

력 전압 및 속도(rpm)의 경우는 약 9초 부근에서 정상상태(steady state)에 도달하는 것을 볼 수 있다. 한편 부하각의 경우는 trip이 발생한 이후로 지속적으로 증가하는 것을 볼 수 있다.

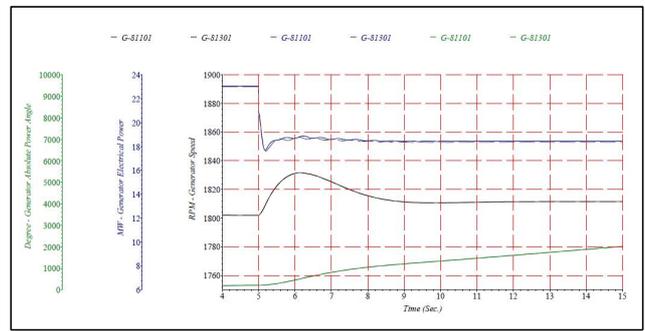
그림 4는 16MVA급의 변압기에 접속되어 있는 13.8kV의 차단기가 동작하였을 때 시스템 응답특성을 보여준다. 그림 3과 유사하게 발전기 출력 전압 및 속도도 trip이 발생한 이후 마찬가지로 과도응답 특성을 보이고 있으며 출력의 경우 약 10초 부근에서 정상상태로 도달하는 것을 볼 수 있으나 그 후에 약간의 리플현상이 발생하는 것을 관찰할 수 있다. 한편 이 경우 속도는 약 7초 부근에서 안정한 정상상태 응답특성을 보여주고 있으며 부하각은 마찬가지로 지속적으로 증가하는 형태를 갖는다.

다음으로, 그림 4의 경우와 유사한 환경이지만 단지 6.6kV의 변압기 한 대가 9.2MW의 부하에 접속된 상태에서 발전기 시스템 응답특성을 시뮬레이션을 하였으며 결과 파형은 그림 5와 같다. 여기서 5초 이후에 과도응답이 발생하며 발전기 출력 전압은 약 8초, 회전 속도는 약 9초 부근에서 정상상태로 도달하는 것을 볼 수 있다. 마지막으로, 690V의 배전반에 진입하는 3상 전력 케이블에 고장(fault)이 발생한 경우를 시뮬레이션을 실시하였다. 이러한 시나리오는 전력 공급 케이블에 있는 퓨즈(fuse)의 melt로 인하여 3상 회로가 단락이 된 경우로 간주할 수 있다. 그림 5는 이러한 시나리오 환경에 따른 발전기 시스템의 응답 특성 파형을 보여준다. 우선 발전기의 출력 전압의 경우 5초 이후에 과도응답 상태를 보이고 곧 바로 전압의 크기가 다소 감소한 정상상태에 도달하는 것을 볼 수 있다. 회전속도의 경우는 반대로 과도응답 상태 이후로 다소 증가하여 정상상태로 도달하는 것을 볼 수 있다. 이 경우 부하각은 마찬가지로 계속 상승하는 것을 관찰할 수 있다.

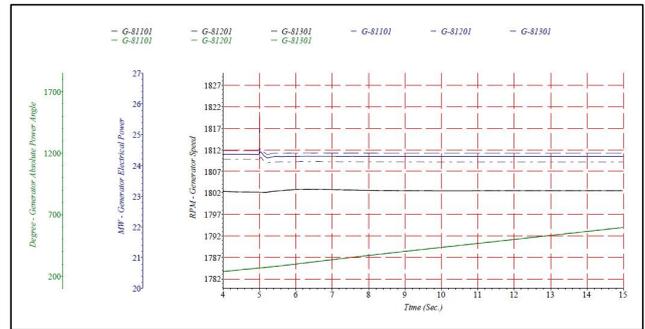
〈표 1〉 동기발전기 시스템의 주요 파라미터

〈Table 1〉 Main parameters for the asynchronous generator system

| 파라미터 | 값 |
|--------|-------------------------|
| 정격 용량 | 123.75kVA(99kW) |
| 정격 전압 | 480V |
| 정격 주파수 | 60Hz |
| 정격전류 | 148.85A |
| 역률 | 0.8 lag |
| 효율 | 0.950 |
| 극수 | 4 |
| 회전속도 | 1,800rpm |
| 여자방식 | Self-excited, Brushless |



〈그림 5〉 동기발전기 시스템 응답 곡선(13.8kV의 차단기 개방)
〈Fig. 5〉 Response curves for the synchronous generator system (opening of a 13.8kV breaker)



〈그림 6〉 동기발전기 시스템 응답 곡선(3상 전력 케이블의 고장발생)
〈Fig. 6〉 Response curves for the synchronous generator system (3-phase fault in feeder cables)

6. 결 론

본 논문은 ETAP 소프트웨어를 이용하여 선박용 동기발전기 시스템을 시뮬레이션 하였으며 다양한 외란이 적용되었을 경우 그 특성을 분석하였다. 시뮬레이션에 적용한 외란은 산업현장에서 일반적으로 발생하는 전력계통 분야의 일반적인 4가지 사항을 고려하였으며 다음과 같다.

- 전동기 부하의 trip
- 변압기 부하의 차단기의 동작 및 개방
- 3상 전력 케이블의 고장 발생

이러한 외란을 적용한 시뮬레이션 시나리오에 대하여 구성된 동기발전기 시스템의 출력 전압, 회전속도, 부하각에 대한 동특성을 각각 분석하였다. 이 외란이 발생한 이후에 출력 전압 및 회전속도는 일정한 과도응답 상태를 가지다가 그 이후에는 정상상태로 도달하는 응답을 관측할 수 있었다. 한편 부하각의 경우 시간의 경우에 따라 지속적으로 증가하는 것을 볼 수 있었다. 본 논문은 선박용 동기발전기 시스템에 대한 시뮬레이터 개발의 첫 단계로서 앞으로 연구를 지속적으로 전개해 나갈 것이며 주요 향후 연구로는 다음과 같다.

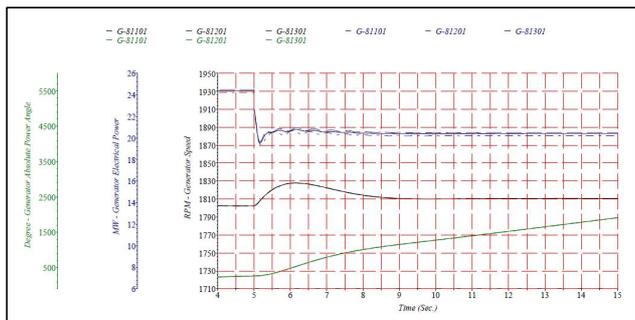
- 범용 소프트웨어를 사용한 동기발전기 시뮬레이터 개발
- 다양한 여자기 및 조속기 방식의 시뮬레이션 실시
- 기존의 ETAP 및 PTW와의 비교 연구 실시

〈감사의 글〉

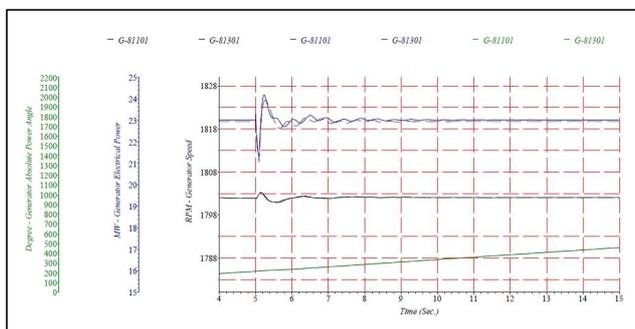
본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2014년도 산학연협력 기술개발사업(기업부설연구소 신규설치)(No. C0238956)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

〈참 고 문 헌〉

- [1] 이영찬, 정병건, “선박용 동기 발전기의 여자 제어시스템 설계,” *한국마린엔지니어링*, vol. 39, no. 3, pp. 298-305, 2015.
- [2] P. M. Anderson, A. A. Fouad, *Power system control and stability*, Wiley Inter-Science, New Jersey, 2003.



〈그림 3〉 동기발전기 시스템 응답 곡선(전동기 부하의 trip)
〈Fig. 3〉 Response curves for the synchronous generator system (tripping of a motor load)



〈그림 4〉 동기발전기 시스템 응답 곡선(13.8kV의 차단기 동작)
〈Fig. 4〉 Response curves for the synchronous generator system (closing of a 13.8kV breaker)