

분산형전원 계통연계 기술

분산형전원은 대개의 경우 단독으로 운전되는 것이 아니라 계통과 연계되어 수요전력과 발전전력의 과부족 조절을 위해 사용된다.

현재 일본의 배전계통은 수용가에 대하여 1방향의 조류를 전제로 구성되어 있기 때문에 계통과 연계하는 경우 분산전원측이 계통에 악영향을 미치지 않도록, 역으로 계통측의 사고 등에 의해서 분산형전원과 부하에 악영향을 미치지 않도록 특별한 배려가 필요하게 된다. “系統連系技術要件가이드라인”은 이 때문에 기술요건을 저압선에서 특별고압선까지 연계되는 계통별로 제시하고 있으며 특히 보호장치에 대하여 규정하고 있다.

계통연계기술요건가이드라인은, 분산형전원을 도입하기 쉽고 사회적 요청과 기술혁신에 맞도록 개정되어 왔으며, 최근 증가된 반도체식 역변환장치를 통하여 분산형전원도 도입하기 쉽도록 개정되어 온 것이다. 다른 한편으로는 계통사고나 순시전압강하로부터 분산형전원과 부하를 보호한다든지 또한 더욱 적극적으로 분산형전원을 순간전압강하대책으로 활용하기 위하여 계통과의 연계를 고속으로 분리하는 고속해열장치가 많이 사용되게 되었다. 기계식고속차단기와 고속릴레이의 조합으로 중요부하의 순간전압강하를 1사이클 이하로 할 수 있다.

분산형전원을 더욱 활용하여 큰 역조류도 가능하게 하기 위해서는 현재의 배전보호시스템으로는 한계가 있어, 집중감시제어방식을 사용한 새로운 배전보호시스템에 대한 연구가 시작되고 있다.

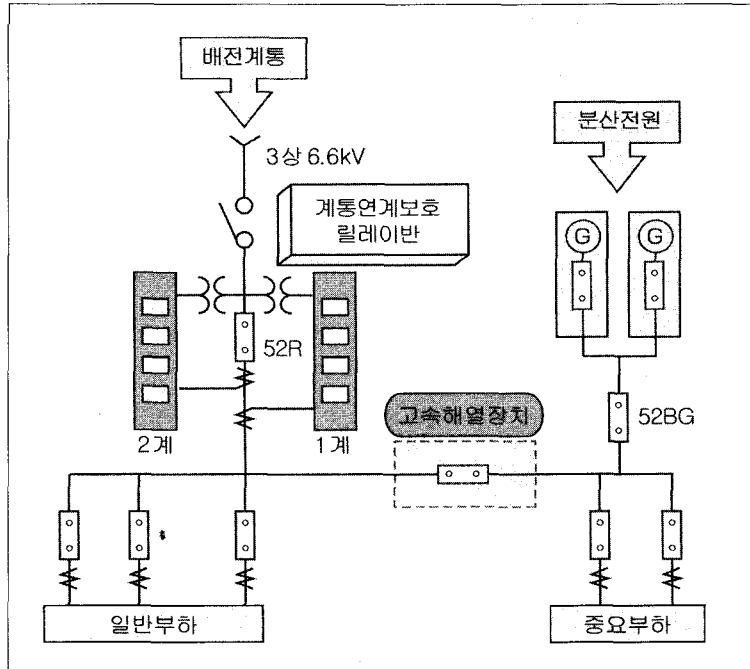
1. 머리말

환경문제와 에너지절약을 위해 풍력이나 태양광 등 자연에너지를 이용한 분산형전원과 발전에 수반하는 열도 유효하게 이용하는 코제너레이션용 마이크로 가스터빈 등 소규모의 발전장치가 수용가내 또는 수용가 근처에 설치되는 일이 많아졌다. 이 경우 대개는 그 발전시설만으로 수요를 충당하는 것이 아니라, 배전계통에서 수전하여 그 일부를 충당하거나 또는 잉여전력을 계통에 되돌려 주

는 등 계통과 연계하여 사용되고 있다.

현재의 배전계통이나 공장, 빌딩 등의 수용가내 배전은 기본적으로 상위계통에서 하위계통으로의 일방향으로 수지상(樹枝狀)으로 전력이 흐르는 것을 전제로 하여 제어·보호가 이루어지고 있다. 이런 상황에서 수용가측에서 분산전원이 발전하면 역방향의 전력조류도 발생될 수 있으므로 지금까지의 제어·보호와 모순되지 않는 협조가 필요하게 된다.

본고에서는 계통연계를 위한 요건, 분산형전원을 활용



〈고압수전계통에 연계된 분산전원〉

고압수전계통과 고속해열장치를 통하여 연계하여 분산전원 발전전력량의 과부족은 수전계통에서 조정함과 동시에 수전계통의 정전·순간전압강하시에는 중요부하의 계속운전을 가능하게 하는 구성 예를 표시한다.

한 계통의 순간전압강하시에 중요부하를 보호하는 방법과 분산형전원이 다수 설치되는 경우의 새로운 보호방식에 대하여 기술하고자 한다.

2. 분산형전원 계통연계에 따른 규제

분산형전원이 계통에 접속되는 경우에는 계통의 모든 전기설비와 직·간접적으로 접속되게 되어 일부의 사고나 고장이 전체에 파급될 가능성이 있다. 이 때문에 분산전원을 계통에 접속하는 데는 발전설비나 계통의 이상시에 그것을 타에 파급되지 않게 하는 규제가 요구된다. “계통연계기술요건가이드라인”은 이를 위한 기술요건을 표시한 것으로, 일반전기사업자 및 도매전기사업자 이외의 자

가 설치하는 발전설비를 계통에 연계하는 경우에 적용된다. 다만 이것은 법적구속력이 있는 것은 아니므로 어디까지나 표준적인 지표이다. 1986년에 제정된 후 사회적 환경과 기술의 진보에 따라 그때그때 개정되어오고 있으며 분산전원 특히, 소규모의 분산전원이나 태양광발전, 고속제어가 가능한 반도체식역변환설비를 갖는 분산형 전원 등을 도입하기 쉽도록 하고 있다.

연계되는 전압계급과 배전방식에 따라 저압연계, 고압연계, 스포트네트워크 배전선과의 연계, 특고연계로 나누어 각각의 경우에 다른 요건이 제시되어 있다. 표 1은 이러한 가이드라인 중 자주 사용되는 저압연계, 고압연계에 대해 그 요점을 종합한 것이다. 이것은 어디까지나 요점이며, 실제로는 연계되는 배전선에 악영향을 주지 않도록 구체

〈표 1〉 계통연계기술요건가이드라인의 요점

항 목		저 압 연 계	고 압 연 계
공 통	전기방식	원칙 : 연계하는 계통과 같은 방식	예외 : 최대사용전력에 비하여 발전전력이 극히 적은 경우 등
	역률	원칙 : 85% 이상으로 계통에서 보아 지연역률(저압연계인 경우는 95% 이상으로 하면 된다)	
용 량	수전용량 또는 발전용량	50kW 미만	2,000kW 미만
		1. 발전설비사고 : 과·부족전압계전기 2. 계통단락사고 : 단락방향(동기G)계전기 3. 혼축대책 : 단독운전검출기능 4. 단독운전(역조 있음) : 주파수 상승·저하, 단독운전 방지(수동, 능동) 5. 단독운전(역조 없음) : 역전력, 주파수 저하, 역충전검출기능 또는 단독운전검출기능	1. 발전설비사고 : 과·부족전압계전기 2. 계통단락사고 : 단락방향(동기G)계전기 3. 지락 : 지락과전압계전기 4. 단독운전(역조 있음) : 주파수 상승·저하 5. 단독운전(역조 없음) : 역전력, 주파수 상승
보 호 장 치	보호계전기	—	수전점 또는 고장검출 가능한 장소
	해열용차단기	1. 수전용차단기, 2. 발전설비출력차단기, 3. 발전설비연락용차단기	1. 수전용차단기, 2. 발전설비출력차단기, 3. 발전설비연락용차단기, 4. 모선연락용차단기
설 치 상 수		3상 3선식 : 우와 같음 단상 2선식 : 1상 단상 3선식 : 2상(중성선과 양전압선 간)	지락 : 영상회로 과전압, 주파수, 역전력 : 1상 부족전압 : 2상, 단락방향, 부족전압 : 3상
자 동 부 하 제 한		—	배전선로가 과부하로 될 우려가 있을 때 필요
선 로 전 압 확 인 장 치		—	배전변전소 인출구에 설치 (전용선인 경우 등은 생략하는 경우가 있음)
변 압 기		역변환장치에서 직류의 유출방지를 위해 설치	—
역 조 류 의 제 한		—	연계하는 계통의 배전변전소의 बैं크에서 상시역조류가 생기지 않을 것
전 압 변 동		발전설비의 탈락이나 역조류로 저압수용가의 전압이 적정치(101±6V, 202±20V)가 되도록 자동적으로 조정	발전설비의 탈락이나 역조류로 저압수용가의 전압이 적정치(101±6V, 202±20V)가 되도록 자동적으로 조정
단 락 용 량		계통 단락용량이 타수용가의 차단기용량(150MVA)을 초과하지 않도록 한류리액터 등을 설치	계통 단락용량이 타수용가의 차단기용량(150MVA)을 초과하지 않도록 한류리액터 등을 설치
연 락 체 제		—	계통축전기사업자와의 사이에 보안통신전화설비를 설치 (연락이 되지 않는 경우 해열 또는 운전정지)

적인 조건에 따라 완화조치가 마련되어 있고, 특히 저압 연계에 있어서는 도입하기 쉽도록 정해져 있다.

3. 중요부하의 순시전압강하로부터의 보호를 위한 응용

(1) 고속해열장치

발전설비 사고시에 고속으로 이것을 해열(解列)하여 계통이나 수용가내의 다른 설비에 사고를 파급시키지 않도록 하는 것이 계통연계에서 가장 중요한 점의 하나이다. 역으로 계통사고시(단락사고시나 순시전압 강하시)

에 그 피해가 미치지 않도록, 전부 또는 일부의 중요한 부하에 전력이 공급되도록 하는 분산형 전원의 용도가 날로 확대되고 있다. 분산형전원을 정전이나 순간전압 강하시의 백업전원으로 적극적으로 활용하는 방법인데, 이를 위해서는 순간전압 강하가 일어나더라도 중요한 부하 운전은 계속되도록 하기 위하여 계통과의 연계를 고속으로 분리하는 고속해열이 필요하게 된다.

(2) 순간전압강하 피해의 실태

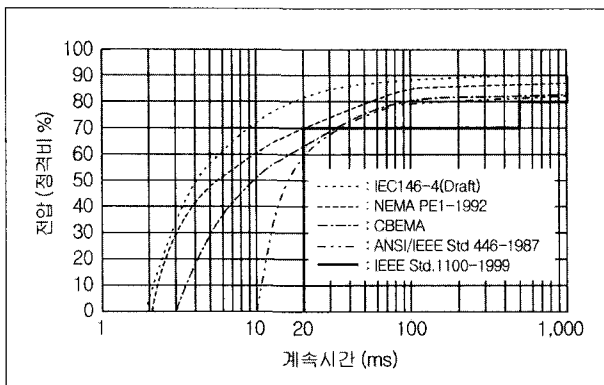
일본에서의 정전은 그 빈도와 지속시간 공히 대단히 적어지고 있다. 그러나 뇌 등 자연현상에 의하여 발생하는 순간전압강하는 막기 어려워져 지역이나 시기에 따라 차

이는 있지만 연간 10회에서 수십회 발생하고 있다. 사용되는 부하도 지금까지는 전동기와 같이 비교적 단시간의 전압변화에 둔감한 기기였으나, 최근에는 그 제어를 위해 인버터가 사용되고 또 컴퓨터나 전자제어기기를 많이 사용하는 부하가 급증하고 있다. 이 때문에 순간전압강하라도 기기의 오동작이나 정지에 따른 피해가 급증하고 있다.

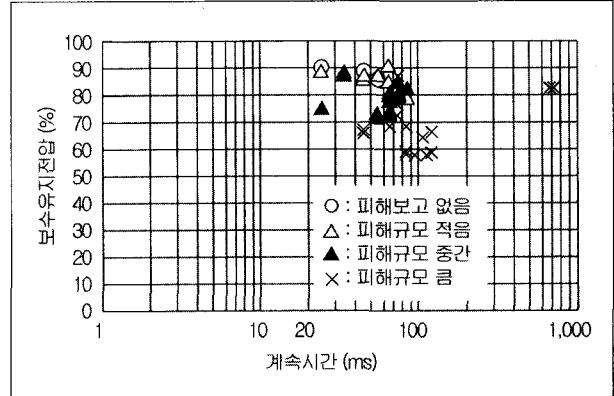
그림 1은 전자기기 등이 전원의 전압강하에 대해서 정상으로 동작되어야 할 전압과 그 계속시간을 각종 규격에서 발췌한 것이다.

같은 규격이라도 새로워질수록 순간전압강하에 대하여 강해지도록 규격이 개정되고 있다. 가장 새로운 규격으로는 그림 1에서 굵은 선으로 표시된 IEEE std. 1100-1999가 있는데, 여기서는 20ms 이하에서는 전압이 영이라도 동작하도록 강화되어 있다. 앞으로는 이 규격에 적합한 기기가 주류가 될 것으로 보이지만 현시점에서는 이보다 약한 기기도 존재한다.

그림 2는 어느 전자기기공장이 순간전압강하에 대하여 입은 피해와 그 정도를 전압강하의 정도와 그 계속시간으로 나타낸 것이다. 순간전압강하의 계속시간은 70ms에서 100ms가 대부분이고 20ms 이내의 순간전압강하가 있어도 피해는 없는 것을 알 수 있다. 다만, 여기서는 수



〈그림 1〉 전자기기의 순간전압강하에 대한 내력(각종 규격에서)



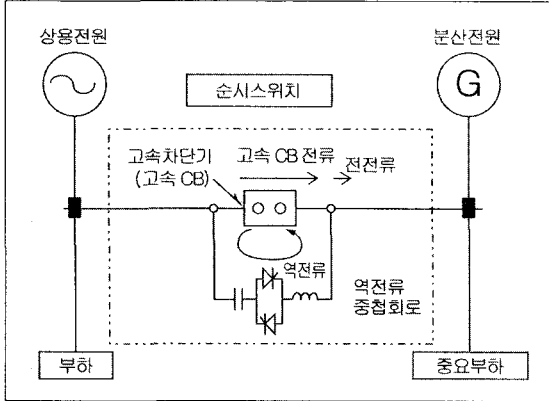
〈그림 2〉 전자기기공장의 순간전압강하 피해의 실태

요전력의 10%~15% 정도의 무정전전원이 이미 설치되어, 순간전압강하에 매우 약한 기기는 미리 보호되고 있다. 역으로 말하면 무정전전원으로 어느 정도 보호되어 있음에도 불구하고 순간전압 강하로 큰 피해가 발생하고 있음을 알 수 있다.

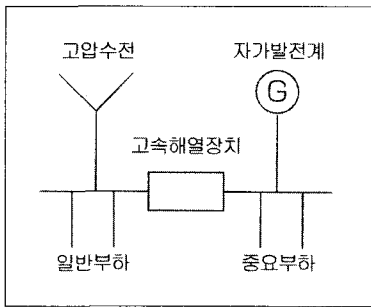
이와 같은 전자기기가 다수 사용되고 있는 공장에서는 순간전압강하에 의한 피해로부터 생산기기를 지키기 위해서는 MW급의 무정전전력을 공급할 필요가 있다. 이와 같은 대전력을 일반적인 UPS로 감당하는 것은 현실적이지 못하므로 대규모의 순간전압강하대책으로는 분산전원에 의한 코제너레이션이 유력한 선택이 된다. 또 코제너레이션은 순간전압강하만이 아니라 불의의 정전에 대한 대책도 될 수 있어 수용가측의 대책으로는 거의 유일한 방법이라 할 수 있다.

4. 분산형전원과 고속해열에 의한 순간전압강하대책

분산형전원을 정전·순간전압강하 대책으로 사용하기 위해서는, 계통측의 전압강하로 인해 중요부하도 전압이 강하되므로 연계점을 고속으로 분리(해열)함으로써 중요



〈그림 3〉 저압연계의 예(순시스위치)



〈그림 4〉 고압연계의 예

부하측의 전압강하 계속시간을 단축시켜 피해가 발생하지 않도록 할 필요가 있다.

그림 3, 그림 4는 각기, 저압모선에 접속된 연료전지 등과 고속해열용 순시차단스위치, 고압모선에 접속된 코제너레이션 발전기와 고속해열용 차단기의 조합을 나타내고 있으며, 각각 전압강하 검출을 포함하여 2ms, 16ms (1사이클) 정도로 해열하여 중요부하의 순간전압강하의 피해가 없도록 하고 있는 예이다.

5. 비연계운전

분산전원의 사용방법으로서 계통에 연계하지 않고 전기와 열 수요가 많은 주간은 코제너레이션 운전을 하고

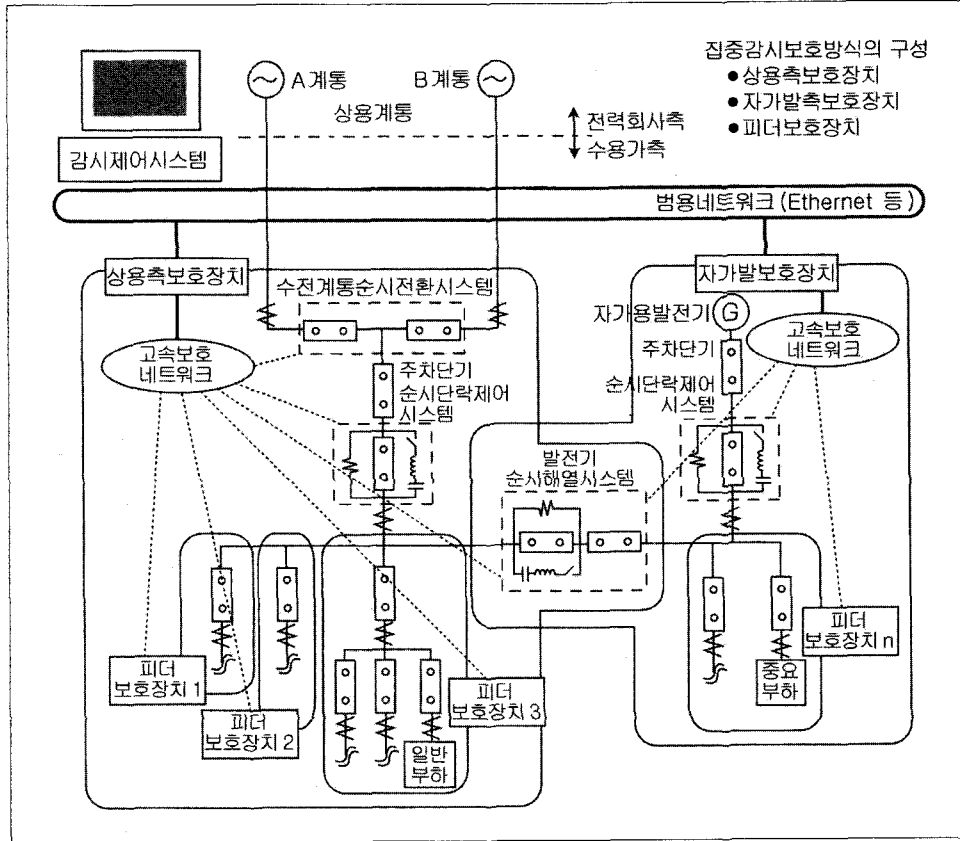
밤에는 계통에서 수전하는 경우가 있다. 계통의 단락용량이 한계에 이르러 연계를 거부당하는 경우와 보호장치의 설치가 비용이나 계출 등의 번잡성 등으로 이 방법이 사용되는 경우가 많다.

계통에 연계하지 않는 경우에는 물론 연계의 기술요건을 충족시킬 필요는 없으나 순간전압 강하대책으로 활용할 수도 없다. 역으로 계통에서 분산전원에 또는 그 반대로 전환시에 인위적인 순간단전이 발생하게 되는데, 이 경우에는 부하가 순간정전으로 지장을 일으키지 않도록 고속전환이 필요하게 된다.

6. 새로운 배전보호시스템의 개발

현재의 배전계통이나 수용가내의 보호시스템은 기본적으로 조류는 상위계통에서 하위의 수용가 그리고 기기에 1방향으로 전력조류가 흐르는 것을 전제로 짜여져 있다. 이 때문에 수용가 등의 분산형전원의 설치, 예외적인 처리로서 현재의 보호시스템과 모순되지 않는 방법이 채용되고 있다. 따라서 앞으로 다양한 분산형전원이 다수 설치되게 되면 이에 어울리는 새로운 배전보호시스템이 필요하게 될 것이다.

그 동안 업계에서는 분산형전원이 다수 설치되는 경우나 역조류가 있는(잉여전력 판매시) 계통연계가 되는 경우의 보호와 수용가측에서의 순간전압강하피해나 구내사고에 의한 설비 피해를 축소하기 위한 무정전배전시스템의 개발을 추진하여 왔다. 이 시스템의 특징은 고속스위칭기와 집중감시보호방식에 의하여 사고의 양상과 조류방향의 여하에 관계없이 수배전설비와 부하를 고속으로 보호할 수 있다는 것이다. 개개의 릴레이가 개별적으로 판단하여 차단기를 제어하는 종래의 단계시한협조보호와는 달리 시스템 전체의 전류와 전압 정보로 사고개소와 사고의 종류를 판별하여 고속스위칭기를 최적하게



〈그림 5〉 새로운 배전보호시스템

제어한다. 이렇게 하면 분산형전원이 수용가내에 분포되어 있어도 최적하게 보호될 수 있을 뿐만 아니라 중요한 기기의 전압강하시간을 20ms 이내로 단축할 수가 있다. 지금까지는 그림 5에 표시한 것과 같은 모의검증설비를 사용하여 이 시스템의 동작검증과 기기의 안정된 계속운전을 실증하여 이 시스템의 유효성을 검증하고 있다.

계통측의 사고와 순간전압강하 피해대책으로 적극적으로 이용하는 방법에 대해서도 기술하였다. 차후 분산형전원의 적극적인 도입과 활용을 위해서는 수용가측에 있는 분산전원을 예외로 처리해 나갈 것이 아니라 그것들을 전제로 하는 새로운 배전보호시스템을 개발해 나가는 것이 필요하다고 하겠다.

7. 맺음말

기존의 배전계통에 분산전원을 연계하기 위해, 계통과 거기에 접속되는 다른 수용가에의 교란(攪亂)을 피하기 위한 기술요건에 대하여 요점을 기술하였고, 분산전원을

이 원고는 일본 三菱電機技報에서 번역, 전재한 것입니다. 본고의 저작권은 三菱電機(株)에 있고 번역책임은 대한전기협회에 있습니다.