PM동기발전기의 전압강하 보상기

정승태, 이준호, 이화춘, 박성준
전남대학교

Voltage restorers of PM synchronous generator

Seung-Tae Jung, Jun-Ho Lee, Hwa-Chun Lee, Sung-Jun Park
Chonnam National Univ.

ABSTRACT

최근 일정전압의 신뢰성 있는 전원공급 장치의 개발에 대한 필요성이 날로 증가하고 있다. 기존의 AVR(Automatic Voltage Regulator)은 디지털식이므로 고장시 수리하는데 많은 어려움이 있지만 기계식 AVR은 고장시 즉각 대처 할 수 있기 때문에 신뢰성 있는 전원공급 장치로 볼 수 있다. 본 논문에서는 PM(Permanent Magnet)동기발전기에 부하가 걸렸을 때 전원이 리액턴스로 인한 전압강하가 생기므로 기계식 AVR을 이용하여 보상하고자한다. SVR(Slidac Voltage Regulator)형 자동전압장치와 절연변압기를 이용하여 기계식 AVR을 설정하는 방법을 제시하고 PM동기발전기와 연결하여 전압강하를 보상하는 시뮬레이션을 통하여 검증하였다.

1. 서론

최근 이동식 발전 장치의 개발 수요에 따라서 발전기에 대한 관심이 크게 증가되고 있다. 특히 영구자석을 사용하게 되므로 상대적으로 구조가 간단해지는 영구자석형 동기발전기에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다. 특히 산업용이나 군용에 있어서 높은 신뢰성과 넓은 일정 출력/속도 영역(CPSR:Constant Power Speed Range)을 가지는 보조 발전기 시스템에 대한 요구가 높아지고 있다.[1]

보조 발전기 시스템에서 매입형 영구자석 동기기(IPMSM : Interior Permanent Synchronous Machine)는 넓은 일정 출력/속도 영역, 높은 출력 밀도, 자기 토크와 릴럭턴스 토크에 의한 높은 토크 밀도를 가지고 있지만, 약계자 영역의 감자전류로 인해 Uncontrolled Generator 모드에서 인버터의 고장을 야기할 수 있으며[2][3] 여자를 하지 않으므로 부하에 따라서 전압이 감압되는 문제점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 AVR을 이용함으로써 안정된 양질의 전원공급이 가능하여 이러한 문제로 인한 피해를 사전에 예방하며 피해 규모를 최소화 할 수 있다. 현재 일반가정, 사무실 및 산업현장, 군 등에서의 공급되는 전원의 전압이 일정치 않거나, 부하변동에 의하여 전압이 변화는 경우 이를 자동으로 감지하여 부하에 항상 일정전압의 전원을 공급 할 수 있는 장치로서 디지털 제어회로를 사용한 AVR의 도입이 증가하고 있는 실정이다. 그러나 안정도, 신뢰도 및 정밀도면에 있어서 저가의 AVR들은 이와 같은 요구조건을 만족시키지 못하고 있으며 정밀도가 높은 제품일수록 높은 가격으로 인해 도입의 제약점이 되고 있다. 그리고 인버터의 경우에는 고속스위칭으로 인해 노이즈가 생성되므로 통신장비 등에는 사용될 수가 없다.

본 논문에서는 통신장비, 컴퓨터 및 최첨단 전자장비에 쓰일 수 있는 신뢰성 있는 일정전압을 만들기 위해서 PMSG에서 나오는 전압을 SVR형 자동전압장치와 절연변압기를 이용하여 기계식AVR을 설정하는 방법을 제시하고 시뮬레이션을 통하여 전압보상을 구현하였다.

2. 기계식 AVR 제어방식 및 구성

1.1 기계식 AVR의 제어방식

기존 AVR이 여자전류를 조정하여 전압을 조정하였다면 본 논문의 기계식 AVR은 SVR형 자동전압 조정기와 절연변압기로 전압을 제어한다. 구현한 기계식 AVR의 전압 제어방식으로서는 PMSG로부터 나오는 단자전압을 절연변압기의 2차측에 연결하여 출력전압 및 전류를 궤환시켜 기준전압과 비교 한 후, 전압차가 발생하는 경우 SVR형 전압조정장치에 부착된 DC모터를 이용하여 가동자의 위치를 정, 역 방향으로 구동한다. 여기서 나오는 전압을 변압기의 1차측에 결선하고 2차측으로 전압을 여자시킨 전압과 발전기에서 나오는 출력전압을 전압의 중첩으로 부하에 일정 전압이 인가되는 제어방식이다.

1.2 기계식 AVR의 구성

본 논문에서 설계 및 제작한 기계식 AVR의 장치를 그림1로 간략하게 나타내었다.

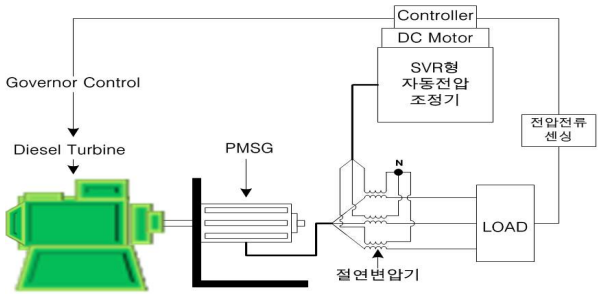

그림 1 기계식 AVR의 시스템 구성도
FIG. 1 System configuration of mechanical AVR

위 그림에서 디젤 터빈으로 PMSG를 돌려 전압을 만들고 변압기의 2차 측에 부하와 함께 결선한다. 그리고 부하에서의 전

압, 전류를 센싱하여 제어부에 보낸다. 제어부에서 DC모터의 업, 다운을 이용하여 보상될 전압만큼을 SVR형 자동전압조정기에서 변압해서 변압기의 1차 측으로 보내고 Diesel Turbine의 Governor를 제어를 함으로써 PMSG의 회전자가 일정속도로 회전하게끔 조정한다. 절연변압기에서 변압을 하여 2차 측에 결선한 PMSG 전압과 중첩하여 부하로 일정전압을 보내게 된다.

3. 시뮬레이션 및 결과

제안된 기계식 AVR의 시스템 구성도를 토대로 부하시 전압강하와 전압보상을 구현하기 위하여 시뮬레이션을 수행하였으며 PSIM을 사용하였다.

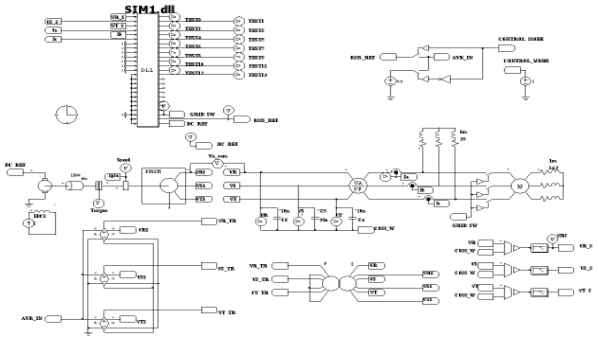

그림 2 기계식 AVR의 PSIM Simulation
FIG. 2 PSIM Simulation of mechanical AVR

그림 1에서 Diesel Turbine의 Governor 제어 대신 그림 2에서는 DC모터를 이용하였고 일정속도로만 회전하게 고정값을 설정하였다. SVR 자동전압조정기는 AVR_IN값과 발전기단자전압의 곱셈기를 통하여 구현한다. 시뮬레이션 총 시간은 1[s]이며 부하는 0.5[s]에서 걸리도록 설정하였다. 시뮬레이션 결과를 보면 그림 3에서 0.5[s]에 부하가 걸리고 이때 전압강하를 볼 수 있었다. 이를 해결하기 위해서 기계식 AVR을 On하였을 때 그림 4에서 0.5[s] 이후로 역률값의 변화가 있지만 일정전압으로 보상되는 것을 볼 수 있다.

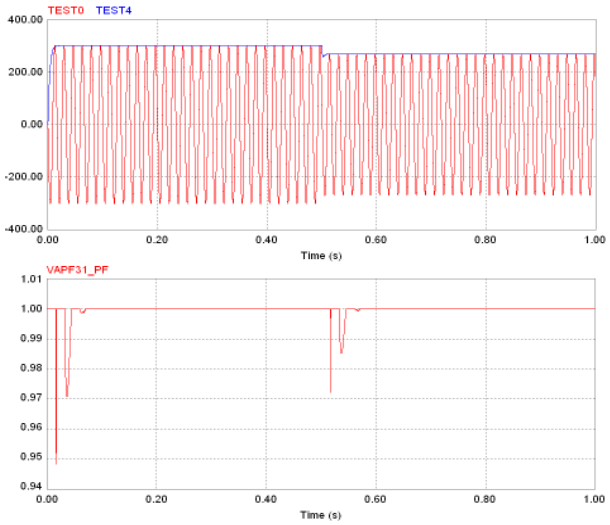

그림 3 부하시 전압강하 발생 및 역률값
FIG. 3 At Load time, generating voltage drop and power factor value

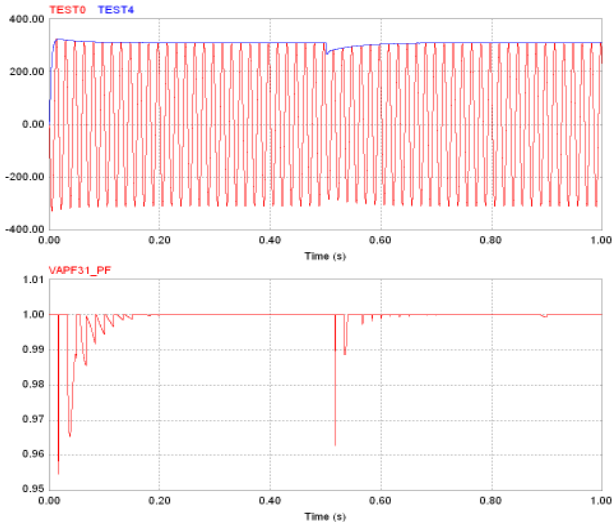

그림 4 . 부하시 전압보상 결과 및 역률값
FIG. 4 At Load time, compensated voltage result and power factor value

4. 결론

일정 부하에서 부하의 변화로 인한 전압강하의 보상은 전력품질 향상에 있어서 중요한 과제이다. 본 논문에서는 디지털방식이 아닌 하드웨어적으로 설계 하였으며 SVR형 전압자동장치가 모터로 구동하여 제어하는 방식이므로 부하 변동 시에도 일정한 전압 값을 얻을 수 있었다. 기존의 AVR은 디지털식이므로 고장시 수리하는데 많은 어려움이 있지만 기계식 AVR은 고장시 즉각 대처 할 수 있는 신뢰성 있는 전원공급장치로 볼 수 있다. 향후에는 속응성을 높이며 고조파가 생기더라도 보상을 할 수 있는 전자식 AVR과 기계식 AVR을 병합한 전압보상기를 설계할 것이다.

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.
(*No. 2007-P-EP-HM-E-09-0000*)

참 고 문 헌

[1] S. Morimoto, M. Sanada, Y. Takeda, "Performance of PM assisted synchronous reluctance motor for high efficiency and wide constant power operation," IEEE Transaction on Industry Applications, vol. 37, no.5, pp.1234-1240, Sep-Oct 2001.

[2] Thomas M. Jahns, "Uncontolled generator operation of interior PM synchronous machines following high-speed inverter shutdown" IEEE Industry Applications Society Annual Meeting, vo35. 6, pp.1347-1357, 1999.

[3] W. L. Soong, "Field-weakening performance of interior permanent magnet motors," IEEE Transaction on Industry Applications, vol. 38, no. 5, pp. 1251-1258, Sep-Oct 2002.