

영구자석 동기발전기의 전압강하 보상기법

위한별, 강성현, 김선필, 양기연, 박성준
전남대학교

Voltage descent compensation technique of Permanent-magnet synchronous generator

Han Byul Wi, Seong Hyun Kang, Sun Pil Kim, Gi Yeon Yang, Sung Jun Park
Chonnam National Univ.

ABSTRACT

최근 빠른 산업발달에 따른 전력전자기술발전과 더불어 고효율 발전기 시스템에 대한 관심과 요구가 급증하고 있다. 이에 따라 영구자석 발전기 시스템에 대한 연구가 활발히 진행됨과 동시에 무효전력에 따른 전압강하를 방지하기 위한 보상장치에 대한 관심이 날로 증가하고 있다. PMSG(영구자석 동기발전기, Permanent Magnetic Synchronous Generator)는 출력전압을 직접적으로 제어할 수 없기 때문에 출력전압을 제어하는 보조적인 장치가 필요하다. 본 논문은 PMSG에 부하가 걸렸을 때 무효전력으로 인한 전압강하를 보상하기 위한 전력회로와 제어기법을 제안하고 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

1. 서론

PMSG는 회전자를 높은 출력밀도를 가진 영구자석을 사용함으로써 넓은 운전 범위와 고효율을 가지게 된다. 또한, 발전기의 기어가 없는 하부구조로 경량화가 가능하다는 장점을 가질 수 있다.

PMSG는 무부하 시, 계자권선(회전자)에서 발생하는 계자의 속도에 따라 전압과 주파수가 선형적으로 변하며, 부하인가 시 계자의 속도, 부하의 특성에 따라 출력전압이 변동하는 현상이 나타난다. 일반적인 동기 발전기의 경우에는 계자전류의 조절로 증자(Magnetizing) 또는 감자 현상(Demagnetizing effect)에 대응하여 출력 전압을 일정하게 유지할 수 있으나, PMSG의 경우에는 이를 직접적으로 대응할 수 없는 구조의 동기기기이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 보조회로를 추가하여 전압강하에 대한 보상을 해야 한다.

따라서 본 논문에서는 PMSG의 전압강하 보상기법을 제안한다. 제안하는 전압강하 보상기법은 PMSG에 R 또는 L부하의 변화 시 전기자반작용 현상에 의해 발생하는 출력전압의 강하를 보상하여 일정한 전압을 출력하도록 한다. PSIM을 이용한 시뮬레이션을 통하여 타당성을 검증하고, 향후 전압보상 제어기 설계 및 연구에 활용하고자 한다.

2. 본론

2.1 전기자 반작용에 따른 전압 강하

전기자 반작용 자속의 크기와 방향은 전기자 전류의 크기와 위상에 의해 결정 되는데, 이 전기자 전류의 크기와 위상은 발

전기에 인가한 부하의 종류에 의해 결정되는 양이다.

전기자반작용에 의하여 발전기 내에서는 감자 혹은 증자 작용이 일어나게 되고, R 또는 L 부하의 변화에 의해 감자작용이 발생한다. 이 때, 감자 작용은 전기자 전류가 유기기전력보다 90° 뒤질 때 일어나게 된다. 이는 부하의 자속방향과 계자에 의한 자속방향이 축에 대해 반대일 때 생기는 현상이며 역률은 0이다. 감자 작용이 일어나게 되면, 자속 및 계자 전류가 감소하게 되고, 이로 인해 발전기 유기기전력이 감소하게 된다. 또한 유기기전력의 감소는 발전기의 단자전압을 감소시킨다. 따라서 부하 증가 시 전압이 강하되면 강여자를 하여 발전기 전압을 상승시켜 전압을 보상하는데, 기계적인 입력은 변동이 없으므로 유효전류는 변함이 없고, 무효전류만 증가하게 되어, 역률은 떨어지고, 지상으로 운전하게 된다.

2.2 PMSG 전압강하 보상기법 시스템

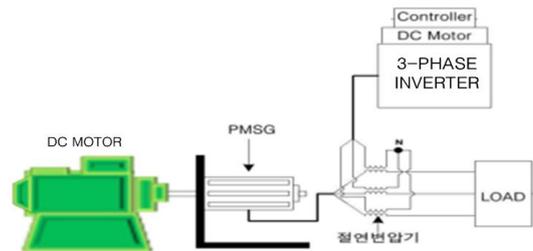


그림 1. 제안된 보상기법 시스템 구성

FIG 1. The System configuration of the proposed compensation technique

그림 1은 제안된 PMSG의 전압강하 보상기법 시스템 구성을 나타낸 그림이다. PMSG의 전압강하보상을 위해, 3상 인버터를 보조회로로 이용하였고, 인버터의 출력전압 조절을 통해 전압강하에 대한 보상을 하는 구조이다. 3상 인버터의 세 암단(ARM_A, ARM_B, ARM_C)을 인버터 사고 보호를 위한 절연 변압기의 1차 측에 결선하고, 2차 측과 부하를 함께 결선한다. 3상 인버터를 통해 출력되는 전압은 제어기에 의해 조절되며, 이는 2차 측에 결선된 PMSG 전압과 중첩하여 부하로 일정 전압을 전달하게 된다. 이 때, 부하로 전달되는 일정전압은 부하 변동 시에 발전기에서 발생하는 전압강하를 보상하게 된다.

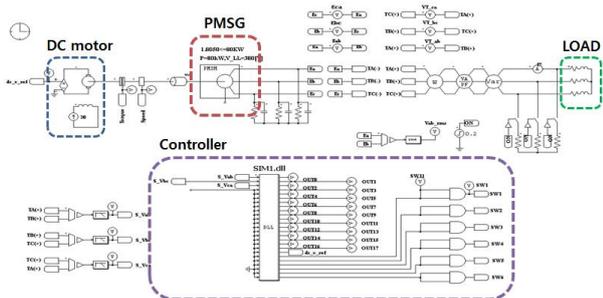


그림 2. PMSG에 대한 PSIM 시뮬레이션 회로 및 제어기
 FIG 2. The PSIM Simulation circuit for the PMSG and controller

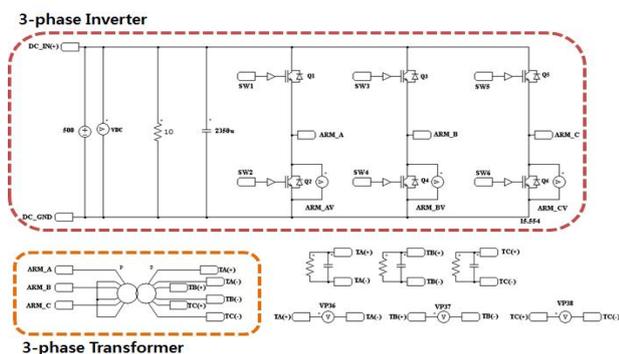


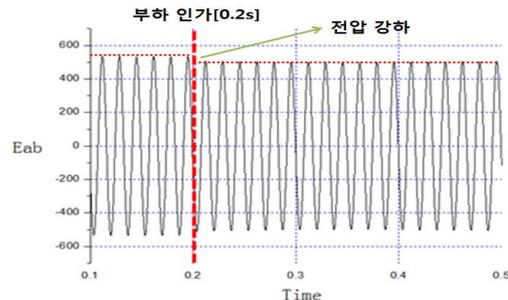
그림 3. 3상 인버터와 3상 변압기 PSIM 시뮬레이션 회로
 FIG 3. PSIM Simulation of the 3-phase inverters and the 3-phase transformer

3. 시뮬레이션

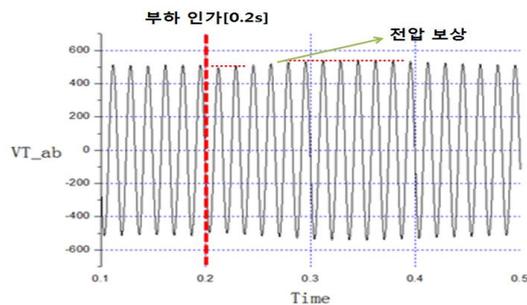
본 논문에서 제안된 PMSG의 전압강하 보상기법의 타당성을 검증하기 위해, 부하 변동 시에 발생하는 전압강하에 대하여 제안된 전압 보상기법을 적용한 PSIM 시뮬레이션을 수행하였다.

그림 2와 그림 3은 PMSG와 3상 인버터 및 3상 변압기를 구현한 PSIM 회로이다. PMSG의 발전기는 80[kW]급의 3상 380[VAC]를 출력하도록 설계하였고, 발전기를 구동하는 모터의 속도는 발전기가 일정한 출력을 낼 수 있도록 하기위해 일정한 속도로 회전하도록 설정하였다. 3상 변압기는 사고 시 인버터 보호회로 개념으로 사고보호를 위해 절연변압기로서의 역할을 하며 변압기의 턴 비는 5:1로 설계하였다. 3상 인버터의 입력전압은 500[V]로 설정하였다. 부하 변동 시에 발생하는 전압강하의 보상됨을 검증하기 위하여, 무부하로 시뮬레이션을 시작하고, 0.2[s]에서 부하가 인가되도록 시뮬레이션 조건을 설정하였다.

그림 4의 (a)와 (b)는 PMSG의 출력전압과 인버터의 출력전압에 대한 시뮬레이션 결과파형이다. 그림 4 (a)를 살펴보면 일정한 크기의 전압을 발전을 하다가 부하가 인가되는 0.2[s]에서 전압강하가 일어나고 일정한 전압을 유지하는 것을 확인 할 수 있다. 이 때, 그림 4(b)를 살펴보면 0.2[s] 이 후, 인버터의 전압은 증가하게 된다. 이는 부하변동으로 인한 PMSG의 전압강하가 일어난 만큼의 전압을 인버터가 보상하기 위하여 출력전압을 증가시킴으로서 PMSG의 전압강하를 보상하는 것을 확인 할 수 있다.



(a) PMSG의 출력 전압



(b) 인버터 출력 전압

그림 4. 시뮬레이션 결과, (a) PMSG의 출력전압, (b) 인버터 출력전압
 FIG 4. The Simulation result (a) The output voltage of PMSG
 (b) The inverter output voltage

4. 결론

본 논문에서는 PMSG의 전압강하 보상기법을 제안하였다. 제안된 전압강하 보상기법은 부하의 변동 시, 전기자반작용에 의해 발생하는 출력전압강하를 보상함으로써 전력품질을 향상시키는 장점을 가진다. 제안된 전압강하 보상 기법의 타당성을 검증하기 위해, PSIM을 이용한 시뮬레이션을 통하여 타당성을 검증하였다.

이 논문은 “산업 통상 지원부”, “한국 산업 기술 진흥원”, “호남 지역 사업 평가원”의 “광역 경제권 선도 산업 육성 사업”으로 수행된 연구결과입니다.

참고 문헌

- [1] N.G. Hingorani, “Power Electronics in Electric Utilities : Role of Power Electronics in Future Power System”, Proceedings of the IEEE, Vol. 76, No. 4, pp. 481-482, 1988, April.
- [2] Curtis F. Gerald, Applied Numerical Analysis: Second Edition, Addison Wesley Publishing Company, Inc. pp. 1-14, 1978.
- [3] 정승태, 이준호, 이화춘, 박성준 “PM동기발전기의 전압강하 보상기”, 전력전자학회 2010년도 전력 전자 학술대회 논문집, pp. 512-513, 2010.