

플라이휠과 순환전류형 사이크로컨버터를 이용한 계통안정도 향상

류호선, 김병권, 황인호, 이홍호, 성세진
충남대학교 전기공학과

Enhancement of network stability using flywheel Energy storage unit and circulating type cycloconverter.

Ho-Seon Ryu, Byung-Kweon Kim, In-Ho Whang, Heung-Ho Lee, Se-Jin Seong
Dept. of Electrical Eng. Chungnam Nat'l Univ.

Abstract

Appropriate control of real and reactive power flowing in and out from system can lead to considerable benefits : network stabilization, load levelling, voltage regulation etc. This paper presents how to control real and reactive power flow between an flywheel energy storage system and a power three phase network. The system compensating real and reactive power consists of control system and cycloconverter operating in the four quadrant modes.

1. 서론

전력 수요의 증대에 따라 대형화력 플랜트 및 원자력 플랜트가 전력공급의 기초가 되었지만 예기치 않은 왜란으로 인하여 전원고장이 자주 발생하고 있다. 그리고 정보화 추세에 따라 각종 OA, FA 기기들이 보급됨으로써 고질의 전력공급이 필수불가결하게 되었다. 이에 따라 이전 전력계통에 에너지 저장시스템을 운전시켜 계통을 안정화시킬 필요성이 있다. 에너지 저장시스템으로는 양수 발전기, 공기 압축기, 프라이휠, 축전기, SMES 등이 고려되나 건설의 입지 조건이나 환경문제, 경제성을 고려하면 프라이휠에 의한 전력저장 시스템이 제일 유력한 수단이 되고 있다. 프라이휠을 이용한 시스템의 입·출력에서의 유효, 무효전력의 제어는 상당한 직, 간접적인 이익을 도출하는데, 계통이나 수용가에 가장 큰이익은 기준전류, 전압의 변동을 축소하는데 고려되는 유효, 무효분의 부하조절 능력이며, 전압조정, 전송비의 축소, 입력역률을 보강할수도 있다. 본 논문에서는 프라이휠을 이용하여 정상운전시 부하변동에 따라 유효, 무효전력의 수수를 통하여 전원측에서의 전력공급이 안정화될 수 있었다. 또한 증래의 프라이휠에 정류기와 인버터를 거쳐 계통에 삽입하는 방식을 탈피하여 사이크로 컨버터를 이용한 시스템을 사용하여 시스템을 간략화 하였다.

2. 시스템의 구성

전력계통에 유효, 무효전력을 수수하는 시스템은 그림 1에 나타내었다.

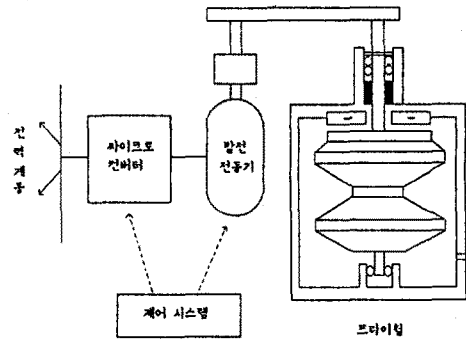


그림 1. 프라이휠 시스템의 구성

2-1 프라이휠과 발전전동기(MG)와의 에너지 흐름

발전전동기의 입력단으로부터 입력전력을 기준으로 하여 정(+)의 값을 가지면 발전전동기의 입력전력이 커질수록 프라이휠의 회전수가 증가하여 전력저장에너지가 증가한다. 만일 발전전동기의 입력전력이 부(-)가 되면 프라이휠에 저장되었던 에너지가 발전전동기를 통하여 입력부에 공급됨으로서 프라이휠의 저장에너지와 회전수는 감소하게 된다.

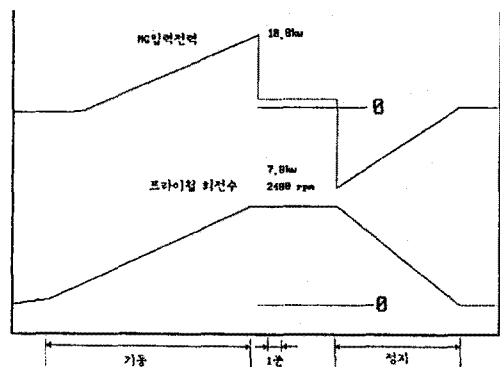


그림 2. 프라이휠의 기동 및 정지

2-2 사이크로 컨버터

프라이휠과 발전전동기에서의 고주파 전력을 정격전력으로 변환하여 부하에 공급하는 전력변환장치는 대전력용으로 양방향성이어야 한다. 이와 같은 대전력 변환장치에는 전력용트랜지스터 또는 GTO 등과 같은 강제 전류형 소자를 이용한 자려인버터가 필요하다. 그러나 이들 소자들은 아직은 비경제적이기 때문에 SCR과 같은 자연 전류형 사이리스터를 이용한 순환전류형 Dual-Converter 방식의 사이크로 컨버터를 전력변환의 주회로로 채택하였다. 주회로 자체는 종래의 사이크로 컨버터와 동일하지만 종래의 것과는 전원과 부하의 접속이 반대로 되어 있다. 즉 종래의 전원이었던 고주파 측은 발전전동기에 연결되어있고 부하였던 저주파측은 상용전원과 병렬로 부하모선에 접속되어 있다.

3. 시스템 제어

3-1 제어 계통도

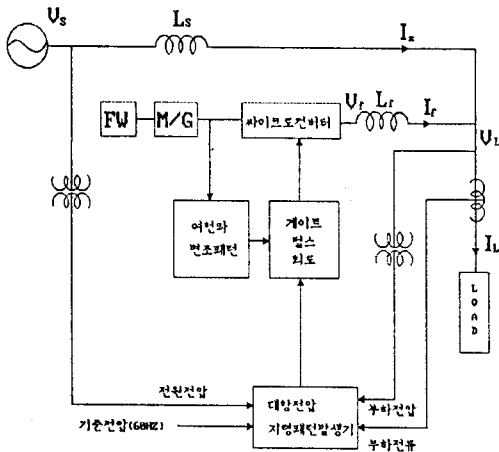


그림 3. 제어시스템의 BLOCK DIAGRAM

그림 3에서와 같이 사이리스터의 게이트 점호신호는 프라이휠측 고주파전압으로부터 여현파변조패턴을 만들고 대향전압지령 패턴 발생회로에서 대향전압지령 패턴을 만들어 이 두 신호를 게이트 점호회로에서 비교함으로써 발생되도록 하였다. 대향전압지령 패턴 발생회로는 상용전원 주파수를 추종하여 대향전압지령 패턴을 만든다. 또한 부하모선전압의 변동량의 검출 및 부하단의 전압, 전류를 검출하여 검출량에 따라 대향전압지령패턴을 변화시켜서 게이트 점호 발생회로를 통하여 제어한다. 부하모선전압 U_L 에 대항하는 사이크로 컨버터의 대향전압 U_f 는 외부의 지령에 의해서 제어될 수 있으며 U_L 과 U_f 의 크기 및 위상차에 의해서 사이크로 컨버터를 통해서 공급되는 유효, 무효전력이 제어된다.

3-2 상당등가회로

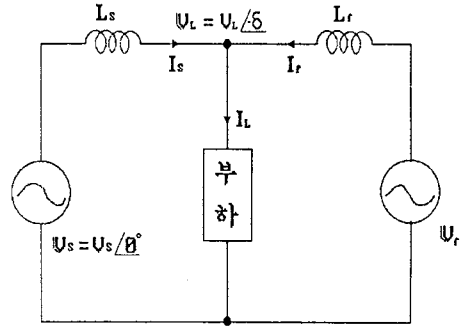


그림 4. 1상당등가회로

그림 4에서 부하단에 흐르는 전류는 전원측전류와 사이크로컨버터에서 공급하는 전류의 합이므로

$$U_L = U_f + U_s \text{-----①}$$

이다. 이때 사이크로컨버터측의 전류는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} U_f &= U_L - U_s \\ &= I_{LP} + jI_{LQ} - \frac{W_S - W_L}{j\omega L} \\ &= I_{LP} - \frac{V_L \sin \delta}{\omega L} + j(I_{LQ} + \frac{V_S - V_L \cos \delta}{\omega L}) \text{-----②} \end{aligned}$$

또한, 사이크로컨버터측의 전류는

$$U_f = \frac{W_f - W_L}{j\omega L} \text{-----③}$$

이므로 ② = ③ 이 되어야 한다.

$$I_{LP} - \frac{V_L \sin \delta}{\omega L} + j(I_{LQ} + \frac{V_S - V_L \cos \delta}{\omega L}) = \frac{W_f - W_L}{j\omega L}$$

여기서 W_f 를 구하면

$$W_f = (2V_L \cos \delta - V_S - \omega L I_{LQ}) + j(\omega L I_{LP} - 2V_L \sin \delta) \text{-----④}$$

$$V_f = \sqrt{(2V_L \cos \delta - V_S - \omega L I_{LQ})^2 + (\omega L I_{LP} - 2V_L \sin \delta)^2} \text{-----⑤}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{\omega L I_{LP} - 2V_L \sin \delta}{2V_L \cos \delta - V_S - \omega L I_{LQ}} \text{-----⑥}$$

⑤식과 ⑥식으로 부터 부하임피던스가 변할때 변동부하전류와 전압에 대하여 사이크로컨버터측에서 대향전압과 상차를 조절하여 U_f 를 순수함으로써 유효무효분의 제어가 가능하다.

4. SIMULATION

그림 5에 나타난 것은 부하변동시 입력역률을 1로 하기 위하여 부하전압과 대향전압 U_f 의 상차를 변화시키지 않고 대향전압의 크기만을 변화시켜 입력역률을 1로 할 수 있었다. 그림6,7은 입력역률을 1로 보상한후 다시

부하변동시 유효, 무효전력을 제어하여 입력역률 및 전원으로 부터 적당한 전력을 공급하기 위하여 대향전압의 기와 상차를 조절한후의 안정화된 모습을 나타내고 있다.

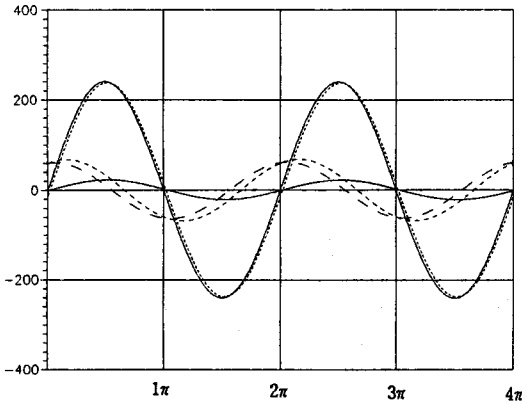


그림 5. 입력역률 제어 (무효전력 보상)

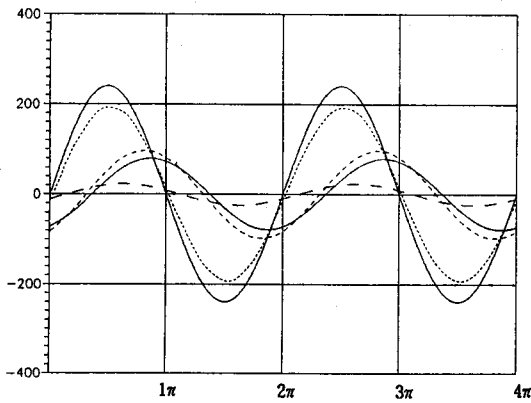


그림 6. 부하변동시 전압과 전류파형

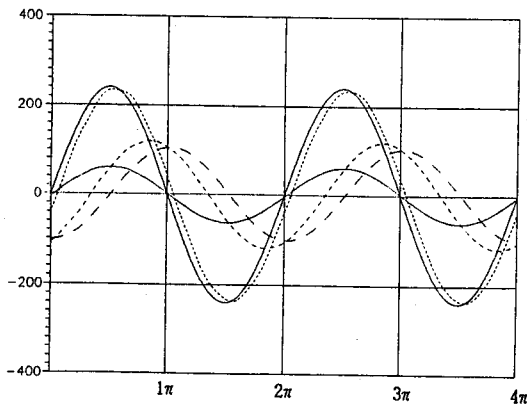


그림 7. 유효·무효전력 제어

————— I_s V_s ··········· I_L
 ··········· V_L - - - - - I_r

5. 결론

본 논문은 프라이휠과 순환전류형 사이크로컨버터를 계통에 연결하여 유효, 무효전력을 제어함으로써 부하 변동에 따라 전원전압과 전류를 안정화 시킬 수 있었으며 이것을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 확인하였다.

6. 참고 문헌

- 1) M.Carpita, P.Pozzobon, G.Sclutto "Control Strategy for Local Energy Storage System for Decoupled Managing of Real and Reactive Power" ESPE'91. Volume 4, pp. 58~61
- 2) B.Hussain, A.K.Behera, Illinois Institute of Technology. "Solid State Reactive Power Modulation for Enhancement of Maximum Power Transfer and Stability in an Interconnected Power system " PESC 91, Vol-1 pp. 299~305
- 3) Tadsshi.Fukao, Mikihik.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
- 4) Kyu-Jong Lee, Byung-Kwon Kim, Heung-Ho Lee, se-Jin Seong "Parallel Processing Uninterruptible power Supply Using Flywheel Energy Storage unit" ISPE pp. 198~202, 1992