

플라이휠과 순환전류형 사이크로컨버터를 이용한 전력보상에 관한 연구

류호선, 이병하, 오상록, 황인호, 성세진
충남대학교 전기공학과

A study on the power compensation using flywheel energy storage unit and circulating type cycloconverter

Ho-Seon Ryu, Byeong-ha Lee, Sang-Rok oh, In-Ho Whang, Se-Jin Seong
Dept. of Electrical Eng. Chungnam Nat'l Univ

Abstract

The dynamic behavior of circulating current cycloconverter and flywheel energy storage unit is the subject of this investigation. The system of this type can control real and reactive power flow between flywheel-cycloconverter and power three phase network. In this paper, waveform level simulation indicates that power flow control is possible and this system can be used to variable application.

1. 서론

화석연료의 고갈에 대처할 수 있는 에너지원의 개발이 중요한 관심사로 부각되면서 에너지 저장기술의 중요성이 새롭게 재인식되고 있다. 에너지 저장시스템으로는 양수발전기, 공기압축기, 플라이휠, 축전지, SMES 등이 고려되고 있으나 건설의 입지 조건, 환경 문제, 경제성을 고려하면 플라이휠이 유력한 수단이 되고 있다. 회전체를 이용한 플라이휠은 관성모멘트와 각속도의 제곱에 따라 비례하여 에너지를 저장하게 된다. 이런 플라이휠에 고속으로 구동되고 제어가 간단한 발전/전동기와 사이크로컨버터를 연계시켜 상용계통에 투입할 수 있다. 본 시스템에 사용한 순환전류형 사이크로 컨버터는 듀얼 컨버터 방식으로 단방향성인 다이리스터를 이용하여 대용량에서도 이용될 수 있다. 또한 점호 신호를 외부로부터 임의의 발신기로 만들 수 있으므로 제어가 간단하다는 장점이 있다. 이런 4상한 운전이 가능한 순환전류형 사이크로컨버터를 이용하여 상용계통의 유효·무효전력을 제어함으로써 큰 잇점을 도출할 수 있다. 전원측이나 수용가의 잇점은

유·무효의 부하조절능력이며 입력역률보상이다. 따라서 본 논문에서는 플라이휠에 사이크로컨버터를 연계시켜 계통의 안정화를 향상시키는데 그 목적이 있다.

2. 기본구성과 동작

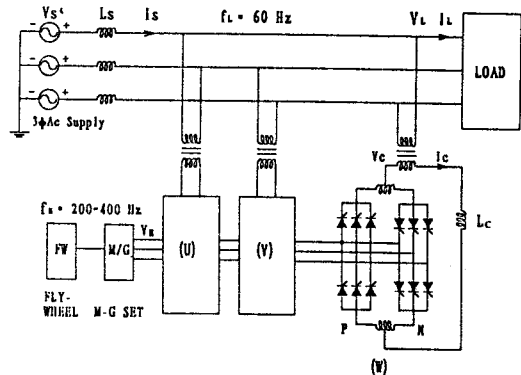


그림 1. 기본 시스템

플라이휠과 사이크로컨버터를 이용한 기본구성도는 그림 1과 같다. 발전/전동기의 입력단으로 부터 입력 전력을 기준으로 정(+)을 가지면 에너지가 플라이휠측으로 저장되고 만일 발전/전동기의 입력전력이 부(-)가 되면 저장된 에너지가 M/G를 통하여 사이크로 컨버터측으로 공급된다. 여기서 M/G측에서 발생하는 고주파 전압을 V_H 라 할때 사이크로컨버터의 출력인 대향전압 V_C 는 다음과 같다.

$$V_C = \frac{3r}{\pi} V_H \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

여기서 r: 출력전압비

2-1. 사이크로 컨버터 점호 방식

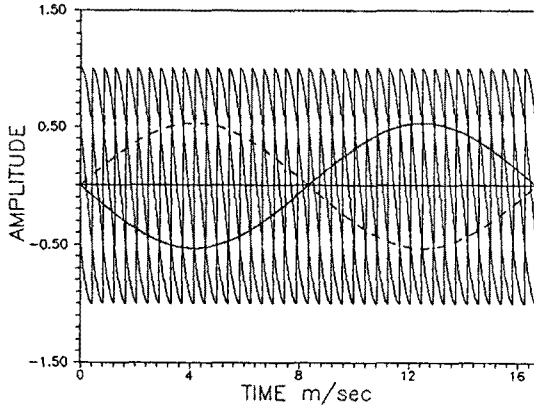


그림 2. 여현파 변조방식과 기준전압

출력측의 전압을 결정해 주는 각 converter의 점호각을 제어하기 위해서 $\alpha_P + \alpha_N = 180^\circ$ 을 만족시켜주는 여현파 변조패턴 방식을 이용하였다. 그림 2에서와 같이 출력측에서 원하는 주파수와 전압을 발생하기 위해서 기준전압 V_{P-ref} 와 V_{N-ref} 를 여현파와 비교하여 출력전압이 생성되게 하였다.

2-2. 순환전류 제어

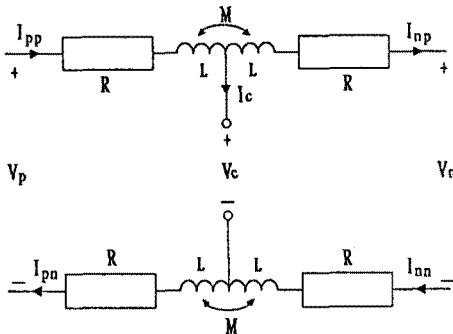


그림 3. 순환전류를 계산하기 위한 등가회로

그림 3은 컨버터 출력전압과 순환전류사이의 관계를 알아보기 위한 상당등가 회로이다. 만일 리플성분을 무시하고 라플라스 변환을 사용하면,

$$V_P = V_L + (R + SL)(I_{PP} + I_{PN}) + SM(I_{NN} + I_{NP}) \dots\dots\dots ②$$

$$V_N = V_L - (R - SL)(I_{NP} + I_{NN}) - SM(I_{PP} + I_{PN}) \dots\dots\dots ③$$

위 방정식을 사용했을때 출력전압 V_C 는

$$V_C = \frac{1}{2}(V_P + V_N) - (R + S(L - M))I_L \dots\dots\dots ④$$

여기서 순환전류 I_{Cr} 는 전압차 $V_P - V_N$ 과 전류 I_C 의 함수로써 쓸수 있으므로

$$I_{Cr} = \frac{1}{4} \frac{V_P - V_N}{R + S(L + M)} - \frac{1}{2} |I_C| \dots\dots\dots ⑤$$

이다. 이 방정식으로 부터 I_{Cr} 는 $V_P - V_N$ 에 의해서 제

어 될수 있다. 이 전압차는 ④식에서와 같이 출력전압에 어떠한 영향을 미치지 않는다. 그러나 I_C 는 왜란으로써 작용하고 있다.

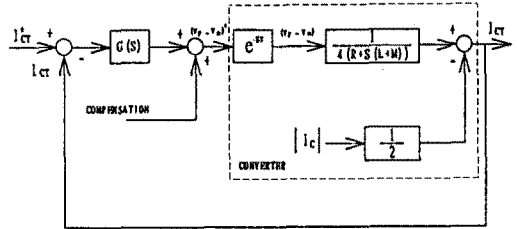


그림 4. 순환전류제어 다이어그램

그림4는 기본적인 제어도를 나타내고 있다. 여기서 I_{Cr} 는

$$I_{Cr} = -\frac{1}{2} |I_C| + \frac{e^{sT} G(S)}{4(R+S(L+M))} (I_{Cr}^* - I_{Cr}) + \dots\dots\dots ⑥$$

$$= \frac{e^{sT}}{4(R+S(L+M))} \cdot Compens \dots\dots\dots ⑥$$

이 방정식에서 I_C 는 순환전류에 직접영향을 미친다. 따라서 I_C 의 영향을 제거하기 위해서는

$$Compens = 2(R + S(L + M)) |I_{Cr}| \dots\dots\dots ⑦$$

이어야 한다. 여기서 컨버터의 지연은 무시한다.

3. 제어 계동도

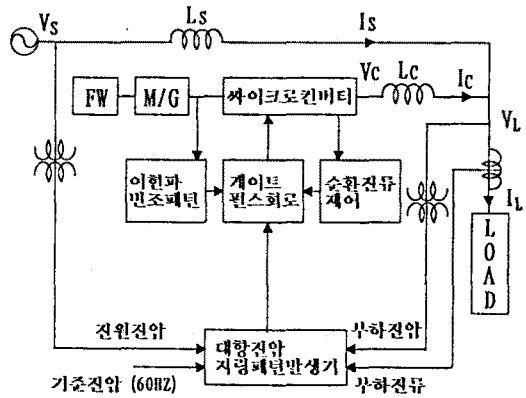


그림 5. 전체 제어시스템

그림 4에서와 같이 다이리스터의 게이트 점호신호는 플라이휠측의 고주파 전압으로부터 여현파 변조패턴과 대항전압지령 패턴 발생회로에서 대항전압지령 패턴을 만들고, 또한 사이크로컨버터에서 측정된 순환전류가 순환전류제어부에서 제어된후 이 세가지 신호를 게이트 점호회로에서 비교함으로써 발생되도록 하였다. 대항전압지령 패턴 발생회는 상용전원 주파수를 추종하여 대항전압지령 패턴을 만든다. 또한 부하모션

전압의 변동량의 검출 및 부하단의 전압, 전류를 검출하여 검출량에 따라 대항전압이력 패턴을 변화시켜서 게이트 점호발생회로를 통하여 제어한다. 부하모선 VL에 대항하는 사이크로 컨버터의 대항전압 VC는 외부지령에 의해서 제어되어 VC의 크기 및 위상을 조절할 수 있다.

4. SIMULATION

본 논문에서는 사이크로컨버터를 각조건에 따라서 3상으로 simulation을 하여 나타난 파형이다. 그림 6에서는 단속 순환전류파형을 나타내었다. 이때 리액터 $L_C=9mH$, $L=0.8mH$ 이다. 그림 7에서는 사이크로컨버터 출력측(저주파측)전류를 나타낸 것이고 이 출력전류도 V_{ref} 에 따라서 진,지상으로 나타낼 수 있다. 그림 8은 계통의 선간전압과 사이크로컨버터측 출력전류를 나타내고 있다.

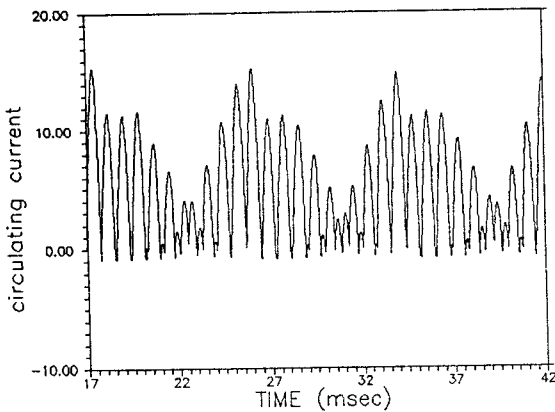


그림 6. 단속 순환전류

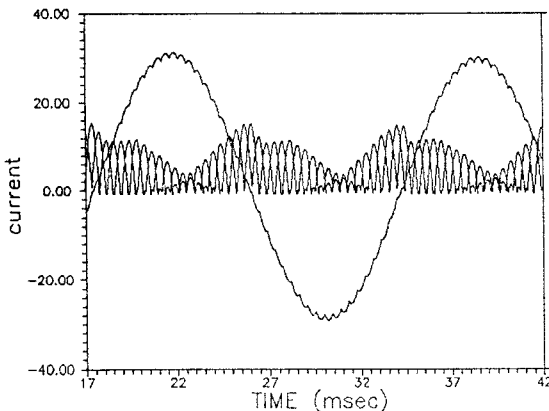


그림 7. 순환전류와 전류 I_c

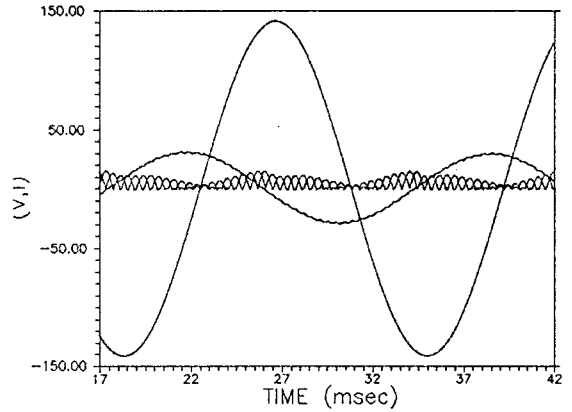


그림 8. 전류 I_c 와 계통 선간전압

5. 결론

본 논문에서는 플라이휠과 순환전류형 사이크로컨버터를 계통에 연결하였을때 전력의 수수를 통하여 유효, 무효전력이 제어가능하다는 것이 simulation을 통하여 확인되었다.

6. 참고문헌

- 1) M.Carpita, P.Pozzobon, G.Sclutto "Control Strategy for Local Energy Storage System for Decoupled Managing of Real and Reative Power" ESPE'91. Volume 4, pp 58~61
- 2) Tadsshi.Fukao, Mikihih.Matsui and Kazuo. Youmashita "A Steady State Analysis Based on Reactive Power Balance of a Static Var Generator Using Cycloconverter and Operation Limit" TIEE Japan Vol.104-B, no 12, pp 33~40, 1984
- 3) Hill W.A en E.Y.Y Ho, I.J. Neuzil, "Dynamic behavior of cycloconverter system", IEEE Trans. Ind. App., Vol.27, No.4, pp 750~755, 1991
- 4) S.G. Bosga, J.L. Duarte, L.J. Offringa, A.J. Vandenput, "Natural Circulating Current Control of a Cycloconverter" IEEE ,Trans. Ind. App., pp 1160~1165, 1993