율에 대해 논 하고자 한다. 두 가지의 에너지원을 갖고 있는 시스템 구조에는 다양한 topology적 접근이 가능하므로 선정 기준이 중요하다. 아래 Table 1은 시스템 기본 사양을 보여준다.

Table 1. System specification

	Parameters	Value[unit]
AC	Input/output	400 V (line-line)
	Frequency	50 Hz
	Rated power	10 kW
DC	PV rated power	10 kW
	MPPT voltage	600 - 300 V
	Battery capacity	12kWh, 10kW
	Battery voltage	336 - 240 V

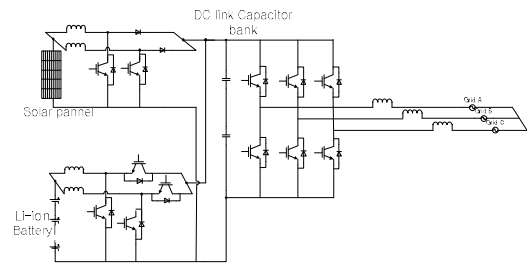
### 2. 10kW hybrid energy system 분석

#### 2.1 시스템 구조

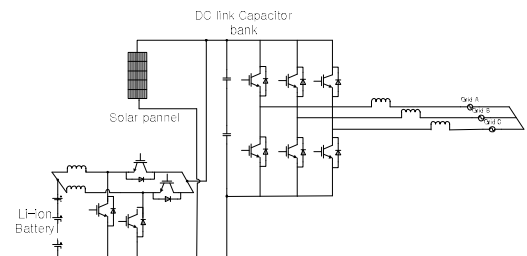
본 장에서는, 전력변환 시스템 구조를 선정하기 위한 고려사항들에 대해 분석하였다.

그림 1은 10kW급 하이브리드 시스템으로 가능한

구성도들을 보여준다.



(a) Hybrid PCS type A



(b) Hybrid PCS type B

그림 1. 하이브리드 PCS 구조

그림 1에서 type A는 두 dc 전원들을 dc/dc converter로 변환을 거친 뒤 인버터에 연결 하는 구조이다. 배터리는 양방향 dc/dc converter를 이용하여 충/방전 하고 태양광 에너지는 dc/dc converter에 의해 Maximum power point tracking(MPPT) 하는 구조이다. 반면, type B는 태양광 전원의 전기에너지를 inverter를 이용해 MPPT를 하게 되며, Li-Ion battery 를 양방향 dc/dc를 이용해 충/방전 하는 경우이다.

#### 2.2 시스템 효율 분석

하이브리드 전력 변환기 (hybrid power conversion system, hybrid PCS)의 기본적인 회로 선정을 위한 방법으로 효율 예측을 기준으로 이용하였다. 그림 2은 스위칭 에너지 손실 (switching loss) 예측<sup>[1],[2]</sup>을 설명하기 위한 block diagram이다. 스위칭 손실은, 특히 hard switching converter에서 스위칭 디바이스의 turn on/turn off시에 흐르는 전류와 blocking 전압, 그리고 스위칭 과정을 delay 시키는 switch parasitic capacitance의해 결정된다. IGBT device에서 turn off 시의 current tailing 현상을 포함하는 turn off energy loss, turn on 시의 energy loss 그리고 diode소자의 reverse recovery

losses를 고려하며, diode turn on 손실은 무시하여 [3], [4] lookup table화 하였다.

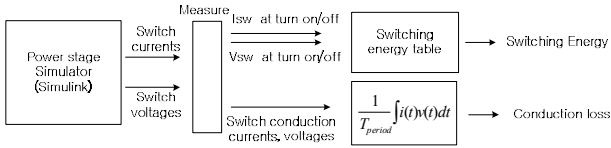


그림 2. Switching loss/ conduction loss estimation

또한 switching device에서 conduction loss는 datasheet의 전류, 전압 곡선으로부터 parameter를 추출하기 위해 정격 동작 점에서 선형적으로 모델을 하여 Simulink switch device모델에 이식하였다. 스위칭 디바이스로는 Infineon 사의 FS50R12KT4\_B15 (인버터용) 및 FF50R12RT4 (dc/dc 컨버터용)를 사용하여 Simulation 동안 손실을 실시간으로 구하게 되고 정상상태에서의 switch device 손실 결과는 아래 그림 3에 나타났다.

Simulation parameter들은 다음과 같다.

- switching frequency = 15kHz
- FS50R12KT4\_B15:  $R_{ce\_on} = 0.027 \text{ ohm}$ ,  $V_{ce\_on} = 0.75 \text{ V}$ ,  $V_F = 0.75 \text{ V}$ ,  $R_{diode} = 0.026 \text{ ohm}$
- FF50R12RT4:  $R_{ce\_on} = 0.028 \text{ ohm}$ ,  $V_{ce\_on} = 0.78 \text{ V}$ ,  $V_F = 0.8 \text{ V}$ ,  $R_{diode} = 0.018 \text{ ohm}$

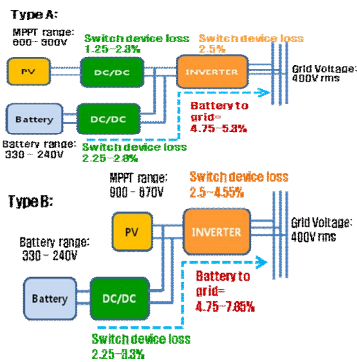


그림 3. Switch device 손실(%) simulation 결과

위 결과로 볼 때 TYPE A가 효율 면에서 더 우수하다. 반면, 전력 변환기 자체 가격은 Type B가 더 저렴하리라 예상된다. 그러나 기기 사용기간을 10년이라 가정할 때, 2% 효율 차이가 가져오는 경제적 차이를 계산한다면 Type A의 우수성은 더욱 자명해진다. Table 2는 한국전력 공시 전기 가격이며, 저압전력을 기준으로 효율 2% 향상된 변환회로가 가져다 주는 경제적 이득을 간략히 계산하면, 10kW시스템 기준으로 하루 12시간 사용 (충방전 각 6시간)이라 가정 시 10년간 약 68만원이라는 계산이 나온다. Table 2의 전기 가격이 기본가격임을 고려할 때, 신 재생 에너지 전기 가격에 차등이 주어진다면 차이가 더 커지리라 예상된다.

Table 2. 한국전력 공시 전력가격 (2013년 6월 공시)

구분	기본요금 (원/kW)	전력량 요금(원/kWh)		
		여름철 (7~8월)	봄,가을철 (3~6,9~10월)	겨울철 (11~2월)
저압전력	5,990	102.90	64.10	88.80

### 3. 결론

본 논문에서는 태양광 리튬 이온 에너지 변환 (energy conversion) 시스템의 기본 구조 설계 시 변환 효율 (손실)을 주된 고려 사항으로 하는 방법을 제시 하였다. 대체 에너지 및 저장 시스템에서는 효율이 경제성과 직결되는 만큼 가능한 고효율로 설계 하는 것이 중요하다. 태양광 용 dc/dc 컨버터를 사용하는 경우 (Type A)가 배터리에서 계통까지 효율이 가변 dc link 경우 (Type B)보다 더 높게 예측 되었다.

### 참고 문헌

[1] F. Blaabjerg, U. Jaeger, S. Munk-Nielsen, Pedersen, J.K. "Power losses in PWM-VSI inverter using NPT orPT IGBT devices", PESC '94, 1994, vol.1, pp. 434 -441

[2] Uwe Drofenik, Johann W. Kolar. "A General Scheme for Calculating Switching- and Conduction Losses of Power Semiconductors in Numerical Circuit Simulations of Power Electronic Systems." Proceedings of IPEC'05.

[3] R. Erickson, S. Angkititrakul, O. Al-Naseem, and G. Lujan, Novel Power Electronics Systems for Wind Energy Applications: Final Report, University of Colorado, Boulder, 2002.

[4] R. Erickson, S. Angkititrakul, O. Al-Naseem, and G. Lujan, Novel Power Electronics Systems for Wind Energy Applications: Final Report, University of Colorado, Boulder, 2002.