

신재생에너지전원 계통연계 기술지침 수립에 관한 연구

(A Study on Technical Guidelines for Interconnecting Renewable Energy Resources with Electric Power Systems)

김 응 상(Eungsang Kim), 김 슬 기(Seulki Kim)

한국전기연구원(KERI)

국문 요약

에너지와 환경문제를 동시에 해결할 수 있는 방법은 아직까지는 신재생에너지 밖에 없다는 결론으로 선진외국은 물론이거니와 국내에서도 신재생에너지전원 개발에 전력을 투구하고 있는 형편이다. 신재생에너지를 이용한 발전시스템은 주로 자연에너지에 가까운 연료를 사용함으로 출력제어가 기존 발전시스템 보다 어려우며, 특성상 독립형태 보다는 계통연계 형태로 운전될 때에 더욱 효율적인 활용이 가능하다. 또한 대부분이 소용량의 분산전원 형태로 주로 기존의 전력계통 중에서도 배전계통에 연계되어 운전될 확률이 많으며, 이는 곧 부하지역에 발전시스템이 위치하고 연계됨으로써 기존의 단방향성이 아닌 양방향성 전력의 흐름을 제어해야하는 복잡한 형태로 운전될 것으로 기대된다. 선진 외국에서는 이미 이와 같은 신재생에너지전원의 기술 지침 즉 가이드라인이 작성되어 보급 활성화에 상당부분 기여하고 있고 주변 환경 변화에 따라 기술지침 또한 계속적으로 수정 보완해 가고 있으나 국내에서는 깊은 인식은 하고 있지만 아직까지도 제대로 정립되어 있지 않다. 따라서 본 논문을 통해서 선진외국의 기술지침을 참고자료로 하여 국내의 전력산업 및 전력계통 조건에 맞는 신재생에너지전원의 계통연계 기술지침 안을 작성하여 제도화함으로써 보급 활성화에 기여하고자 한다.

1. 서 론

신재생에너지전원은 기술적인 특성상, 단독운전보다 기존의 전력계통에 연계하여 운전하는 것이 경제성 및 자원의 효율적 이용, 수용가의 공급안정성 확보면 등에서 유리하므로 계통연계운전이 필수적이다. 그러나 계통연계 시의 기술적인 과제 즉, 전력품질과 보호협조에 관한 문제점이 해결되지 않고는, 신재생에너지전원의 연계에 의해서 공급신뢰도(정전 등), 전력품질(전압, 주파수, 역률 등)의 면에서 다른 전기수용가에 악영향을 미칠 수 있을 뿐만 아니라, 전력공급 설비 또는 다른 전기수용가의 설비보전에 문제를 발생시킬 수도 있게 되고, 무엇보다도 공중 및 작업자의 안전 확보가 어려워질 수 있다[1-2]. 장래 전력산업 구조개편으로 인한 소규모 전기사업자의 등장과 지역에너지사업의 확대로 인한 신재생에너지전원의 보급확대 등을 고려한다면 복합배전계통의 도래에 따른 그 운용문제는 심각한 문제로 대두될 수 있으므로, 이에 대비한 충분한 검토와 제반 준비가 절실하게 필요하다. 신재생에너지전원의 보급 활성화를 위해서는 기존 전력계통과의 병렬운전에 요구되는 기술요건의 수립이 필수적으로 요구된다.

현재, 국내에는 정부가 주관하고, 전력사용자, 신재생에너지 사업자 및 전력회사 등의

관련 이해 당사자 간의 합의가 이루어진 기술적 요건이 제정되어 있지 않다. 신재생에너지전원의 계통연계에 대한 요구가 증대됨에 따라 전력회사는 기존의 타사발전기 연계지침 또는 외국의 계통연계 기준을 준용하여 이를 계통연계 업무지침으로 활용하고 있다 [3-4]. 그러나 이는 전력회사의 자체 연계기준 또는 지침으로서 계통운용적 측면에서 불안정성을 최소화하기 위하여 기준이 엄격하게 마련되어 있어 신재생에너지 전원의 계통연계의 추진 및 투자의지를 위축하여 보급 활성화에 걸림돌이 되고 있다.

본 논문에서는 관련 이해당사자가 아닌 중립적인 입장에서 기존 계통에 대한 안정성 및 보호를 고려하면서 최대한의 신재생에너지의 보급하기 위하여 계통연계 시 필요한 최소한의 기술요건을 제시하고자 한다. 기술지침 안 마련을 위하여 각국의 다양한 계통연계 기술기준 관련 자료[5-16]를 항목별로 비교 검토하여 국내 상황에 맞게 작성하였으며, 유연성 있게 적용할 수 있도록 원칙 위주로 명료하게 제시한다.

2. 본론

본 논문에서 제안하는 기술지침은 전기사업법에 근거한 기술요건을 준수하면서 신재생에너지 전원이 기존의 전력계통에 연계되어 운전되는 경우, 원만하고 효율적인 계통연계 운전 실현을 위하여 갖추어야 할 최소한의 표준적인 기술적 요건을 제시하며, 그 목적은 다음과 같다.

- 첫째, 기존 전력계통의 전력품질과 공급신뢰도의 유지 및 향상
- 둘째, 일반인과 작업자의 안전 확보와 전력공급설비 및 타 전기수용가의 설비 보전
- 셋째, 불필요한 기동정지 없이 전력계통과 협조운전을 할 수 있는 안정성 확보

또한, 저압 및 특고압 배전계통에 연계되는 신재생에너지전원에 적용되며, 형태별로 분류하면 다음과 같다.

- 연료전지, 태양전지 등의 직류발전설비를 이용하고 역변환장치를 이용하여 계통에 연계되는 발전시스템
- 풍력터빈 등의 회전기를 이용한 발전시스템
- 풍력터빈 등의 회전기가 역변환장치를 이용하여 계통에 연계되는 발전시스템

계통연계 항목별 기술지침은 기술요건과 적용지침으로 구분된다. 기술요건에는 계통연계 시 이행하여야 할 강제성을 부과하고, 적용지침은 기술요건의 이행을 위한 기술적 권고 및 해설 성격을 가지도록 한다는 관점에서 제안하였다.

2.1 연계구분

기술요건

계통연계를 원하는 신재생에너지전원의 연계설비용량에 대한 연계계통의 전압계급 적용은 표 1을 원칙으로 한다.

표 1 전압계급에 의한 연계의 구분

연계구분	적용 발전설비	연계설비용량		전기방식	역조류
저압 배전선	- 태양광발전 - 연료전지발전 - 풍력발전	원칙적으로 100kW 미만 (수변전설비 용량 초과 시, 저압전용선 연계)		단상 2선 220V 3상 4선 380V	유·무
특별고압 배전선		일반 배전선	원칙적으로 3,000kW 미만	3상 4선 22.9kV	유·무
		전용 배전선	원칙적으로 10,000kW 미만		
특별고압 송전선		송전선	*원칙적으로 10,000kW 이상	3상 4선 154kV	유·무

* 실질적인 연계운전은 개별협의를 의한다.

저압 및 특별고압 배전계통에서는 각각의 전압계급에 따라 공급할 수 있는 수용가의 계약전력의 상한치를 정해놓고 있다. 이것은 각 배전계통이 정해진 계약전력의 상한치 미만의 전력을 수용가에 공급한다는 것을 전제로 해서 배전계통의 설비들의 표준을 정하는데에 기준을 제공해준다. 따라서 현재 배전계통의 설비들의 표준 정격이 계약전력의 상한치를 바탕으로 하여 맞추어져 있으므로 신재생에너지전원 설치 수용가도 연계용량을 원칙적으로 전기공급약관에서 정하고 있는 공급전압에 따른 계약전력을 바탕으로 산정할 필요가 있다. 하지만 연계하고자하는 계통의 계통운용상황(계통상황, 설비실태, 수요동향)이나 기술적인 요건(전압변동, 단락용량)면에서 현재 확보된 연계보호기술과 발전전원기술을 고려하여, 기존의 전력계통에 대한 영향을 최소화하면서 동시에 신재생에너지전원 연계를 최대한 허용하려는 관점에서 보다 제한적이거나 또는 그와 반대로 유연한 연계용량의 산정도 가능하다. 원칙을 초과한 설비용량이라도 계통상황, 설비실태, 수요동향 등을 고려한 외에 표준적인 설비형성에 의해서도 공급신뢰도, 전력품질, 보안확보 등에서 문제가 없다고 판단될 경우에는 개별협의를 의해 연계할 수 있다. 반대로, 신재생에너지전원 설치 수용가의 설비용량이 해당 계통의 연계설비용량 상한치 미만이라도 기타 관련 기술요건 관점에서 해당 계통의 연계가 타당하지 않으면 상위 전압의 계통에 연계하거나 또는 기존 계통에 수변전설비 등의 설비보강을 해서 연계할 수 있다. 예를 들어, 발전용량이 100kW 미만이라 하더라도, 주변 수변전설비의 용량을 초과할 우려가 있는 경우에는 변압기에서부터 저압선을 전용선을 시설하여 연계하며, 이러한 설비보강 비용은 원인자 부담원칙에 의해 수용가가 부담한다.

2.2 전압변동

기술기준

신재생에너지전원이 공동접속점에서의 전압을 능동적으로 조절하지 않도록 하며, 해당 수용가의 전압과 해당 발전설비로 인하여 기타 수용가의 표본측정 지점에서의 전압이 표 2의 표준전압에 대한 전압유지범위를 벗어나지 않도록 한다.

표 2. 표준전압의 전압유지범위

표준전압 (V)		전압유지범위 (V)
특고압	13,200/22,900	12,000 - 13,800 / 20,800 - 23,800
저 압	110	104 - 116
	220	207 - 233
	380	342 - 418

만약 위의 전압범위를 유지하지 못하는 경우, 전력회사와 협의하여 다음 중 적절한 대책을 시행하는 것으로 한다.

- 수용가의 자동전압 조정장치 설치
- 전용변압기 설치
- 전용선로 설치

저압연계와 특고압연계에 대하여 구분하여 기술하면 다음과 같다.

· 저압연계 : 수용가가 역조류를 생기게 했을 때는 저압배전선 각부의 전압이 상승하여 적정치를 이탈할 우려가 있으므로 해당수용가는 다른 수용가의 전압이 표준전압을 유지하도록 하기 위한 대책을 실시한다. 전압상승 대책은 개개의 연계마다 계통 측 조건과 발전설비 측 조건을 고려하여 전력회사와 협의하는 것이 기본이나, 개별 협의 기간 단축과 비용절감 측면에서 대책에 대하여 표준화하여 두는 것이 바람직하다.

· 특고압연계 : 중부하시의 신재생에너지전원의 분리에 의하여 기타 수용가의 전압이 저하될 수 있으며, 역조류에 의하여 계통의 전압이 상승할 수도 있다. 전압변동의 정도는 부하의 상황, 계통구성, 계통운용, 설치점, 자가용발전설비의 출력 등에 의해 다르므로, 개별적인 검토가 필요하다. 전압변동 대책이 필요한 경우는 수용가는 자동전압 조정장치를 설치할 필요가 있으며, 대책이 불가능할 경우에는 배전선을 증강하거나 또는 전용선으로 연계하도록 한다.

2.3 고조파

기술요건

신재생에너지전원에 의해 계통으로 투입되는 고조파전류는 공통접속점에서 측정된 값이 표 3에 제시된 한계치를 초과하지 않아야 한다. 투입되는 고조파 전류에서 계통 자체에 존재하는 전압 고조파 왜형으로 인한 고조파 전류 성분은 제외되어야 한다.

표 3. 전류(I)에 대한 백분율로 나타낸 최대 고조파전류 왜형

고조파차수	<11	11≤h<17	17≤h<23	23≤h<35	35≤h	TDD
비율(%)	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0

- ① 신재생에너지전원이 없을 때의 해당 수용가 계통의 15분 최대 부하전류, 또는(신재생에너지전원과 공통접속점 사이에 변압기가 있을 경우, 공통접속점 측) 신재생에너지전원의 정격 전류 중 큰 값에 대한 고조파 전류의 비율을 말한다.
- ② 짝수 고조파는 위의 홀수 고조파의 25% 이하로 한다.
- ③ 측정값은 10분 평균값을 취한다.

고조파 관리 시 전압왜형율은 전력회사에서 계통운용에 필요한 관리 목표치이며, 전류 왜형율은 각 전기설비로부터 전력계통에 유출되는 고조파 전류를 억제하기 위하여 관리하는 값이므로, 신재생에너지전원에 의한 고조파 영향을 제한하기 위해서는 연계계통으로 유출되는 고조파 전류에 대한 제한치를 두어 관리하는 것이 타당하다. 따라서, 신재생에너지전원으로부터 배전계통에 유출되는 고조파 전류의 기준치로서 현재 국제적으로 통용되고 있는 IEEE P1547과 IEEE 519에서 규정한 고조파 전류 값을 적용하여 TDD(Total Demand Distortion)을 고조파 지수로 활용한다[6,9].

TDD는 다음과 같이 정의된다.

$$TDD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_L} \times 100 [\%]$$

여기서, I_h : 각 차수의 고조파 전류 크기

h : 고조파 차수

I_L : 공통접속점에서의 최대부하전류위에서 정의한 최대 부하 전류, 또는 신재생에너지전원의 정격전류 중 큰 값

2.4 역률

기술요건

신재생에너지전원을 설치하는 수용가의 공통접속점에서의 역률은 원칙적으로 지상 역률 90% 이상으로 하며, 진상역률이 되지 않도록 한다. 역조류가 없는 경우, 발전장치 내의 역변환장치는 역률 100% 운전을 원칙으로 하며, 발전설비의 종합역률은 지상역률 95% 이상이 되도록 한다. 단, 전압변동 기술요건을 유지하기 힘든 경우에는 전력회사와 개별적으로 협의한다.

공통접속점에서의 역률은 신재생에너지전원의 정상적인 운전상태 및 부하상태 시 계통측에서 신재생에너지전원 설치 수용가를 바라본 역률을 의미한다. 여기서, 신재생에너지전원의 역률과 설치 수용가의 공통접속점에서의 역률을 혼동하지 않도록 주의한다. 공통접속점의 역률은 설치 수용가의 신재생에너지전원 출력과 수용가 소내 부하를 합한 종합역률을 의미한다. 따라서, 발전장치는 공통접속점에서의 전압조절을 위하여 공통접속점에서의 전체 역률이 진상이 되지 않는 범위 내에서 진상운전도 가능하다.

2.5 플리커

기술요건

신재생에너지전원과 연계계통에서 발생하는 플리커는 다음의 한계치 이내에 있어야 한다.

① 저압계통에서의 플리커 한계치

- 단시간 (10분) $P_{st} \leq 1$
- 장시간 (2시간) $P_{lt} \leq 0.65$

② 특고압계통에서의 플리커 한계치

- 단시간 (10분) $P_{st} \leq 0.9$
- 장시간 (2시간) $P_{lt} \leq 0.7$

③ 저압 및 특고압 계통 연계점에서의 신재생에너지전원에 의한 플리커 방출 한계치

- 단시간 (10분) $E_{psti} \leq 0.35$
- 장시간 (2시간) $E_{plti} \leq 0.25$

현재, 일본과 한국전력공사의 경우, ΔV_{10} 을 기준으로 하여 플리커의 정도를 평가하고 있으나, IEC에서는 P_{lt} 와 P_{st} 를 플리커 척도로 규정하고 있으며, 대부분의 국가들이 이를 플리커 기준으로 규정화하고 있다[2,12-14]. 현재, 국내에서도 IEC 규격이 국제표준규격으로 정착되어 가고 있으므로, 전력계통에서 관리할 플리커 지수는 ΔV_{10} 대신에 IEC에서 사용하는 P_{st} 와 P_{lt} 값으로 관리하고, 배전계통에 연계하는 지점에서 신재생에너지 전원설

비는 E_{psti} 와 E_{plti} 를 적용하는 것이 바람직하다고 사료된다.

2.6 주파수

기술요건

계통에 연계되는 수용가의 신재생에너지전원의 상시 주파수가 59.8Hz ~ 60.2Hz 내의 적정범위를 유지하여야 한다. 이 주파수 허용치를 유지하지 못할 경우, 전력계통으로부터 발전설비를 분리하여야 한다.

산업자원부에서 고시하고 있는 국내 전력계통의 주파수변동 허용범위는 $60\text{Hz} \pm 0.2\text{Hz}$ 이므로, 신재생에너지전원의 출력주파수 변동범위를 $\pm 0.2\text{Hz}$ 로 규정하는 것이 타당하다.

2.7 계통 동기병입

기술요건

신재생에너지전원은 계통에 병입 시 공통접속점에서 연계되는 계통의 전압수준의 $\pm 5\%$ 를 초과하는 전압변동을 일으키지 않아야 하며, 플리커 기술요건을 만족하여야 한다.

위의 기준을 만족하기 위한 동기기, 유도기 및 인버터의 계통병입에 대한 기술적 요구조건은 다음과 같다.

- 동기기의 계통연계 : 표 4의 조건을 만족한다[6]. 하나의 파라미터라도 명시된 범위를 벗어날 경우, 투입하지 않는다.
- 유도기의 계통연계 : 자여자식 유도발전기는 동기기의 경우와 동일하다. 유도기에 의한 최대 기동돌입전류를 결정하고, 기동 시 전압강하를 추정하여 기준을 만족함을 보인다.
- 인버터 연계 : 자여자식 인버터 연계의 경우, 동기기 연계 요건을 따라야 한다. 타여자식의 경우, 유도기 연계요건을 따른다.

표 4 동기기연계를 위한 파라미터 제한치

신재생에너지전원의 총 정격용량 (kVA)	주파수 차이 (Δf , Hz)	전압 차이 (ΔV , %)	위상각 차이 ($\Delta \Phi$, °)
0-500	0.3	10	20
>500 -1500	0.2	5	15
>1500 - 10000	0.1	3	10

2.8 연계 계통고장

기술요건

신재생에너지전원은 연계된 계통에 고장이 발생했거나 기타 이유로 계통이 무전압 상태일 때, 계통으로부터 분리되어 계통으로의 전력공급을 중단하여야 한다.

계통이상상태에 대하여 표 5와 보호기능을 갖출 것을 권장한다.

표 5 계통이상상태 응답을 위한 보호기능

고장구분 \ 연계 구분		저압연계	특고압연계
신재생에너지전원 고장		과전압 검출기능 부족전압 검출기능	과전압 계전기 부족전압 계전기
연계계통 고장	단락고장	부족전압 검출기능 방향과전류 검출기능	단락방향 계전기 저전압 계전기
	순시전압 저하	저전압 검출기능	
	지락 고장		지락과전압 계전기 지락과전류 계전기

2.9 단독운전

기술요건

전력계통 고장 등으로 인하여 신재생에너지전원 설치 수용가계통이 연계된 전력계통 으로부터 분리되어 단독운전이 형성될 수 있는 경우, 신재생에너지전원은 단독운전을 검출하여 전력공급을 중단하여야 한다.

어떤 원인으로 연계선로가 차단되거나 조작됨으로 인하여 신재생에너지전원과 전력회사 전원계통과의 연계가 분리되는 경우, 신재생에너지전원 측이 일부 부하와 함께 단독계통을 이루어 운전될 때에는 단독운전을 검출하고 이를 방지할 수 있는 장치가 시설되어야 한다. 단독운전 방지를 위하여, 지역계통과 병렬 운전되고 있는 신재생에너지전원은 공통접속점의 지역계통 측에서의 전압강하 또는 정전을 감지한 후 적정시간 이내에 계통 으로부터 분리되어야 한다. 분리는 신재생에너지전원이 지역계통의 보호계전기의 최단 재폐로 시간보다 먼저 분리될 수 있을 만큼 충분히 신속하게 이루어져야 한다. 단독운전 방지를 위한 제안하는 저압 및 특고압 연계 시 설비대책을 요약하면 표 6과 같다.

일반적으로 다음과 같은 경우에는 단독운전 방지 기능을 생략할 수 있다.

- 단독 운전되는 분리계통의 최소부하수준이 신재생에너지전원의 출력보다 현저히 커서 단독운전이 지속될 우려가 없는 경우
- 단독 운전되어도 자체 설비부하 이외의 기타 일반전기설비 부하가 없는 경우

- 작업원이 보수작업 중 감전 위험이 없는 경우
- 계통 고장 시 해당 전원의 단독운전으로 인하여 복구조작이 지연될 염려가 없는 경우

표 6 단독운전 설비대책

	저압 연계	특고압 연계
역조류 있는 경우	· 저전압/과전압, 주파수 하락/상승 검출기능 (역변환장치에 내장) · 옥외 개폐기 설치	· 저전압/과전압 계전기 설치 · 주파수하락/상승 계전기 설치 · 전송차단장치 또는 단독운전 검출기능 설치
역조류 없는 경우	· 역전력 검출기능 · 주파수하락 검출기능	· 역전력 계전기 설치 · 주파수하락 계전기 설치

2.10 재폐로 협조

기술요건

신재생에너지전원은 연계된 배전계통의 재폐로 시에 계통으로부터 분리되어 있어야 한다.

기존의 배전계통 리크로저는 순시동작이나 지연동작, 구분개폐기의 동작, 리크로저 간의 협조 등이 그 배전선로의 부하의 특성과 선로의 조건에 맞게 설치되어있다. 따라서 신재생에너지전원의 계통연계로 인하여 기존의 보호장치들 간의 보호협조를 수정하는 것은 배전선로의 부하 등에 영향을 미쳐 계통의 신뢰도나 전력품질을 떨어뜨릴 가능성이 있기 때문에 불리한 점이 많다. 설사 기존의 배전계통의 구성을 수정하여 신재생에너지전원을 연계한다하더라도 그에 따른 비용이 신재생에너지전원 도입에 따른 장점을 살 리가 어려울 수도 있으므로 역시 불리하다. 따라서 신재생에너지전원 설치 수용가는 필요한 연계보호장치와 전원보호장치들을 기존의 리크로저가 설치된 배전계통의 보호협조 상황에 맞게 설치한다.

2.11 재접속

기술요건

신재생에너지전원은 계통이 무전압 상태일 때에는 투입이 불가능하도록 시설하여야 하며, 계통의 동요 이후, 계통 전압을 일정간격으로 지속적으로 감시하여 계통전압이 전압변동 기술요건 및 주파수 기술요건에서 규정하는 범위 내에 3회 연속 들면 계통에 재접속한다. 단, 계통으로부터 분리된 후 재접속 순간까지의 시간이 신재생에너지전원에 가장 가까운 변전소 방향의 리크로저의 재폐로시간과 재설정시간을 합한 시간보다 짧지 않도록 해야 한다.

계통이상에 대한 응답 및 재폐로 협조 요구조건과 밀접한 관련이 있다. 신재생에너지전원의 계통고장 검출부터 배전선로의 피더복구를 위한 협조 그리고 궁극적으로 신재생에너지전원의 계통으로의 재접속까지 일련의 동작순서이다. 신재생에너지전원은 계통 내의 차단장치의 재폐로 전략과 협조를 이루어 응답하여야 하며, 계통설비 및 기타 접속설비의 보호를 위해 협조가 필요하다.

본 논문에서 신재생에너지전원의 운전시간을 최대화하기 위하여, 계통 무전압 시 계통 전압을 일정간격으로 지속적으로 체크하여 3회 연속 전압 및 주파수가 본 기술요건에서 제시하는 정상범위(전압변동 기술요건 및 주파수 기술요건에서 제시하고 있는 정상운전 범위)에 들면 재접속하도록 제안한다. 단, 신재생에너지전원이 계통고장 발생 후 리크로저가 순간고장을 검출하는 동안(재폐로 시도와 초기상태로의 재설정이 진행되는 동안)은 재접속 되지 않아야 한다. 따라서, 3회 연속 정상전압 확인 후 재접속하되, 계통으로부터 분리된 후 재접속 순간까지의 시간이 신재생에너지전원에 가장 가까운 변전소 방향의 리크로저의 재폐로시간과 재설정시간을 합한 시간보다 짧지 않도록 해야 한다.

2.12 직류유입방지

기술요건

역변환장치를 이용한 신재생에너지전원의 계통연계 시 역변환장치로부터 직류가 계통으로 유출되는 것을 방지하기 위하여 원칙적으로 직류유입 방지용 변압기를 설치하거나 또는 동등이상의 기능을 역변환장치에 내장하여야 한다. 직류전류 투입허용 한계치는 전력회사의 규정을 따른다.

직류유입 방지용 변압기의 별도 설치가 비용 면에서 부담이 되어 신재생에너지전원 보급 활성화에 장애가 된다고 하면, 역방향 방지용 다이오드 방식 등과 같은 동등이상의 기능을 발전시스템에 내장하는 방식도 고려하여 볼 수 있다.

신재생에너지전원에 의한 직류전류 투입 허용치는 전력회사의 규정에 따르도록 하며, 본 논문에서 교류 실효치의 0.5% 수준을 권고한다[2]. 정상적인 변압기 여자전류의 교류 실효치와 동일한 직류성분을 허용한계치로 볼 수 있다. 전형적인 주상변압기의 여자전류는 최대부하 시의 약 1% 수준으로 흐르나 고효율의 변압기에서는 0.3%까지도 가능하다[1]. 실효치와 첨두치에 대한 비를 고려할 때, 직류유입전류 한계에 대한 기술요건으로서 0.5%가 타당하다고 사료된다.

2.13 내서지 성능

신재생에너지전원은 전력계통과 연계되어 있어 양단에서 발생하는 서지로 인해 신재생에너지전원 설비 및 계통 설비의 절연에 대한 위협을 방지하고 신뢰적인 설비 운용을 위하여 접지계를 적절하게 관리하며 개폐 서지나 뇌 서지와 같은 과도성 이상전압에 대한 대책을 갖추어야 한다.

신재생에너지전원은 계통에 접속되는 순간에 개폐서지가 발생할 수 있으며, 옥외에 노출되어 있는 태양광 또는 풍력발전시스템의 경우 직격뢰를 비롯하여 주변 고 고주물에 낙뢰 시 대지전위상승에 의한 과도성 이상전압에 항시 노출되어 있기 때문에 과도전압 억제장치인 서지보호기를 기본으로 서지 억제 대책이 실시되어야 한다.

3. 결 론

본 논문에서는 연계구분, 전압변동, 고조파, 역률, 플리커, 주파수, 계통 동기 병입, 연계 계통고장, 재폐로 협조, 재접속, 직류유입방지, 내 서지 등 신재생에너지 전원시스템의 계통연계를 위한 기술적 항목에 대한 기술지침 안을 제시하였다. 기술지침은 이행여부에 대한 강제성을 부과할 수 있는 규정 성격의 기술요건 안과 기술요건을 이행하기 위한 권고 및 해설 성격의 적용지침으로 구분하여 제시하였다. 기술요건은 각 국의 항목별 기술요건 사례를 충분히 비교 검토하여, 신재생에너지 관련 이해당사자들의 다양한 요구를 최대한 반영하면서, 유연성있게 적용할 수 있도록 원칙 위주로 간단명료하게 작성하였다. 본 논문의 기술지침 안을 바탕으로 정부, 업체, 사용자, 시민단체 및 전력회사 간의 이해적 합의를 도출하고, 관련 전문가로 구성된 위원회의 기술적 검토를 거쳐 계통연계 관련 규정 수립의 자료로서의 활용성이 충분하다고 사료된다.

본 연구결과를 통해서 신재생에너지 발전설비의 계획, 설치, 상용운전 시의 행정, 기술 검토, 운영 등에 소요되는 인력, 시간 및 소요 비용 등의 절약과, 에너지의 효율적 활용, 신재생에너지전원의 원만한 보급활로가 열리기를 기대한다. 또한, 추후 신재생에너지전원 기술의 개발 상황에 맞추어 더욱더 다양해지는 요구에 부응하기 위해 타당하고 합리적인 단계적 수정 및 보완 작업이 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 계통연계운전형 신에너지전원의 표준화 및 보급체제정비(최종보고서), 한국전력공사 전력연구원, 2000년 12월
- [2] 21C 고신뢰 고품질 신배전계통 구축에 관한 연구 (최종보고서), 한국전력공사, 2003년 9월
- [3] 분산형전원 저압배전선로 연계기준 (잠정)- 한국전력공사
- [4] 발전기 병렬운전 연계선로 보호업무, 한국전력공사 송변전처, 2004년 2월
- [5] 일본 계통연계 기술요건 가이드라인, 통상산업성 에너지청, 1998년 3월

- [6] IEEE 1547 - IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems, 2003. 7. 28.
- [7] Distributed Generation Interconnection Manual (Public Utility Commission of Texas), May 1, 2002
- [8] Proposed Uniform Standards for Interconnecting Distributed Generation in Massachusetts, March 3, 2003
- [9] IEEE Standards 519-1992, IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems.
- [10] IEEE Std 929-2000, IEEE Recommended Practice for Utility Interface of Photovoltaic (PV) Systems, Approved 30 January 2000.
- [11] IEC 61400-21, Measurement and Assessment of Power Quality Characteristics of Grid Connected Wind Turbines
- [12] IEC 61000-3-7, Electromagnetic compatibility (EMC) Part 3: Limits - Section 7 : Assessment of emission limits for fluctuating loads in MV and HV power systems
- [13] IEC 61000-3-3, Electromagnetic compatibility (EMC) Part 3: Limits - Section 3 : Limitation of voltage fluctuations and flicker in low-voltage supply systems for equipment with rated current $\leq 16A$
- [14] IEC 61000-3-5, Electromagnetic compatibility (EMC) Part 3: Limits - Section 5 : Limitation of voltage fluctuations and flicker in low-voltage supply systems for equipment with rated current $> 16A$
- [15] 고도정보화 사회의 전기품질 향상대책과 적정 규제치 설정, 한국전력거래소, 2002년 1월
- [16] 수용가 부하제어를 위한 전지저장시스템의 적용기술 개발 1차년도 보고서, 산업자원부, 2003년 12월