

분산형 전원의 계통연계기술

고요

(에너지자원기술개발지원센터 전기1팀장, 기술지도사)

1. 개요

분산형전원(Dispersed Storage and Generation System)이란 원자력이나 대용량 화력 등과 같은 집중적이고 대용량이 아닌 소용량의 전력저장시스템이나 발전시스템을 일컫는 말로서 소수력, 태양광, 바이오, 풍력 등의 대체에너지 전원, 소용량의 열병합발전시스템, 전기 등을 이용한 전력저장시스템이 그 예라 하겠다

이러한 분산형전원은 그 단어 뜻대로 대규모 전력계통에 비하여 분산되어 있기 때문에 관리가 어렵고 전력계통에 연계될 경우 여러가지 문제를 야기시키게 된다. 이러한 문제중 가장 큰 것은 계통의 전압변동의 요인이 되는 것이고 보호협조 문제 또한 무시할 수 없는 것이다. 더우기 보안상 단독운전이 될 경우를 방지하여야 하고 고조파문제, 계통단락용량 증대문제 등도 염려가 되는 문제이다.

2. 전압변동

분산형전원을 계통에 연계할 때는 이로 전압변동, 주파수 변동 등의 전력품질이나 사고파급에 의한 공급신뢰도 저하를 최대한 억제하여야 한다. 전압은 전원의 무효전력의 변동으로 변화하고, 주파수는 유효전력의 변동으로 변화한다. 그러나 본질적으로 분산형전원의 전력용량은 연계계통의 모선용량에 비하여 무시할 정도로 작기 때문에 주파수변동에 까지 영향을 미치지 않는다. 그렇지만 배전선로의 중단 또는 말단에 접속되게 되는 분산형전원은 그 용량이 적을 지라도 배전전압에는 영향을 끼치게 된다. 원래 배전선로는 상단에서 전압을 인가하고 말단으로 갈수록 전압이 저하되는 특성을 감안하여 주상변압기의 탭조정, SVC 설치 등을 배전선로의 중간 또는 말단에서 하고 있는 실정이다. 만일 이러한 선로에 분산전원이 투입되면 투입지점 인근의 전압이 상승하여 규정전압을 지키지 못하게 되고, 전력품질은

저하하게 되는 것이다. 그렇다고 분산전원의 투입을 고려하여 그 인근 지역의 전압조정을 하는 것도 어렵다. 주간에만 발전하는 태양광발전시스템을 연계시킨 경우에는 야간의 전압저하가 심각하게 되어 역시 전력품질의 저하를 초래할 염려가 있기 때문이다. 이러한 문제는 소형열병합발전의 경우 역의 현상이 나타나게 된다. 이러한 점들을 감안할 때 분산형전원의 계통연계시에는 분산형전원의 잉여 전력특성에 따라 배전선로를 재설계하여야 한다. 전력품질 저하를 최소화하기 위하여는 잉여전력의 부하곡선을 어느정도 규제할 필요가 있고 한 피더에 유입되는 분산전원의 배치나 총량도 규제할 필요가 있으나 너무 심한 규제는 분산전원 보급의 장애요인이 될 수 있으므로 신중을 기할 필요가 있다.

태양광발전이나 연료전지발전시스템처럼 발전시스템에 인버터를 갖는 경우는 인버터의 무효전력제어 특성을 십분 이용하여 계통의 전압을 유지시키는 방안도 고려해 볼만 하다.

중요한 것은 한국전력과 같은 전기사업자는 전기사업법에서 규정한대로 공급전압을 적정한 범위로 유지하여야 하는 의무가 있다는 것이다.

3. 보호협조

분산형전원의 계통연계시에는 계통의 사고로 인한 분산형전원의 보호와 분산형전원의 사고로 인한 계통에의 사고파급방지를 위한 보호를 생각하여야 한다. 분산형전원의 종류가 다양하므로 일정한 보호협조 시스템을 제시할 수는 없지만 몇가지로 분류하여 검토할 수는 있다.

계통사고시에 분산형전원이 입을 수 있는 사고는 지락사고, 단락사고, 낙뢰사고 등이 주종을 이룬다. 지락사고는 계통에 지락이 발생한 경우 분산형전원의 연계변압기를 통하여 계통의 건전상 사고전류와 분산형전원의 고장전류가 흐르게 되어 연계용 변압기의 소손이 예상된다. 이를 막기 위하여는 지락계전기를 설치하여 조기에 사고전류를 차단할 필요가 있다. 특히 풍력발전기와 같은 유도기의 경우 그 대

책은 절실하다. 계통에 단락이 발생한 경우 계통으로부터 분산전원에 사고전류 유입은 없으나 분산전원자체에 최대 단락전류가 발생할 염려가 있으므로 과전류계전기를 통하여 사고전류를 감지하고 이를 조기에 차단하여야 한다. 이 경우 인버터가 분산전원에 부착되어 있으며 사고전류는 통상 정격전류의 10배를 넘지 않으므로 주의할 필요가 있다. 낙뢰사고의 경우 순간적으로 일어나기 때문에 분산전원에 치명적 영향을 주기 쉽다. 이 경우 대책은 피뢰기에 의한 경우가 대부분이다.

어느 경우이나 계통측에서 사고가 발생한 경우 분산형전원시스템은 계통측의 보호시스템과 동등한 정도로 고장을 검출하고 보호협조를 취하여 계전기 및 차단기를 동작시켜야 한다. 이때 주의할 점은 앞서 밝힌 바와 같이 연료전지, 태양광, 새로운 풍력발전시스템 등에서 채용되고 있는 인버터시스템의 특성을 고려하여 보호장치가 구성되어야 한다는 점이다.

예를 들면 단락사고가 생긴 경우 회전형발전기(유도발전기, 동기발전기)는 내부 임피던스가 낮고 정전압을 가지고 있기 때문에 큰 과전류가 흘러 사고를 용이하게 검출할 수 있지만 인버터가 개재되어 있는 경우 부속전압계전기까지 필요하게 되는 경우가 있어 소규모 분산형전원의 경우 비용 문제를 야기할 수도 있다.

분산형전원의 사고로 인한 계통에의 과급방지를 위하여는 소규모의 분산형전원의 마그네틱 써큐트브레이커나 누전차단기, 휴즈 정도로 충분하나 소형열병합발전시스템과 같이 어느 정도 용량이 클 경우 보호협조 가이드라인에 의하여 그 보호설비를 갖추어야 한다. 주파수계전기까지 설치할 경우 그 비용은 상당하게 되어 분산형전원 도입의 장애요인이 될 수도 있다.

4. 단독운전

계통측의 사고나 단전으로 계통측의 모선에 전압이 인가되지 않더라도 고립된 계통의 부하와 그에 연계된 분산형전원의 수급균형이 이루어지면 연계 분산형전원의 단독운전이 성립하게 된다. 단독운전이 계속되면 계통측의 전원이 복구하였을 때 전원과 분산형전원의 위상차로 인하여 단락사고나 탈조사고가 일어나서 계통의 운전이 악영향을 끼치게 될 염려가 있다. 또 계통이 공사를 위한 계획정전에 의하여 단전되어 있을 경우 보수원은 분산형전원의 선로 역충전에 의하여 안전사고를 당할 염려도 있다. 이러한 점들을 감안할 때 단독운전의 방지를 매우 중요한 보안상의 문제라고 할 수 있다.

분산형전원의 단독운전 방지대책으로는 과부족전압검출, 과전류검출, 주파수변동 검출 등이 있으나 이들 방식은 부하가 균형을 이루면 단독운전의 검출이 불가능하다는 단점이 있다. 이를 보완한 타력식인버터방식, 출력전압변동방식 등이 있으나 이들 방법도 순시전압저하시 발전정지, 1개 피

더에 다수의 분산형전원연계시 문제발생 등의 단점이 있다. 가장 정확한 단독운전 방지대책은 배전사령실의 전송신호에 의한 방식이나 이는 많은 비용이 수반된다. 그러므로 앞으로 연구개발을 통하여 분산형전원측에서 정확하게 계통의 상실을 감지하는 시스템의 실증이 필요하다.

5. 고조파문제

분산형전원의 발전시스템이 유도기나 동기기와 같이 회전형발전기를 사용하는 소형열병합발전이나 풍력발전시스템의 경우 발생하는 고조파는 3조파외에는 거의 그양이 적다. 그러나 태양광발전, 연료전지발전, 전지전력저장, 초전도 전력저장 등과 같은 시스템은 인버터를 채용하고 있기 때문에 3조파외에 5조파 7조파 9조파 등 고조파를 많이 발생시킨다. 이는 인버터 등의 전력변환장치가 직류를 교류로 변환시키는 과정에서 수 많은 스위칭을 행하여 이에 의한 고조파가 발생하기 때문이다.

이들 고조파는 가정의 텔레비전, 전화와 사무실의 정보기기, 공장의 정밀 전자기기에 전자파장해를 유발하여 기기의 오동작 원인이 될 수 있다. 이에 따라 선진국에서는 이를 방지하기 위하여 고조파억제규정을 두거나 이를 권장하고 있는 실정이다.

이는 인버터의 스위칭 주파수를 높여서 파형을 세분하거나 복수대의 인버터에 위상차를 두어 운전하거나 필터를 설치함으로써 어느 정도 해결할 수 있다.

세계적인 추세는 적어도 상용주파전원의 왜형율을 5% 이내에서 2% 이내까지 제한을 두고 있다. 우리나라의 경우 이에 대한 규제나 권장사항은 없지만 대개 5%선을 유지하고 있다. 분산형전원에 기존의 EMI 규정을 적용하는 것은 어려운 일이라 하겠다.

6. 미국의 계통연계 가이드라인

세계적으로 분산형전원이 가장 발달되어 있는 나라는 미국이며 그에 따라 분산형전원의 계통연계에 관한 가이드라인도 가장 잘 정비되어 있는 실정이다. 미국의 경우 제도적으로 1978년 PURPA(공익사업 규제정책법)가 제정되어 분산형전원 소유자가 전력계통에 전력을 판매 목적으로 연계하고자 할 때 그 요건이 맞으면 연계시키고 잉여전력을 전기사업자가 매입하는 것을 의무화하고 있다. 더우기 태양광발전, 풍력발전 등과 같은 재생에너지에 의한 발전의 경우 세계 우대조치까지 있어 그 보급이 확대일로에 있다. 캘리포니아주에서는 연방의 세계 혜택외에 부가적인 세계 혜택이 주어져 풍력발전 및 태양광발전 단지가 조성되기도 하였다.

이러한 상황을 반영하여 캘리포니아의 PG&E(Pacific Gas and Electric)사에서는 분산형전원의 계통연계 가이드라인을

미국내에서 가장 잘 정비하여 운용하고 있다.

PG&E사의 계통연계 가이드라인은 분산형전원의 용량 100kVA 이하, 100-1MVA, 1MVA 이상으로 분류하여 역조류를 인정하고 소용량의 것에 대하여는 과부족 전압 계전기, 과부족 주파수계전기, 지락계전기, 동기검정기, 절연변압기 외에 전용전화 및 수동차단기 등을 의무적으로 설치하도록 하고 있다. 보호계전기의 등급은 고급만으로 제한하지 않고 산업용 또는 전력회사 인정형을 상용할 수 있도록 하고 인버터 채용시에는 회사의 승인을 얻어야 한다.

인버터의 주파수 및 전압제어기능이 동등 계전기의 기능을 충족하면 계전기를 생략할 수 있다. 단독운전 검출기는 별도로 설치하지 않고 보수원 작업시 수동차단기를 차단하여 안전을 꾀하고 있다. 소용량의 분산형전원 소유자를 전력회사의 전력사용량에서 잉여송출전력을 제한 전력요금만 지불하도록 되어 있어 소유자가 매우 유리하게 되어있다.

대용량의 분산형전원의 경우 전력회사 발전소와 동등한 수준의 보호시스템을 구축하도록 되어 있다. 중용량의 경우는 소용량과 대용량의 절충형이며 어느 경우이나 단독운전 검출기는 부착하지 않는다. 다른 회사에서 간혹 단독운전 검출기 부착을 의무화하는 경우도 있으나 주파수 계전기, 과부족 전압계전기 정도이다.

캘리포니아의 경우 전체 전력의 30% 정도가 열병합발전이 추가 되는 분산형전원에 의하여 전력이 공급되고 있다. 이러한 상황에도 불구하고 전력품질저하에 의한 문제는 별로 찾을 수 없고 오히려 대지진시 분산형전원의 도움으로 도시 복구가 신속히 되었다는 평을 받았다.

풍력발전의 경우 1986년 세계 우대가 없어서 신규로 설치된 사례는 거의 없지만 운영은 계속되고, 노후된 발전기의 대체도 이루어 지고 있다. 태양광발전의 경우 대규모의 것이나 가옥에 설치된 소규모의 것이나 모두 감소하고 있다. 1980년대 중반에는 지붕에 태양광 패널이 설치된 주택의 판매가 많이 이루어 졌으나 그후 보급이 촉진되지 않았고 기존에 있던 장치도 줄어들었다. 이유는 장치가 고장나도 전기요금에는 별 차이가 없을 뿐더러 반면에 수리비는 비싸기 때문에 장치의 보수를 포기하는 경우가 많기 때문이다. 즉 소규모 분산형전원의 신뢰성은 매우 중요한 것이다.

7. 일본의 계통연계 가이드라인

일본의 경우 미국의 사례를 심분 참조하여 순차적으로 계통연계 가이드라인을 작성해 왔다. 일본의 분산형전원 계통연계 가이드라인은 열병합발전을 중심으로 발전해 왔다. 여기에서는 열병합발전을 중심으로 계통연계 가이드라인을 소개하고자 한다.

일본의 계통연계 가이드라인은 1986년 코제너레이션 운영기준위원회에서 “계통연계 기술요건 가이드라인”으로 작성되었고, 1990년 6월 일부가 개정되었다. 이는 디젤엔진, 가스터빈 등 회전기를 이용한 열병합발전을 이용한 분산형

전원외에 태양광, 연료전지 등의 역변환장치 채용 소형 분산형전원의 계통연계 가이드라인을 추가한 것이다. 여기서는 분산형전원을 자가용발전설비라 칭한다.

1 수용가당 설비용량이 2,000kW 미만으로 역조류가 없는 경우는 고압 일반배전선에 연계하고, 동 용량으로 역조류가 있는 경우는 고압전용선에 그외의 경우는 특별고압송전선에 연계한다.

고압전용선에 연계할 경우 보호협조는 한시요소부 과전류계전기, 지락과전류계전기, 지락과전압계전기, 과전압계전기, 부족전압계전기, 방향전압계전기, 방향단락계전기, 주파수저하계전기 등이 필요로 된다.

그외에 전압변동, 단락용량, 역률, 고조파, 연락체제 등에 대하여도 연계배전 선별로 규정하여 놓고 있다.

8. 맺음 말

지금까지 분산형전원의 계통연계기술에 대하여 검토하였다. 우리나라의 경우 대용량 열병합발전은 포항제철, 열병합단지, 지역난방공사 등을 중심으로 발전해 왔고 이들의 연계기술 또한 외국의 예와 마찬가지로 한국전력의 발전소 보호기준에 준하여 발전하여 왔다. 그러므로 이들 대용량 열병합발전은 분산형전원이긴 하지만 계통연계기술에 관하여 별도로 논의할 것이 없다. 다만 20MW 이하의 소형열병합발전, 태양광발전, 풍력발전, 연료전지발전, 소수력발전 등의 비교적 중소규모의 분산형전원의 원활한 보급을 위한 계통연계 가이드라인이 필요하다.

통상산업부 산하 에너지자원기술개발지원센터에서는 이들 분산형전원에 관한 기술개발 및 보급에 진력을 다하고 있다. 차체에 분산형전원의 계통연계 가이드라인에 관한 기술개발도 적극적으로 추진할 계획이다. 관심있는 분들의 많은 조언을 기대하는 바이다.

저 자 소 개



고 요(高 鏡)

1959년 1월 25일생. 1981년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1983년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사, 제어공학). 1995년 중앙대 대학원 졸업(공학). 1983년-95년 한국전기연구소 선임연구원. 1995년 5월-현재 에너지자원 기술개발지원센터 전기1팀장.