

분산형전원의 전력계통 인터페이스 문제와 해결 방안

노재형 신영균 김발호 김창섭\*  
충익대학교 \*에너지관리공단

A Study on Distributed Generation System Interface

Jae Hyung ROH Young-Kyun SHIN Balho.H. KIM Chang-Sup KIM\*  
Hongik Univ. \*KEMCO

**Abstract** - Interfaces are the point of interconnection between distributed generation and the energy infrastructure. These interfaces are generally physical but can include a market dimension as well. While there are issues surrounding various interfaces, the most important issues in the short term are on the electrical interface. Much of the discussion and debate surrounding distributed generation interconnection has centered on technical issues. However, there are two elements of interconnection that merit equal consideration-process and contractual issues. The solution of distributed generation interconnection issues depends on whether existing requirements can be modified to make them more efficient, transparent, and standardized while maintaining the grid's reliability and safety. In this paper, two main courses, standardization and third party participation, are suggested for the resolution of these issues.

1970년대까지는 자본집약적인 투자를 유도하는 방향으로 이루어진 기술발전, 높은 전력수요증가, 규제 시스템과 규모의 경제로 인해 발전소의 규모가 점점 더 커지는 경향을 보였다. 이러한 결과 대규모 중앙급전형 발전소들이 전력수요를 만족시켰고, 왕복동엔진이나 소형 가스터빈과 같은 분산형전원은 비상용 또는 후비용 전원으로 사용되었다. 1990년대 들어 새로운 가스터빈 기술개발과 전력산업 구조개편, 환경문제에 대한 의식 향상 등에 의해 이러한 상황이 역전되어 분산형전원이 각광받기 시작하고 있다.

1. 서 론

환경오염과 지구온난화 가스배출을 줄이고, 계통신뢰도를 향상시키고, 지역경제를 개발하고, 에너지 및 경제적 효율성을 증대시키기 위해 보다 깨끗하고 신뢰성 있으며 저렴한 에너지자원 포트폴리오를 개발해야 할 필요성이 그 어느 때보다 커지고 있다. 이를 위한 대안으로 재생에너지와 발전기술을 활용한 소형열병합을 포괄하는 개념으로서의 분산형 에너지가 세계적으로 각광받고 있다. 분산형 발전기술들이 상업적으로 활용 가능하게 되고 시장과 규제가 이들 기술을 받아들 수 있게 변화한다면, 이들 새로운 전력공급 대안들이 자리를 잡을 수 있게 될 것이다. 최소한 몇몇 경우에는 분산형전원이 가장 비용효과적인 신규전원이 될 수 있을 것이다. 분산형전원은 고품질, 고신뢰도의 전력을 공급하는 동시에 소형이고 전력적으로 입지를 선정할 수 있어 송배전 건설 비용이 들지 않기 때문이다. 본 논문에서는 분산형 에너지원의 현 에너지시스템과의 인터페이스 형태에 대해 살펴보고, 분산형전원의 계통접속과 관련된 핵심적인 문제들을 파악하고, 분산형전원의 계통접속과 관련된 장비들에 대한 해법을 찾아본다.

2. 본 론

2.1 분산형전원의 정의와 등장배경

분산형전원은 다양하게 정의할 수 있지만 여기에서는 분산형전원을 전력회사, 전력소비자, 또는 제3자가 전력 시스템, 특정 최종소비자, 또는 양쪽 모두의 편익을 위해 사용하는 통합된 또는 독립된 소형, 모듈형 발전기로 정의한다. 실제 적용 측면에서는 분산형전원을 최종소비자 인근에 설치되는 발전설비 또는 전력/열병합 설비로 정의할 수 있다.

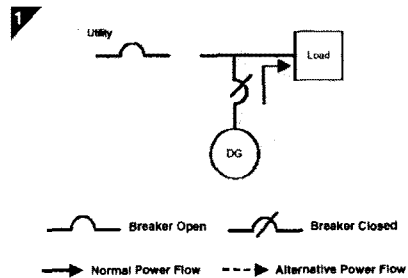
2.2 분산형전원의 계통 인터페이스

인터페이스란 분산형 발전설비(이하 분산형전원)와 전력계통 사이의 상호작용점을 의미한다. 현재 이러한 인터페이스는 일반적으로 물리적인 측면이 강조되어 있지만, 시장측면의 요소도 포함될 수 있다. 물리적 인터페이스는 주로 안정성, 규약, 계통영향, 신뢰도, 기술기준, 그리고, 계량 등의 문제와 관련되어 있다. 시장 인터페이스에는 분산형전원 혹은 그 소유자가 다른 공급자와 어떻게 상호작용하고 경쟁할 것인지와 급전, 요율, 가격 신호, 가격신호에 대한 응답, 의사결정 등이 포함된다. 여러가지 인터페이스 관련 문제가 있지만 단기적으로 가장 중요한 것은 전기적 인터페이스이다. 전기적 인터페이스에 있어서 가장 논란이 많은 문제는 분산형전원의 계통접속 문제이며, 본 보고서에서는 이 부분을 집중적으로 다루고자 한다.

2.2.1 분산형전원의 계통접속 환경

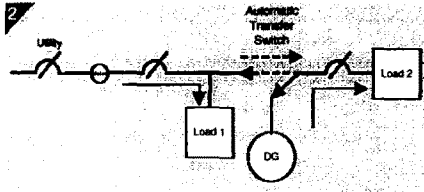
다음은 계통에서의 위치에 따른 분산형전원의 전기적 접속환경을 그림과 함께 살펴보았다.

(1) 독립(isolated-no grid source) : 분산형전원은 계통으로부터 완전히 독립된 상태에서 해당 부하에 대한 모든 전력을 공급한다. 이때 전력회사는 후비(backup) 전력 혹은 추가전력을 공급하지 않으며 매우 간단한 형태이다.



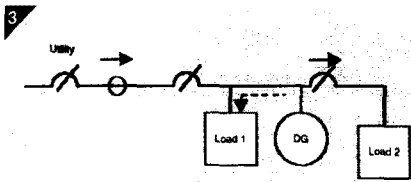
(그림 1) 독립

(2) 자동절체(automatic transfer) : 분산형전원은 최대부하시 혹은 후비력으로서 Load 2에 전력을 공급하고, 전력회사는 Load 1에 전력을 공급하며 Load 2에 대해서는 필요시 공급한다. 분산형전원은 0.1에서 0.15초 이상 병렬로 운용되지 않는다.



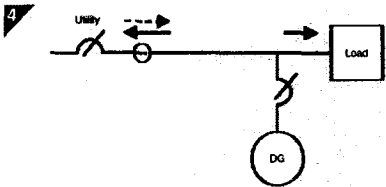
(그림 2) 자동절체

(3) 계통으로의 전력유출이 없는 계통접속 : 분산형전원이 계통과 병렬로 운전되는 경우이다. 이 때에는 분산형전원이 모든 부하(Load 1,2)에 대해 피크 혹은 기저 부하를 공급하지만 계통으로의 전력유출은 발생하지 않으며, 전력회사는 추가전력 혹은 후비력을 공급한다.



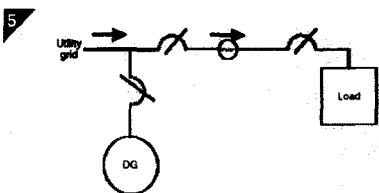
(그림 3) 계통으로의 유출이 없는 계통접속

(4) 계통으로의 전력유출이 있는 계통접속(부하측) : 분산형전원은 계통과 병렬로 운전되면서 부하에 전력을 공급하고, 계통으로의 전력유출이 발생하는 경우이다. 전력회사는 추가전력과 후비력을 제공할 수 있다. 전력유출이 있으므로, 접속환경에 대한 복잡성이 커진다.



(그림 4) 계통으로의 유출이 있는 계통접속 (부하측)

(5) 계통으로의 전력유출이 있는 계통접속(계통측) : 이 경우, 분산형전원은 전력회사가 소비자에게 전력을 공급하기 위한 하나의 전력원으로서 사용된다. 마찬가지로 분산형전원은 계통과 병렬로 운전된다. 접속환경에 대한 복잡성이 가장 크다.



(그림 5) 계통으로의 전력유출이 있는 계통접속 (계통측)

## 2.3 분산형전원의 계통 접속 관련 문제

현재의 전력계통은 다양한 대규모 발전기로부터 다양한 분산된 부하에 전력을 적정하게 수송할 수 있도록 설계되어 있다. 기존의 발전설비 대부분은 중앙급전방식에 따라 송전망에 접속되어 있다. 그러나, 배전계통에 소규모 발전설비가 접속된 경우는 거의 없는 실정이다.

계통접속에는 기술, 절차, 계약의 세 가지 기본요소가 존재한다. 이러한 요소들은 체계적인 방법으로 다루어질 수 있도록 종합적으로 고려되어야 한다. 왜냐하면, 기술, 절차, 계약 세 요소가 계통접속 비용, 기간, 품질 관리에 있어서 중요한 부분이기 때문이다.

### 2.3.1 계통접속 기술 문제

계통접속을 위한 요구사항은 아직 표준화가 이루어지지 않았다. 이는 보호장치를 표준화하는데 있어서의 어려움 때문인데, 안전한 접속을 보장하기 위해 필요한 장치의 타입은 발전기 형식/규모, 계통전압, 배전계통의 형태/위치 등 많은 요소에 영향을 받기 때문이다.

기존의 계통접속 요건들은 대규모 발전설비에 적합하게 개발되어 분산형전원과 같은 소형설비에는 맞지 않는다. 분산형전원 기술이 발전됨에 따라, 전통적인 접속설계를 대체할 수 있는 기술들이 개발되고 있다. 설비 공급자들은 시스템의 전체비용을 낮추기 위해 이러한 기술들을 분산형전원 패키지에 통합하려는 방향으로 나아가고 있다. 기술 부문에 있어 핵심 이슈는 전력계통의 안전성과 신뢰성을 저해하지 않으면서 비용-효과적인 접속 기술을 수용할 수 있는 기술 기준을 개발할 수 있는 것이다. 덧붙여 분산형전원의 급전, 계량, 통신, 제어기준 등에 대한 새로운 기술요건의 개발도 기술부문에서 제기되는 하나의 문제이다.

### 2.3.2 계통접속 절차

계통접속 설비의 설계, 인증, 검사에 대한 표준절차가 있긴 하지만 이들은 기술요건과 마찬가지로 대규모 발전설비에 맞게 개발된 것들이다. 또한 표준절차의 존재 여부와 상관없이 대부분의 경우 전력계통의 접속을 위해서는 일련의 단계 혹은 절차를 거쳐야 할 것이다.

이러한 절차에는 일반적으로 예외를 두지 않고 있다. 즉 소비자들은 분산형전원의 규모와 무관하게 이러한 절차를 따라야 한다. 접속 허가는 프로젝트의 세부적인 특성에 따라 달라지며, 전력회사 내부에서도 많은 부서간 회의가 필요한 동적인 과정이다. 설계가 조금만 변경되어도 계통접속에 대한 추가적인 분석이 필요할 수 있다. 마찬가지로 분산형전원 설계를 인가한 후에 전력회사가 계통의 안전성과 신뢰성을 위해 추가적인 장치나 형식 변경을 요구할 수도 있다. 계통 신뢰성이 문제가 되는 경우에는 모든 필요한 조치가 취해져야만 한다.

또한 특정 요건들을 완전히 파악하기 이전에 접속장치들을 구입하는 경우가 많아 일부 설계를 변경하거나 필요한 장치를 추가로 구입해야 하는 경우도 많다. 이것 역시 비용상승과 프로젝트 지연을 유발한다. 계통접속 허가를 얻는데 수 개월에서 많게는 수 년이 걸릴 수도 있다. 리드 타임이 길어지면 프로젝트 비용을 상승시키고 프로젝트의 타당성에 심각한 영향을 미칠 수 있다.

### 2.3.3 계통접속 계약

계통접속 계약은 분산형전원 소유자와 분산형전원이 접속될 계통을 소유한 전력회사간의 계약이다. 계통접속 계약의 내용은 분산형전원의 특성에 따라 달라질 것이다. 전형적인 접속계약은 접속장치의 설치와 유지관리에 있어 양자의 책임을 규정한다. 접속 협약에는 전력회사

의 검사 규정, 공급보장 범위 등도 포함된다. 접속 계약과 관련한 문제의 핵심은 분산형전원의 계통접속에 대한 표준 요건이 적절하고 복잡하지 않아야 한다는 것이다. 분산형 전원 소유주와 전력회사간의 접속 계약은 발전회사와 송배전회사간의 계약과 여러가지 면에서 유사하다. 대규모 중앙급전형 발전설비 소유자와 전력회사간의 계약은 상당히 복잡하다. 이러한 계약형태가 200MW 용량의 설비에 적합하다고 해서, 200kW 용량의 설비에도 적합하다고 판단하기에는 부적절한 요건들이 너무 많다. 또한 대규모 중앙급전형 발전소의 경우 kW당 보증금은 일반적으로 매우 낮다. 분산형전원 소유자들을 200MW 설비에 부과되는 보증금을 부담해야 할 수 있으며 이렇게 되면 kW당 금액은 상당히 높아지게 된다.

## 2.4 분산형전원 계통접속 문제해결방안

전력회사와 분산형전원 소유자 모두들 만족시킬 수 있는 명확한 해결책이 있는 것은 아니지만, 분산형전원 접속과 관련된 몇 가지 문제에 대해서는 양자가 이해를 공유하고 있다. (표 1)은 계통접속 관련 문제들과 그에 대응하기 위한 몇 가지 가능한 해결방안들을 보여주고 있다. 이 방안들은 종합적인 해결방안은 아니지만 표준화와 제3자 참여라는 문제해결을 위한 두 가지 접근방식을 보여주고 있다.

(표 1) 계통접속 문제해결방안

기술 문제와 해결 방안	
문제	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 분산형전원으로 인한 영향을 최소화하기 위해서는 적절한 계통접속 설계 필요</li> <li>- 전력회사의 기존 계통접속 요건은 최소 요건만을 규정하고 있으며 사례별로 변화를 반영하고 있지 않음</li> <li>- 기존 계통접속 요건은 분산형전원 관련 사항을 반영하고 있지 않음</li> <li>- 기존 요건은 소규모 분산형전원에 적용하기에는 합리적이지 못할 수 있음</li> <li>- 전력회사들이 통합 계통접속기기 기술을 인정하지 않을 수 있음</li> <li>- 안전성과 신뢰성을 위해 전력회사는 계통병입 전에 각 대안을 시험해야함</li> </ul>
해결 방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 국가 기술표준 또는 지침수립</li> <li>- 모든 이해당사자가 참여하여 표준을 만들고 제3의 기관이 이를 인증</li> <li>- 제3의 기관이 발전 대안을 입증</li> <li>- 독립된 제3의 기관이 사전인증제도 통제</li> </ul>

절차 문제와 해결 방안	
문제	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 정비된 계통 접속 절차 부재</li> <li>- 복잡하고 장기간 소요</li> <li>- 전력회사가 통제하는 절차는 분산형전원을 경쟁자로 인식</li> <li>- 분쟁 해결방법 부재</li> <li>- 계통접속 분석결과가 항상 소비자에게 항상 제공되지 않을 수 있음</li> <li>- 규모에 상관없는 계통접속 분석 요구</li> <li>- 소비자들은 계통 접속 분석에 전력회사가 정한 요금을 지불해야 할 수 있음</li> </ul>
해결 방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 모든 분산형전원에 적용되는 일관된 절차 개발, 자료 제출은 이해 당사자가 승인은 제3의 기관이 담당</li> <li>- 국가적인 계통접속 표준절차 개발</li> <li>- 독립적인 기술전문 기관이 계통접속과 관련된 분쟁을 해결</li> <li>- 계통접속 분석에 대한 적절한 지침 개발</li> <li>- 제3의 기관이 계통접속 분석</li> </ul>

계약 문제와 해결 방안	
문제	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 표준화된 계통접속 계약 부재</li> <li>- 기존 접속 계약은 그 기간과 내용이 소규모 분산형 설비에 적합하지 않음</li> </ul>
해결 방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 표준 계약서 개발</li> </ul>

## 3. 결 론

현재 분산형전원은 많이 있지만 전력계통과 연결되어 있는 분산형전원은 거의 없다. 미래에는 더 많은 분산형전원이 설치되고 유망한 분산형전원 활용 기술들이 개발됨에 따라 이러한 상황도 많이 변화할 것으로 예상된다. 단기적으로 분산형전원과 관련된 가장 중요한 인터페이스는 전기적 인터페이스이며 보다 구체적으로 말하자면 계통접속의 문제이다.

분산형전원의 계통접속과 관련하여 발생할 것으로 예상되는 문제에는 기술적 어려움뿐 아니라 계통접속을 위한 절차와 계약 문제도 포함된다. 이러한 문제들을 해결하기 위해서는 기존의 계통 접속요건을 개선하여 계통의 신뢰성과 안정성을 유지하면서도 효율적이고, 투명하며 표준화된 요건으로 만들어야 하겠지만, 문제가 재정적, 기술적으로 복잡하게 얽혀 있기 때문에 모든 당사자들에게 공평한 해결책을 찾아내는 것은 매우 어려운 것으로 보인다. 본 연구에서는 계통접속과 관련한 문제들의 해결을 위한 접근방식으로 표준화와 제3자의 참여를 제시하였다. 접속 관련 문제들 중 일부는 자발적으로 또는 개별 전력회사에 의해 해결될 수 있지만 규제기관이나 입법기관의 개입과 모든 이해당사자들의 참여가 반드시 필요한 것들도 있다.

분산형전원은 향후 전력계통의 설계와 운영을 크게 변화시킬 것으로 보인다. 하지만 이에 앞서 분산형전원이 전력계통에 비용-효과적으로 그리고 계통의 신뢰성을 저해하지 않게 접속될 수 있는 기반이 마련되어야 한다. 이러한 기반이 구축되지 않으면 분산형전원은 또 하나의 흥미로운 하지만 실용성이 없는 기술이 될 것이다. 따라서 분산형 발전설비의 계통접속과 관련된 기술 요건, 절차, 계약의 표준화 등에 대해서는 빠른 시일 내에 추가적인 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다

## (참 고 문 헌)

- [1] Arthur D. Little, "Distributed Generation: System Interface", Arthur D. Little White Paper, p3-25, 1999
- [2] R. B. Alderfer and T.J.Starrs, "Making Connections", p17-50, July 2000
- [3] Kaarsberg, T.M. and R. Neal Elliott, "Combined Heat and Power: Saving Energy and the Environment," The Northeast-Midwest Economic Review, March/April 1998
- [4] ONSITE SYCOM, "Review of Combined Heat and Power Technologies", 1999
- [5] John Latiner and William Parks, "Federal Strategies to Increase the Implementation of Combined Heat and Power in the United States", p8-9, 2000
- [6] R. W. Beck Inc., "Model Utility Connection, Tariff and Contract Provision for DG", p2-1~3-5, 1999