

순시정전보상기능을 가진 PFC 회로

이왕근· 정용진· 전성철
부경대학교

Power Factor Correction AC/DC Converter with Short-term Blackout Tolerance

Wang-Geun Lee, Yong-Jin Jeong, Seong-Jeub Jeon
PuKyong National University

Abstract - In this paper, a method to cope with short-term blackout is proposed. The proposed method uses a capacitor bank consisting of supercapacitors. A supercapacitor is a good means for short-term energy storage. The proposed circuit is simple and accordingly easy to construct and to control. A prototype is constructed and experimental results are presented.

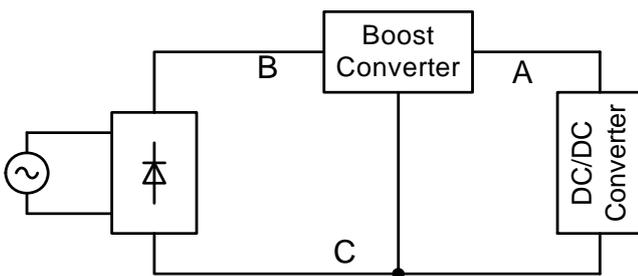
1. 서 론

계속적으로 그 기능을 유지해야하는 컴퓨터에서의 정전은 별로 유쾌한 소식이 아니다. 이런 정전을 대비하여 UPS(Uninterruptible Power Supply)를 구비할 필요가 있다. 전력선 사고 중에서도 아주 잠깐 일어나 Re-closer 등으로 제거할 수 있는 경우에는 그로 인한 정전 시간은 매우 짧다. Re-closer 등으로 제거될 수 있는 정전을 제외하면 실제 정전은 극히 드문 것으로 1 초 내외의 정전을 대비하여 배터리에 대량의 에너지를 저장하고 정전시 교류를 제공하는 UPS는 소형의 컴퓨터에서는 다소 과한 면이 있다. 1 초 내외의 정전의 대비에 필요한 에너지는 배터리보다는 캐패시터에 저장하는 것이 유리할 수가 있다. 충전의 기술에서는 DC-DC 변환기의 입력단의 캐패시터 용량을 늘려 약 20 msec 정도의 hold-up 시간을 제공하여 정전시 컴퓨터가 정상적인 shut-down을 할 수 있도록 하고 있다. 비교적 최근에 개발되어 응용이 확산되고 있는 supercapacitor는 1초 내외의 정전을 대처하는 목적에 매우 적합한 소자이다. DC-DC 변환기의 전단 컨버터(front converter)로 사용되는 PFC와 DC-DC 변환기 사이에 supercapacitor를 적절히 설치하면 1 초 내외의 정전은 컴퓨터를 shut-down없이 사용할 수 있도록 도와 줄 수 있다.

2. 본 론

2.1 전원장치의 구성

그림 1은 20 msec 정도의 hold-up 시간을 제공할 수 있는 일반적인 전원 장치이다. 여기에 에너지 저장장치는 정전시 A 또는 B의 위치로 에너지를 주입할 수 있다. A의 위치(직류링크)는 배터리와 같이 비교적 전압이 일정한 저장장치를 연결하기에 편리하다. 그러나 캐패시터의 경우에는 이 위치가 에너지 주입에 적합하지 않다. 이는 에너지의 충방전시 전압이 변하게 되고 그러한 DC-DC 변환기를 최적으로 설계할 수가 없다. B의 위치는 캐패시터와 같이 충방전시 전압이 변하는 장치를 붙이기에 적합하다. 비록 정전시 에너지는 Boost-converter를 통하여 간접적으로 DC-DC 변환기에 공급되나 DC-DC 변환기는 언제든지 일정 듀티사이클로 운전하여 고효율 설계가 가능하다. B 위치에 저장



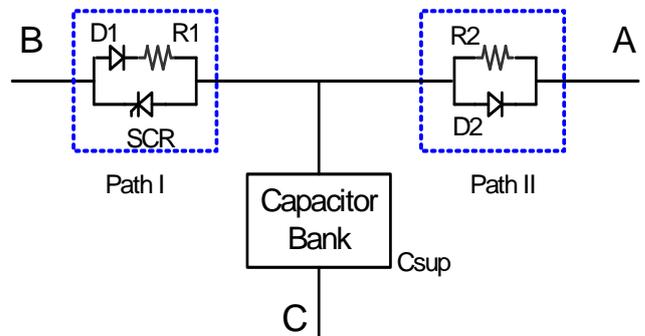
<그림 1> 일반적인 전원 장치의 구성도

장치가 연결되면 정격의 1/10 전압까지 동작이 가능해 저장 에너지의 99% 정도도 쉽게 이용할 수 있다. 효율을 고려하여도 저장 에너지의 90%를 사용할 수 있다. 제안된 시스템에서는 정전시 B 위치로 저장된 에너지를 공급하도록 하였다.

2.2 에너지 저장장치 및 충방전 회로

정전을 대비하여 에너지 저장 장치를 장착하는 대부분의 경우 에너지를 충방전시키는 회로만으로도 전체 시스템에 상당히 부담이 된다. 더구나 총 저장에너지가 크지 않은 경우라면 더욱 그러하다. 제안된 시스템에서는 그림 2의 path I과 같이 간단한 회로로 해결하였다. SCR은 정전시 에너지를 방전하는 통로를 제공한다. 전원이 회복되면 SCR은 자연스레 꺼진다. 충전회로는 다이오드 D1과 저항 R1로 구성하였다. 저항으로 충전하면 충전시 손실이 발생하지만 이는 아주 미미한 정도이고 회로는 매우 간단해진다.

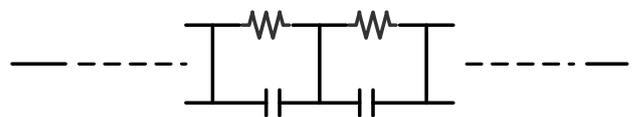
Path I만을 사용하면 최대 충전전압은 입력전압의 변동에 영향을 받아 충분한 에너지를 확보하기 위하여서는 과대설계가 필요하다. 최적 설계를 위하여 pathII를 추가할 수 있다. Path II도 아주 단순한 회로로 다이오드 D2와 저항 R2로 구성하였다. 저항 R2와 캐패시터 Csup로 주어지는 시정수가 매우 커 이 회로는 일종의 clamping 회로처럼 동작한다. 직류 링크는 일정하게 제어되지만 리플이 존재하고 supercapacitor에는 직류 링크 전압의 최저치로 충전된다.



<그림 2> 제안한 에너지 저장장치의 구성도
(R1=100ohm, R2=10kohm, Csup=12.5mF)

2.3 Capacitor bank

supercapacitor는 현재로는 동작 전압이 높은 것은 생산되지 않는다. 그러므로 전력변환기를 사용하여 충전전압과 링크 전압을 맞추든지 다수의 supercapacitor를 직렬 접속하여 사용전압을 맞추어야 한다. 또 다른 변환기를 사용하는 것은 소용량에서는 적절하지 못하다. 본 연구를 위하여 그림 3과 같이 5.5V, 1F supercapacitor를 80개 직렬접속하였다. 등가 정전용량은 12.5mF 이고 400 [V] 링크 전압에서 1 [kJ]의 에너지를 저장할 수 있다.



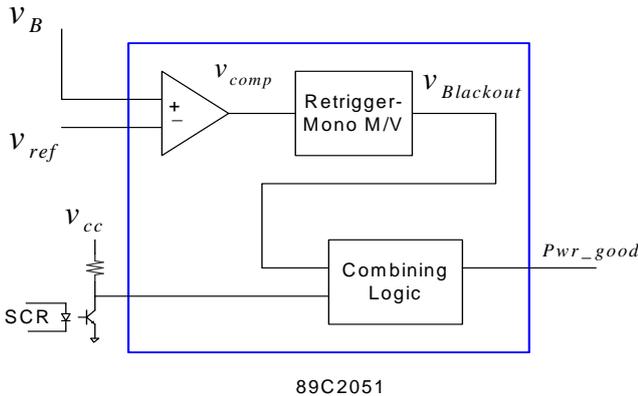
<그림 3> Capacitor bank (5.5V, 1F x 80개)

$$W = \frac{1}{2} C_s V^2 = 1kJ \quad (1)$$

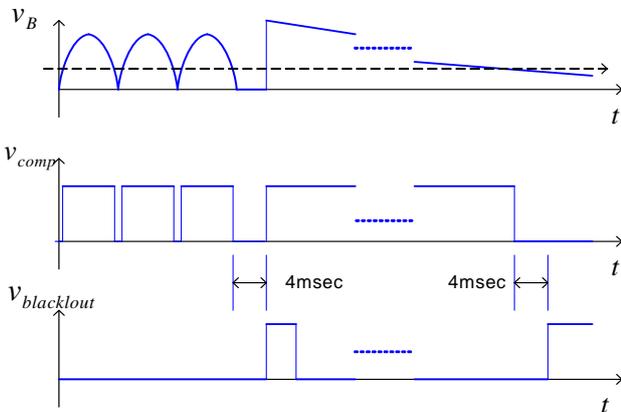
장래에는 12V 또는 24V 급이 생산될 것으로 기대되고 그런 경우는 직렬접속하는 수를 줄일 수 있다. 직렬접속시에는 작은 누설전류의 차이에 의해서도 정상상태에서의 분담 전압이 크게 달라질 수 있으므로 주의해야 한다. 정상상태에서의 분담 전압을 균일하게 하기 위하여 그림 3과 같이 각 캐피터에 저항을 병렬접속하는 저항 분압회로를 사용하였다. 낮은 저항을 사용할수록 분담전압의 편차를 줄일 수 있으나 소모전력이 크게 되지 않도록 주의해야 한다. 본 연구에서는 2 kohm을 사용하였으므로 전체 소모전력이 1W로 무시할 수 있다.

2.4 정전의 판정과 제어

정전의 판정은 비교기로 감지하는데 그림 4(a)에서와 같이 89C1051를 사용하였다. 그림 1의 B 점의 신호(v_B)가 소정의 전압(v_{ref})보다 낮은 시간이 4msec 이상 지속되면 순간정전으로 판정한다. 정전으로 판정하면 SCR을 켜서 B점에 C_{sup} 를 연결한다. 그러면 B점의 전압은 소정의 전압보다 높아져 비교기 출력은 정상으로 돌아온다. C_{sup} 의 전압이 소정의 전압까지 떨어지기까지 전원이 회복되지 않으면 비교기 출력은 다시 정전 신호를 발생시키고 이때에는 영구적인 정전으로 판정하여 컴퓨터 등에 보내는 power good 신호를 0로 만든다. power good 신호가 0이면 정전을 의미한다. C_{sup} 의 전압이 소정의 전압까지 떨어지기 전에 전원이 정상으로 회복되면 B 점의 전압이 C_{sup} 의 양단전압보다 높아져 그림 2의 SCR은 자연 전류(commutation)가 되고 정전 판정 회로가 정전으로 판정하지 않으면 정상 동작을 하게 된다. 이렇게 정상으로 돌아오면 DC/DC 변환기 및 이에 연결된 컴퓨터는 순간 정전의 영향을 전혀 받지 않고 정상운전을 계속한다. 정상 동작으로 들어가면 capacitor bank는 path I을 통하여 310 [V]까지 충전된다. 이 때 시정수는 $R1 \cdot C_{sup}$ 으로 1.25sec이고 충전 전류가 작으므로 전원 측에 거의 영향을 미치지 아니한다. 그리고 path II를 통하여 400 [V]까지 충전되고 시정수는 $R2 \cdot C_{sup}$ 으로 125sec이다.



(a) 정전 판정 회로



(b) 정전의 판정 신호

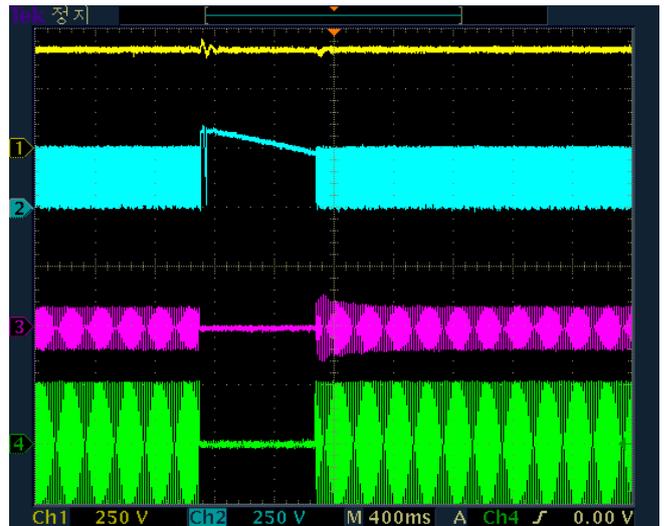
상: B 점의 전압, 중: 비교기 출력, 하: 정전 판정 신호

<그림 4> 정전 판정 회로 및 관련 신호

3. 실험 및 고찰

제한한 시스템의 동작을 확인하기 위하여 ST microelectronics 사의 L4981 demo board에 제한한 회로를 추가하여 prototype을 제작하였다. L4981 demo board의 정격 출력은 400W, 360 W이다. 제한한 회로에는 5.5V의 사용전압과 1F의 용량을 가지는 supercapacitor SEC5R5-1F 80개를 직렬 연결하여 사용하였다. 논문 제출 현재 시험이 진행 중으로 각 supercapacitor에 걸리는 전압의 편차는 +/- 5%내에 들어 모두 정격의 범위 내에 있을 것으로 추정되고 총 저장에너지는 1 kJ로 360 W 출력을 2초 이상 backup할 수 있어 표준 Recloser 동작 시 완벽한 보호가 이루어질 것으로 기대하고 있다.

그림 5는 동작 파형으로 1초 가량의 정전에 대하여 설계한대로 동작하는 것을 확인하였다. 총 3차례에 걸쳐 지속 시간이 2초의 순간 정전 동안에 정격 부하에 대하여 PFC의 출력 전압을 확실히 유지시켜 주는 것으로 기대하고 있다.



<그림 5> 실험 파형: (시간축: 400 msec/div, 상: PFC 출력전압 (250V/div), 중상: V_B (250V/div), 중하: 전원전류 (5A/div), 하: 전원전압 (250V/div))

4. 결 론

본 논문에서는 최대 2초의 순간 정전에도 견디는 PFC가 제안되었다. 제안된 회로는 비교적 간단한 회로로도 순간 정전을 견디는 장점이 있어 recloser 등에 의해 제거될 수 있는 순간 정전에 대비한 시스템으로 매우 적합하다고 하겠다. 특히 앞으로 동작 전압이 높은 supercapacitor가 생산되면 크기는 더욱 소형화될 수 있어 그 활용이 기대된다.

[참 고 문 헌]

- [1] B. Yang, P. Xu and F. C. Lee, "Range winding for wide input range front end DC/DC converter," Proc. IEEE Applied Power Electronics Conference, 2001, pp. 476-479.
- [2] Y. Xing, L. Huang, X. Cai and S. Sun "A combined front-end converter", Proc. IEEE APEC, 2003, pp. 1095-1099.
- [3] Y. Jang, M. M. Jovanovic and D. L. Dillman, "Hold-up time extension circuit with integrated magnetics," IEEE Trans. Power Electronics, Vol. 21, No. 2, pp. 394-400, 2006.
- [4] Y. Yuan, L. Chang, and P. Song, "A New front-end converter with extended hold-up time," Proc. 2007 Conference on Large Engineering System, 2007, pp. 2795-278.