

디젤발전기가 포함된 스마트그리드 보호계전 방안 연구

이강완\*, 홍중석\*\*

대화전력기술(주)\*, 포스코아이씨티\*\*

Protection Coordination Study in Smart Grid with Diesel Generator

Kang-Wan Lee\*, Jong-Seok Hong\*\*

DAEHWHA Power Engineering Co., Ltd.\*, POSCOICT\*\*

**Abstract** - 보호계전시스템은 전력계통 운영 상태를 감시하여 전기 사고시 고장부분을 분리함으로써 전력공급 신뢰성 제고 및 고장파급 억제 기능을 수행한다. 스마트그리드는 신재생에너지원을 포함한 다양한 분산전원을 구비하고 있어, 전기 고장시 이들 분산전원으로부터 고장전류가 고장점으로 유입된다. 앞으로 보급 확산이 예상되는 소규모 스마트그리드 구성 및 운전 형태별 고장전류를 해석하고 이를 이용하여 실현 가능한 스마트그리드 보호계전시스템의 구현 및 이의 동작 설정 값을 계산한다. 아울러 스마트그리드에 발생한 고장전류 크기 및 분포에 관련한 보호계전시스템의 적정성을 조사 및 분석한다.

1. 서 론

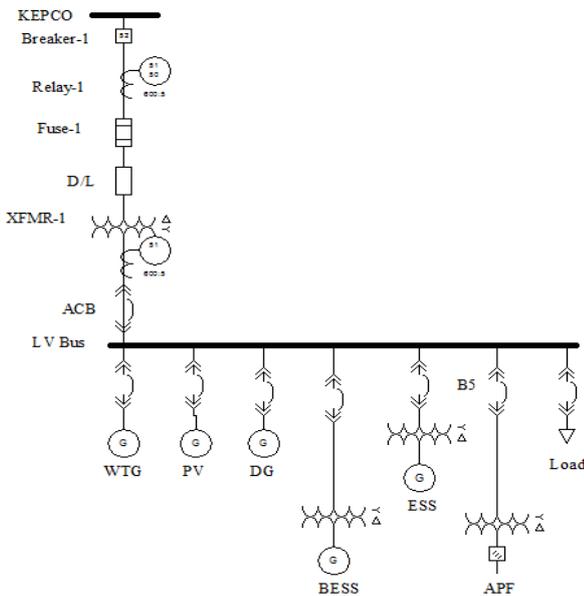
스마트그리드는 양방향 통신, 컴퓨팅 및 소프트웨어와 같은 정보기술을 적용하여 전력 운영의 효율성, 신뢰성 및 안정성을 높이는 신재생에너지를 포함한 친환경적인 단위 전력계통으로 부하를 포함하여 풍력발전, 태양광발전 및 에너지저장장치 등 다양한 전원으로 구성되는 비교적 복잡한 전력시스템이다.

보호계전기는 전력계통을 구성하고 있는 전력설비에 고장이 발생하거나 전력계통에 이상이 발생했을 때 이를 검출하여 고장부분을 차단시간 내에 계통으로부터 분리함으로써 전력공급 지장을 최소화하고 아울러 전력설비의 손상을 억제하는 기능을 수행한다. 다양한 전원이 포함된 스마트그리드 보호계전기는 전력공급의 신뢰성 및 전력계통 운영의 안정성을 보장할 수 있도록 구성 및 운영되어야 한다. 이에 실현 가능한 소규모 스마트그리드를 모의하고 적정 보호계전 방안을 제시 한다. 제시된 보호계전기가 주어진 목표를 달성할 수 있도록 동작 설정 값을 계산하고 이에 관련된 동작 상태를 분석 및 검토한다.

2. 본 론

2.1 스마트그리드 구성 및 고장전류 계산

스마트그리드는 한국전력 22.9kV 배전선로를 통하여 연계된 것으로 가정하였다.



<그림 1> 스마트그리드 구성 개요도

<그림 1>은 소규모 계통의 스마트그리드를 구현한 단선도로써 부하 (Load)와 신재생에너지 발전원인 소형 풍력발전기(WTG) 및 태양광발전기(PV)가 있고, 자연 현상에 따라 불규칙하게 발전되는 전력을 평활화 할 수 있는 에너지저장장치(BESS 및 ESS) 그리고 스마트그리드 독립 운전을 보완할 수 있는 디젤발전기(DG)로 구성되어있다.

전력계통 이상 상태 검출은 고장전류와 고장전압 상태에 따라 결정된다. 즉, 고장전류와 고장전압에 따라 보호계전 방안과 보호계전기 동작 설정 값이 정해진다. 스마트그리드에서 고장전류를 발생하는 요소는 연계 전력계통, 발전기와 전동기 같은 회전기기 및 스마트그리드에서 폭넓게 이용되고 있는 전력전자설비들이다. 검토 대상 스마트그리드는 디젤발전기발전기와 발전설비인 풍력발전, 태양광발전 및 에너지저장장치들이 인버터기반(Inverter based) 전력전자 설비를 통하여 접속된 것으로 가정하였다. 동기발전기는 차과도, 파도 및 동기 임피던스에 의해 비교적 큰 고장전류가 발생되지만 인버터기반 전원 설비는 극히 제한된 짧은 순간에 상대적으로 작은 고장전류가 발생하는 것으로 보고되고 있다. 즉, 인버터기반 전원 설비에서 발생하는 고장전류는 정격전류의 120%이내 이고 지속시간은 200msec 이하인 것으로 보고되고 있다.

보호계전기 동작 설정값 결정을 위해서는 IEC 60909에 기준한 Initial fault current와 Steady state fault current를 계산하였다. 일반적으로 보호계전기 순시요소(Instantaneous element)는 Breaking fault current에 의해 동작되고 한시요소는 Steady state fault current에 의해 동작되는 것으로 알려져 있으나, 차단기 차단시간이 매우 짧은 경우 Breaking fault current와 Initial fault current가 매우 유사함을 고려하여 본 검토에서는 상대적으로 고장전류가 더 큰 Initial fault current를 계산하여 사용하였다.

고장전류 계산은 스마트그리드가 전력회사 전력계통과 연계 운전되는 경우와 연계 전력계통으로부터 분리되어 독립 운전되는 것을 가정하여 수행하였다. <표 1>과 <표 2>는 이들 각각의 관측 모션 고장전류 상태를 나타낸 것이다.

<표 1> 스마트그리드 연계 운전 고장전류

고장점	전압 [kV]	Initial fault [A]		Steady state fault [A]	
		삼상단락	1상지락	삼상단락	1상지락
전력회사 인출점	22.9	9,947	10,759	9,935	10,750
연계점	22.9	2,210	1,482	2,109	1,478
스마트그리드 모션	0.38	16,732	17,123	16,021	15,582

<표 2> 스마트그리드 독립 운전 고장전류

고장점	전압 [kV]	Initial fault [A]		Steady state fault [A]	
		삼상단락	1상지락	삼상단락	1상지락
전력회사 인출점	22.9	9,930	10,746	9,930	10,746
연계점	22.9	2,103	1,477	2,103	1,477
스마트그리드 모션	0.38	1,030	1,502	420	622

여기에 나타난 것과 같이 스마트그리드가 전력회사 전력계통으로부터 분리되어 독립 운전되는 경우 스마트그리드에는 매우 작은 고장전류가 흐른다. 즉, 스마트그리드 규모가 작은 경우 대부분의 고장 전류는 상대적으로 규모가 큰 전력회사 전력계통으로부터 유입된다. 전력회사 전력계통으로부터 유입되는 Initial fault current와 Steady state fault current의 차가 없는 것은 전력회사 154kV모선을 무한모션으로 모의하였기 때문이며 과도임피던스만 이용하여 고장전류를 계산한 결과이다.

2.2 스마트그리드 보호계전기 정정

스마트그리드는 22.9/0.38kV, 650kVA 배전변압기를 통하여 전력회사

