

국내·외 계통연계 신청처리 절차 및 기술지침 비교

이연화*, 최준호*, 노경수**, 문승일[†], 김재철^{††}
 전남대학교*, 동국대학교**, 서울대학교[†], 송실대학교^{††}

The Inside and outside of the country compare Establishment of Technical Guidelines for Interconnecting Alternative Energy Generation with Power System

Lee Yeon-Hwa*, Choi Joon-Ho*, Ro Kyoung-Soo**, Moon Seung-Il[†], Kim Jae-Chul^{††}
 Chonnam National University*, Dongguk University**, Seoul National University[†], Soong-Sil University^{††}

ABSTRACT

1997년 교토의정서 발효이후로 정부의 신·재생 에너지 관련 정책으로 인해 앞으로 국내에서 대체에너지전원은 급증할 것으로 예상되고 있다. 대체에너지발전시스템 특성상 독립형 보다는 계통연계 형태로 운전되어야만 효율적으로 사용될 수 있다. 이에 대체에너지전원의 기술지침이 작성되어 보급 활성화에 노력을 기울여야 한다. 우리나라 경우, 아직까지 제대로 기술지침이 정립되어 있지 않았다. 따라서 본 논문에서 국내·외 대체 에너지를 계통에 연결할 때 신청처리 절차와 기술기준을 비교·분석하여 정리하였다.

1. 서론

1997년 교토의정서가 지구 온난화 방지책의 일환으로 채택됨에 따라 2012년까지 1990년 대비 5.2%의 온실가스 배출을 감축할 것을 규정하였다. 2004년 10월 22일 러시아가 교토의정서를 비준함에 따라 의정서가 발효되기 위한 두 번째 요건인 비준서를 기탁한 부속서(Annex I) 국가들이 1990년 기준 이산화탄소 배출량의 합이 전체 부속서 I 국가들의 1990년 기준 이산화탄소 배출량의 55% 이상을 차지해야 함을 충족시켜 2005년 2월 16일 교토의정서가 발효되었다^[1]. 우리나라의 경우 에너지원의 대부분을 수입하고 있으며 에너지 소비도 선진국의 약 3 배에 이르는 에너지 다소비 국가이다^[2]. 우리나라도 지속적인 경제 발전에 따른 에너지 소비량의 증가와 교토의정서에 대한 대비책의 일환으로 신·재생에너지에 대한 기술개발과 보급에 힘을 써야한다.

대체에너지발전 시스템의 계통연계기술은 소규모 다수의 설치에 의한 최대수요전력의 삭감 및 대형발전설비의 가동을 개선, 수요변동에의 능동대응, 계통 독립지역 재해 등 긴급사태시의 전력공급가능, 다양한 연료 대응에 의한 에너지의 집중 편중 해소 등 다양한 장점이 있다. 대체에너지지전원은 기술적인 특성상 단독운전보다 기존의 한전계통에 연계하여 운전하는 것이 경제성 및 자원의 효율적인 이용, 전력의 공급 안정성 확보 면에서 유리하므로 계통에 연결하여 사용하는 것이 효율적이다. 하지만 전압변동, 주파수, 고조파 등의 전력품질과 설비보호, 단독운전방지 등 보호협조에 관한 문제점이 해결되지 않는 한 전력품질과 신뢰성은 저하될 수도 있다. 따라서 대체에너지 전원을 계통에 연계하여 사용할 때 장점을 살리면서 단점을 최소화하는 방안이 필요하다.

소화하는 방안이 필요하다.

본 논문에서는 계통연계에 관한 국내·외의 기준을 국내기준^[3,4], 미국기준^[5], 일본기준^[6]을 비교분석하여 정리하였다. 또한 국내·외 계통연계에 관한 신청처리 절차를 국내기준, 텍사스(Texas)기준, 메사추세츠기준을 비교분석 정리하였다.

2. 본 문

2.1 국내·외 대체에너지전원의 계통연계 기술지침 비교

본 절에서는 국내와 미국 그리고 일본의 대체에너지전원의 계통연계 기술지침을 비교 분석해 보았다.

2.1.1 적용범위 및 연계구분 비교

비교분석을 하기 위해서 대체에너지의 적용범위 및 연계구분에 대해서 먼저 알아보았다. 그 결과는 다음 표1과 같다.

표 1 적용범위 및 연계구분 비교

Table 1 The compare the limit of application and connection section with power system

구분	신·재생 에너지원	(1수용가당) 제한용량	연계 구분
국내	태양광, 풍력, 열병합발전 등	(10,000 kw)	특고압 배전 전용선로
미국	모든 신·재생 에너지원	10 MVA	배전계통
일본	에너지원 적용가능	(10,000 kw)	Spot Network

신·재생 에너지원은 모두 같았지만, 국내와 일본은 수용가당 제한용량을 두고 그에 따른 연계방안을 구분하였는데, 미국의 경우에는 연계접속점에서의 최대용량만 제한했을 뿐 연계방식을 구분하지는 않았다.

2.1.2 전압변동

현재의 배전계통은 단방향조류가 흐르기 때문에 주상변압기의 탭 선택 등을 사용하고 있으나, 대체에너지가 계통에 연계되었을 경우에는 양방향조류가 형성되어 전압조정이 어렵다. 공급전압을 적정범위로 유지하기 위해 만들어진 기술을 살펴보고 비교분석한 결과는 다음 표2와 같다.

전압변동에 대해서 비교 분석해 본 결과 저압의 경우 일본과 비교를 해 볼 때 국내의 경우가 허용범위가 넓음을 알 수 있었다.

표 2 전압변동
Table 2 The voltage regulating

구분	적정 전압 범위	% 전압 변동 범위
국내	202±13V	± 6.45%
	380±38V	± 10%
	22.4~23.5kV	- 2.18 ~ + 2.62 %
	22.7~23.8kV	- 0.87 ~ + 3.93 %
미국	88~110%	- 12 ~ + 10%
일본	101±6V	± 5.94%
	202±20V	± 9.9%

2.1.3 주파수

대체에너지가 계통에 연계시 주파수 상승으로 인한 전기기에 악영향, 발전소 전압의 저하, 설비의 효율저하 등을 유발하게 되는데 이에 관련된 기준을 비교분석한 결과는 다음 표3과 같다.

표 3 주파수
Table 3 The Frequency

구분	주파수 허용치(Hz)	% 주파수 변동 범위
한국	59.8~60.2	99.67~100.33
미국	59.3~60.5	98.83~100.83
	59.8~60.5	99.67~100.83

주파수에 관한 일본의 기준은 없었으며, 미국과 비교를 해 보았을 경우 국내기준이 좀 더 정확도를 요구하였다.

2.1.4 동기운전

대체에너지 전원이 계통의 주 전원과 동기화가 이루어지지 않은 채 운전이 되면 계통과 대체에너지 전원 모두에 악영향을 끼칠 수 있다. 이와 관련된 기준은 다음 표4와 같다.

표 4 동기운전
Table 4 The Synchronization

구분	전압변동 제한	발전용량합계 (kVA)	주파수차 (Δf , Hz)	전압차 (ΔV , %)	위상각차 ($\Delta \theta$, °)
한국	± 4%	0~500	0.3	10	20
		>500~1500	0.2	5	15
		>1500~10000	0.1	3	10
미국	± 5%	0~500	0.3	10	20
		>500~1500	0.2	5	15
		>1500~10000	0.1	3	10
일본	± 10%	-	-	-	-

연계접속점에서의 전압변동제한은 국내 기준이 가장 제한 폭이 좁았다.

2.1.5 고조파

고조파가 계통에 미치는 영향은 설비 과열로 인한 소손, 전력손실, 중성선의 전위상승, 직렬렬 공진, 통신선의 유도장애 등이 있다. 고조파가 허용된 용량을 초과하게 될 경우 대체에너지 전원에 악영향을 끼치므로 이에 관련된 기준은 다음 표5와 같다.

고조파에 대해서 비교 분석해 본 결과 종합왜형률을 구하는 식이 조금씩 달라서 각 수치의 의미상 차이가 존재하긴 하지만, 한국전력공사의 기본공급약관 시행세칙 기준이 높은 편이었다.

표 5 고조파
Table 5 The Harmonic

구분	종합 왜형률	비고
국내	3% 이하	154kV 이상 1.5%
	5% 이하	딱수 고조파는 흡수 고조파의 25%
미국	5% 이하	딱수 고조파는 흡수 고조파의 25%
일본	5% 이하	

2.1.6 역률

계통에 있어서 역률유지는 대단히 중요하다. 역률이 낮을 경우 계통의 안정화를 위하여 조상설비 필요, 선로의 저항손실 증가 등의 전력공급 원가가 상승하게 된다. 계통에 대체에너지원이 연계될 경우, 대체에너지원의 운전역률은 선로의 역률에 많은 영향을 끼치게 된다. 이에 관련된 기준을 비교분석한 결과는 다음 표6과 같다.

표 6 역률
Table 6 The Power Factor

구분	수용가 수전점 역률	전상역률 허용	비고
한국	85%	X	역조류 없는 경우 95%
미국	85%	X	-
일본	85%	X	역조류 없는 경우 95%

2.1.7 직류유입방지

계통에 직류전력이 유입되면 전압파형의 반주기 첨두치가 증가됨에 따라 주상변압기의 코어와 같은 자성체에 포화를 일으킬 가능성이 크다. 이와 관련된 기준을 비교분석한 결과는 다음 표7과 같다.

표 7 직류유입방지
Table 7 The prevent the inflow of DC

구분	직류 유입 방지 기준	비고
한국	정격 최대 전류의 0.5%	-
미국	정격 최대 전류의 0.5%	-
일본	-	변압기 설치

2.1.8 단독운전

단독운전이 발생하면 대체에너지 전원측의 차단장치는 고장을 검출하지 못하여, 수용가 계통이 고장계통으로부터 분리되지 못하는 경우가 발생할 수 있다. 이와 관련된 기준을 다음 표 8에 나타나있다.

표 8 단독운전
Table 8 The Isolation working

사고발생 개소	사고형태	보호계전기	
		역조류 없음	역조류 있음
전력계통	계통사고 및 작정정전 등에 의한 단독운전상태	RPR, UFR 역충전 검출기능	OVR, UVR OFR, UFR 단독운전 검출기능
OVR: 과전압 계전기, UVR: 부족전압 계전기 OFR: 과주파수 계전기, UFR: 저주파수 계전기 RPR: 역전력계전기			

단독운전이 발생되었을 경우 대체에너지 전원은 계통에서 분리

해야 하는데 미국의 경우는 2초이나, 국내 기준은 0.5초에서 1초로 엄격한 편이었다.

2.2 국·내외 대체에너지전원 계통연계 신청처리 절차

국내·외의 대체에너지전원의 저압 및 특고압 연계 운전업무 처리 절차를 지시하고, 외국의 사례로는 미국의 텍사스 주 및 메사추세츠 주의 연계신청 처리 업무 절차에서 고려되어야 할 기술적 검토 항목을 제시하였다.

2.2.1 국내 연계신청 처리 업무 절차

현재 한국전력공사의 대체에너지전원에 대한 계통연계 업무 처리 절차는 다음 그림 1과 같이 나타낼 수 있다.

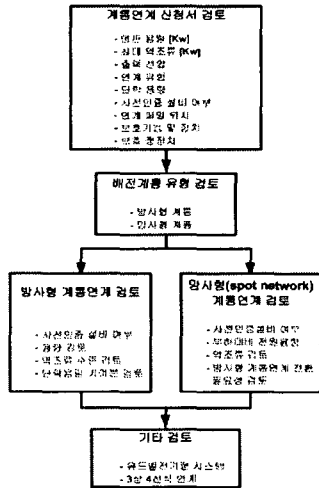


그림 1 분산전원 계통연계 검토 방안
Fig. 1 In Korea, proposed investigation algorithm for interconnection with distributed system of distributed generation

2.2.2 텍사스 주의 연계신청 처리 업무 절차

다음은 미국 텍사스 공익사업위원회(Public Utilities Commission of Texas : PUTC)에서 제정한 전기사업규칙 중 분산전원의 계통연계관련 조항을 제시하였다. 계통연계신청 처리 절차는 다음 그림2와 같다.

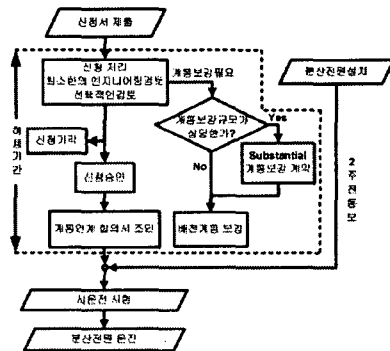


그림 2 텍사스 주의 분산전원 계통연계 검토 프로세스 방안
Fig. 2 In Texas state, proposed investigation algorithm for interconnection with distributed system of distributed generation

2.2.3 메사추세츠 주의 연계신청 처리 업무 절차

다음은 분산전원 계통연계협회가 메사추세츠의 통신 및 에

너지 성에 제안한 메사추세츠의 분산전원 계통연계 기준에서 분산전원 계통연계 절차에 관련된 부분을 제시하였고 계통연계 신청 처리 절차는 다음 그림3과 같다.

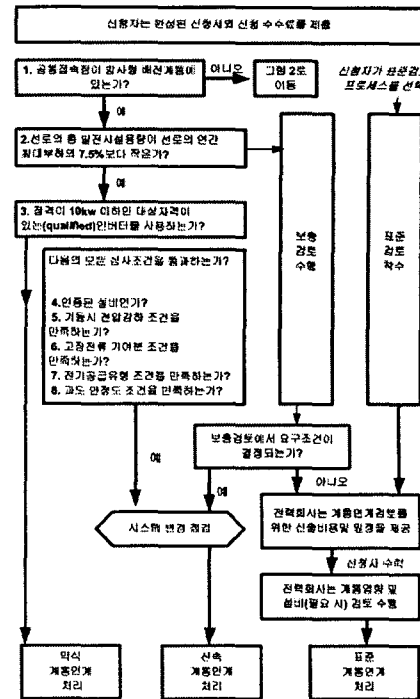


그림 3 메사추세츠 주의 분산전원 계통연계 검토 프로세스 방안

Fig. 3 In Massachusetts state, proposed investigation algorithm for interconnection with distributed system of distributed generation

3. 결 론

대체에너지전원을 계통에 연계하기 위해서 수립된 국내·외 기술지침들을 비교 분석해 본 결과 대체에너지 발전설비의 계획, 설치, 운영 등에서 에너지의 효율적인 사용과 절약, 원활한 보급등이 기대된다. 하지만 앞으로 대체에너지의 많은 기술개발과 발전이 이루어질 것임에 따라서 많은 요구사항이 늘어날 것으로 예상된다. 이에따라 앞으로도 지속적인 수정과 보완이 이루어져야 한다.

참 고 문 헌

[1] KYOTO PROTOCOL to the united nations convention on climate change, 1997.
 [2] 산업자원부, "대체에너지 발전시스템 계통연계를 위한 기술지침 수립 (최종보고서)", 2004.6.
 [3] 심은보, "분산형전원 저압배전선로 연계기준(안)", 전기의세계-대한전기학회, Vol.54, No.3, 2005.
 [4] 윤기갑, "분산형전원 계통연계 기술기준(안)", 전기의세계-대한전기학회Vol.54, No.3, 2005.
 [5] IEEE, IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems, July 2003
 [6] 일본 통상산업성 에너지청, "일본 계통연계 기술요건 가이드라인", 1983.3.