독립형 마이크로그리드의 신뢰도향상을 위한 최적시스템 개념 설계

이지헌, 한병문
명지대학교

Optimum System Design for Reliability Improvement of Stand-alone Type Micro-grid

Ji-Heon Lee, Byung-Moon Han
Myongji University

ABSTRACT

본 연구에서는 독립형 마이크로그리드의 신뢰도를 향상시키기 위한 최적시스템 개념 설계를 제안하고 그 성능과 동작을 분석한 내용에 대해 기술하고 있다. 제안하는 시스템의 동작 타당성을 체계적으로 분석하기 위해 PSCAD/EMTDC 소프트웨어를 이용한 시뮬레이션 모델을 개발하였으며 개발한 시뮬레이션 모델을 이용하여 제안하는 시스템의 동작특성을 다양하게 분석하였다.

1. 서 론

최근 스마트그리드의 대두와 함께 국내외적으로 도서지방이나 오지에서는 풍력, 태양광, 연료전지 등의 분산전원과 에너지 저장을 복합적으로 운용하여 부하에 전력을 공급하는 독립형 마이크로그리드의 설치가 증가하고 있다.

하지만 마이크로그리드의 시스템 용량 산정 및 운영에 대한 최적설계가 잘 이루어져 있지 못하여 고장이 많고 공급신뢰성이 낮은 실정으로 인해 빈번한 유지보수가 이루어지고 있다.

본 논문에서는 독립형 마이크로그리드의 신뢰도와 분산전원의 활용도를 향상시키기 위한 최적시스템 개념 설계를 제안하고 그 성능과 동작을 분석한 내용에 대해 기술하였다. 제안하는 시스템의 동작 타당성을 체계적으로 분석하기 위해 PSCAD/EMTDC 소프트웨어를 이용한 시뮬레이션 모델을 개발하였으며 이를 이용하여 시스템의 동작특성을 분석하였다.

2. 본 론

2.1 시스템 설계

제안하는 독립형 마이크로그리드는 그림 1에 보인 것처럼 전체 시스템의 효율과 가격 운용의 용이성을 고려하여 DC 마이크로그리드 형태로 구성하였다. 분산전원으로는 재생에너지원으로 풍력발전과 태양광발전을 사용하며 출력조절이 가능한 디젤발전기를 사용하였다. 에너지저장요소는 장시간 전력관리가 가능한 배터리 중에서 가격과 성능을 고려하여 Ni-MH 배터리를 사용하였으며 부하에는 인버터를 통하여 교류전력을 공급하게 된다. 각각의 전력변환기들은 하위제어기에 의하여 제어되며 CAN-to-IEC 61850 통신을 통해 모니터링에 필요한 변수들을 상위제어기와 송수신한다.

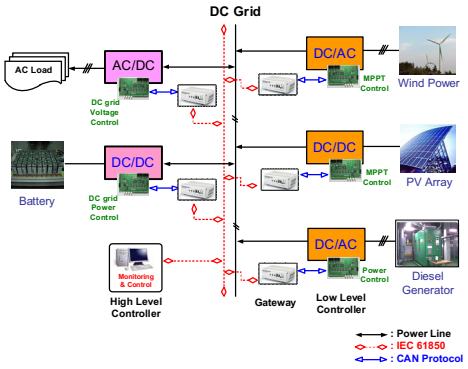


그림 1 독립형 마이크로그리드의 구성
Fig. 1 Configuration of Stand-alone Type Micro-grid

독립형 마이크로그리드에 있어서 시스템의 전체적인 용량은 가격적인 면과 설치지역의 기후조건을 고려하여 설계되어야 하며 본 논문에서 사용하는 시스템 설계 절차를 그림 2에 나타내었다.

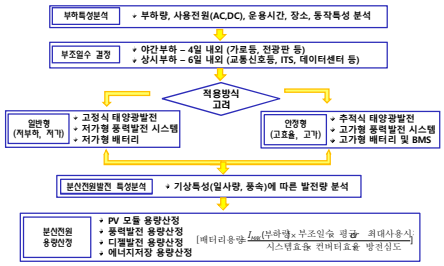


그림 2 시스템 설계 절차
Fig. 2 Design Flow of the System

2.2 신뢰도 향상을 위한 협조적 Droop 제어 기법

독립형 마이크로그리드는 기존 전력망과 단절되어 있기 때문에 유사시 전력 균형을 조절하지 못하면 연계망 및 부하에 큰 사고가 발생할 수 있기 때문에 시스템의 운용기법의 비중이 상당히 크다.

본 논문에서는 각 기기가 연계단의 전압에 따라 자율적으로 협조제어를 수행하면서 전력균형을 유지하는 Droop 제어기법을 제안하며 그림 3에 나타내었다. 기본적인 전력관리는 배터리에서 수행하며 DC 그리드의 전압을 관측하여 전압의 변동률에 따른 협조적 Droop 제어를 수행하게 된다.

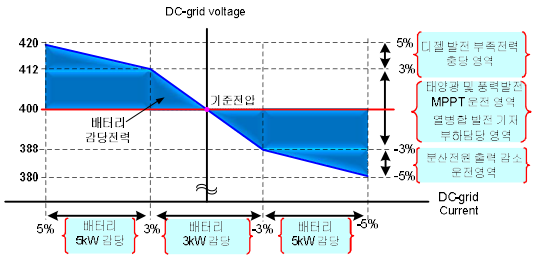


그림 3 협조적 Droop 제어 개념
Fig. 3 Concept of Cooperative Droop Control

기존 여러 독립형 전원시스템의 경우 배터리 관리를 제대로 못함으로 인하여 수명의 단축 및 유지보수에 많은 어려움이 있었다. 이를 보완하기 위한 배터리 보호 운용기법을 그림 4에 나타내었다. 배터리 SOC에 대한 운용영역을 설정하고 이에 대한 Dead Band를 두어 이 안에서는 배터리의 감당전력을 낮추고 전력균형 유지를 위해 분산전원의 협조제어를 수행한다.

이로 인해 Droop 곡선은 DC 그리드에 유입되는 전력량과 배터리 SOC에 의해 자동적으로 변동하게 된다.

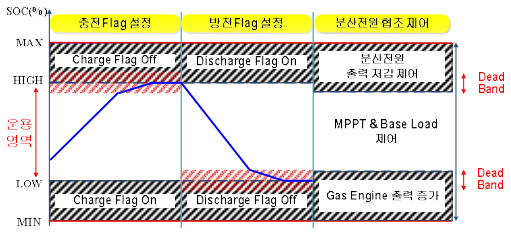


그림 4 배터리 보호 운용 기법
Fig. 4 Operational Method for Battery Protection

그림 5에 각 컨버터의 제어 블록도를 나타내었다. 분산전원 제어 컨버터는 DC그리드 전압의 3% 내에서는 최대출력추종제어 또는 기저부하 담당제어를 수행하며 3~5% 내에서는 협조제어를 수행한다. 마이크로그리드 전력관리를 위한 배터리 컨버터의 Droop 제어기를 그림 6에 나타내었다. 순환전류를 억제하기 위한 제어기법을 사용하며 DC 그리드 전압 및 SOC보호에 대해 등가 임피던스는 변동한다.

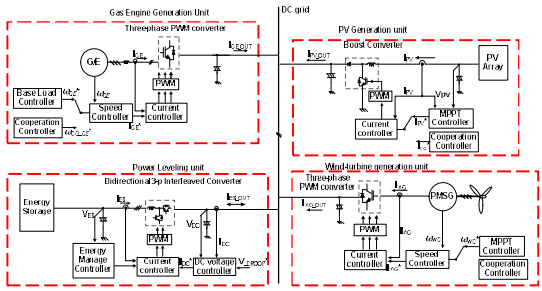


그림 5 컨버터 제어 블록도
Fig. 5 Control Block of Converters

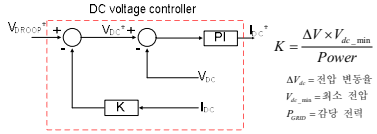
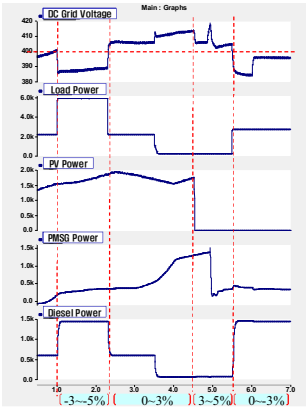


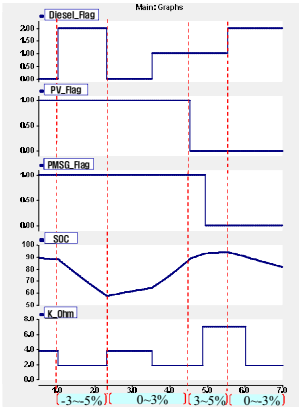
그림 6 Droop 제어 블록도와 등가 임피던스 산정
Fig. 6 Droop Control Block & Calculation of Virtual Impedance

3. 모의실험을 통한 분석

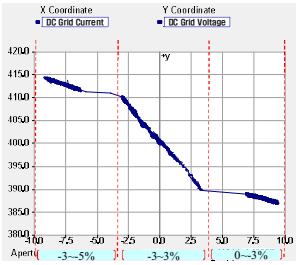
제안하는 기법의 타당성을 검증하기 위하여 PSCAD/EMTDC 소프트웨어를 사용하여 모의실험을 수행하였으며 실제와 유사한 성능의 검증을 위해서 개발된 분산전원 모델들이 사용되었다. 그림 7(a)는 DC 그리드 전압과 각 부 전력을 나타내며 7(b)는 협조제어 동작명령과 SOC, 등가임피던스를 나타낸다. DC 그리드의 전압과 배터리 SOC에 따라서 분산전원들은 자율적으로 협조제어를 수행하며, 배터리의 등가임피던스가 변동되고 있다. 그림 7(c)는 협조 Droop 곡선으로서 DC 그리드의 전압에 대해 배터리에서 영역 별 전력관리를 수행하고 있다. 그림 7(d)는 배터리 보호 영역인 Dead Band에서 등가임피던스의 조절에 의한 Droop 곡선을 나타낸다.



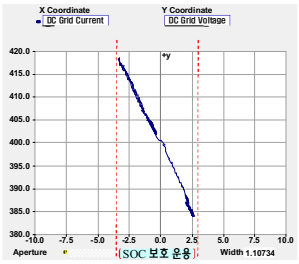
(a) DC그리드전압, 각 부 전력



(b) 협조제어 동작명령, SOC



(c) 협조 Droop 곡선



(d)SOC 보호 Droop 곡선

그림 7 시뮬레이션 결과
Fig. 7 Simulation Result

4. 결 론

본 논문에서는 독립형 마이크로그리드의 신뢰도와 분산전원의 활용도를 향상시키기 위한 최적시스템 개념 설계를 제안하였다. 제안하는 시스템의 동작 특성을 체계적으로 분석하기 위해 PSCAD/EMTDC 소프트웨어를 사용한 시뮬레이션 모델을 개발하였으며 이를 이용하여 타당성을 검증하였다. 본 연구결과는 독립형 마이크로그리드의 표준화 및 기초연구로 널리 활용될 것으로 보인다.

본 연구는 중소기업청의 산학연 공동기술개발사업(과제번호:2011-0259)의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.