

일체형 원자로 REX-10을 이용하는 지역에너지시스템의 운영 시나리오 개발

정종찬*, 김광호*, 박군철**

강원대학교 IT특성화학부대학 전기전자공학부*, 서울대학교 원자핵공학과**

Development of the operation scenario for Community Energy System(CES) using REX-10

Jong-Chan Jeong*, Kwang-Ho Kim*, Goon-Cherl Park**
Kangwon National University*, Seoul National University**

Abstract - 본 논문에서 일체형 원자로인 REX-10과 가스터빈발전기를 전원으로 이용하는 지역에너지시스템을 모델링 하고, 한국전력공사 전력계통과 연계운전 또는 독립운전하는 지역에너지시스템 안정적 운영 방법 모의와 운전 중 발생할 수 있는 문제점을 모의하기 위해 운영 시나리오를 개발 적용하였다.

를 병렬운전하도록 하였다. 가스터빈발전기는 REX-10발전기 고장시 비상용전원과 피크부하를 담당하게 된다.

1. 서 론

지역에너지란 지역에서 개발 및 이용이 가능한 에너지인 태양광, 태양열, 풍력, 지열 같은 신재생에너지와 폐기물 등을 이용하는 것을 말한다. 지금까지의 지역에너지사업자는 주로 화력 발전을 하면서 나오는 열에너지를 이용하여 발전소 주변 지역 수용가에게 열수와 전력을 동시에 공급하는 것을 말하는 것으로 열병합발전이라고 한다. 지역에너지시스템란 특정지역이나 건물에서 에너지를 직접생산하여 소비하는 형태를 말하며, 도서지역, 상업용 건물, 산업단지, 대학교, 병원등에서 자체적으로 신재생에너지 및 기타에너지를 이용 전력 및 열에너지를 공급받는 것이다. 부족한 전력은 한전계통과 연계하여 공급받기도 하며, 전기적 측면에서는 마이크로그리드(Micro Grid) 또는 스마트그리드(Smart Grid)와 비슷한 의미로 해석 할 수도 있다.

일반적으로 원자로는 우리나라 영광이나 고리에 있는 대형원자로를 말하는것으로서 방사능 유출과 폐기물 문제로 오래된 원자로는 폐쇄되었고, 새로운 원자로에 추가 건설이 중단된 상태였다. 그러나 최근들어 이산화탄소 배출과 같은 환경문제가 대두 되면서 이산화탄소를 배출하지 않는 신재생에너지원으로써 원자로에 대한 관심이 증대되고 있다. 원자료를 이용한 발전의 장점은 태양광, 풍력과 같이 일기상태에 따라 에너지 생산공급 가능여부가 결정되는 것이 아니라 필요에 따라 지속적으로 공급가능하다는 것이다. 이러한 원자료를 지역에 제한 받지 않고 설치 사용할 수 있도록 개발 한 것이 일체형원자로이다. 기존의 원자로는 시설 규모가 크고 안전거리 확보등 입지선정과 건설에 어려움이 있다. 그러나 일체형 원자로는 원자로에 필요한 각종설비 및 안전장비를 소형화, 모듈화하여 공장에서의 생산 및 이동설치가 가능하도록 한 것으로 군사적으로는 잠수함, 항공모함에 이용되며 민간부문에서는 해수담수화 설비에 주로 이용된다.

REX-10은 일체형원자로의 일종으로 기초전력연구원에서 기초연구 중인 소형원자로이다. 개발목표는 방사능으로부터 안전하면서도 장기간 지속적인 에너지 공급이 가능하도록 하는 것이며, 공급가능 에너지는 열에너지와 전기에너지이다.

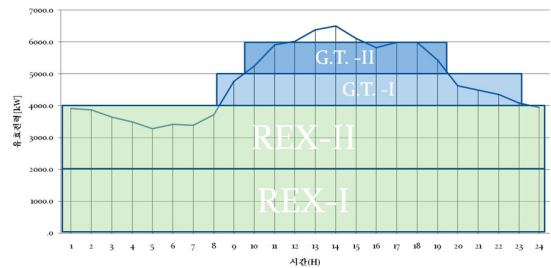
본 논문에서는 기초연구 중인 일체형 원자로 REX-10의 발전기를 이용 지역에너지시스템 전력을 공급하는 과정에서 발생 할 수 있는 문제점과 안정적 운영 방식을 찾기 위한 시나리오를 개발하였다.

2. 본 론

2.1 지역에너지시스템(CES) 모델링 및 내부 발전기 운영

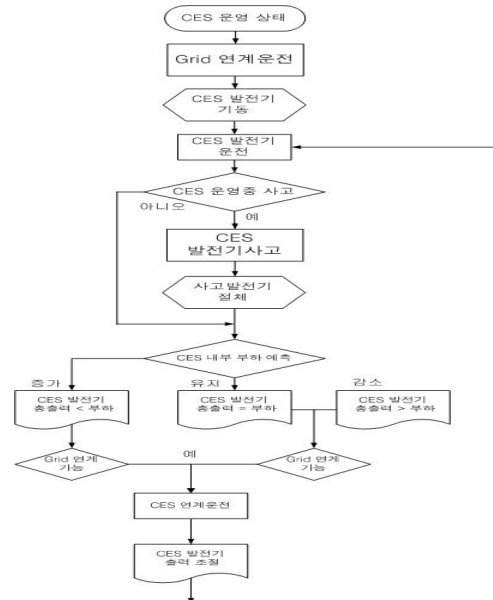
본 논문에서는 일체형원자로 REX-10과 비상용 및 피크부하용 발전기로는 가스터빈 발전기를 모델링 하였으며, 이 두 종류의 발전기가 병렬 운전하며 전력 및 열부하를 공급하는 지역에너지시스템(Community Energy System, CES) 내부의 배전선로 및 부하를 모델링하였고, 모델링된 지역에너지시스템에 운영 시나리오 개발을 위한 상황 모의에는 전력계통 과도현상 해석프로그램인 PSCAD/EMTDC를 이용하였다.

지역에너지시스템은 한국전력계통으로부터의 전력 공급 여부에 따라 연계운전과 독립운전로 나눌 수 있다. 도서 지역에서 운영되는 지역에너지시스템을 제외한 일반적인 지역에너지시스템은 운영 중 상황에 따라 연계운전 중 독립운전으로 전환될 경우도 있으며, 반대의 경우도 발생할 수 있다. 지역에너지시스템을 대학교내 전력계통으로 가정하여 내부의 배전선 및 부하를 모델링 하였으며, 전원으로는 REX-10과에 연결되어 전력을 생산하는 2[MVA] 발전기 2기와 1[MVA]의 가스터빈발전기 2기



〈그림 1〉 부하변화에 따른 지역에너지시스템 내부발전기 운영

〈그림 1〉은 하루 24시간 동안의 지역에너지시스템의 부하변동 곡선으로 REX-10 발전기 2기가 기저부하를 담당하고, 피크부하는 가스터빈발전기가 담당하도록 되어있다. 내부발전기 출력 이상의 부하증가는 한국 전력계통으로부터 전력을 공급받는다.

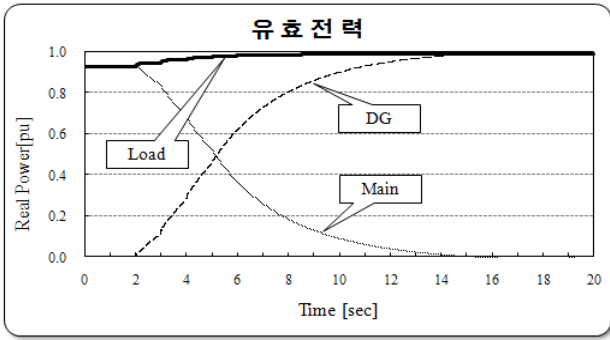


〈그림 2〉 지역에너지시스템을 위해 개발된 시나리오

2.2 운영상황에 따른 시나리오

본 논문에서는 한전 전력계통과 지역에너지시스템이 연계운전하는 것으로 모델링하였다. REX-10 발전기 2기와 가스터빈발전기 2기가 지역에너지시스템의 내부부하에 6[MVA]의 전력을 공급하도록 모의하였다. 운영중 발생하는 상황에 따라 부하절제 및 발전기 절제가 이루어진다.

2.2.1 지역에너지시스템 내부 발전기기동

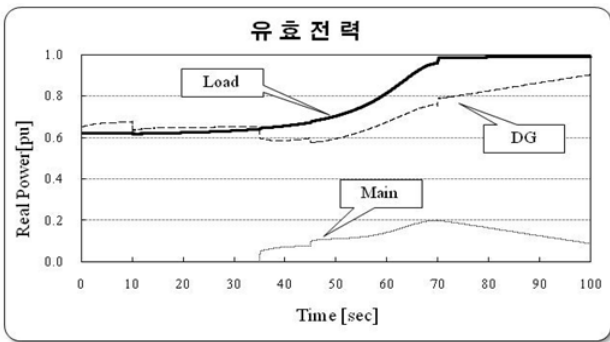


〈그림 3〉 지역에너지시스템 내부발전기 기동

〈그림 3〉은 한전 전력계통(Main)에 연계운전 중인 지역에너지시스템의 내부발전기(DG) 4기가 2[Sec]부터 1[Sec] 간격으로 투입될 경우 지역에너지시스템 내부계통(Load)의 유효전력변화를 모의 한 것이다. 지역에너지시스템 내부 발전기의 출력이 증가함에 따라 12[Sec] 걸쳐 유효전력[pu](P base=6MW)이 변화하는 것을 볼 수 있다.

〈그림 3〉에서 지역에너지시스템 내부발전기의 출력이 증가함에 따라 유효전력증가를 보이는데 이것은 부하증가에 의한 것이 아니라 지역에너지시스템 내부계통의 전압이 한전 전력계통의 전압보다 높아지기 때문에 발생하는 현상이다.

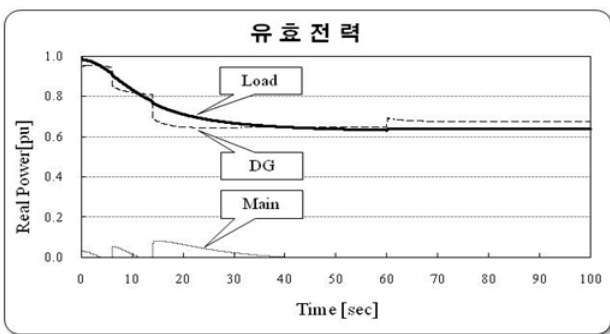
2.2.2 지역에너지시스템 부하변화



〈그림 4〉 지역에너지시스템 부하증가

〈그림 4〉는 지역에너지시스템이 한전 전력계통과 연계운전 중 부하가 4[MVA]에서 6[MVA]로 증가 하는 경우를 모의 한 것이다. 지역에너지시스템 내부발전기가 부하추종을 하는 동안 부족한 전력을 한전 전력계통으로부터 공급받고 있다. 처음에는 REX-10 발전기 2기로 지역에너지시스템 내부부하의 전력을 공급하는 중 부하가 증가함에 따라 10[Sec]와 35[Sec]에 가스터빈발전기를 차례로 추가 투입하여 부하 추종운전을 한다.

〈그림 4〉에서 지역에너지시스템 내부의 가스터빈발전기 투입 과정 중에 나타나는 과도현상으로 인하여 지역에너지시스템 부하에 미치는 현상은 없으나 한전 전력계통에는 과도현상이 발생하였다. 지역에너지시스템 내부발전기 투입시 한전 전력계통에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 투입될 지역에너지시스템 내부발전기의 동기 및 전압을 정확히 조절하여야 한다.

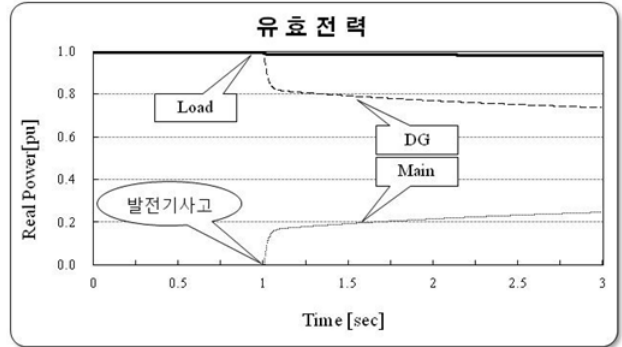


〈그림 5〉 지역에너지시스템 부하감소

〈그림 5〉는 지역에너지시스템이 한전 전력계통과 연계운전 중 부하가 6[MVA]에서 4[MVA]로 감소 하는 경우를 모의 한 것이다. 지역에너지시스템 가스터빈발전기는 부하가 감소함에 따라 6[Sec]와 14[Sec]에 각 각 지역에너지시스템의 전력계통으로부터 절체된다.

〈그림 5〉에서 REX-10 발전기 2기와 병렬운전 중인 가스터빈발전기가 절체됨에 따라 한전 전력계통에 과도현상이 발생하며, 이러한 과도현상은 내부발전기 절체에 따른 전력계통 전압 변동에 의한 것이다. 지역에너지시스템 운영 중 발전기 절체와 투입에 따라 전력계통에 발생하는 과도현상 최소화를 위해서는 전압의 변화를 최소화 하기 위한 설비가 추가되어야 할 것으로 판단되어진다.

2.2.3 지역에너지시스템 운영 중 발전기 사고



〈그림 6〉 연계운전중 지역에너지시스템 발전기사고

〈그림 6〉은 한전 전력계통과 연계운전 중인 지역에너지시스템의 REX-10 발전기 1기에 사고가 발생하여 절체되는 경우를 모의 한 것이다. 지역에너지시스템의 REX-10 발전기 1기가 사고로 2[Sec] 절체된다.

〈그림 6〉 2[MVA]의 전력을 지역에너지시스템에 공급하던 REX-10의 발전기가 사고로 1[Sec] 절체되면서 한전 전력계통에 급격한 과도현상이 발생하나 지역에너지시스템의 부하에는 큰영향 없이 운전할 수 있음을 알았다. 지역에너지시스템의 유효전력이 약간 감소하는것은 REX-10 발전기의 절체로 인한 전압강하가 원인이다.

따라서 지역에너지시스템에서 전력을 공급하는 내부발전기에 절체 투입으로 인한 전압변화를 최소화 하기 위한 설비가 도입되어야 한다.

3. 결 론

본 논문에서는 일체형원자로인 REX-10의 발전기와 가스터빈발전기를 전원으로 사용하면서 한국전력의 전력계통과 연계운전하는 지역에너지시스템(Community Energy System, CES)을 모델링하였다. 개발된 시나리오를 모델링된 지역에너지시스템에 적용하여, 지역에너지시스템의 운전 상황을 모의 하였고, 개발된 시나리오 모의에는 전력계통 과도현상 해석 프로그램인 PSCAD/EMDC를 사용하였다.

모의 결과를 분석하여 모델링된 지역에너지시스템의 운영 상황별 특성 및 문제점을 파악 할 수 있었으며, 한전전력계통에 미치는 영향도 파악하였다. 그 결과 지역에너지시스템에 주 전원이 되는 내부발전기 투입 및 절체시 영향을 최소화하기 위해서는 동기 투입과 동시에 지역에너지시스템의 전압을 조절할 수 있는 설비가 필요함을 알았다.

향후 Dynamic Voltage Regulator(DVR)을 모델링하여 개발된 시나리오를 적용 지역에너지시스템의 운영안정성을 향상시키고자 한다.

감사의 글

본 과제(결과물)는 지식경제부의 지원으로 수행한 에너지자원인력양성사업의 연구결과입니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국전력공사 중앙교육원, “배전보호협조구조”, 2001
- [2] 한국전력공사 “계통보호업무절차서”
- [3] 박용업, “CES(지역 에너지 시스템)의 계통 연계 및 독립운전 특성에 관한 연구”, 2005. 2.