

# 풍력발전 전력계통연계 대책

■ 김재언 / 충북대학교 전기전자공학부

## 서 론

풍력발전은 풍력에너지를 전기에너지로 변환시키는 발전시스템으로 풍력의 크기에 따라 병렬 및 분리가 반복되어 어느 분산형 전원보다 계통연계시 선로에 미치는 영향이 큰 발전설비이다. 특히 풍력발전단지는 대부분 지리적 여건상 바람의 에너지를 얻기가 용이한 산간 고지대나 해안가등에 위치하고 있어 계통연계 지점이 배전선로의 말단인 경우가 많아 일반 배전선로에 계통연계시 전압관리 및 전기품질의 관리등 계통운영상의 여러 가지 문제점을 야기하고 있다. 풍력발전설비가 비교적 큰 규모로 도입된 배전계통은 기존의 부하만이 존재하는 배전계통과는 달리 부하와 전원이 혼재되어 운용되는 형태로 되기 때문에 풍력단지와 같은 대규모의 발전설비가 한 배전선로에 집중적으로 도입되는 경우 풍력단지 도입계획 및 운용시에 발생이 예상되는 문제점을 검토, 분석하여 계통연계시의 대책을 세울 필요가 있다.

국가차원의 대체에너지 활성화 방안에 따라 지자체 등의 풍력발전 시설계획이 점차 증가하고 있으나 아직 우리나라에 풍력발전의 계통연계에 대한 체계적인 기술지침이 없어 계통연계와 관련하여 발전사업자와 전력회사간의 이해가 상충되는등 문제점이 발생되고 있다. 아직 국내에서는 풍력발전단지 도입계획은 비교적 많은 반면에 이에 대한 해석방법과 운용관리 대책이 구체적으로 제시되지 않아 설치자

(시도 및 지자체)와 각 배전지사에서 많은 혼돈과 어려움을 겪고있는 실정이다. 또한 풍력발전설치자측에서는 설비비용의 절감을 이유로 일반배전선로에 직접연계를 요구하고 있고 한전측에서는 계통운용의 어려움으로 인하여 변전소 모선에 연결하기를 원하고 있어 한전측과 발전사업자간의 이해가 상충되는 부분이 있어 연계와 관련된 분명한 기술지침의 제정이 시급한 실정이다.

따라서 여기에서는 풍력발전설비와 같은 분산전원의 계통연계시 연계규정상에서 요구될 수 있는 기술적 요구사항과 연계규정의 제도화 방안에 초점을 맞추어 분석 기술하기로 한다.

## 기술적 요구사항

### 연계용량 및 전기방식의 구분

전기사업법 제31조(전력거래) 3항에서 전력시장 운영규칙이 정하는 바에 따라 우선적으로 구매할 수 있는 발전사업자를 다음과 같이 정하고 있다.

③ 전기판매사업자는 다음 각호의 1에 해당하는 자가 생산한 전력을 제43조의 규정에 의한 전력시장운영 규칙이 정하는 바에 따라 우선적으로 구매할 수 있다.

1. 대통령령이 정하는 규모 이하의 발전사업자: 동법시행령 제19조(전력거래) : ③ 법 제31조제3항제1호의 규정에 의한 발전사업자는 설비용

량이 2만킬로와트 이하인 발전사업자로 한다.

2. 자가용전기설비를 설치한 자(제2항의 규정에 의하여 전력거래를 하는 경우에 한한다): 동법 시행령 제19조(전력거래) : ② 법 제31조제2항 단서의 규정에 의하여 자가용전기설비를 설치한 자가 전력시장에서 전력거래를 할 수 있는 경우는 자기가 생산한 전력의 연간 총생산량의 30퍼센트 미만의 범위안에서 전력을 거래하는 경우로 한다.
3. 대체에너지개발 및 이용·보급촉진법 제2조의 규정에 의한 대체에너지를 이용하여 전기를 생산하는 발전사업자
4. 집단에너지사업법 제48조의 규정에 의한 발전사업의 허가를 받은 집단에너지사업자
5. 수력발전소를 운영하는 발전사업자

한편 전력거래소의 전력시장운영규칙 40조에 의거하여 마련된 전력시장운영규칙 세부운영기준(시장운영19)인 “발전기 병렬운전 공급방안 업무절차서”에서는 상기 발전사업자의 발전기를 전기사업용 전기설비 이외의 발전기로서 전력시장운영규칙을 적용 받지 않는 신·증설 발전기로 정의하여 계통연계운용에 따른 지침과 합의절차를 규정하고 있다. 이 운영기준의 7.1항에서 적용대상(합의대상자)발전기를 다음과 같이 정하고 있다.

7.1 합의 대상

전력계통에 상시 연계하여 운전하고자 하는 전기사업용 전기설비 이외의 발전기로서 전력

시장운영규칙을 적용 받지 않는 다음의 신·증설 발전기

- 7.1.1 자가발전기 설치에 대한 행정관서 인가를 받아 고객이 설치한 자가용 발전기
- 7.1.2 대체에너지개발 및 이용·보급촉진법에 의해 설립허가를 받은 발전기
- 7.1.3 집단에너지사업법에 의해 설립허가를 받은 발전설비중 비중앙급발전기
- 7.1.4 전기사업법 부칙 제8조(수급계약에 관한 경과조치)의 적용을 받는 기존 전력수급계약서(PPA)를 체결하여 운영하거나 운영예정인 발전기

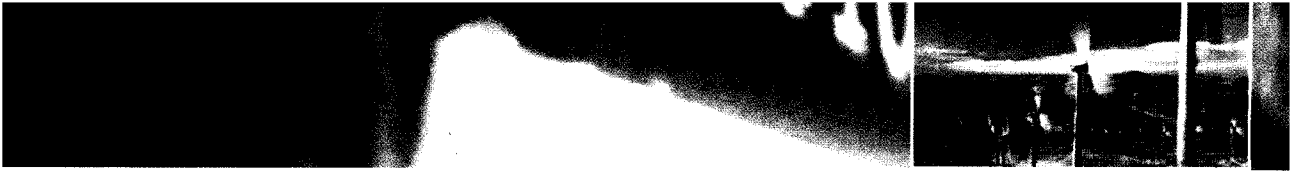
그러나 이 지침에는 기존의 소수력, 열병합 및 자가발전에 적용하여 왔던 “타사발전기병렬운전연계선로 보호업무지침”(1986년 제정, 1996년 수정)만이 있고, 그 이상의 상세한 기술적 기준에 대해서는 없다. 따라서 현단계에서는 상기에서 언급한 발전기들은 전력시장운영규칙을 적용받지 않는 20 MW이하의 비중앙급발전기임을 감안하여(전력거래소 전력시장운영규칙 제2조 1항) 이들을 분산전원이라고 정의하고, 이들을 다음과 같이 용량별 전기방식과 전압계급을 분류하여 연계기술기준 또는 가이드라인(기술적 필요사항에 관한 규정)을 마련할 필요가 있다.

안전성측면에서의 요구사항

분산전원성격의 소규모 발전기와 같은 비중앙급

표 1 분산전원의 연계용량과 전기방식

항 목	저압연계	특고압연계	송전선연계
1.전기 항목	단상2선 220V, 3상4선 380V	3상4선 22,900V	3상3선 154kW
2.적용 범위	100kW이하 (단상2선 220V : 5kW이하 3상4선 380V : 5kW초과 100kW이하)	100kW초과 10,000kW이하 (전용선의 경우 14,000kW까지 가능 14,000kW 초과와 경우는 2회선 전용선을 사용)	10,000kW초과 20,000kW이하



전발전기가 전력계통 특히, 배전계통에 연계될 경우 사고시 및 작업시, 제일 문제가 되는 것은 공중 및 작업자(선로작업원, 운전원)의 안전확보와 전기설비보전에 대한 위협이다. 따라서 배전계통의 사고 및 분산전원 설치자의 구내사고시, 그리고 계통선로 및 구내전기설비의 작업시에도 그 차단점을 정하여 계통으로부터 확실히 물리적(기계적)으로 분산전원이 분리되도록 하여야 한다. 이 때의 차단점이라고 하는 것은 일반적으로는 수전점이지만, 분산전원이 무정전공급전원장치와 같은 기능을 갖고 있느냐 아니냐에 따라서 그 위치와 차단개소의 수가 달리 정해질 수 있다. 사고시의 기본분리방안은 다음과 같다.

- ① 분산전원의 사고 및 이상시, 분산전원을 해당 계통과 즉시 분리시킬 것.
- ② 연계된 전력계통의 사고시, 분산전원을 신속/확실히 계통에서 분리시켜 일반수용가를 포함한 어떠한 부분계통에 있어서도 단독운전상태가 되지 않도록 할 것.
- ③ 연계계통의 전원이 상실된 경우에도 분산전원이 즉시 분리되도록 할 것.
- ④ 사고시 계통차단기의 자동재폐로시에 분산전원이 확실히 전력계통으로부터 분리되어 있을 것.

계통선로 및 구내전기설비의 작업시는 반드시 작업구간에 연결되어 있는 분산전원이 모두 분리되어 있는가를 확인하도록 해야한다.

#### 시스템 신뢰도측면에서의 요구사항

분산전원의 계통연계로 인하여 전력공급의 신뢰도 즉, 전력품질과 보호협조에 악영향을 끼치지 않도록 서로 협조해야 한다.

표 2 저압배전선의 적정유지전압범위

표준전압	허용오차
220볼트	220볼트의 상하로 13볼트 이내
380볼트	380볼트의 상하로 38볼트 이내

#### 1) 전력품질측면에서의 요구사항

먼저 전력품질측면에서의 요구사항은 평상시 운전상태의 경우로서, 분산전원의 출력크기와 운전역률로 인한 송출전압조정, 오동작 및 선로의 전압강하로 인한 적정유지전압범위 초과, 풍력발전기 등의 출력변동으로 인한 Flicker현상, 대용량 분산전원의 병렬열로 인한 전압변동, 사고복구 또는 재폐로 직후 모든 분산전원의 동시 해열 및 병입으로 인한 순시전압변동, 인버터를 이용한 분산전원의 고조파 발생, 단상인 분산전원의 계통도입으로 인한 상불평형, 분산전원의 유효전력출력에 의한 선로역률저하 등을 고려할 수 있다. 이에 대해서는 다음과 같은 조건을 만족하도록 협조해야한다.

- ① 상시전압변동(기존의 한전전압관리지침상의 30분평균기준): 전기사업법 제18조

저압 및 특고압배전계통에 있어서는 저압수용가의 단자전압이 하기와 같은 범위를 유지할 수 있도록 협조한다. 154kV 송전선로에 연계되는 경우는 154kV 기준 1~2%의 변동이 되도록 협조한다.

- ② Flicker: 한전영업처리지침 제4절

전압변동을 떨림시감도곡선에 의한 10 Hz로의 변동치로 환산한  $\Delta V_{10}$ 의 값이 실측의 경우 1시간 평균치로 하여 0.45% V 이하, 예측계산시의 경우 2.5% (최대전압강하율로 표시)이하로 한다.

- ③ 순시전압변동:

아직 기준은 없으나, IEEE Std.1159-1995 및 EN50160 등에서 정의하고 있는 Voltage sag 및 swell 을 기준으로 하여  $\pm 10\%$  이내를 유지기준으로 한다.

- ④ 고조파:

한전 전기공급약관에서는 66kV이하에서 전압왜형율(THD) 3%이하로, 154kV이상에서는 1.5%이하로, IEEE Std. 519에서는 69kV이하에서 전압왜형율(THD) 총합 5%이하, 각차 3%이하로, 161kV이상에서는 각각 1.5% 및 1.0%로 되어 있다.

- ⑤ 불평형:

저압배전선에 도입되는 단상인 분산전원은 선로가 불평형(IEC 기준치인 10분평균치 2%)이 되지 않

표 3 타사발전기병렬운전연계선로 보호업무지침상의 전압계급별 연계선로구분

154kW 연계선로	- 2회선 전용선로(동기기, 용량제한 없음) - 양진원 전용선로(동기기, 용량제한 없음) - 단회선 전용선로A(동기기, 30MVA이상) - 단회선 전용선로B(동기기, 30MVA이하) - 방사상 공용연계선로(동기기, 용량제한 없음)
22.9kV 연계선로	- 2회선 전용선로(동기기, 30MVA이하) - 단회선 전용선로A(동기기 1~30MVA) - 단회선 전용선로B(유도기 1~2MVA) - 방사상 공용선로A(동기기 10MVA이하) - 방사상 공용선로B(유도기 1~1.5MVA이하) - 방사상 공용선로C(분산전원, 즉 풍력, 태양광, 연로전지 등 수백 kW이하)
380V/220V 저압연계선로	- 22.9kV 연계선로의 방사상 공용선로 (A), (B), (C)를 기준으로 하되 전력 품질의 문제가 발생하여 동일저압 배전선에 연결되어 있는 저압수용가에 악영향을 미치는 경우는 전용변압기를 설치하는 것을 원칙으로 한다.

도록 도입관리 하도록 한다.

⑥ 역률:

원칙적으로 분산전원 설치수용가의 연계점 또는 수전점을 기준으로 하여 지상 0.85이상 1.0이하로 하되, 전압조정협조 등이 필요할 경우는 진상 0.9까지도 고려할 수 있다. 최악의 경우는 0.8까지 고려하되, 도저히 전압조정이 될 수 없는 경우는 단독선로로 연계하는 것으로 한다. 이 때의 역률유지관계의 전력요금계산에는 이를 고려하여 적절한 전기요금을 산정할 수 있도록 해야한다. 한편 저압수용가의 계약용량과 동일한 3kW이하의 경우는 자체운전 역률기준 0.9~1.0으로 하는 것으로 한다.

⑦ 주파수:

연계점 또는 수전점에서 60.6Hz~59.4Hz의 범위에서 운전될 수 있도록 한다.

2) 보호협조측면에서의 요구사항

보호협조측면에서의 요구사항은 과도상태와 사고시로 나누어 설명될 수 있으나 기본적으로는 기존 한전의 타사발전기병렬운전연계선로 보호업무지침에 의거하여 다음과 같이 분류하고 이에 근거한 보호계전기를 설치한다.

그리고 상기외에 과도상태의 경우는 유도발전기의 기동시 돌입전류, 커패시터스윙칭으로 인한 공진

현상(전압확대현상), 유도발전기의 자기여자현상, 단독운전현상, 설비과부하현상에 대하여, 그리고 사고시의 경우는 CB (or Recloser)와 Fuse간의 보호협조, 1선지락시 공진현상, 단락용량초과, 분류효과에 의한 CB오동작현상, 타선로(회선) 사고시 CB의 불필요한 동작현상, Re-

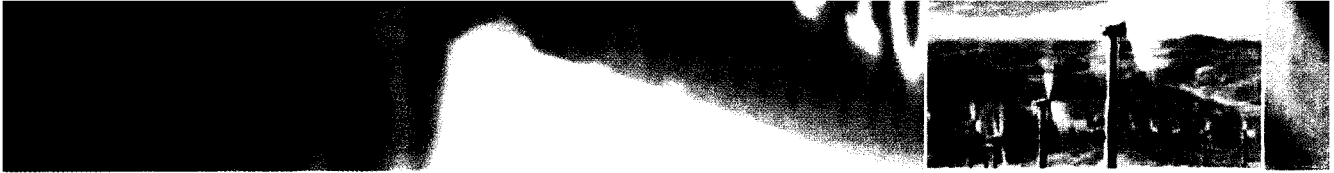
closer의 정정 문제, CB 및 Recloser의 재폐로동작 문제, 1선 지락사고시의 Grounding과 Transformer Interface 문제 등에 대해서는 해당 전기사업자와의 협의하에 필요한 대책 및 장치를 설치하도록 한다.

전력계통과의 연계운전 특성상의 요구사항

분산전원은 전력계통과 연결되어 병렬운전을 하는 것이 그 원칙으로 되어 있다. 그러나 분산전원의 설치지는 필요에 따라서 전력계통의 신뢰도를 유지 및 향상시키기 위하여 전력판매사업자와 협조를 꾀하여 분산전원을 운전하여야 하기 때문에 다음과 같은 기능이 분산전원에서 수행될 수 있도록 해야 한다. 단, 전원자체가 불안정한 풍력 및 태양광의 경우는 예외로 한다.

- ① 발전출력 일정운전(기저부하운전)
- ② 수전전력 일정운전(피크컷트운전)
- ③ 발전역률 일정운전(규정역률유지)
- ④ 무효전력 일정운전(전기판매사업자측과의 전압협조운전)
- ⑤ 정전압정주파수 운전(사고구간분리후, 건전구간 전력용통합조 또는 자체 독립운전)

한편 분산전원이 연계되어 있는 전력계통에 있어서는 특성상 피할 수 없는 선로 등의 사고에 의해서 보호설비들이 동작하게 되는 데 이것은 분산전원이



직접 연계되어 있는 계통뿐만 아니라 상위 계통 및 인접 계통에서도 발생된다. 특히 후자의 경우로 인해 분산전원이 직접 연계되어 있는 해당 계통에 0.3초~0.5초 이하의 순시전압변동(Voltage sag, swell) 및 순간정전을 초래하므로 이 경우에 대해서는 분산전원이 계속운전가능 하거나 자동해열복귀를 할 수 있는 운전특성을 갖어야 한다.

또한 변환장치를 갖는 분산전원의 경우는, 직류분이 계통쪽으로 유출되지 않도록 변압기를 경유하여 계통에 접속을 하는 구조로 하되, 직류회로가 비접지되어 있는 경우 및 고주파변압기를 이용한 경우, 그리고 교류측에 직류검출기능을 갖춘 장치를 설치한 경우는 생략하도록 해야한다.

#### 제어 · 감시 · 계량 측면에서의 요구사항

##### 1) 제어측면

분산전원의 제어는 원칙적으로 그 설치자에 의하여 자동 및 수동, 또는 지역 또는 원격으로 수행되나 필요에 따라서 전기판매사업자와의 협조하에 제어될 수 있어야 한다. 이 협조제어에 관한 사항은 전기판매사업자와 설치자사이의 적절한 협의하에 이루어 지도록 할 필요가 있다. 협조사항으로서는 다음과 같은 것이 고려될 수 있다.

- ① 전력품질유지 및 향상을 위한 운전역률 또는 무효전력보상 협조제어
- ② 사고시 고장구간 분리후, 건전구간의 부하에 대한 전력의 융통협조제어
- ③ 계통작업시 연계개폐기의 개폐협조제어

##### 2) 감시측면

시스템 신뢰도측면에서의 요구사항 및 제어측면에서의 협조요구사항이 제대로 이행되었는가를 확인 및 증명하기 위해서 감시측면에서의 요구사항으로서 전력품질 및 보호설비의 동작상태(전압 및 전류) 측정설비 등이 고려될 수 있다. 이 측정설비는 그 정도가 1급계기로서 필요에 따라서는 배전자동화 및 SCADA에 의한 원격검침이 가능하도록 할 필

요가 있다. 이 측정기들로부터의 데이터는 매월 전기판매사업자에 보고되어 요구사항의 이행여부확인 및 전기요금의 산정 등에 이용될 수 있도록 할 필요가 있다.

##### 3) 계량측면

전기사업판매자와 분산전원설치자사이에는 그 수전점에 유효 및 무효전력량을 양방향으로 측정하여 전기요금 등을 정산할 수 있는 전력량계를 설치하도록 해야 한다. 이들 계량은 다음과 같은 한전 전기공급약관세칙 제25조 및 전력거래소 운영규칙의 계량절차서 7.1.5 허용오차를 기준으로 하되, 필요에 따라서는 배전자동화 및 SCADA에 의한 원격검침이 가능하도록 할 필요가 있다.(전력거래소의 경우 설비용량 3,000 kW 이상에 대하여 통신회선을 통하여 전력량계에 저장된 5분 데이터를 주기적으로 전송하도록 되어 있다.)

##### 연락체계측면에서의 요구사항

전기판매사업자와 154kV 및 22.9kV에 연계되는 발전설비의 설치자 사이에는 24시간 연락가능한 전력보안통신용 직통전화(또는 가입동일지역인 경우 “수전반전용 한국통신공사 국선전화”)를 설치하는 것으로 한다. 단, 380V/220V 저압연계되는 발전설비의 설치자에는 일반전화 및 휴대폰을 통하여 담당자와 연락을 하도록 한다.

##### 데이터측면에서의 요구사항

- 1) 계통연계기술기준상의 계통연계보호장치의 적합성검토자료
- 2) 역조류유무에 관한 자료 : 발전설비의 운전출력과 부하곡선
- 3) 수전설비구성자료 : 단선결선도에 의한 구내수전설비와 연계설비의 설치도
- 4) 분산형전원이 위치할 상세지도
- 5) 발전설비에 관한 자료:
  - 가) 회전기의 경우:

- (1) 원동기: 형, 정격, 관성계수
- (2) 발전기: 형, 정격출력, 정격전압, 정격역률, 관성정수
- (3) 전압조정기: 범위 및 정도(정격전압의 %로 표시)
- (4) 역률조정기: 범위 및 정도(전부하기준의 %로 표시)
- (5) 발전기 리액턴스: 동기(% , kVA), 과도(% , kVA, 시정수), 초기과도(% , kVA, 시정수), 역상(% , kVA), 정상(% , kVA)
- (6) 변압기: 정격(O.A., F.A., F.O.A.kVA), 고압측(kV, 결선), 저압측(kV, 결선), 임피던스(% , 저항%, 리액턴스%), 운용탭
- (7) 각부분의 전압과 전류정격을 표시한 단선결선도
- (8) 교류 및 직류의 제어와 보호기구를 표시한 구성도
- (9) 운전 및 정지방식에 관한 설명
- (10) 측정데이터(돌입전류, 고조파, 과전류 등)
- (11) 기타(절연용변압기, 축전지유무, 한류리액터 등에 대한 스펙)
- 나) 직류발전×역변환장치의 경우
  - (1) 각부분의 전압과 전류정격을 표시한 단선결선도
  - (2) 교류 및 직류의 제어와 보호기구를 표시한 구성도
  - (3) 직류발전부분에 대한 기본스펙: 종별, 형식, 출력특성, 환경성 등
  - (4) 역변환장치에 관한 기본스펙
    - (가) 교류출력에 관한 정격: 전기방식, 정격출력, 정격전압, 운전역률
    - (나) 주회로방식에 관한 설명: 전력변환방식, 스윗칭방식, 절연방식
    - (다) 제어방식에 관한 설명: 전력제어방식, 출력제어방식
    - (라) 운전정지방식에 관한 설명
  - (5) 측정데이터(돌입전류, 고조파, 과전류 등)
  - (6) 기타(절연용변압기, 축전지유무, 한류리액터 등에 대한 스펙)
- 다) 보호계전기에 대한 스펙: 시퀀스, 메이커, 형

- 식, 특성, 정정범위 등
- 라) 보상설비의 형식, 용량 등
- 마) 차단기의 종별, 차단용량, 차단시간 및 개폐기의 종별, 개폐용량
- 바) 자동동기검정장치의 형식, 성능
- 사) 자동부하차단장치의 시퀀스, 차단용량시한, 차단부하용량(저압연계의 경우 제외)
- 아) 보안통신설비의 종별, 방식(저압연계의 경우 제외)
- 자) 계기용변성기(CT, PT)의 스펙, 사용법
- 차) 전송차단방식의 시퀀스, 설치도
- 카) 기타(운전체제, 연락체제에 관한 설명, 보안규정 등)

**인증 및 시험결과의 요구사항**

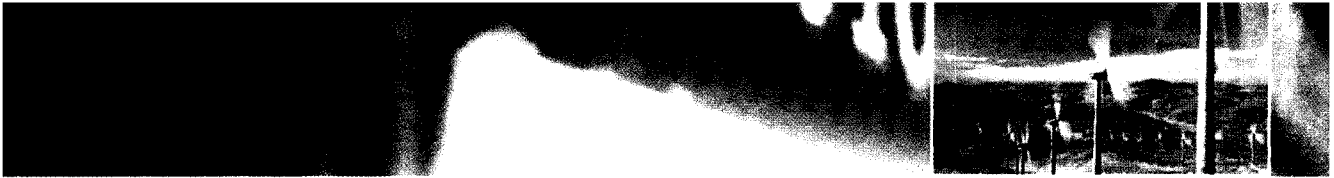
전기사업법 제63조 및 시행규칙 제31조에 의거하여 자가용전기설비의 사용전검사 및 정기검사를 수행하기 위한 검사항목 및 검사절차 등을 규정한 자가용전기설비의 검사업무 처리지침(2001.6, 산업자원부)에 근거하여 검사를 수행하되 IEEE 1547의 Test Spec.을 만족하는 수준으로 하여야 할 것이다.

**계통연계규정의 제도화 방안**

**외국의 사례 조사분석**

미국, 일본, 유럽에서는 계통연계의 대상전원을 신에너지전원에 국한시키지 않고, 소수력, 열병합 등을 포함한 전체로 하고 있다. 오히려, 신에너지전원에 대해, 경험이 풍부한 기존의 소수력 등에 적용되고 있던 기술조건을 개정 또는 추가한 형태의 규정을 만들어 적용하고 있는 실정이다.

한편 연계기술조건의 제정기관 또는 적용범위는, 유럽과 일본에서는 거의가 국가차원인 것에 비해서 미국은 전력회사차원으로 되어 있다. 또 국가차원, 사회차원에 관계없이 법적인 명확한 강제력이 불명하지만, 기술조건을 준수하고 있지 않은 경우 어떤 말썽이 생겼을 때 재판상의 강력한 증거로 하는 곳도 있다(영국).



1) 미국:

1978년에 석유대체에너지의 보급촉진을 위한 설비에 대해 투자액의 일정율이 과세대상으로부터 공제되는 우대제도를 실시했다. 또 동년에 실시되었던 공익사업규제정책법(PURPA)에 의해 전력회사는 연방에너지규제위원회의 자격인정을 받은 열병합(QF) 및 소규모발전설비(SPP)의 발전전력을 구입하는 것을 의무로 규정하였다. 구입가격은 회피비용이 기본으로 되어 있으며, 구체적으로는 각주에 위임된 상황이며, 현재 세제우대제도는 폐지되었다. 계통연계조건에 대한 제도화로서는 ANSI/IEEE STD.1001 1988이 Recommendation의 성격으로, 그리고, 각 전력회사마다 각자의 연계조건규정을 용량별로 만들어 적용하고 있다. 예로서 다음과 같다.

- Pacific Gas and Electric사의 연계운전조건,
- Boston Engine사의 연계운전조건,
- Southern California Engine사의 연계운전조건,
- San diego Gas and Electric사의 연계운전조건,
- Massachusetts Electric사의 연계운전조건,
- Virginia Power and Electric사의 연계운전조건,
- Georgia Power사의 연계운전조건,

2) 독일 :

통일독일로서 최초의 에너지정책이 1991년에 연방경제부로부터 발표되었다. 이 정책은 환경보호와 기후보호에 중점을 두고 있으며, 재생가능에너지의 구입법도 포함하고 있다. 이 구입법에서는 5,000kW 이하의 수력발전, 바이오매스발전, 풍력발전, 태양광발전 등의 재생가능에너지로 발전된 전력의 전기사업에 의한 구입과 그 보장가격에 대해서 규정하고 있다. 계통연계조건에 대한 제도화로서는 다음과 같이 저압 및 고압의 연계에 대한 Recommendation을 VDEW(Verband der Elektrizitätswirtschaft: German Electricity Association)이 주축이 되어 만들어 적용하고 있다.

- Recommendation of the connection and parallel operation of generating facilities at

the MV network, VDEW, 2nd Edition, 1998.

- Recommendation for the parallel operation of generating facilities at the LV network of Electric Utilities, VDEW, 3rd Edition, 1991-Revised 1996.

3) 영국:

영국은 일찍이 전력구조개편을 통하여 전력거래를 하고 있는 나라로서, 132kV이하의 배전계통에 접속되는 20MW미만의 발전설비를 Embedded Generator라고 하고, 이의 전력거래를 허락하고 있다. 이의 배전계통에 대한 연계조건에 대해서는 EA(Electricity Association)의 Engineering Recommendation G59에서 다음과 같은 제목으로 규정하고 있다.

- Recommendations for the Connection of Private Generating Plant to the Electricity Board's Distribution System.

4) 일본:

1980년 석유대체에너지의 개발 및 도입촉진에 관한 법률(대체에너지법)이 제정되어 기술개발 및 보급에 대한 지원이 실시되기 시작하였으며, 그 이후, 신에너지의 도입을 위한 신에너지도입강령이 1994년12월에 발표되었다. 여기에서 중점도입의 신에너지전원으로서 태양광발전, 폐기물발전, 열병합, 연료전지 등이 언급되었다. 전력구입단가에 대해서는 1994년2월 태양광, 풍력, 연료전지, 폐기물, 열병합 등의 발전설비를 대상으로 10개 전력회사의 잉여전력 구입단가가 완비되어 적용하고 있다. 이들에 대한 계통연계조건은 통상산업성 에너지청 공익사업부 전력기술과가 주관이 되어 “계통연계기술요건가이드라인”을 1998.3.18자로 완성시켜 이를 적용하고 있으나 규제의 성격은 아니고, 권장의 성격의 것이다.

- 계통연계기술요건가이드라인, 통상산업성 에너지청, 1998.3.18.

현 전력산업구조개편측면 분석

전력산업구조개편에 의하여 수정된 새로운 전기사업법 및 시행령을 분산전원의 관점에서 살펴보면, 다음의 것들이 주요 관련 사항으로 요약될 수 있다.

1) 전기사업법 제31조(전력거래)

- ① 발전사업자 및 전기판매사업자는 제43조의 규정에 의한 전력시장운영규칙이 정하는 바에 따라 전력시장에서 전력거래를 하여야 한다. 다만 도서지역 등 대통령령이 정하는 경우에는 그러하지 아니하다.
- ② 자가용전기설비를 설치한 자는 그가 생산한 전력을 전력시장에서 거래할 수 없다. 다만 대통령령이 정하는 경우에는 그러하지 아니하다.
- ③ 전기판매사업자는 다음 각호의 1에 해당하는 자가 생산한 전력을 제43조의 규정에 의한 전력시장운영규칙이 정하는 바에 따라 우선적으로 구매할 수 있다.
  - 1. 대통령령이 정하는 규모 이하의 발전사업자
  - 2. 자가용전기설비를 설치한 자(제2항의 규정에 의하여 전력거래를 하는 경우에 한한다)
  - 3. 대체에너지개발및이용·보급촉진법 제2조의 규정에 의한 대체에너지를 이용하여 전기를 생산하는 발전사업자
  - 4. 집단에너지사업법 제48조의 규정에 의한 발전사업의 허가를 받은 집단에너지사업자
  - 5. 수력발전소를 운영하는 발전사업자

2) 전기사업법시행령 제19조(전력거래)

- ① 법 제31조제1항 단서에서 “도서지역등 대통령령이 정하는 경우”라 함은 한국전력거래소가 운영하는 전력계통에 연결되어 있지 아니한 도서지역에서 전력을 거래하는 경우를 말한다.
- ② 법 제31조제2항 단서의 규정에 의하여 자가용전기설비를 설치한 자가 전력시장에서 전력거래를 할 수 있는 경우는 자기가 생산한 전력의 연간 총생산량의 30% 미만의 범위안

에서 전력을 거래하는 경우로 한다.

- ③ 법 제31조제3항제1호의 규정에 의한 발전사업자는 설비용량이 2만킬로와트 이하인 발전사업자로 한다.

전력거래시장에서의 참여방법 분석

전력거래소 전력시장운영규칙상의 제2조(용어의 정의)의 제1의 가항과 나항에서 중앙급전발전기를 다음과 같이 정의하고 있다. 왜냐하면, 중앙급전발전기와 비중앙급전발전기(소규모발전기)로 나누어 전력거래에 대한 정산을 하기 때문이다.

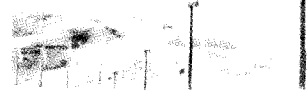
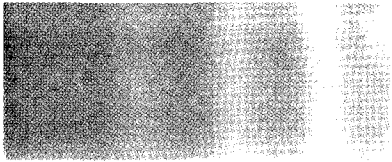
가. 법 제61조에 의하여 산업자원부 장관의 인가 또는 변경인가를 받은 후 법 제9조제4항의 규정에 의한 사업개시 신고를 한 발전기 중 그 용량이 20MW를 초과하는 1기의 발전기(다만 복합모드로 운전 가능한 발전기와 제3조 제2항 제2호의 규정에 의한 “입찰운영절차서”에서 정한 2기 이상의 발전기가 동일 모선에 연결되어 있는 경우는 1기의 발전기로 본다.)를 말한다. 다만 대체에너지개발및이용·보급촉진법 제2조의 규정에 의한 대체에너지를 이용하여 전기를 생산하는 발전사업자가 보유하는 발전기는 제외한다.

나. 집단에너지사업법 제48조의 규정에 의한 발전사업의 허가를 받은 것으로 보는 집단에너지사업자가 보유한 발전기 중 “가”항에서 규정한 용량이상인 1기의 발전기로서 법 부칙 제8조의 적용을 받지 않는 발전기를 말한다. 다만, 발전기의 기술적 특성이 이 규칙에서 정한 급전지시에 응동할 수 없는 경우에는 예외로 할 수 있다.

계통연계 상용운전시의 계약규정 분석

전력거래소에서 규정한 병렬운전 조합의 의미가 기존의 유일한 분산전원 계통연계관련 계약규정이다. 이는 1. 並列運轉, 2. 給電運用, 3. 剩餘電力需給, 4. 故障時操作, 5. 電氣設備의 休電作業, 6. 保護





繼電裝置의 施設, 7. 保護繼電器의 整定 및 試驗, 8. 發電, 受電 및 送電記錄, 9. 並列運轉 合意書 改正 으 로 構成되어 있다.

계통연계 상용운전 인허가 및 절차 관련제도의 분석 전력거래소에서 규정한 발전기병렬운전 및 공급방안 업무절차도는 다음과 같다.

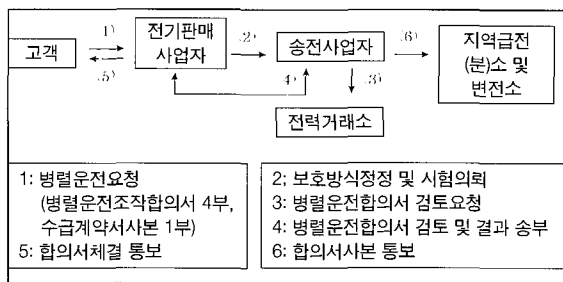


그림 1 계통연계 상용운전 인허가 및 절차도

### 계통연계 규정 제도화 방안

#### 1) 전기사업법상의 개정 및 추가 요구사항

##### 가) 제31조 ③항의 수정사항

제 31조 전기판매사업자는 다음 각호의 1에 해당하는 자가 생산한 전력을 제43조의 규정에 의한 전력시장운영규칙이 정하는 바에 따라 우선적으로 구매하여야 한다.

##### 나) 제31조의 추가사항

배전사업자가 운영하는 배전계통에 연계되는 2만 킬로와트이하의 발전설비를 설치한 발전사업자 및 자가용전기설비 설치자는 전력거래소를 통하지 않고, 해당 전기판매사업자와 직접거래를 할 수 있다. 또한 이 발전설비가 설치운동되는 동일건물 또는 동일지역내의 수용가는 이의 직접구매가 가능하다.

#### 2) 전력거래소 운영규칙의 개정 요구사항

가) 정관상 회원의 범위: 2만킬로와트이상의 발전설비를 소유한 자로 정한다.

나) 발전기병렬운전 및 공급방안업무절차서는 2만킬로와트이상의 발전설비에 대한 적용규정으로 한다.

#### 3) 계통연계규정의 법적인 위치

가) 산자부 고시 또는 전기사업법 시행규칙에 포함시킨다.

나) 감독관리담당부서는 산자부 전기위원회내에 두고, 이의 신청처리담당부서는 해당 전기판매사업자에 전담부서를 두는 것으로 한다.

#### 4) 계통연계에 따른 부가설비의 경비부담문제

가) 연계보호설비, 제어설비, 계량설비 등의 부가설비의 경비부담문제는 기본적으로는 설치자가 전적으로 부담하되, 저압연계(100kW이하) 및 고압연계(100kW초과) 등으로 구분하여 해당 전기사업자, 배전사업자 및 설치자간에 일부 면제 등의 적절한 협의가 이루어지도록 추가규정을 수립한다.

나) 저압에 연계되는 발전설비설치자의 전기요금의 산정에 기존 적산전력량계를 그대로 사용하는 Net-metering제의 적용을 추천한다.

## 결론

풍력발전설비와 같은 분산전원의 계통연계시 연계규정상에서 요구될 수 있는 기술적 사항, 즉 적용대상, 연계용량 및 전기방식의 구분, 안전성측면에서의 요구사항, 시스템신뢰도 측면에서의 요구사항, 전력계통과의 연계운전 특성상의 요구사항, 제어·감시·계량 측면에서의 요구사항, 연락체계 측면에서의 요구사항, 데이터 측면에서의 요구사항, 인증 및 시험결과 등의 요구사항 등을 나누어 설명하였다. 이상에서와 같이 풍력발전 도입단계에서 부터 위에서 언급한 연계시 문제점을 검토하여 풍력단지 건설에 대한 기본설계가 이루어져야 하며 이를 위해서는 선진국에서처럼 분산전원 계통연계가이드라인 기술 지침의 조속한 제정이 필요하며 관련 기관 및 해당전문가로 구성된 분산전원 가이드라인의 제정에 필요한 협의체 구성이 시급한 실정이다.