

이종자극여자기형 동기발전기의 AVR

이왕근, 전성준, +서정기
부경대학교, +(주) 대흥기전

AVR for a engine generator having an exciter with hetero poles

Wang-Geun Lee, Seong-Jeub Jeon, +Jeong-Kee Seo
Pukyong National University, +DaeHung Electric Machinery Co. Ltd,

ABSTRACT

In this paper, a brief introduction to a new synchronous generator, which has an exciter with hetero poles, is given. A new automatic voltage regulator is designed for the new synchronous generator.

1. 서 론

산업 시설의 현대화는 전기에너지에 의해 이룩되었고 이런 산업 시설은 전기에너지 없이는 유지될 수 없다. 따라서 전기를 끊임없이 공급한다는 것은 많은 분야에서 매우 중요하다. 그래서 상용전원의 정전시를 대비하여 비상용 발전시설이 널리 사용되고 있다.

비상용 발전에는 자여자식 동기발전기가 주로 사용되었다. 자여자식 동기발전기는 주 발전기에는 회전 계자형 발전기가 쓰이고 주발전기의 여자에는 회전 전기자형 발전기가 사용된다. 여자기의 계자권선은 고정자에 있으므로 제어회로에서 전류를 공급하기가 쉽고 회전자에 있는 여자기 출력은 정류되어 바로 주발전기의 계자회로에 공급할 수 있으므로 브러시를 사용하지 않는 단순하고 견고한 구조가 이뤄진다.

자여자식은 엔진에 의해 회전이 정격 회전수 근처에 이르면 잔류자속에 의해 정격전압의 10% 내외의 전압이 주발전기에 발생되고 이를 자동전압조정장치 (AVR)에서 받아 여자기에 공급해 주발전기 단자전압을 정격전압까지 상승시킨다. 이런 동작원리에 의해 자여자식은 구조가 간단한 이점이 있는 동시에 잔류자속이 없는 경우에는 스스로 발전을 할 수 없어 외부 전원이 필요하다. 또한 전압조정장치의 전원은 정격전압의 10% 정도에서 100%까지 변하는 동안에 계속 동작해야 하므로 정상상태에서 정교하게 동작하는 AVR을 설계하기가 불편하다. 또한 부하가 연결된 상태에서는 스스로 전압을 확립할 수 없게 된다.

자여자식 동기발전기의 단점을 극복하고자 발전기와

동축에 영구자석형의 제 3의 발전기를 설치하여 AVR에 독립된 전원을 공급하는 PMG형이 사용되기도 한다. 이 형태의 장점은 엔진만 기동하면 항상 발전이 가능하여 정교한 AVR의 설계가 가능하다. 기동시 발전개시 시점이 자여자식에 비해 빠르고 overshoot도 자여자식은 20~25%에 이르지만 PMG방식은 5% 이내로 설계할 수 있음이 알려져 있다. PMG형의 단점은 발전기의 길이가 길어진다는 점이다. 이러한 장단점으로 인해 PMG형은 주로 중요한 시설에 사용된다.

PMG형의 장점을 살리고 제 3의 발전기에 의해 길이가 길어지는 단점을 제거하려는 노력이 있어 왔으나 여자기의 회전자기 극도로 복잡하고 기계적으로 약한 단점이 있다.^{[1],[2]} 본 논문에서는 제3의 발전기가 없고 구조적으로 단순견고하며 PMG형의 장점을 갖고 있는 새로운 형태의 발전기인 이종자극여자기형 동기발전기를 간략하게 소개하고 이에 적합한 AVR의 설계를 논하고자 한다.

이 새로운 형태의 발전기는

- 1) 부하가 연결되어 있어도 항상 초기 발전이 가능하고,
- 2) 발전개시 시점은 기존의 자여자식 뿐만 아니라 PMG 방식에 비해서도 빠르다. AVR의 동작 개시 시점은 조절할 수 있는데 AVR이 동작하기 전이라도 발전은 이미 시작되어 있어 보상해야 되는 전압이 낮으므로 overshoot을 PMG형에 비해 줄일 수 있다.

본 논문에서는 이러한 새로운 구조의 동기발전기를 간략하게 소개하고 이에 적합한 AVR의 설계를 논하고자 한다.

2. 이종자극여자기의 구조와 동작

PMG형은 기존의 자여자식 발전기와 주발전기와 여자는 동일하다. 이종 자극여자기형 동기발전기는 여자기이 이 들과는 다른 형태를 갖고 있다.

2.1 이종자극여자기형 동기발전기의 구조

이종자극 여자기는 회전 전기자형의 발전기임에
 는 기존의 자여자식이나 PMG형의 여자기와 같다.
 그 계자가 다른데 계자의 일부는 영구자석으로 만
 든 자극(영구자극)이고 일부는 계자권선에 의한 자
 극(계자극)이다. 계자권선과 영구자석은 임의로 설
 치할 수 있으나 기기의 대칭성을 유지하는 것이 좋
 다. 기기의 대칭성을 유지하면 2극기와 4극기에서
 는 이종 자극으로 만들 수 없다. 6극기 또는 그 이
 상의 극수를 가진 동기가 대칭성을 유지한 이종
 자극기로 만들어질 수 있다. 여자기는 보통 주발전
 기에 비해 1.5 ~ 2배의 극수를 가지므로 주발전기
 로 이야기하면 2극기를 제외한 모든 기기에 대칭성
 을 갖는 이종자극기를 사용할 수 있다. 그림 1은 6
 극기에서의 자극 배치이다. 6극기에서는 영구자극
 과 계자극 수의 비가 1:2나 2:1이 가능하다.

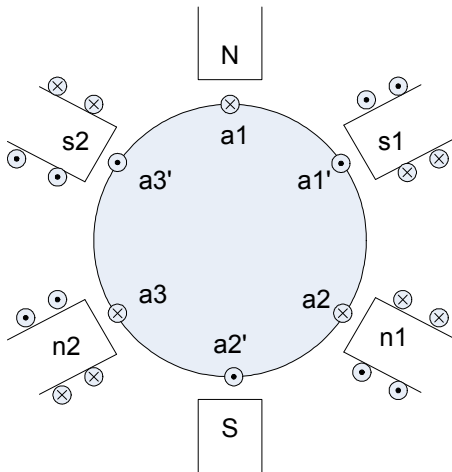


그림 1 이종자극여자기: N, S: 영구자석
 에 의한 자극, n1,n2,s1,s2: 계자권선에
 의한 자극.

2.2 이종자극 여자기의 동작

이종자극여자기의 전기자 권선이 자극당 1회선
 만 있고 회전자가 시계방향으로 회전하면 a1, a2,
 a3 권선에 발생된 기전력은 각각 그림 2의 (a),
 (b), (c) 와 같다. 세 권선의 합성기전력은 (d)와 같
 다. 이와 같이 이종자극여자기의 자극 당 자속밀도
 가 달라도 자극중 절반의 발생기전력을 직렬 접속
 하면 1/3 회전당 1/4과 대칭 파형을 얻을 수 있다.
 그림 1의 경우 영구자극의 자속을 ϕ_p , 계자극의 자
 속을 ϕ_c 라 하면 직렬 접속된 권선의 발생기전력은
 $\phi_p + 2\phi_c$ 에 비례한다. AVR이 동작하지 않아도 ϕ_p
 에 의해 발전이 되고, AVR에 의해 ϕ_c 가 제어되
 어 출력전압을 규정된 값으로 제어된다.

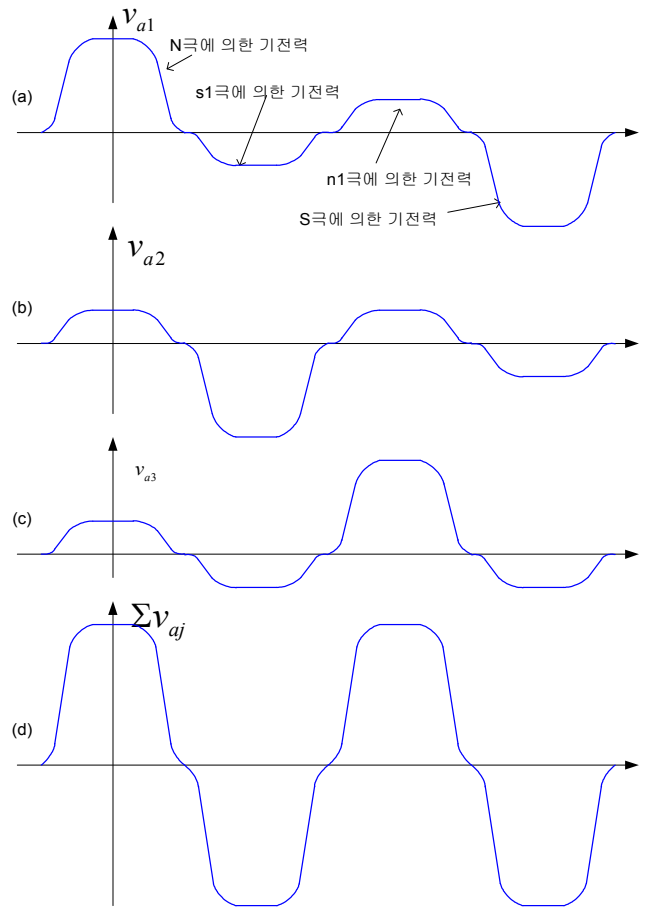


그림 2 발생된 기전력

3. 이종자극여자기용 AVR의 설계

AVR의 기능에서 중요한 점은 정상상태 오차,
 부하변동에 따른 과도응답시의 overshoot, 기동시
 의 전압확립 특성이다. 정상상태 오차, 부하변동에
 따른 과도응답시의 overshoot에 대한 설계의 원리
 는 기존의 자여자식 발전기나 PMG형과 동일하다.
 PMG 형의 주발전기와 여자기는 기존의 자여자식
 발전기의 것과 동일하다. 기존의 자여자식 발전기
 에서는 초기전압과 정격전압에서도 충분한 전류를
 흘려주기 위하여 SCR을 주전력소자로 사용한다.
 이런 기존의 회로에서는 여자회로의 에너지 회수가
 불가능하여 부하 차단시와 투입시의 응답특성이 현
 저히 다르다. 이종자극 여자기형을 위한 AVR에서
 는 DC-DC 변환기를 사용하여 일시적 에너지 회수
 가 가능하도록 설계하였다.

3.1 기동 특성

AVR의 설계에서 고려해야 하는 점은 AVR에
 안정된 전원을 공급하는 시점과 AVR이 출력전압
 을 제어하는 시점이다. 그리고 출력전압을 어떤 극

선을 그리며 목표치에 도달하게 하는 지도 매우 중요한 점이다. 부하에 따라 다른 곡선을 그릴 수 있다. 그림 3은 기동과 관련된 동작 곡선의 한 예다.

(1) 단자전압이 미리 설정된 전압에 이르면 DC-DC 변환기에 의해 안정된 직류전압이 AVR에 공급된다.

(2) 단자전압이 DC-DC 변환기의 동작개시 전압보다 높게 설정된 제어개시전압에 이르면 AVR은 내부 전압지령을 최종목표전압의 90%로 설정하고 출력전압의 제어에 들어간다.

(3) AVR은 소정의 시간 동안 내부 전압지령을 최종목표전압의 100%까지 일정한 기울기로 증가시켜가며 출력전압을 제어한다.

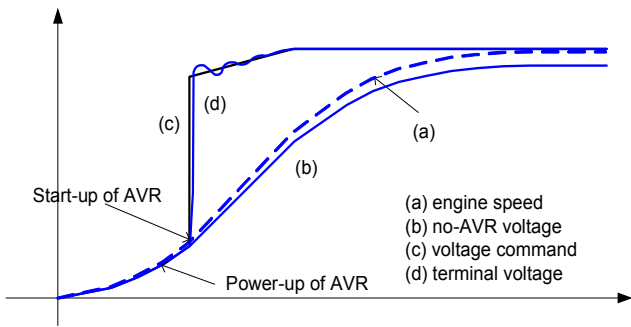


그림 3 기동특성곡선

3.2 출력전압의 제어

전압제어기는 2단으로 구성되어 있고 내부루프는 계자전류를 제어하고 외부 루프는 출력전압을 제어한다. 계자회로의 시정수 보통 0.1~1sec 정도로 매우 느리므로 200[V] 직류전압과 12.5 [kHz]의 스위칭 주파수로 DC-DC 변환기를 동작시켜 내부의 전류제어루프가 충분한 대역폭을 가질 수 있도록 하였다.

4. 실험 및 고찰

500 [kW]의 이중자극 여자기형 동기발전기를 제작하여 그림4~6의 출력 특성을 얻었다. 그림4는 선형부하시의 출력 전압 전류, 그림5는 비선형부하시의 출력전류전압, 그림6은 부하 투입 및 차단특성을 보여준다.

5. 결론

본 논문에서 이중자극 여자기형 동기발전기와 이에 적합한 AVR의 설계를 논하였고 제작한 시제품에서 그 특성을 조사하였다. 이 새로운 발전기는 비상용 발전시스템에서 기존의 자여자식 동기발전기와 PMG형의 동기발전기를 대체할 수 있는 것으로 보여진다.

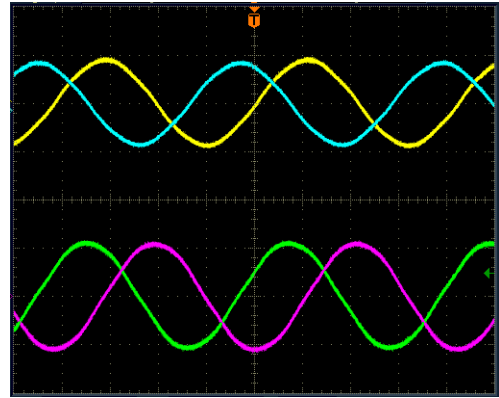


그림 4 선형부하시의 전압 전류 파형: 상: 전류 1000A/div, 하: 500 V/div, 시간: 4ms/div

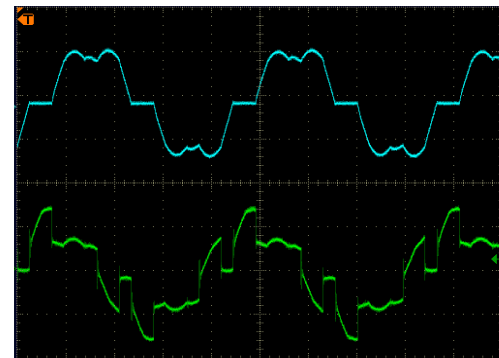


그림 5 thyristor 부하시의 전압전류 파형: 상: 전류 1200A/div, 하: 500 V/div, 시간: 4ms/div

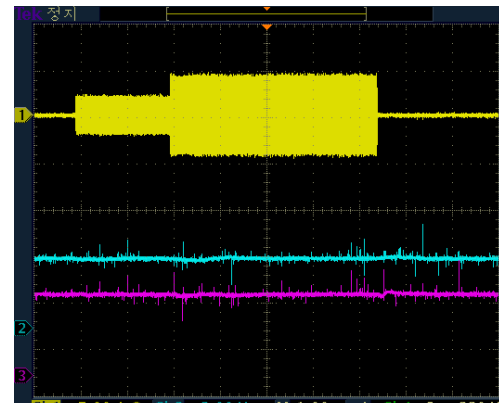


그림 6 부하 투입 및 차단특성: 상: 전류 1200A/div, 중: 회전수, 하: 단자전압, 1sec/div

참고 문헌

- [1] R.F. Lambrecht, and H. Sadeghi, "A Novel Combination of Permanent Magnet Generator and Exciter", in *Proc. IEEE Industry Applications Society Annual Meeting*, 1996, pp.487-493.
- [2] Hansen Jr et al., "Combination exciter/permanent magnet generator for brushless generator system", US patent 4223263, Sep. 1980