

지역 에너지 시스템의 계통 연계 및 독립 운전 특성에 관한 연구

°박용업*, 김광호*, 장성일**
 강원대학교*, 서울대학교**

The Operating characteristic of Community Energy System(CES)
 with Grid connection and isolation

°Y. U. Park* K. H. Kim* S. I. Jang**
 *Kangwon National Univ. **Seoul National Univ.

Abstract - This paper analyse a operating characteristics when the Community Energy System (CES) is operated islanding mode. In the near future, CES might be one of major energy supply structures. The basic concept of CES is that it supplies electrical and thermal energy to the local customer loads through the islanded power network separated from the grid. The CES must be supplying local load with stable energy on the islanding mode, analysing necessary to thoroughly the operation feature. In order to show them, in this paper, we model the CES with 2.34 MVA DG and simulate the operating feature on the islanding mode of CES. The simulation results show that, in order to stability operate, the CES need the efficient load management and generation control schemes during the transition periods.

화하기 위해서 출력전압, 주파수, 위상을 계통의 그것들과 일치시켜서 연계 하였으며, 정상적인 병렬운전 중 다양한 시나리오를 통하여 지역에너지 시스템의 연계 및 독립운전 특성을 모의해 보았다[2].

2. 본 론

2.1 분산전원 모델링

본 논문에서는 지역 에너지 시스템 독립 운전에 가장 일반적인 발전기로 사용되어지는 동기기를 선정하여 모델링 하였다. 일반적으로 동기발전기의 출력 제어 방법에서 계자 전류 제어를 통하여 그 출력 값을 제어하게 되면 발전기의 역률을 저하시키기 때문에, 좀 더 효율적인 제어를 위하여 발전기 출력단 전압과 계통 전압의 위상차 δ 를 조정한다[3]. 그림 1은 PSCAD/EMTDC에서 제공하는 동기 발전기모듈이다. 일반적으로 동기 발전기를 배전계통과 연계 할 때에는 과도현상을 감소시키기 위하여 발전기의 출력 전압 크기, 주파수, 위상 등을 계통의 조건과 유사하게 조정 한다[4]. 본 논문에서는 이와 같은 지역 에너지 시스템의 계통 연계 특성을 고려하기 위하여 동기발전기 외부에 설치되어 있는 조속기와 가버너를 함께 모델링 하였다. 지역 에너지 시스템에 연계 되어 있는 동기발전기는 1.17 MVA 2기로 가정하였다.

1. 서 론

하루가 다르게 발전하고 있는 기술력으로 인하여 최근 생산 기술 분야에서는 제품 생산의 자동화 및 대량 화가 가능해지고 있다. 또한 일반 수용가 및 산업체에서 사용하고 있는 모든 제품들은 경량화, 디지털화 되고 있는 추세이다. 따라서 이러한 제품들을 생산하기 위해서 사용되는 전력과 그 품질에 대한 중요성은 점점 더해가고 있다. 또한 현대 사회에서의 도시는 그 규모가 클수록 특별한 업무 목적을 위한 대용량 수용가가 점점 늘어나고 있으며, 이들의 전력 품질에 대한 요구 또한 엄격해지고 있다. 이는 건물의 고층화, 대형화와 더불어 정보화 된 생활을 바탕으로 한 다양한 부하가 급속하게 증가하고 있기 때문이다. 그러나 현재 우리나라의 전력 계통은 이러한 부하 용량에 대해 발전력이 한정적이며, 계통에서 발생하는 사고지점 이후의 수전단은 정전의 피해를 볼 수밖에 없는 단 방향 조류계통의 한계점을 안고 있다 [1]. 또한 배전선에서 발생하는 이상현상으로 인하여 같은 모선에 연계되어 있는 타 배전선에도 그 영향을 주는 단점을 가지고 있다. 따라서 이러한 문제들을 해결하기 위하여 최근 공장, 병원, 백화점, 대형빌딩 등 특정한 공급구역의 일부 부하에 대해 수용가가 직접 공급구역 내에서 전기를 생산, 공급하는 지역 에너지 시스템 (Community Energy System)이 각광을 받고 있다.

본 논문에서는 이러한 지역 에너지 시스템의 운전 특성을 분석하기 위하여 PSCAD/EMTDC를 이용하여 춘천 S/S의 #MTR 1의 공급 전력계통을 모델링 한 후, 배전선 말단에 분산전원을 포함한 특정 부하지역을 모델링하여 지역에너지 시스템의 운전 특성을 모의 분석하였다. 모델링 된 지역 에너지 시스템은 1.17 MVA의 용량을 갖는 동기발전기 2기를 포함한 것으로 가정하였다. 동기발전기는 계통 연계 시 계통에 미치는 영향을 최소화

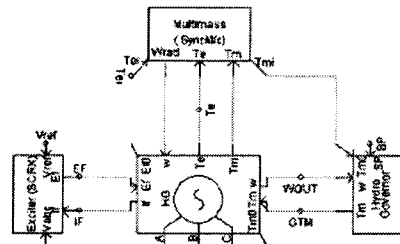
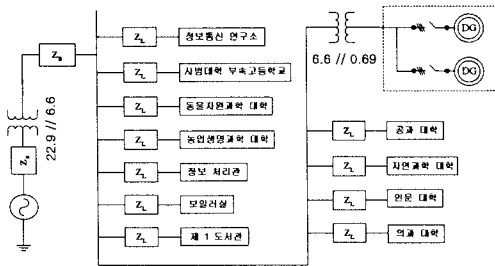
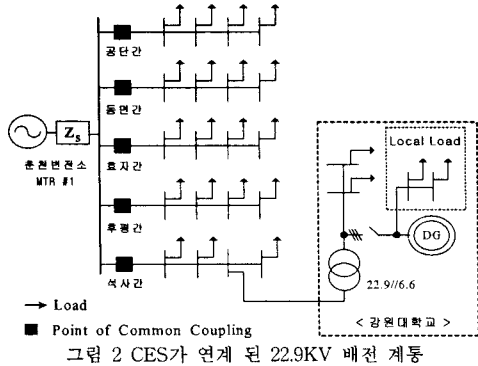


그림 1 PSCAD/EMTDC에서의 동기기 모듈

2.2 발전기 연계 배전 계통 모델링

본 연구에서 이용한 배전계통은 변전소 변압기 단락용량 60 MVA, 22.9 kV의 계통으로서 배전선은 CNCV 325mm² 지중선으로 이루어져 있다. 춘천 S/S의 MTR #1은 서로 다른 부하용량을 가지고 있는 5개의 간선으로 이루어져 있으며, 이 중 석사 간선 말단에 위치하고 있는 강원대학교를 분산전원을 포함한 지역 에너지 시스템으로 가정하고 모델링을 진행 하였다. 강원대학교는 주 변전실 변압기 용량 6 MVA, 6.6 kV의 계통이며, 배전선은 6.6 kV 지중선으로 이루어져 있다. 강원대학교에 연계 된 분산전원은 전철에서 기술한 것과 같이 PSCAD/EMTDC에서 제공하는 동기 발전기를 사용하였으며, 전체 배전계통 모델은 실 계통 데이터를 이용하여 모델링 하였다. 그림 2,3은 각각 본 논문의 22.9 kV, 6.6kV 배전 계통을 나타내고 있다.



2.3 지역 에너지 시스템 계통 연계 및 독립 운전 특성

본 절에서는 동기기로 모델링 된 분산전원이 연계되어 있는 배전 계통의 사고 발생 시 분산전원의 운전 특성과 지역 에너지 시스템의 독립 운전 시 다양한 운전 상황을 모의하였다. 지역 에너지 시스템의 계통 연계 특성을 살펴보기 위하여 2.34 MVA 용량의 분산전원을 포함하고 있는 강원대학교를 지역 에너지 시스템으로 가정하고 계통과 연계하였다.

2.3.1 배전선 사고 발생 시 분산전원 운전 특성

본 절에서는 지역 에너지 시스템이 연계되어 있는 22.9kV 배전선에서 사고가 발생하였을 경우, 분산전원 운전에는 미치는 영향을 모의해 보았다. 우선 이를 살펴보기 위해서 전체 보호기기는 동작하지 않는 것으로 가정하였으며, 사고는 지역에너지 시스템이 연계되어 있는 석사 배전선 0.4km 지점에서 1선지락 사고가 2초간 지속되는 것으로 모의하였다. 그림 4,5,6은 시뮬레이션 결과를 나타내고 있으며, 모의결과 사고로 인하여 분산전원의 회전자 속도가 가속하게 되고 이는 전체 배전계통으로 유입되는 변전소 2차측 출력에도 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 결국, 지역에너지 시스템은 배전계통에서 사고가 발생하게 되면 분산전원 및 전체 배전계통 보호를 위해서 신속히 분리되어야 하며, 사고가 제거되면 계통과의 연계 조건을 만족 시킨 후 연계되어야 한다.

2.3.2 지역 에너지 시스템 독립 운전 특성

전절의 모의 결과에서 보았듯이, 배전계통에서 발생한 사고는 분산전원의 운전특성에 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었으며, 이로 인하여 전체 계통에 미치는 영향 역시 매우 큰 것을 확인할 수 있었다. 따라서 배전선에서 사고가 발생하게 되면, 지역 에너지 시스템의 안정적인 운전을 위해서 신속히 독립 운전으로 전환해야 한다. 이때 지역 에너지 시스템의 로컬부하의 용량이 분산전원의 용량보다 큰 경우에는 그림 7과 같이 분산전원의 회전자 속도가 크게 감소하는 현상이 발생하게 된다. 따

라서 독립 운전 시 로컬부하가 과부하인 경우에는 지역 에너지 시스템의 안정적인 전력 수급을 위해서 부하를 분산전원의 용량에 맞게 절체를 해야한다. 이를 위해서는 지역 에너지 시스템의 설계 시 각각의 부하군에 대해 전력 공급의 유무에 따른 손실의 정도를 충분히 고려하여 그 중요순서를 정의한 후, 위와 같이 부하 절체가 필요한 경우 알맞게 절체하게 된다. 그림 8,9는 이와 같은 운전특성 시나리오를 모의한 결과를 나타내고 있다. 분산전원은 2초에 계통과 연계하여 6초부터 출력을 서서히 증가하는 것으로 가정하였다. 사고는 석사 간선 0.4km 지점에서 14.5초에 1선 지락 사고를 2초간 발생시켰으며, 이 때 지역 에너지 시스템의 주차단기는 일반적인 과전류 계전기 특성을 적용하였다. 따라서 사고가 발생하게 되면 지역 에너지 시스템은 0.5초 후에 독립 운전으로 전환되며, 과부하 절체는 독립 운전 전환 후 두 번에 나누어 0.2초 간격으로 절체하는 것으로 가정하였다. 모의 결과 독립운전으로 전환 후, 과부하로 인한 과도현상이 발생하지만 분산전원의 용량에 맞게 부하를 절체하게 되면 다시 정상적으로 발전기가 운전됨을 알 수 있었다. 또한 부하 절체 시에는 차단 시간이 짧을 수록, 절체 횟수가 적을수록 발전기의 과도현상이 작게 나타남을 알 수 있었다.

다음으로는 위의 경우와 반대로 로컬부하가 경부하인 경우에 대해서 시뮬레이션을 모의하였다. 로컬부하가 분산전원의 용량보다 작은 경우에는 그림 10과 같이 회전자 속도가 크게 증가하는 현상이 발생하게 된다. 따라서 이와 같은 경우에는 부하의 용량에 맞게 발전기의 출력을 제어하여 안정적인 운전을 하게 된다. 본 논문에서는 일반적인 발전기의 주파수 계전기가 동작되지 않는 범위에서 출력을 제어하였다. 계통 및 사고 조건은 위의 경우와 동일한 것으로 가정하였으며, 모의 결과 독립운전 전환 시 로컬부하의 용량으로 인한 과도현상이 발생하지만, 발전기의 출력을 제어하여 안정적인 운전을 할 수 있었다. 그림 11,12는 모의 결과를 나타낸 그림이다.

다음으로는 독립 운전 시 내부 배전선에서 사고가 발생한 경우에 대해서 모의해 보았다. 내부 배전선에 설치되어 있는 과전류 계전기는 위의 경우와 마찬가지로 일반적인 과전류 계전기 특성을 적용하였으며, 사고는 16초에 강원대학교 자연과학대학에서 1선 지락 사고가 발생하여 0.6초에 계전기가 동작하는 것으로 가정하였다. 모의 결과를 나타낸 그림 13~16에서 보듯이 지역 에너지 시스템의 내부 배전계통에서 사고가 발생하게 되면, 신속히 사고 배전선을 절체 한 후, 줄어든 부하용량 만큼 발전기의 출력을 제어하여 안정적인 운전을 할 수 있었으며, 발전기와 부하의 용량에 따라 계전기의 특성을 알맞게 적용해야 안정적인 운전을 할 수 있음을 알 수 있었다.

3. 결 론

본 논문에서는 과도 현상 해석 프로그램인 PSCAD/EMTDC를 이용하여 계통에서 발생한 사고가 지역 에너지 시스템에 미치는 영향 분석 및 단독 운전 시 사고 및 부하 특성에 따른 발전기 운전 특성을 모의하였다. 최초 지역 에너지 시스템의 계통 연계 시 계통에 미치는 영향을 최소화하기 위해서 분산전원의 출력전압, 주파수, 위상을 계통의 그것들과 일치시켜 연계하였으며, 정상운전 중 각각의 시나리오에 대한 모의를 진행하였다. 모의 결과 병렬 운전 시 배전선에서 사고가 발생하게 되면, 분산전원 및 전체 배전계통의 과도현상을 줄이기 위해서 최대한 신속히 계통으로부터 분리되어야 한다. 지역 에너지 시스템의 단독 운전 시에는 담당하는 로컬부하의 용량에 따라 발전기의 출력 특성이 달라지는데, 부하 용량에 맞는 발전기 출력 제어 및 부하 절체를 통하여 지역 에너지 시스템의 안정적인 운전을 할 수 있음을 알 수 있었다. 또한 지역 에너지 시스템이 도입되게 되

단방향 조류 시스템 방식에서 양방향 조류 시스템으로 바뀌게 됨에 따라, 전체 배전시스템의 안정적인 시스템 운영을 위한 알맞은 보호 협조가 마련되어야 할 것으로 예상된다.

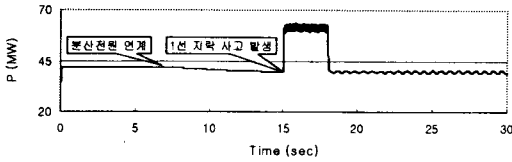


그림 4 병렬운전 사고 발생 시 변전소 2차측 출력

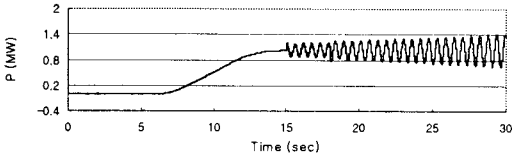


그림 5 병렬운전 사고 발생 시 DG 출력

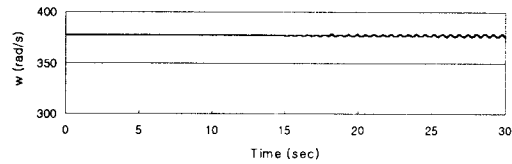


그림 6 병렬운전 사고 발생 시 DG 회전자 속도

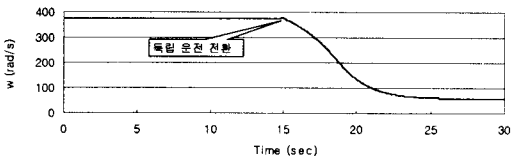


그림 7 로컬부하의 과부하 시 DG 출력

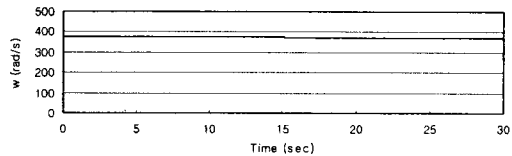


그림 8 로컬부하의 과부하 절체 시 DG 회전자 속도

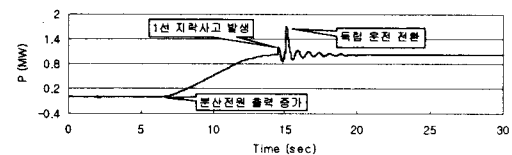


그림 9 로컬부하의 과부하 절체 시 DG 출력

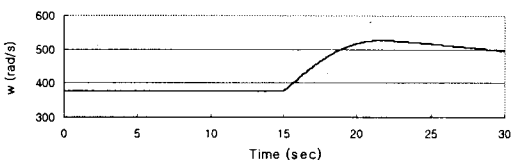


그림 10 로컬부하의 경부하 시 DG 회전자 속도

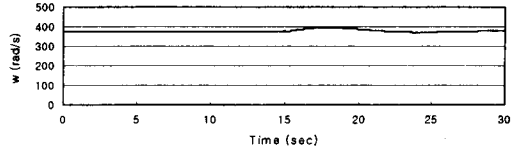


그림 11 경부하 시 DG 회전자 속도(DG 출력제어)

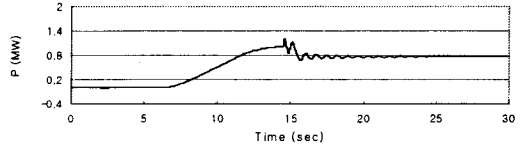


그림 12 경부하 시 DG 출력(DG 출력제어)

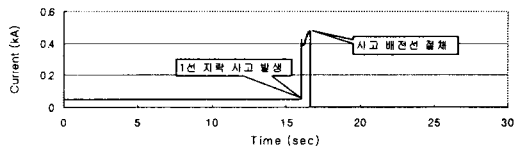


그림 13 내부사고 발생 시 사고 배전선 계전점 전류

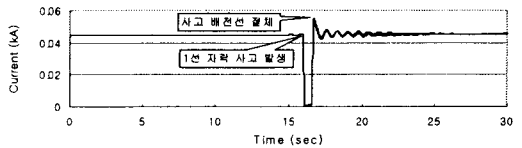


그림 14 내부사고 발생 시 인접 배전선 계전점 전류

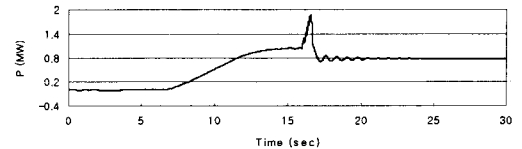


그림 15 내부사고 발생 시 DG 출력(DG 출력제어)

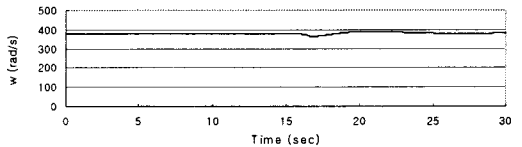


그림 16 내부사고 발생 시 DG 회전자 속도(DG 출력제어)

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력공학공 동연구조(R-2003-0-291) 주관으로 수행된 과제임.

참고 문헌

- [1] Philip P. Barker, Robert W. de Mello, "Determining the Impact of Distributed Generation on Power Systems: Part1-Radial Distribution Systems."
- [2] Manitoba HVDC Research Centre, " EMTDC V3 User's Manual"
- [3] Arthur R. BERGEN, Vijay Vittal "Power Systems Analysis" Second Edition
- [4] William J. O'Halloran and Kenneth W. Ramsay "Power Management"