

교류 쇼퍼를 가진 직렬전압보상을 기반으로 한 자동전압조절기

전태준, 김규태, 권봉환

Pohang University of Science and Technology
 Department of Electrical Engineering
 Hyoja-dong, Nam-gu, Pohang, 790-784, KOREA

Abstract

본 논문에서는 직렬전압보상을 기반으로 한 직렬 전압 보상을 기반으로 한 자동 전압 조절기(AVR)가 제안된다. 제안된 AVR은 펄스 폭 변조 방식(PWM)의 교류 쇼퍼와 직렬 전압 보상을 위한 변압기로 구성된다. 제안된 AVR에 사용된 교류 쇼퍼는 commutation 문제가 해결되고 직접적인 교류전력변환이 이루어지기 때문에 따로 에너지를 저장할 소자가 필요없다. 따라서 크기와 가격이 줄어드는 장점이 있다. 직렬보상을 위한 변압기 때문에 교류 쇼퍼는 단지 보상을 위해 필요한 전압만 보상하면 되며, 따라서 스위치의 정격이 줄어든다. 제안된 AVR은 보상전압을 입력전압의 동상 또는 역상으로 만들어 줄 수 있기 때문에 입력전압의 증가 시 또는 감소시를 모두 보상할 수 있다. 실험을 통해 제안된 AVR이 입력전압의 증가 혹은 감소 조건에 대해 빠르게 보상해줌을 검증하였다.

1. 서론

자동전압조절기(AVR)는 출력전압을 자동으로 조절하는 장치이다. 컴퓨터, 통신장비, 공정제어 시스템 등과 같은 전원에 민감한 장비에서의 갑작스러운 전압 전압의 감소나 증가는 시스템에 심각한 문제를 초래할 수 있다 [1]. 따라서, 이러한 전압 전압의 변동을 빠르게 보상할 수 있는 AVR이 필요하게 되었다. 기존에 펄스 폭 변조 (PWM) 교류 쇼퍼를 적용한 AVR이 제안되었으나, 교류 쇼퍼에 사용되는 양방향 스위치는 commutation 문제를 가지고 있어 높은 전압 스파이크와 정격 파워의 제한 등의 문제를 일으킬 수 있다. 따라서, commutation 문제가 없는 교류 쇼퍼가 제안되었다 [2]. 이 교류 쇼퍼와 직렬 변압기를 이용하여 직렬 전압보상을 하는 AVR이 제안된 바 있다 [3], [4]. 하지만 이러한 AVR은 전압전압의 감소나 증가 조건에 대해서만 보상할 수 있다.

본 논문에서는 교류 쇼퍼를 가진 직렬전압보상을 기반으로 한 AVR이 제안되었다. 제안된 AVR은 전압 감소와 증가 조건 모두에 대해 빠른 속도로 보상해 준다.

2. 본론

2.1 제안된 AVR

제안된 AVR의 회로는 그림 1과 같다. 제안된 AVR은 교류 쇼퍼와 직렬전압보상을 위한 변압기 T, 사이리스터 (thyristor)로 이루어진 바이패스 스위치 S_{b1} , S_{b2} 로 구성되어 있다. 교류 쇼퍼는 스위치 S_1 , S_2 , S_3 , S_4 와 인덕터 L과

커패시터 C로 이루어진 LC 필터로 이루어져 있다. 교류 쇼퍼의 출력전압 v_c 는 게이트 신호의 시비율 (duty ratio)로 제어되며, LC 필터가 출력의 고조파 성분을 필터링한다. 또한, 인덕터에 저장된 에너지를 흡수시키기 위하여 스위치에 직류 스너버 C_b 가 연결되어 있다. 교류 쇼퍼의 출력전압 v_c 는 변압기에 의해 보상전압 v_{co} 로 변환되고 변압기의 턴비는 입력전압의 최대 변동 범위에 의존한다. 전압 입력전압에 변동이 생길 때 교류 쇼퍼를 통해 출력되는 보상전압을 입력전압에 직렬로 더하여 순간적인 외란에도 출력전압 v_o 가 항상 일정한 전압이 되도록 제어된다.

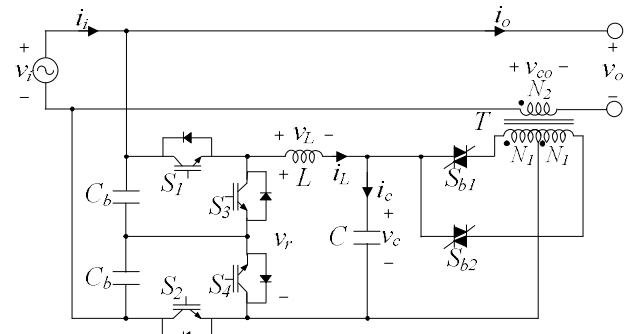


그림 1. 제안된 직렬전압보상을 기반으로 한 AVR

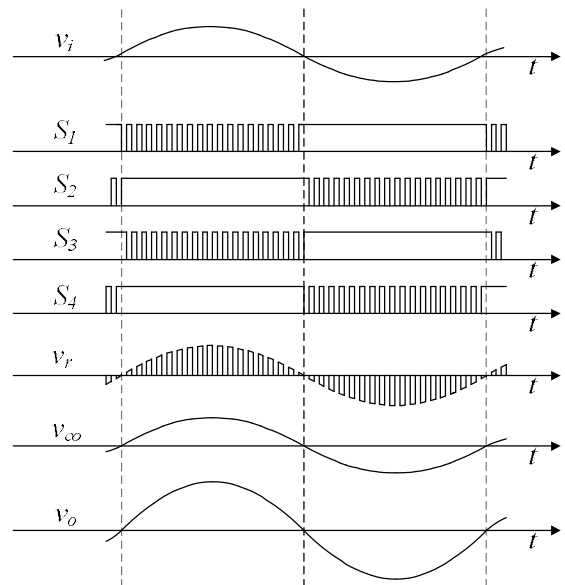


그림 2. 입력 전압 감소조건에서의 동작파형

AVR에 단락회로가 발생하면, 변압기의 일차측에 대전류가 발생한다. 이 대전류는 교류 초퍼로 흐르게 되어 교류 초퍼가 파괴되며, 시스템에 심각한 피해를 입힐 수 있다. 이러한 이유 때문에 사이리스터로 이루어진 바이패스 스위치 S_{b1} , S_{b2} 가 사용된다. 단락 회로가 발생했을 때, 바이패스 스위치로 구성된 바이패스 회로로 변압기의 이차측 전류가 흐르게 된다. 따라서 단락 회로의 전류는 바이패스 스위치를 통하여 순환하게 되어, 단락 회로의 전류로부터 시스템을 보호할 수 있게 된다. 또한, 보상전압의 위상은 바이패스 스위치에 의해 결정된다. 전원전압이 갑작스럽게 감소하여 전압 감소가 발생했을 때, S_{b1} 은 켜지고 S_{b2} 는 꺼진다. 이때, 보상전압은 입력전압의 동상이 되어 전압 감소를 보상할 수 있다. 전원전압이 갑작스럽게 증가하여 전압 증가가 발생했을 때, S_{b1} 은 꺼지고 S_{b2} 가 켜진다. 이 때, 보상전압은 입력전압의 역상이 되어 전압 증가를 보상할 수 있다. 따라서 제안된 AVR은 전압 감소와 증가 모두를 용이하게 보상할 수 있다.

2.2 제안된 AVR의 스위칭 동작

그림2는 제안된 AVR이 입력 전압 감소조건에서 동작할 때의 파형을 나타낸다. AVR의 출력전압은 게이트 신호의 시비율의 변화로 제어된다. 하지만, 모든 스위치가 켜지면 단락회로가 형성되어 전류 스파이크가 발생하고, 모든 스위치가 꺼지면, 스위치에 전압 스파이크가 발생하여 스위치가 파괴되어 commutation 문제가 발생한다. 이러한 전류 스파이크를 방지하기 위해서는 데드타임이 필요하고, 전압스�파이크를 방지하기 위해서는 인덕터 전류가 흐를 수 있는 전류 패스가 필요하다. 이러한 commutation 문제를 해결하기 위하여, 스위칭 패턴은 입력전압의 극성에 의해 결정된다. 입력전압이 양의 값을 가지는 구간에서는, S_2 와 S_4 는 도통시키고, S_1 과 S_3 는 일정 시비율에 의해 상보적으로 동작한다. 이 때 전류 스파이크를 방지하기 위해 S_1 과 S_3 가 동작 시 데드 타임이 존재한다. 입력전압이 음의 값을 가지는 구간에서는, S_1 과 S_3 는 도통시키고, S_2 와 S_4 는 일정 시비율에 의해 상보적으로 동작한다. 마찬가지로 전류 스파이크를 방지하기 위해 S_2 와 S_4 가 동작 시 데드 타임이 존재한다. 이러한 스위칭 패턴에서 전류 패스는 전류의 방향과 관계없이 항상 존재하게 되므로 전압 스파이크가 방지된다. 또한, 입력전압의 반주기 동안에 두 개의 스위치는 항상 도통시키고 두 개의 스위치만 스위칭하기 때문에 4개의 스위치를 모두 스위칭하는 방식에 비하여 스위칭 손실이 줄어든다.

3. 실험결과

제안된 AVR의 정격은 3kVA로 설계되었고, 입력전압과 출력전압의 공칭전압은 60Hz, 220V의 ac 전압이다. 스위칭 주파수는 15kHz이고 데드타임은 2μs이다. 부하는 순수한 저항부하를 사용하였고, L은 300μH, C는 15μF, C_b 는 2.2μF, $N_2/N_1=1$ 이 사용되었다.

그림 3은 제안된 AVR의 실험파형을 보여준다. 입력전압에 25%의 갑작스러운 전압 감소가 발생했을 때, 실험파형은 그림 3(a)와 같다. 입력전압에 25%의 갑작스러운 전압 증가가 발생했을 때, 실험파형은 그림 3(b)와 같다. 두 조건 모두에서 출력전압은 반주기 만에 220V로 보상됨을 확인할 수 있다.

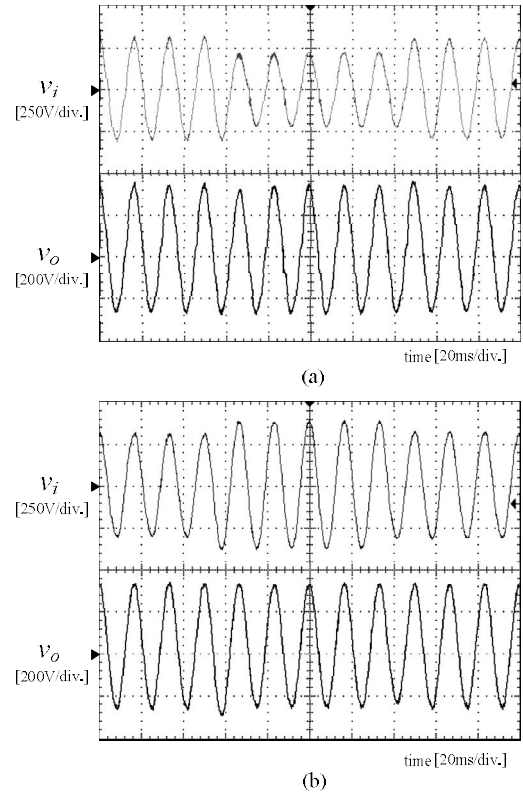


그림 3. 입력전압과 출력전압의 실험파형. (a) 25%의 전압 감소가 발생했을 때. (b) 25%의 전압 증가가 발생했을 때.

4. 결론

본 논문에서는 교류초퍼를 가진 직렬전압보상을 기반으로 한 AVR이 제안되었다. 제안된 AVR은 단상강압형 교류 초퍼를 이용하여 직접적인 교류전력변환이 이루어지고, 보상전압을 입력전압의 동상 또는 역상으로 만들어 줄 수 있기 때문에 입력 전압의 감소 또는 증가 모두를 빠른 속도로 보상할 수 있다. 이와 같이, 직접적인 교류 전력 변환이 이루어지기 때문에 따로 에너지를 저장할 소자가 필요없다. 따라서 크기와 가격이 줄어드는 장점이 있다. 직렬보상을 위한 변압기 때문에 교류 초퍼는 단지 보상을 위해 필요한 전압만 보상하면 되며, 따라서 스위치의 정격이 줄어든다. 실험을 통해 제안된 AVR이 입력전압의 증가 혹은 감소 조건에 대해 빠르게 보상해줌을 검증하였다.

Reference

- [1] V. B. Bhavaraju and P. Enjeti, "A fast active power filter to correct line voltage sags," IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 41, pp. 333-338, June 1994.
- [2] B. H. Kwon, B. D. Min, and J. H. Kim, "Novel topologies of AC choppers," Proc. IEE—Elect. Power Applicat., vol. 143, pp. 323-330, July 1996.
- [3] B. D. Min and B. H. Kwon, "Novel PWM line conditioner with fast output voltage control," Proc. Inst. Elect. Eng.—Elect. Power Appl., vol. 145, no. 2, pp. 85-91, Mar. 1998.
- [4] S. M. Hietaps and M. Naden, "Automatic voltage regulator using an ac-ac voltage-voltage converter," IEEE Trans. Ind. Applicat., vol. 36, pp. 33-38, Jan./Feb. 2000.