

분산전원의 배전계통 연계에 따른 재폐로 계전기 운영 방향에 관한 연구

정종찬, 김광호

강원대학교 IT특성화학부대학 전기전자공학부

The study on the direction of the reclosing relay operating for Distributed Generation interconnection with distribution power system

Jeong Jong Chan, Kim Kwang Ho
Kangwon National University

Abstract - 전력 계통에 연계형 분산전원이 도입되므로 인하여 기존 배전선로와 달리 양방향 전력조류가 발생, 이에따른 보호계전방식의 수정을 필요로 하므로, PSCAD-EMTDC 시뮬레이터를 통하여, 이때의 배전계통의 현상들을 모의하고, 이에 따른 대책을 제시하므로 하여 배전계통 신뢰도를 향상시키기 위한 연구를 진행하였습니다. 기존선로를 이용해 연계된 분산전원과, 전용선로를 통하여 연계된 분산전원을 모의하고, 부하 상태와 사고 형태에 따른 시뮬레이션을 진행 현상을 분석하여 새로운 운영방식을 제시하였다.

1. 서 론

현대사회에서 전력소비량은 지속적으로 증가함에도 불구하고, 대단위 발전설비 도입의 어려움을 겪고 있다. 또한 발전전력의 전송을 위한 송변전 시설의 확충에도 여러 문제점을 가지고 있다. 그러므로 이러한 문제를 해결하기 위해서 전력생산과 소비가 동일 지점에서 이루어지면서 기존의 전력계통과 연계운전하는 형태의 설비를 분산전원(DG)이라 한다. 이러한 설비들이 전력계통으로 전력을 공급한다는 것은, 기존에 단방향의 전력조류만을 기준으로 운영되던 배전계통에 양방향 전력조류를 허용한다는 것으로써 수용가에 전력공급을 위한 배전시스템의 운영, 보호 및 관리등에 있어서 새로운 기준을 마련하게 되었다.

한국전력공사에서는 1996년에 타사 발전기 병렬운전 연계선로 보호업무 지침에 따르면 분산전원이 도입된 배전선로(D/L)에서는 재폐로 계전기설치 및 운영을 제한하고 있으며, 이는 재폐로에 의해 정상운전에 가능한 순간고장도 연구고장도 동일하게 일시정전을 일으키게 되는 것으로 분산전원이 도입된 선로에 전력공급 안정성이 떨어지게 된다.

본 논문에서는 이러한 분산전원이 계통에 도입되었을 때 재폐로가 발생할 수 있는 다양한 사고형태 및 운전 상황을 시나리오로 설정하였으며, 연계 전력계통 및 지역에너지 시스템의 구내 배전 계통과 분산전원을 모델링 한 후, 시나리오를 적용하여 재폐로를 실시하였을 경우의 과도 현상을 모의 분석하였다.

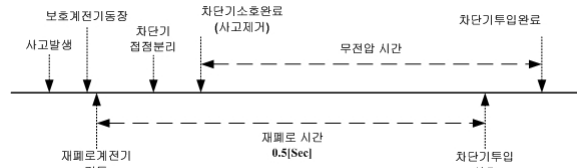
2. 본 론

2.1 재폐로계전기 (Reclosing Relay)

본 논문에서는 22.9kV 배전 선로에 사용되는 3상재폐를 모의하였으며, 3상 재폐로계전기의 특성은 사고의 종류에 관계없이 3상을 모두 차단하고 3상을 재투입하는 방식이다. 따라서 차단기를 재투입시는 양쪽 계통의 동기를 검정하여야 하므로 동기검출계전기나 조류검출계전기 등과 함께 사용한다. 3상재폐로는 단상재폐로보다 고속도로 차단기를 투입 할 수 있다는 점과 관련 제어가 간단하다는 장점이 있다

2.1.1 재폐로 시간 (Reclosing Time)

보호계전기의 동작으로 재폐로 계전기가 기동되고부터 재폐로 계전기가 차단기에 투입신호를 보내는 순간까지의 시간을 의미하며 보호계전기 동작, 차단기 및 재폐로 계전기의 동작순서를 <그림1>과 같이 나타내었다. 본 논문에서는 22.9kV 배전선로의 재폐로 계전기의 재폐로 동작시간인 0.5[Sec]를 재폐로 시간으로 설정하여 모의 하였다.



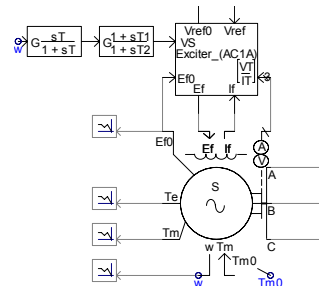
<그림 1> 재폐로 계전기의 동작순서

2.2 분산전원 및 배전계통 모델링

본 논문에서는 PSCAD/EMTDC를 이용하여 22.9 kV 중천 변전소의 배전계통의 선로 및 부하를 모델링 하였으며, 분산전원이 연계된 지역 에너지 시스템은 석사D/L에 위치하고 있는 강원대학교로 선정하여, 배전계통과 마찬가지로 선로 및 부하를 모델링하였으며, 분산전원 또한 2MAV 출력을 갖는 동기 발전기로 모의 하였다.

2.2.1 분산전원용 동기 발전기 모델링

본 논문에서는 분산전원에서 일반적으로 사용되는 동기기형태의 발전기를 선정하여 모델링 하였다. <그림 2>는 동기발전기 모델과 Exciter와 Governor 그리고 발전기 운전의 기계적인 부분을 제어해 주는 Multimass를 나타낸 그림이며, Exciter와 Governor를 함께 제어하여 운용하였다. 내부계통에 연계 되어 있는 최대출력 2MVA 동기발전기 3대는 배전선로에 연계운전하는 분산전원 총 발전용량 제한을 충족시키기 위하여 출력을 각 1MVA로하여 총 출력이 3MVA 되도록 하였으며, 동기기 내부 파라미터 PSCAD/EMTDC내에서 분산전원용으로 제공되는 데이터를 이용하여 모델링 하였다.

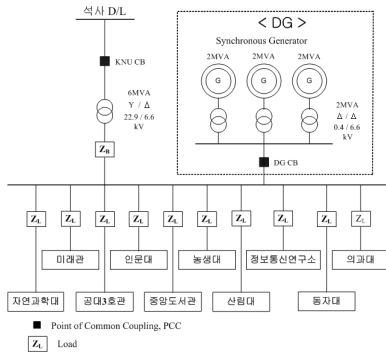


<그림 2>PSCAD/EMTDC 동기기 모델

2.2.2 분산전원 내부 계통 모델링

본 논문에서는 석사D/L의 1.96km에 위치하고 있는 강원대학교를 배전 계통과 연계되어 운전하고 있는 지역 에너지 시스템으로 모의하고 내부에 각 부하 및 선로를 모델링 하였다. 강원대학교는 주변전선 변압기는 Y/Δ결선으로써 용량은 6 MVA이다. 선간전압은 6.6 kV이며, 내부 계통의 배전선은 CNCV 지중케이블로 이루어져 있다. 또한 주변전선로부터 2방향의 지중관로를 통하여 중앙도서관을 포함하는 10개 주변전선로 전력을 공급하고 있다. PSCAD/EMTDC에서 제공하는 동기 발전기를 사용하였으며, 강원대학교 주변전선 모선에 3대의 발전기를 연계 한 것으로 모의하였다.

또한 각각의 발전기들은 2MVA 용량을 갖는 Δ/Δ결선 변압기를 통해 400V 전압을 6.6kV승압하여 내부 계통에 전력을 공급하게 된다.



<그림 3> 지역 에너지 시스템 내부 배전계통 단선도

2.3 분산전원 연계에 따른 재폐로 계전기 운전특성

PSCAD /EMTDC를 이용하여 시뮬레이션 한 결과를 분석하였다. 전체 계통은 춘천 변전소 M.Tr #1 이후의 배전 선로를 모델링 하였으며, 지역 에너지 시스템은 강원 대학교로 가정하였다. 사고 발생 후 재폐로시에는 차단기를 기준으로 상위계통과 하위계통의 동기검정하여 재폐로를 실시 하도록 하였다. 지역 에너지 시스템 내의 분산전원은 2MVA 동기발전기 세 대로 가정하였고, 평상시에는 각각의 발전기가 1MVA로 총 3MVA 출력으로 운전하고, 지역에너지시스템이 연계된 배전 계통의 사고로 인하여 단독운전을 실시 할 때만 각각의 발전기가 출력을 증가시켜 지역 에너지시스템 내부의 부하를 담당 할 수 있도록 하였다.

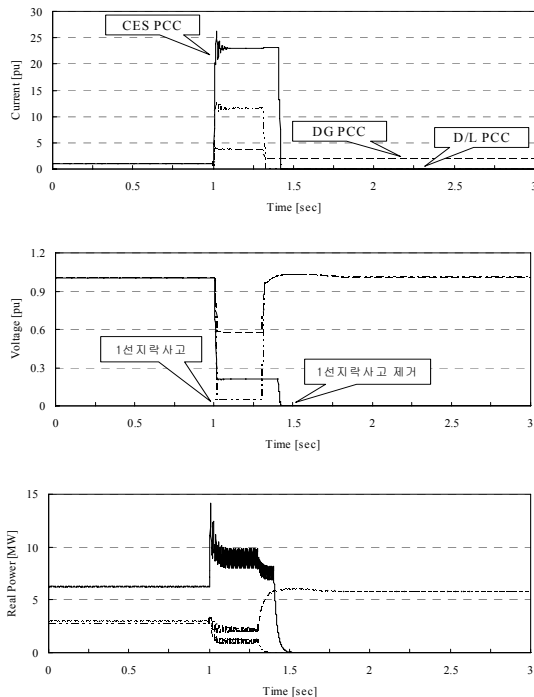
2.3.1 순간고장 차단기 Trip

<그림 4>는 현재에 계통운영 형태와 같이 DG가 연계된 배전 선로에서 재폐로를 실시하지 않은 경우를 모의 한 것이다. 사고 형태는 지락사고로 지속 시간이 0.5[Sec]인 순간고장이다. 사고시간이 0.5[Sec]라는 것은 사고발생 0.5[Sec]후 고장이 제거됨을 뜻한다.

지락사고 제거 후에도 재폐로가 되지 않으므로 고장에 제거 되었음에도 불구하고, 모선으로 D/L에 전력 공급이 불가능 함을 유효전력 그래프는 통하여 알 수 있다.

D/L에 DG가 연계되므로 해서 순간고장에 대하여 전력공급 측면에 있어서 중대한 영향을 미침을 알 수 있다.

순간고장에 있어서도 CES는 DG로부터 지속적으로 전력을 공급받으므로 해서 독립운전하고 있다.



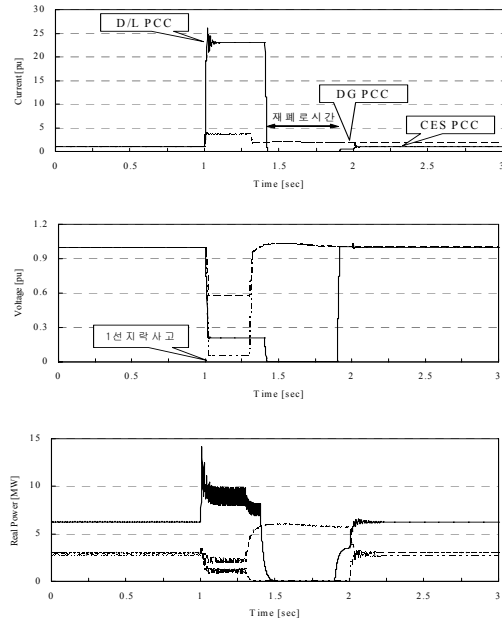
<그림 4> 지락사고 특성 모의 (Circuit Breaker : Trip)

2.3.2 순간고장

<그림 5>는 <그림 4>의 사고형태 및 조건은 동일하며, 순간고장시 D/L 차단기와 CES 차단기가 재폐로를 실시한 경우이다.

사고 발생 0.3[Sec]후 CES 차단기가 개로되며, D/L 차단기는 사고 발생 0.4[Sec]후에 개로 된다. 순간고장이므로 사고는 0.5[Sec]동안 지속되며, D/L 차단기는 개로하고 0.5[Sec]의 재폐로시간을 갖으며, CES 차단기는 0.6[Sec] 재폐로시간을 갖도록 하였다. 각각 차단기의 재폐로 시간 중에 1선 지락사고가 제거되므로, 폐로후 0.3~0.5[Sec] 정도의 과도 현상이 나타나지만 D/L의 정상 운전이 가능 함을 그림 9의 유효전력 그래프를 통하여 알 수 있다.

DG가 연계된 D/L입에서 재폐로를 실시하므로 해서 D/L의 전력 안정성이 높아 짐을 알 수 있다.



<그림 5> 지락사고 특성 모의 (Circuit Breaker : Reclosing)

3. 결 론

본 논문에서는 과도 현상 해석 프로그램인 PSCAD/EMTDC(Power System Computer Aided Design/ Electro Magnetic Transients in DC systems)를 이용하여 지역 에너지 시스템에 연계된 배전선로에 재폐로를 실시 함에 따른 계통 영향 및 특성을 분석 하였다. 본 연구를 위해서 22.9kV 배전계통과 임의로 선정된 6.6kV 배전계통에 동기 발전기를 연계하여 Proto-Type의 지역 에너지 시스템 연계 배전 계통을 구성 해 보았다. 모델링에 사용 되어진 데이터는 모두 실제 데이터를 이용하였으며, 운전 특성 및 시나리오 설정 시에도 실제와 같은 조건으로 모의를 하였다. 지역 에너지 시스템과 연계 배전계통에 재폐로 계전기를 도입하여 사고시 배전차단기를 기준으로 상위계통과 하위계통의 동기검정을 하여 재폐로를 하면 재폐로로 인해 연계 배전계통 받게되는 영향을 최소화 하면서 재폐로에 성공할 시 순시고장을 해소하고 배전선로에 전력공급 안정성을 확보 할 수 있었다. 본 연구를 통하여 분산전원이 도입된 연계배전선로에서 재폐로를 제한 함으로써 순간고장으로 인하여 발생 할 수 있는 일반 수용가들의 피해를 최소화 할 수 있음을 알았으며, 한국 전력공사의 분산전원 도입에 의한 양방향 전력 조류에 대해 무조건적인 제한과 규제 보다는 기존 수용가들의 피해가 없도록 하면서 전력공급의 안정성을 확보할 수 있도록 지속적으로 연구를 진행 해야 될 것으로 판단된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국전력공사 동해전력소 “변전설비 현장 GUIDE BOOK” 2001.12.
- [2] 한국전력공사 송변전사업단 “송변전기술 해설집” 2001.2.
- [3] 한국전력공사 계통운영처, “계통 보호 업무 절차서” 송변보호 A01 2004. 2.