

분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline

기준서 번호 : H0-배전-편람-0002

제·개정 번호 : 15

제·개정 일자 : 2025.12.02.(시행일 : 2026.03.01.)

2010.03.09	제 정	2024.11.25	13차개정
2010.07.12	1차개정	2025.09.29	14차개정
2012.06.29	2차개정	<u>2025.12.02</u>	<u>15차개정</u>
2014.02.11	3차개정		
2015.04.01	4차개정		
2015.10.23	5차개정		
2017.04.19	6차개정		
2018.04.09	7차개정		
2020.06.29	8차개정		
2021.02.16	9차개정		
2021.06.01	10차개정		
2021.12.31	11차개정		
2023.11.28	12차개정		

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	13	2 / 247
개정 일자	2024.11.25	

1. 구분

- ① 제 정
- ② 개 정 (일반개정, 간이개정)

2. 적용범위

- ① 전사 적용
- ② 본사 적용 (특수사업소 포함)
- ③ 사업소 적용(부서명 :)

3. 운영 부서

3. 관련부서 합의

4. 업무표준 관리부서 검토(ERP 등록시 준법경영실 합의결재선 자동지정)

5. 사규 관리부서 검토(법무실 사전검토 대상 지침·기준)

6. 일상감사[모든 하위규범(지침·기준)]

분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	13	4 / 247
개정 일자	2024.11.25	

차 례

제1장 총칙	8
제1조(적용범위)	8
제2조(목적)	8
제3조(유효성 평가)	8
제4조(정의)	8
제4조의1(용어 해설)	9
제5조(연계 요건 및 연계의 구분)	51
제6조(협의 등)	72
제2장 연계 기술기준 해설	73
제1절 기본사항	73
제6조(전기방식)	73
제7조(한전계통 접지와와의 협조)	76
제8조(동기화)	94
제9조(비의도적인 한전계통 가압)	98
제10조(감시 및 제어설비)	99
제11조(분리장치)	106
제12조(연계 시스템의 건전성)	111
제13조(한전계통 이상시 분산형전원 분리 및 재병입)	112

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	7 / 247
개정 일자	2025.12.02	

제14조(분산형전원 이상시 보호협조)	127
제15조(전기품질)	127
제16조(순시전압변동)	143
제17조(단독운전)	145
제18조(보호장치)	150
제19조(변압기)	153
제2절 평가사항	156
제20조(한전계통 전압의 조정)	156
제21조(저압계통 상시전압변동)	157
제22조(특고압계통 상시전압변동)	161
제23조(단락용량)	168
제3절 분산형전원 계통지원	173
제24조(계통연계 유지)	173
제25조(기능 요구사항)	176
제26조(상호운용성)	179
[부록 1] 분산형전원의 계통에 대한 영향	181
[부록 2] 분산형전원의 계통에 대한 영향 검토방법	193
[부록 3] 분산형전원 연계 상세 기술검토 방법 및 절차	209
[참고문헌]	245

 KEPCO <small>KOREA ELECTRIC POWER CORPORATION</small> 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	8 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

제 1 장 총 칙

제1조(적용범위)

이 「분산형전원 배전계통 연계기술 가이드라인」(이하 “가이드라인”이라 한다)은 「분산형전원 배전계통 연계 기술기준」(이하 “기준”이라 한다)의 이해를 돕기 위한 기술적 배경 및 적용을 위한 세부 검토사항을 제공한다.

제2조(목적)

이 가이드라인은 다양한 형태의 분산형전원 관련 기술 및 그 연계에 관한 사항을 기술함으로써 기준의 활용을 용이하게 함을 목적으로 한다. 또한, 분산형전원을 계통에 연계하여 운영하기 위한 각종 기술요건들의 설정배경 및 이론적 근거를 설명하고, 기준의 활용도를 높이기 위한 기술적인 설명 및 도식, 적용 지침, 연계 사례 등을 제시하는 것을 목적으로 한다.

제3조(유효성 평가)

이 가이드라인은 1년 주기로 유효성을 평가한다.

제4조(정의)

이 가이드라인에서 사용하는 용어의 정의는 기준 제3조의 정의에 따른다.

제4조의1(용어 해설)

각 용어에 대한 해설은 다음과 같다.

1. 분산형전원(기준 제3조 제1호)

1. 분산형전원(DER, Distributed Energy Resources)

대규모 집중형 전원과는 달리 소규모로 전력소비지역 부근에 분산하여 배치가 가능한 전원으로서, 다음 각 목의 하나에 해당하는 발전설비를 말한다.

가. 전기사업법 제2조 제4호의 규정에 의한 발전사업자(신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 제2조 제1호의 규정에 의한 신·재생에너지를 이용하여 전기를 생산하는 발전사업자와 집단에너지사업법 제48조의 규정에 의한 발전사업의 허가를 받은 집단에너지사업자를 포함한다) 또는 전기사업법 제2조 제12호의 규정에 의한 구역전기사업자의 발전설비로서 전기사업법 제43조의 규정에 의한 전력시장운영규칙 제1.1.2조 제1호에서 정한 중앙급전발전기가 아닌 발전설비 또는 전력시장운영규칙을 적용받지 않는 발전설비

나. 전기사업법 제2조 제19호의 규정에 의한 자가용전기설비에 해당하는 발전설비(이하 “자가용 발전설비”라 한다) 또는 전기사업법 시행규칙 제3조 제1항 제2호의 규정에 의해 일반용전기설비에 해당하는 저압 10kW 이하 발전기(이하 “저압 소용량 일반용 발전설비”라 한다)

다. 양방향 분산형전원은 아래와 같이 전기를 저장하거나 공급할 수 있는 시스템을 말한다.

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	10 / 247
개정 일자	2025.12.02	

① 전기저장장치(ESS : Energy Storage System)

전기설비기술기준 제3조 제1항 제28호의 규정에 의한 전기를 저장하거나 공급할 수 있는 시스템을 말한다.

② 전기자동차 충·방전시스템(V2G : Vehicle to Grid)

전기설비기술기준 제53조의 2에 따른 전기자동차와 고정식 충·방전설비를 갖추어, 전기자동차에 전기를 저장하거나 공급할 수 있는 시스템을 말한다.

2. Hybrid 분산형전원

Hybrid 분산형전원은 태양광, 풍력발전 등의 분산형전원에 ESS설비(배터리, PCS 등 포함)를 혼합하여 발전하는 유형을 말한다.

기술적으로 분산형전원은 다양한 에너지 변환 및 발전 형태를 포함한다. 태양광발전지, 풍력터빈, 연료전지, 마이크로터빈, 전통적인 디젤 및 천연가스 왕복엔진, 가스터빈, 에너지 저장장치 등을 통해 전기를 공급하기 위해 다양한 에너지원, 연료, 변환장치들이 사용된다. 이와 같이 광범위한 분산형전원의 범위에 도 불구하고 한전계통과 상호작용을 할 때 분산형전원의 동작은 사용되는 전기적인 변환장치의 유형에 의해 주로 영향을 받게 된다.

여기에는 동기 발전기, 비동기(유도) 발전기, 정지형(전자식) 인버터의 세 가지 유형이 고려된다.

회전형 발전기는 내연기관, 연소터빈, 증기터빈, 수력터빈, 풍력터빈 또는 전기모터에 의해 구동될 수 있다. 정지형 인버터는 축전지 등 직류 저장원, 연료전지 등 직류 발전원, 고속 또는 변속 연소터빈 또는 풍력터빈 등 교류 발전원 및 컨버터(converter)에 의해 전기를 공급받는다.

이러한 기기들은 해당 기기를 제어하는 조정장치의 기계적·전기적 관성(inertia)

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	11 / 247
개정 일자	2025.12.02	

및 시정수(time constant)가 각기 다르기 때문에 어떤 변화에 대해 서로 다르게 반응한다.

분산형전원에 의해 공급되는 에너지 또는 용량은 3상 교류발전 파형을 갖는 회전기를 통해 계통과 직접 접속하거나, 회전 교류 파형을 합성시키는 정지형 전력변환장치를 통해 간접적으로 접속할 수 있다.

직접 접속 동기 발전기는 그 출력이 계통과 전기적으로 동기화를 이루도록 동기속도(60Hz)로 운전한다. 직접 접속 유도 발전기는 동기화되지 않은 상태에서 비동기적으로 운전한다. 즉, 유도 발전기는 원동기에 따라 각기 다른 회전속도로 운전하되, 계통으로 에너지를 전송하기 위해서는 동기속도(60Hz)보다 약간 빠른 속도로 회전하고 있어야 한다. 정지형 전력변환장치를 통한 간접 접속의 경우에는 기본적인 에너지 변환장치를 한전계통의 전압 및 주파수와 독립적으로 운전할 수 있다. 정지형 전력변환장치는 분산형전원을 한전계통과 접속하기 위한 매칭 변수(matching parameter)를 제공한다.

어떠한 분산형전원이든지 그 연계방법은 에너지 변환 및 발전방식, 분산형전원의 특성 및 용량, 연계대상 계통의 공급방식에 따라 달라진다.

가. 원동기

(1) 회전기

회전형 원동기는 축(shaft)을 통해 회전형 발전기를 직접 구동하거나 감속 기어박스(reduction gearbox)를 통해 간접적으로 구동한다. 또한, 정지형 전자식 변환장치를 통해 전력을 구동할 수도 있다. 회전형 원동기의 종류에는 내연기관, 연소터빈, 증기터빈, 풍력터빈, 수력터빈, 마이크로터빈 및 플라이휠과 같은 에너지 저장장치 등이 있다.

(2) 정지기

정지형 원동기는 직류전력을 생산한다. 정지형 원동기의 종류에는 태양

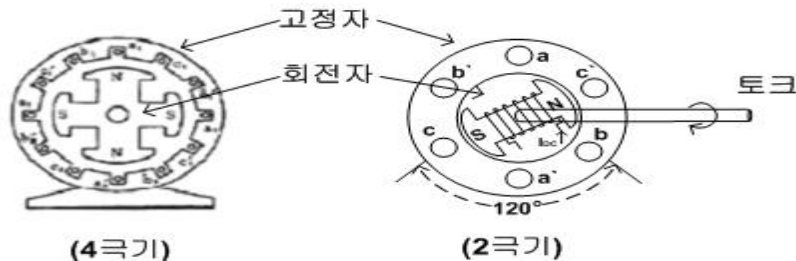
기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	12 / 247
개정 일자	2025.12.02	

광전지, 연료전지 및 배터리, 초고용량 커패시터(Supercapacitor), 초전도 에너지 저장장치(SMES, Superconducting Magnetic Energy Storage)와 같은 에너지 저장장치 등이 있다.

나. 전력변환장치

(1) 동기기

오늘날 사용되는 대부분의 발전기는 동기기이다. 동기기는 정상운전 상태에서 회전속도가 일정하며 연계계통의 주파수와 동기화되어 운전되는 교류 발전기이다.



[그림 1.1] 동기 발전기의 기본구조

동기기의 발전원리는 다음과 같다.

동기기는 자속 발생부에 해당하는 회전자(rotor)와 권선부에 해당하는 고정자(stator)로 구성되어 있다. 회전자의 계자권선(field winding)에 여자기(exciter)로 직류 전류를 흘리면 이 계자전류(field current)는 회전을 자석으로 만들어 자계를 형성시키고, 이 때 원동기에 의해 회전자의 축에 기계적 회전력(토크, torque)이 가해지면 회전자가 회전하면서 회전자계(rotating magnetic field)를 만들게 된다. 이 회전자계는 고정자의 권선에 교번하게 되고 이로 인해 식(1.1)에 따라 전압이 유도된다. 이 때 고정자의 3상에 해당하는 각 권선은 120° 간격으로 배치되어 있어서 3상 교류전압을 유도시키게 되는 것이다.

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	13 / 247
개정 일자	2025.12.02	

$$e = - \frac{d\phi}{dt} \dots\dots\dots \text{식(1.1)}$$

여기서, ϕ 는 자속(magnetic flux), e 는 유기전압(induced voltage)을 나타낸다.

동기기는 발전기의 극수에 따라 연계계통의 주파수와 일치하는 속도로 구동되어야 한다. 즉, 동기기의 회전자는 연계계통과 동기속도(synchronous speed)로 회전을 해야 한다. 여기서 동기속도란 계통의 주파수(60Hz)에 해당하는 속도를 의미하며 발전기의 회전자가 계통 주파수와 일치하는 속도로 회전함을 의미한다. 회전자의 동기속도는 식(1.2)와 같이 계통의 주파수 및 발전기의 극수와 관련이 있다. 즉, 발전기가 2극기일 경우 동기속도는 3,600rpm이고, 4극기일 경우 동기속도는 1,800rpm이 된다.

$$N = \frac{120f}{p} \dots\dots\dots \text{식(1.2)}$$

여기서, N 은 회전자의 기계적 동기속도[rpm, 분당 회전수], f 는 계통의 주파수[Hz], p 는 발전기의 극수를 나타낸다.

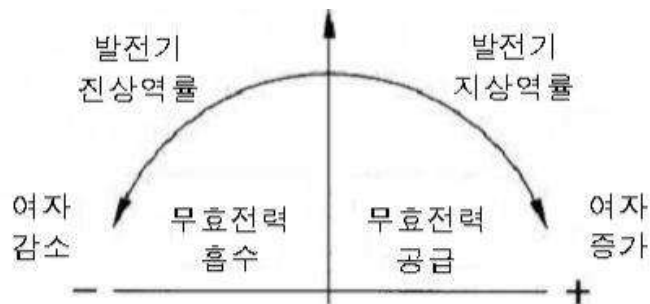
동기 발전기를 계통 주파수와 동기속도로 회전하게 하기 위해서는 회전자의 회전축에 연결된 원동기에 조속기(governor)가 필요하다. 동기 발전기는 원동기가 연소터빈이나 증기터빈일 경우에는 고속, 내연기관일 경우에는 중속, 수력터빈일 경우에는 저속으로 구동된다.

동기 발전기의 여자기로는 별도의 전동-발전기 세트, 직접 접속된 자기여자(self-excited) 직류 발전기, 또는 외부전원이 필요 없는 무브러쉬 여자기(brushless exciter) 등이 사용된다. 따라서, 동기 발전기는 계통연계 없이 자립운전(stand alone, 분산형전원이 한전계통으로부터 분리된 상태에서 해당 구내계통 내의 부하에만 전력을 공급하고 있는 상태)할 수도 있고 계통에 연계하여 운전할 수도 있다. 계통 연계시 동기 발전기의 출력은 계통의 전압 및 주파수와 정확히 일치해야 한다. 동기 발전기는 계자

가 별도로 여자되기 때문에 거의 모든 운전 조건에 대하여 지속된 고장 전류를 발생시킬 수 있다는 점에 유의해야 한다.

동기 발전기가 생산하는 유효전력은 원동기의 조속기에 의해 제어되며, 무효전력은 계자의 여자 정도에 따라 제어된다.

회전자의 축에 더 많은 회전력을 가하면 회전자의 동기성 회전자계 (synchronously rotating field)가 고정자의 일정한 회전자계(fixed rotation of the stator field)보다 앞서게 하는 경향을 나타내고, 이는 고정자 내에 흐르는 전류를 증가시켜 결과적으로 계통에 대한 출력 전력을 증가시킨다. 고정자와 회전자의 동기성 회전자계 간의 각도차를 회전각(torque angle)이라 하는데, 이는 동기기에 의해 발전되는 전력의 레벨을 직접적으로 반영한다. 즉, 회전축의 회전력 변화로 인해 회전자의 속도에 어떤 증분(増分, incremental)의 변화가 생기면 그에 상응하는 회전각의 변화를 유발하고 이는 동기기의 순간출력에 변화를 가져온다.



[그림 1.2] 동기 발전기의 무효전력 제어

[그림 1.2]는 동기 발전기에 대한 무효전력 제어반의 기능을 도식화한 것이다. 이 그림에 의하면 계자의 여자가 증가하면 동기 발전기는 연계계통에 더 많은 무효전력을 공급한다. 또한, 계자의 여자가 공칭 중간값 (nominal midpoint) 이하로 감소하면 동기 발전기는 연계계통으로부터 무효전력을 흡수한다. 경부하 상태의 경우 계통은 유도성(inductively reactive) 보다는 용량성 무효분(capacitively reactive)을 더 많이 나타내게 된다. 비록 무효전력 공급이 정상적인 일반 요건이라 하더라도 이런 경우에는

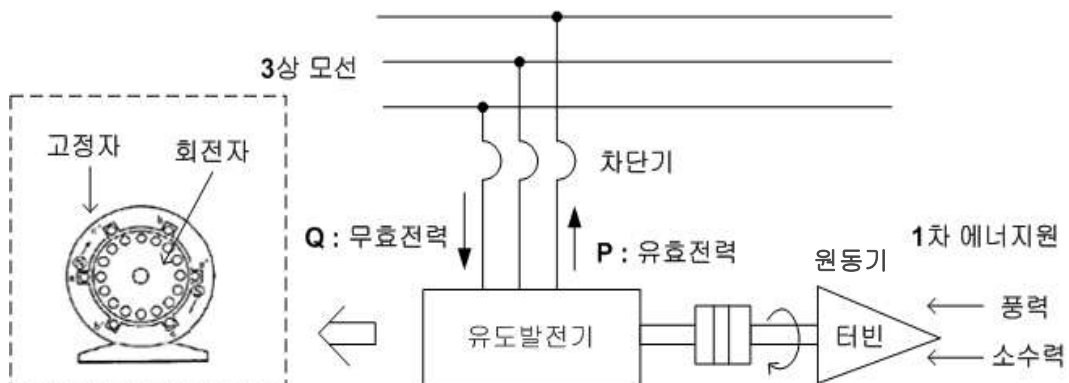
기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	15 / 247
개정 일자	2025.12.02	

동기 발전기에서 무효전력을 흡수함이 타당할 것이다. [그림 1.2]는 또한 동기 발전기가 계통에 무효전력을 공급하고 있을 때 해당 발전기 자체는 지상역률(용량성)로 운전되고 있음을 보여주고 있다. 무효전력을 흡수하고 있을 때에는 동기 발전기의 역률이 진상(유도성)이 된다.

동기 발전기는 계통과 동기화를 시키거나 회전자의 계자전류를 제어하기 위해서 조속기나 여자기와 같이 유도기보다 복잡한 제어장치가 필요하다. 또한, 계통의 고장 등으로 단독운전 상태가 발생할 경우 신속히 동기 발전기를 계통으로부터 분리시키기 위한 별도의 보호장치를 필요로 한다. 동기 발전기는 계통으로부터 분리되어도 자립운전으로 자체 부하에 전력을 공급할 수 있다는 장점이 있으나, 이 점은 또한 단독운전 발생 등 계통 운영상 불리한 측면으로 작용할 수도 있다. 동기 발전기의 또 다른 장점은 분산형전원 운영자가 직류 계자전류를 조정함으로써 역률을 제어할 수 있다는 것이다.

(2) 비동기기(유도기)

유도기는 [그림 1.3]과 같이 고정자와 베어링을 포함한 회전자로 구성되어 있으며, 고정자와 회전자 사이에는 공극(air gap)이 존재한다.



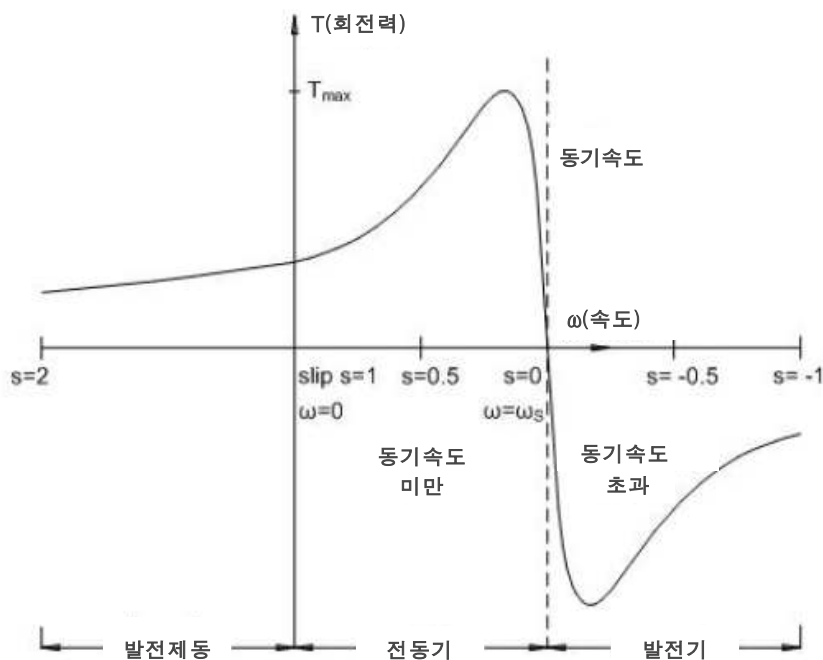
[그림 1.3] 유도 발전기의 기본구조 및 계통연계

유도 발전기는 회전자와 고정자간의 공극을 가로지르는 자계를 생성시키는데 필요한 자화(무효)전류(magnetizing(reactive) current)를 고정자 권선에 공급하기 위해 외부 전원을 필요로 하는 비동기기이다.

외부 전원이 없으면 유도 발전기는 전력을 생산할 수 없기 때문에 항상 유도 발전기에 필요한 무효전력을 공급할 수 있도록 계통과 연계하거나 동기기 또는 콘덴서(capacitor)와 함께 병렬로 운전한다.

유도 발전기는 정확한 동기화를 위해 요구되는 속도보다 약간 더 높은 회전속도로 운전하는데 이러한 회전속도는 원동기에 의해 결정된다. 회전속도가 동기속도 미만이면 유도기는 유도 전동기로 동작하기 때문에 계통 입장에서는 하나의 부하가 된다.

[그림 1.4]는 유도기의 회전력(torque) 대비 회전속도 곡선의 한 예시를 보여주고 있다.



[그림 1.4] 유도 발전기의 회전력-속도 곡선

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	17 / 247
개정 일자	2025.12.02	

slip(s)은 다음 식(1.3)으로 표현된다.

$$\text{slip}(s) = \frac{\omega_s - \omega}{\omega_s} \dots\dots\dots \text{식(1.3)}$$

여기서, ω_s 는 동기속도(60Hz), ω 는 회전자의 기계적 속도를 나타낸다.

[그림 1.4]는 회전자의 회전속도가 동기속도에 근접할 때 전동기와 발전기 영역 모두에서 유도기가 구동할 수 있는 회전자의 회전력을 회전속도의 함수로 보여주고 있다. 동기속도에서는 유도기의 슬립값이 0이 되는데, 이는 회전자 권선의 회전속도가 연계계통의 일정한 주파수로부터 고정자에 가해지는 쇄교 회전 자화자속(sweeping rotational magnetizing flux)과 정확히 동기를 이루는 기계적인 속도를 나타내는 지점이 된다. 즉, [그림 1.4]의 동기속도 지점($\omega = \omega_s$)에서는 고정자의 쇄교자속이 회전자의 동기속도 회전에 의해 효력을 상실하기 때문에 회전자에 유도전류가 흐르지 않는다. 따라서, 전동기로서의 유도기에 대해서 동기속도 지점은 특수한 불안정 상태가 되며, 이 지점에서는 회전자가 기계적인 회전력을 얻기 위해 필요한 고정자와의 교번자속(interacting flux)을 발생시키지 않기 때문에 전동기가 제대로 동작할 수 없게 된다. 계통의 주파수 및 유도기의 회전자 극수에 따른 동기속도[rpm]는 동기기와 마찬가지로 식(1.2)에 의해 구할 수 있다.

전동기로서의 유도기는 일반적으로 정격 동기속도의 2~3%에 해당하는 슬립 속도로 동기속도보다 약간 낮은 속도에서 운전한다. 그러나, 발전기로 사용될 때에는 회전축에 회전력을 가하는 역할을 원동기가 담당하기 때문에 회전축의 회전을 구동하기 위한 쇄교자속을 발생시킬 만큼 충분한 유도전류가 회전자에 흐르도록 하는 지점에서 운전할 필요가 없다. 원동기는 유도기의 회전자를 일반적인 전동기 영역의 슬립 속도로부터 슬립값이 0이 되는 동기속도를 거쳐 정격 동기속도를 초과하는 회전속도로 끌어올린다. [그림 1.4]는 유도기가 전동기로부터 발전기로 유연하게

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	18 / 247
개정 일자	2025.12.02	

전환되는 전형적인 예시를 보여준다.

발전기 영역에서는 회전자의 속도가 연계계통의 동기 주파수 회전속도보다 더 크기 때문에 슬립값은 음(-)의 값이 되고, 고정자는 계통으로부터 유효전류를 끌어오는 것을 멈추게 된다. 그 대신, 회전자의 속도가 연계계통의 일정한 주파수에 의해 고정자로부터 가해지는 쇄교 회전 자화자속을 초과하기 때문에 회전자 계자의 회전력에 의해 발생하는 공극의 자속은 전류의 유효분이 역으로 고정자 권선에 흐르도록 유도한다. 따라서, 고정자는 연계계통으로 유효전류를 내보내는 전원이 되고, 유도기는 회전자를 동기속도 이상으로 구동하는 원동기에 의해 작동되는 유효전력 발전원으로 바뀌게 된다.

유도 발전기는 부하에 관계없이 계통으로부터 무효전력을 흡수하기 때문에 연계선로의 전압 조정에 반하는 영향을 끼칠 수 있다. 즉, 유도 발전기는 계통으로부터 무효전력을 소비하기 때문에 무효전력의 흡수를 줄이고 역률을 개선하기 위하여 콘덴서의 추가를 고려하는 것이 중요하다.

어떤 경우에는 계통의 전원이 제거된 이후에도 유도 발전기가 발전을 계속할 수도 있다. “자기여자(self-excitation)”라고 불리는 이러한 현상은 필요한 자화전류를 공급할 수 있는 충분한 용량의 역률 개선용 콘덴서가 유도 발전기와 병렬로 설치되어 있고, 연결된 부하가 확실한 저항성 부하일 때 발생할 수 있다. 이 외부 콘덴서는 분산형전원 연계 시스템의 일부일 수도 있고, 분산형전원이 직접 연계되어 있는 계통의 선로에 설치되어 있는 역률 보상용 콘덴서들로 구성될 수도 있다.

유도 발전기는 상대적으로 동작이 간단하기 때문에 매우 기본적인 제어 시스템만 있으면 된다. 한전계통과의 동기화는 본질적으로 자동으로 이루어지므로 이를 위한 특별한 절차를 필요로 하지 않으며, 계통에 고장이 발생하면 일반적으로 유도 발전기는 운전을 멈추게 되기 때문이다. 그러나, 충분한 용량의 역률 보상용 콘덴서가 있을 경우에는 확실한 제

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	19 / 247
개정 일자	2025.12.02	

어가 없다면 운전을 계속할 수도 있다.

유도 발전기의 단점은 발전기 유형에 따라 동기속도보다 현저히 낮은 속도로 한전계통에 연계될 때 나타나는 반응에 있다. 이 경우 잠재적 위해 요인이 되는 돌입전류가 발생할 수 있다.

유도발전기를 계통에 연계시키는 일반적인 절차는 고정자에 교류전류를 공급하여 전동기로 기동시켜 동작하다가 회전자의 축에 원동기로 기계적인 회전력을 가하여 회전자의 속도를 동기속도나 그보다 약간 높은 속도로 가속시킨 다음 연계용 차단기를 투입하는 것이다. 앞에 설명한 대로 유도 발전기는 동기속도보다 빠르게 회전할 때 발전기로서 동작하게 되므로 동기속도 미만에서 계통에 투입되면 전동기와 같이 동작하여 큰 돌입전류가 계통으로부터 흘러 계통의 급격한 전압강하로 인해 과전류 계전기나 저전압 계전기의 오동작을 발생시킬 가능성이 있다. 마찬가지로 동기속도보다 현저히 큰 속도에서 계통에 투입될 때에도 계통에 나쁜 영향을 끼칠 수 있다. 따라서 유도 발전기의 계통 연계는 과도현상을 최소화하기 위하여 회전속도가 동기속도와 같을 때 이루어지는 것이 일반적이다.

돌입전류는 전류의 상승률을 제한하는 소프트 기동장치(soft starter)와 같은 보조 제어 임피던스에 의해 제한할 수 있다. 유도 발전기의 전압은 여자 전원에 의해 정해지며, 조정 가능한 용량성 전원을 여자 전원으로 사용하는 경우 이외에는 전압을 조정할 수 없다.

이 모든 사항은 유도 발전기를 계통에 직접 접속하는 경우에 적용된다. 이 경우 계통과 유도 발전기는 발전전력을 생산하기 위하여 위에 기술된 대로 상호작용을 한다. 하지만, 유도 발전기와 한전계통 사이에 정지형 전력변환장치가 삽입될 경우에는 유도 발전기를 사용하는 또 다른 방법이 존재할 수 있다. 이 경우 유도 발전기는 연계계통의 동기 주파수 회전속도에 의해 직접적으로 지배를 받지 않는다. 회전자와 고정자간 공극

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	20 / 247
개정 일자	2025.12.02	

을 가로지르는 자계를 생성시키기 위해 무효분의 자화전류가 여전히 필요하기는 하나, 이 경우에는 자화전류를 계통으로부터 직접 끌어오지 않고 다른 방법으로 공급을 받아야 한다. 예를 들어, 무효 자화전류를 공급하기 위해 유도 발전기의 고정자 단자에 직접 콘덴서를 설치할 수 있다. 회전자를 구동하는 원동기는 회전자에 자계를 발생시켜 고정자의 인덕턴스 및 연결되어 있는 커패시턴스의 상호작용에 의해 고정자 권선에 무효자속을 쇄교시키고 고정자 단자전압을 유기시키며 고정자의 유효전류가 발전기에 연결되어 있는 부하로 흐르도록 유도한다. 이러한 과정은 그것이 의도되고 제어되는 것이라는 점만 제외하면 앞서 기술한 자기여자와 유사한 부분이라 할 수 있다. 비동기적으로 발전된 전력은 정류기와 인버터를 통한 변환과정을 거쳐 연계된 한전계통으로 송전된다.

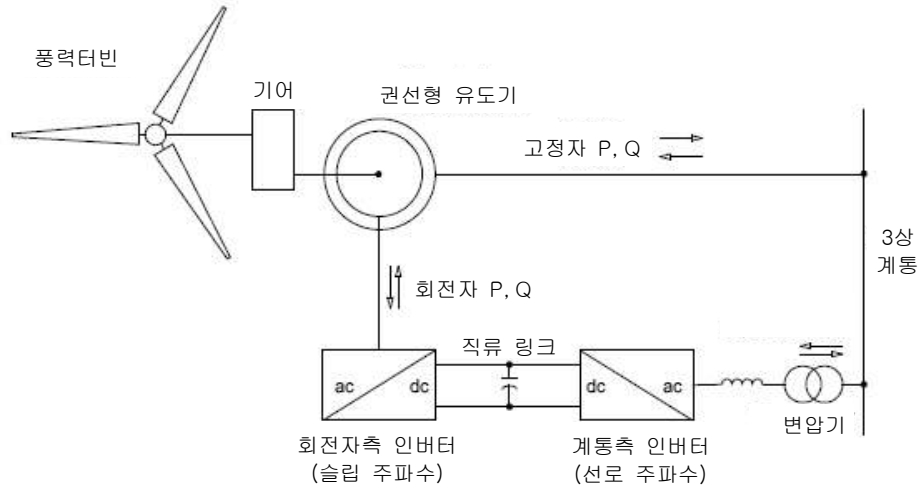
또 한 가지 가능한 방식은 유도 발전기와 계통 사이에 서로 마주하는 인버터(back-to-back inverters)를 설치하는 것이다. 유도 발전기의 고정자 간선(stator mains)은 첫 번째 인버터의 교류 단자에 연결되는데, 이 인버터는 필요한 무효 자화전류를 공급하며 원동기의 속도와 부합하는 비동기 주파수로 운전된다. 이 첫 번째 인버터는 전력변환을 위해 두 번째 인버터와 직류 링크를 공유하며, 두 번째 인버터는 일정 주파수를 갖는 계통에 연계된다. 전력은 역시 비동기적으로 발전되고 유도 발전기 측의 주파수는 연계계통의 주파수와 일치시킬 필요가 없다. 그 대신, 주파수 변환장치인 싸이클로컨버터(cycloconverter)가 동일한 전력변환 기능을 제공할 수 있다. 단, 이러한 방식을 적용할 때에는 고정자의 최대 전류와 전력을 모두 충족하는 정격을 갖는 정지형 전력변환장치를 사용할 필요가 있다. 비용 문제로 인해 실제 이러한 방식을 적용하는 유도 발전기의 규모에는 한계가 있을 수 있다.

이중 여자 유도 발전기(DFAG 또는 DFIG, Double-Fed Asynchronous Generator 또는 Double-Fed Induction Generator)는 독특한 특성을 갖는 유도 발전기이다. 이는 회전자의 계자전류를 구동하기 위해 권선형 유도

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	21 / 247
개정 일자	2025.12.02	

기(wound rotor induction machine)를 정지형 전력변환장치와 함께 적용한다. 발전기의 기계적인 회전속도는 동기속도보다 빠르거나 느리게 넓은 범위로 변화될 수 있다. 일반적인 유도 발전기는 항상 무효전력을 흡수하기 때문에 전압이나 역률을 제어할 수 없으나, 이중 여자 유도 발전기는 무효전력을 공급하거나 흡수할 수 있으며, 따라서 역률이나 무효전력 조류를 쉽고 빠르게 제어할 수 있게 해준다. 어떤 이중 여자 유도 발전기의 경우에는 회전자 권선에 대한 과전류 보호 및 과전압 제어를 위해 주파수 변환장치의 회전자 측에 크로우바 회로(crowbar circuit, 전압이나 전류가 정해진 제한범위를 초과할 경우 공급선로를 신속히 단락시키는 보호회로를 말한다. 실제 여기서 비롯되는 단락은 퓨즈를 용단시키거나 다른 보호장치를 동작시켜 결과적으로 공급을 중단시키게 된다. 보통 전원공급기에 실리콘 제어 정류기(SCR, Silicon-Controlled Rectifier) 또는 기타 실리콘 장치를 사용하거나 기계적인 단락장치를 사용하여 구현한다.)를 추가하기도 한다. 크로우바 회로는 인접 개소의 다상(多相) 고장에 대하여 고정자와 회전자의 과도전류를 1 p.u. 이내로 제한한다. 일반적으로 이중 여자 유도 발전기 기술은 풍력발전에서 널리 이용된다.

[그림 1.5]는 이중 여자 유도 발전기의 예시를 보여준다. 회전하는 전기 기기는 물리적으로 권선형 유도 전동기와 똑같다. 고정자는 계통에 직접 연결된다. 하지만, 회전자의 전류는 간단한 유도 발전기의 경우와 같이 단순히 고정자의 자계에 의해 유도되는 것이 아니라 전력변환장치에 의해 제어된다. 두 개의 정지형 전력변환장치가 직류 링크를 공유한 채로 서로 등을 마주하고 있는 형태로 구성되며 다양한 교류 주파수의 전력을 회전자와 주고받는다. 첫 번째 변환장치의 교류측은 슬립 링을 통해 발전기의 회전자에 연결되고, 두 번째 변환장치는 일정 주파수의 계통에 연결된다.



[그림 1.5] 이중 여자 유도 발전기 예시

계자전류의 주파수는 회전자에 대한 자계의 상대적인 회전 속도를 결정하며, 상 시퀀스(phase sequence)는 회전 방향을 결정한다. 회전자의 전류는 회전자 자계의 회전자에 대한 피상(apparent) 회전속도와 물리적인 속도의 합이 항상 계통의 주파수와 동기속도가 되도록 전력변환장치에 의해 제어된다. 발전기의 물리적인 회전 속도는 동기속도보다 빠르거나 느리게 광범위하게 변화될 수 있다. 동기속도보다 빠르게 회전할 경우 전력 조류의 방향은 회전자로부터 회전자측 변환장치, 직류 링크, 계통측 변환장치를 통해 계통으로 흘러 들어가게 된다. 동기속도 미만으로 회전할 경우 전력 조류의 방향은 회전자 쪽이 된다.

일반적인 속도변동 가능 범위는 60Hz의 기본 동기속도에 대하여 $\pm 20\text{Hz}$ 정도이다. 이러한 시스템에서는 발전된 전력의 약 2/3 정도가 전력변환장치 없이 고정자 간선(stator mains)을 통해 계통에 직접 연계된다. 즉, 약 1/3 정도만 회전자 회로와 정지형 전력변환장치를 통해 전송된다. 따라서, 정지형 전력변환장치는 크기와 비용 측면에서 크게 절감될 수 있으면서도 일정 주파수의 계통에 적용되는 비동기 발전은 동등한 수준으

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	23 / 247
개정 일자	2025.12.02	

로 지원할 수 있다. 더불어, 원동기가 다양한 속도를 가질 수 있도록 허용할 수 있다는 장점도 있다.

(3) 정지형 전력변환장치

어떤 분산형전원은 연계되는 한전계통과 동기화되지 않은 전압을 갖는 전력을 생산한다. 정지형 전력변환장치의 목적은 이러한 비동기성 분산형전원 출력과 한전계통이 적절히 연계될 수 있도록 인터페이스를 제공하는 것이다. 때로 이러한 전력변환장치를 PCS(Power Conditioning System)라 칭하기도 한다. 분산형전원을 적용함에 있어 전력변환장치의 기본적인 역할은 원동기 에너지원으로부터 발생하는 직류 또는 비동기성 교류 전기를 계통과 유연하고 용이하게 연계될 수 있는 전압을 갖는 동기성 교류로 변환시키는 것이다.

비동기성 분산형전원 출력전압에는 다음과 같이 두 가지 유형이 있다.

- 직류 발전기, 연료전지, 태양광전지, 축전지 또는 정류기를 통하는 교류 발전기에 의해 발전되는 직류전압
- 비동기속도로 운전되는 동기 발전기 또는 유도 발전기에 의해 발전되는 교류전압

따라서, 분산형전원을 한전계통에 연계하기 위하여 다음과 같이 두 종류의 정지형 전력변환장치를 사용할 수 있다.

- DC/AC 변환장치 : 입력전압은 일반적으로 조정되지 않은 직류전압이며, 출력은 한전계통에 의해 정해진 바에 따라 적절한 주파수와 전압을 갖게 된다. 소규모 신재생 분산형전원 연계시 널리 사용된다.
- AC/DC/AC 변환장치 : 입력전압 또는 주파수는 한전계통의 요구사항을 충족시키지 못하나, 출력은 한전계통에 의해 정해진 바에 따라 적절한 주파수와 전압을 갖게 된다. 약 1kHz의 주파수로 전력을 생산하는

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	24 / 247
개정 일자	2025.12.02	

교류기(alternator)를 갖는 마이크로터빈 적용시 일반적으로 사용된다.

대용량 데이터 센터나 기타 전자식 안정기 등 직류 전원을 기본으로 사용하는 전기사용자의 경우와 같이 직류전력이 직접 사용될 수 있는 경우에는 분산형전원을 직류로 직접 연계하거나 다른 전력변환장치를 사용할 수도 있다.

정지형 전력변환장치는 다이오드, 트랜지스터, 사이리스터(thyristor) 등의 전력전자 소자를 사용하여 적용대상 분산형전원에 부합하는 정격을 갖도록 만들어진다. 이러한 전력전자 소자들은 정류기(rectifier, 교류전압을 직류전압으로 변환), 인버터(inverter, 직류전압을 교류전압으로 변환) 또는 싸이클로컨버터(cycloconverter, 어떤 주파수의 교류전압을 다른 주파수의 교류전압으로 변환)의 형태로 제작된다. 전력변환장치는 유형에 따라 동작을 위한 한전계통 전원을 필요로 하기도 하고, 계통 고장 시에도 계속 정상적으로 동작하기도 한다. 전력전자 소자를 이용한 정지형 전력변환장치의 주된 장점은 회전형 전력변환기기에 비해 높은 효율성과 신뢰성을 갖는다는 것이다. 또한, 분산형전원의 보호기능을 전력변환장치 내에서 구현할 수 있다는 장점도 있다.

인버터는 직류 전기를 교류로 변환시키며, 기타 부가적인 전력변환 기능을 제공한다. 인버터의 종류에는 전류(轉流, commutation)방식에 따라 자기전류방식(self-commutated)과 강제전류방식(line-commutated), 출력의 제어 방식에 따라 전압제어형과 전류제어형, 연계계통과의 절연방식에 따라 상용 주파 절연방식, 고주파 절연방식, 무변압기(transformerless) 방식으로 분류된다.

자기전류방식 인버터는 동기화에 있어 동기기와 마찬가지로 계통과 전압의 크기 뿐 아니라 주파수 및 위상각도 모두 일치시켜야 하나, 기계적인 관성이 없기 때문에 그 허용오차 범위는 더 넓을 수 있다. 강제전류방식의 경우에는 연계 후 계통의 주파수를 따라가기 때문에 전압의 크기만

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	25 / 247
개정 일자	2025.12.02	

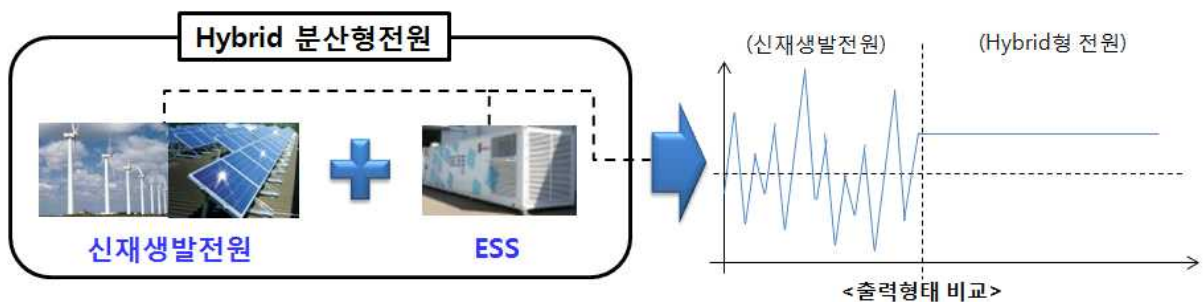
일치시키면 된다. 두 유형 모두 연계 후에 위상각 조정이 가능하다.

전압제어형은 제어대상이 출력측 전압의 크기와 위상으로 되어 있어 과전류 또는 고장전류의 억제에는 불리하나 자립운전이 가능하므로, UPS 기능의 자립운전형이 요구될 경우에 유리하다. 한편, 전류제어형의 경우에는 제어대상이 전류의 크기와 위상으로 되어 있어 과전류 또는 고장전류의 억제에는 유리하나 자립운전에는 불리하다.

연계계통과의 절연방식에 따른 인버터의 분류에 대한 설명은 가이드라인 제19조(변압기)에서 별도로 다루기로 한다.

‘소규모 신·재생에너지발전전력 등의 거래에 관한 지침’ 및 ‘전기설비기술기준’의 개정('14년 12월)에 따라 전기저장장치의 신재생에너지에 포함 및 ESS 연계형 분산형전원에 대한 공급인증서 가중치 부여 등 ESS의 배전계통 연계가 현실화 되었다. 이에 ESS 혼합형 분산형전원에 대한 정의로 Hybrid 분산형전원이라는 개념을 도입한다.

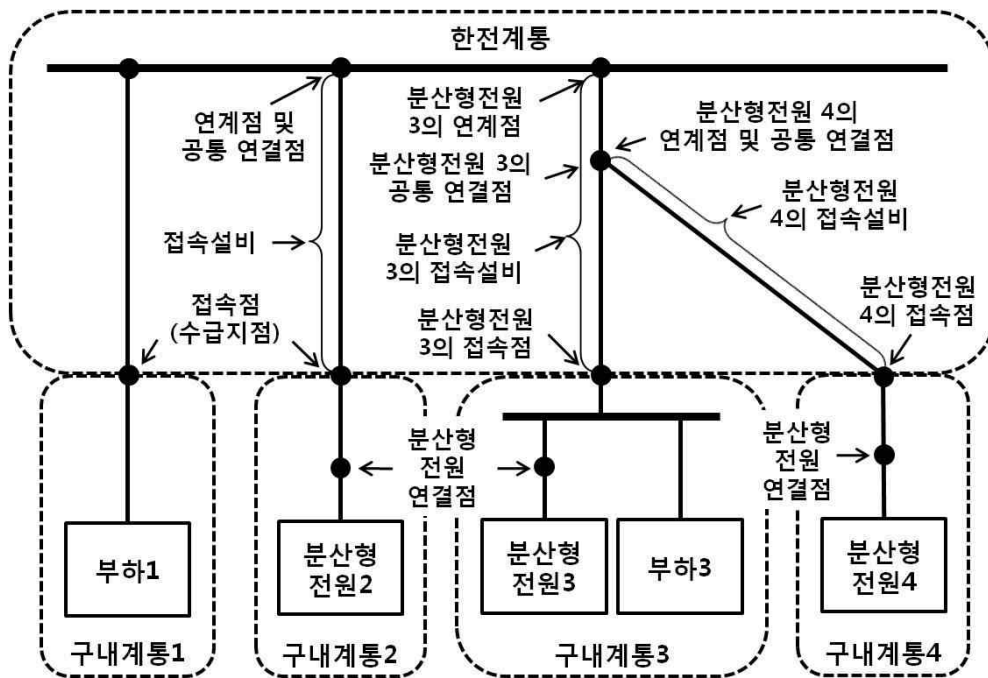
Hybrid 분산형전원이란 분산형전원의 출력안정화 등을 목적으로 기존의 태양광, 풍력발전 등에 ESS 설비를 혼합하여 발전하는 전원을 말한다.



2. 한전계통(기준 제3조 제2호)

3. 한전계통(Area EPS, Electric Power System)

구내계통에 전기를 공급하거나 그로부터 전기를 공급받는 한전의 계통을 말하는 것으로 접속설비를 포함한다.(그림 1 참조)



비고 1. 접선은 계통의 경계를 나타냄(다수의 구내계통 존재 가능)
2. 연계시점 : 분산형전원3 → 분산형전원4

[그림 1] 연계 관련 용어 간의 관계

한전계통이라 함은 전기사업법 제2조 제8호에 의한 배전사업자, 즉 한전이 시설·소유·관리하는 배전계통을 말하는 것으로 특고압 및 저압 계통을 모두 포함한다.

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	27 / 247
개정 일자	2025.12.02	

특고압 한전계통의 주된 전기방식은 다중접지 계통으로서 단상2선식 13,200V 또는 3상4선식 13,200/22,900V로 이루어져 있다. 한전계통 상의 배전용 변압기는 특고압의 선로전압을 저압의 사용전압으로 낮춘다. 저압 한전계통은 대부분의 전기사용자에게 단상2선식 220V, 3상4선식 220/380V로 전기를 공급한다.

대부분의 한전계통은 가공선로로 구성되나, 주거밀집지역이나 상업지역 등에 서는 지중선로가 많이 건설·운영되고 있다.

특고압 한전계통은 배전용 변전소 및 이들 변전소로부터 인출된 특고압 선로로 구성되며 선로 보호장치, 전압조정장치 및 제어장치 등을 모두 포함한다. 일반적으로 선로당 하나의 변전소로부터 인출된 수지상(radial) 선로들로 이루어져 있으며, 이 수지상 선로들은 다른 회선과 상시개방 연계(normally open tie) 방식으로 비상시 절체될 수 있다. 일부 한전계통은 특수하게 네트워크로 구성되어 있으나, 이와 같이 네트워크로 연결된 계통의 선로들도 보통 단일 변전소에서 인출된다.

저압 한전계통은 특고압 한전계통과 저압 전기사용자의 구내 사이에 존재하는 부분의 계통을 말하며, 배전용 변압기, 저압 선로, 인입선, 전력량계 및 관련 보호·제어장치 등으로 구성된다. 저압 선로는 배전용 변압기의 2차측(저압측)과 인입선을 연결하며, 대부분 수지상으로 구성되어 있다.

3. 구내계통(기준 제3조 제3호)

4. 구내계통(Local EPS, Electric Power System)

분산형전원 설치자 또는 전기사용자의 단일 구내(담, 울타리, 도로 등으로 구분되고, 그 내부의 토지 또는 건물들의 소유자나 사용자가 동일한 구역을 말한다. 이하 같다) 또는 제4조 제2항 제4호 단서에 규정된 경우와 같이 여러 구내의 집합 내에 완전히 포함되는 계통을 말한다.(그림 1 참조)

구내계통이란 접속점에서 전기사용자 또는 분산형전원 설치자 측에 있는 모든 전기설비를 말하는 것으로, 한전계통과 마찬가지로 특고압 또는 저압 계통을 모두 포함하는 개념이다. 즉, 일반적으로 구내계통은 단일 구내 또는 여러 구내의 집합 내의 개별적 또는 복합적인 부하에 전력을 전달하기 위해 전기사용자 또는 분산형전원 설치자가 시설·소유·관리하는 일련의 전기설비로서, 정의상 반드시 분산형전원을 포함할 필요는 없으며, 계통의 범위는 간단한 주택용 설비로부터 산업단지 내 대규모 전기 플랜트에 이르기까지 다양하다.

분산형전원을 포함하는 구내계통의 경우에는 대부분 한전계통으로부터의 1인입과 1분산형전원을 갖는 수지상 구조로 구성된다. 다만, 일부 복잡한 구내계통의 경우에는 복수의 인입과 다수의 단위 분산형전원을 포함하기도 한다.

4. 한전계통 및 구내계통에 대한 분산형전원의 영향

분산형전원 연계시 기술적인 주요 관심사 중 하나는 한전계통에 대한 분산형전원의 영향이다. 계통의 특성 및 분산형전원이 연계되는 위치는 매우 다양하기 때문에 분산형전원이 계통에 미치는 잠재적인 영향 역시 매우 다양하게 나타날 수 있다. 분산형전원의 영향은 대부분 한전계통과 구내계통 모두에 미친다. 기준에서 정한 기술요건들을 만족시킴으로써 계통 운영자는 분산형전원 연계와 관련한 바람직하지 않은 영향을 상당부분 최소화할 수 있다.

분산형전원이 추가되면 한전계통은 여러 가지로 영향을 받게 된다. 기준을 적절히 적용하기 위해서 계통 운영자는 이러한 영향들과 그 완화방안에 대해 이해할 필요가 있다. 분산형전원의 영향은 분산형전원의 규모 및 종류와 연계대상 한전계통의 특성에 따라 사소한 것부터 심각한 것까지 광범위하게 나타날 수 있다.

부록 1에는 분산형전원이 공통적으로 한전계통에 미치는 영향과 그 평가방법 및 완화를 위한 대책의 개요를 수록하였으며, 부록 2에서는 분산형전원의 추가에 의해 발생될 수 있는 한전계통에 대한 영향을 파악하기 위한 검토 절차

및 유형에 대해 다루었다.

5. 연계 시스템(기준 제3조 제5호)

6. 연계 시스템(interconnection system)

분산형전원을 한전계통에 연계하기 위해 사용되는 모든 연계 설비 및 기능들의 집합체를 말한다.(그림 2 참조)



[그림 2] 연계 개략도

연계 시스템 설비에는 다양한 유형이 있다. 어떤 연계 시스템은 내장형 부품을 사용하여 공장에서 패키지 형태로 제작됨으로써 단위 분산형전원의 일부로 포함된다. 예를 들면, 인버터 기반 연계 시스템과 함께 패키지 형태로 제작되는 마이크로터빈 같은 것이 여기에 속한다. 또, 어떤 연계 시스템은 분산형전원 발전설비와 별도의 인버터(예를 들어 태양광 발전설비와 함께 사용되는 10kW 이하의 소규모 인버터) 내에 통합되어 있는 경우도 있다. 또 다른 연계 시스템의 경우에는 별개의 구성요소를 현장에서 조합하여 사용하기도 한다.

기준에서 규정하고 있는 분산형전원의 한전계통 연계를 위한 각종 기술요건은 모두 이러한 연계 시스템의 기능에 관한 것들이다. 즉, 이 기술요건들은 어느 특정한 설비나 설비의 유형, 위치 또는 구현방법 등에 관계없이 한전계통에 영향을 미치는 연계 시스템 하드웨어 및 소프트웨어의 “결과적인 기능”을 그 대상으로 한다는 것이다.

이러한 연계 기능은 역전력 계전기와 같은 연계 시스템 내 하나의 별개 설비

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	30 / 247
			개정 일자	2025.12.02	

에 의해 충족되기도 하고, 기능성 소프트웨어를 기반으로 하는 인버터에 기초한 연계 시스템과 같이 소프트웨어 또는 펌웨어(firmware)에 의해 제공되기도 하며, 하나의 통합된 전체로서 적절히 설계·운영되는 연계 시스템에 의해 만족되기도 한다.

따라서, 이 가이드라인에서 제시하는 어떠한 연계 시스템의 예시에 대해서도 만일 다른 대안적인 접근방법이 존재한다면 그 역시도 동등하게 적용할 수 있다는 점에 유의해야 한다. 또한, 때로는 기준을 만족시키기 위해 요구되는 것 이상의 기능과 특성을 갖추도록 설계·설치되는 연계 시스템도 있다는 것을 이해할 필요가 있다.

6. 연계점, 접속설비 및 접속점(기준 제3조 제6호 내지 제8호)

7. 연계점

제4조에 따라 접속설비를 공용선로로 할 때에는 접속설비가 검토 대상 분산형전원 연계 시점의 공용 한전계통(다른 분산형전원 설치자 또는 전기사용자와 공용하는 한전계통의 부분을 말한다. 이하 같다)에 연결되는 지점을 말하며, 접속설비를 전용선로로 할 때에는 특고압의 경우 접속설비가 한전의 변전소 내 분산형전원 설치자측 인출 개폐장치(CB, Circuit Breaker)의 분산형전원 설치자측 단자에 연결되는 지점, 저압의 경우 접속설비가 가공배전용 변압기(P.Tr)의 2차 인하선 또는 지중배전용 변압기의 2차측 단자에 연결되는 지점을 말한다.(그림 1 참조)

8. 접속설비

제6호에 의한 연계점으로부터 검토 대상 분산형전원 설치자의 전기설비에 이르기까지의 전선로와 이에 부속하는 개폐장치 및 기타 관련 설비를 말한다.(그림 1 참조)

9. 접속점

접속설비와 분산형전원 설치자측 전기설비가 연결되는 지점을 말한다. 한전계통과 구내계통의 경계가 되는 책임한계점으로서 수급지점이라고도 한다.(그림 1 참조)

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	32 / 247
개정 일자	2025.12.02	

분산형전원 계통 연계 관련 각종 용어를 송·배전용 전기설비 이용규정, 공급약관 등 관련 규정상 기존 일반화된 용어의 정의와 부합화하기 위하여 연계점, 접속설비, 접속점(수급지점)에 대한 정의를 새로 정립하였다. 여기서, 기준 [그림 1]에 따라 연계점은 한전계통 내에서 해당 분산형전원 연계 시점의 공용 한전계통(접속설비를 전용선로로 할 때에는 배전용 변전소/변압기)과 접속설비의 경계점을, 접속점(수급지점)은 접속설비와 구내계통의 경계점, 즉 한전계통과 구내계통의 경계점을 각각 나타낸다.

접속설비를 전용선로로 할 때 저압 가공 배전선로의 경우에는 기준에 규정된 바와 같이 접속설비와 가공배전용 변압기(P.Tr)의 2차 인하선과의 접속점을 연계점으로 보나, 저압 지중 배전선로의 경우에는 일반적으로 접속설비와 지중 배전용 변압기의 2차측 단자 연결점을 연계점으로 본다.

분산형전원이 없이 수전만 하는 전기사용 부하의 경우에는 공급약관 상의 용어에 따라 일반적으로 접속점 대신 수급지점이라는 용어를 사용한다. 분산형전원의 경우에 있어서도 때로는 접속점과 수급지점이라는 용어를 같은 의미로 함께 사용하기도 한다.

7. 공통 연결점, 분산형전원 연결점 및 검토점(기준 제3조 제9호 내지 제11호)

10. 공통 연결점(PCC, Point of Common Coupling)

한전계통 상에서 검토 대상 분산형전원으로부터 전기적으로 가장 가까운 지점으로서 다른 분산형전원 또는 전기사용 부하가 존재하거나 연결될 수 있는 지점을 말한다. 검토 대상 분산형전원으로부터 생산된 전력이 한전계통에 연결된 다른 분산형전원 또는 전기사용 부하에 영향을 미치는 위치로도 정의할 수 있다.(그림 1 참조)

11. 분산형전원 연결점(Point of DR Connection)

구내계통 내에서 검토 대상 분산형전원이 존재하거나 연결될 수 있는 지

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	33 / 247
개정 일자	2025.12.02	

점을 말한다. 분산형전원이 해당 구내계통에 전기적으로 연결되는 분전반 등을 분산형전원 연결점으로 볼 수 있다.(그림 1 참조)

12. 검토점(POE, Point of Evaluation)

분산형전원 연계시 이 기준에서 정한 기술요건들이 충족되는지를 검토하는 데 있어 기준이 되는 지점을 말한다.

공통 연결점(PCC, Point of Common Coupling)의 정의에 대하여 관련 국제표준은 다음과 같이 규정하고 있다.

- 전력공급 계통에서 특정 부하에 전기적으로 가장 가까운 지점으로서, 다른 부하들이 존재하거나 연결될 수 있는 지점을 말한다.

주 1. 이러한 부하들은 어떤 기기나 장치 또는 시스템이나 특수 고객설비가 모두 해당될 수 있다.

2. 어떤 적용 예에서는 “공통 연결점”이라는 용어가 공용 계통(public networks)에 국한되어 사용되기도 한다.[IEC 60050('98.4) 161-07-15]

- 공용 공급계통에서 고려대상 설비에 전기적으로 가장 가까운 지점으로서, 다른 설비들이 존재하거나 연결될 수 있는 지점을 말한다. 공통 연결점은 고려대상 설비의 상위측(upstream)에 위치한다.

주. 공급계통은 소유주체가 아닌 사용 측면에서 공용계통인지 여부를 판단한다.[IEC 61000-3-6('08.2) 3.17]

한편, 관련 국제표준에서 분산형전원 연결점(Point of DR Connection)에 대한 명확한 정의는 찾아볼 수 없으나, 일반적인 “연결점(POC, Point of Connection)”에 대해서는 다음과 같은 정의가 존재한다.

- 공용 전력공급 계통에서 고려대상 설비가 존재하거나 연결될 수 있는 지점

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	34 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

을 말한다.

주. 공급계통은 소유주체가 아닌 사용 측면에서 공용계통인지 여부를 판단한다.[IEC 61000-3-6('08. 2) 3.18]

상기와 같은 정의들로부터 미루어 볼 때, 분산형전원의 계통 연계와 관련한 공통 연결점(PCC, Point of Common Coupling)은 검토 대상 분산형전원으로부터 생산된 전력이 한전계통에 연결된 다른 분산형전원 또는 전기사용 부하에 직접적인 영향을 미칠 수 있는 위치로서 다수의 사용자(분산형전원 설치자 또는 전기사용자)가 공용하는 한전계통 상에서 검토 대상 분산형전원으로부터 전기적으로 가장 가까운 지점(node)에 위치하게 된다. 따라서, 기준 [그림 1]과 같이 연계점으로부터 접속점까지의 접속설비에 다른 분산형전원 또는 부하가 연결되어 있지 않을 경우에는 연계점을 공통 연결점으로 볼 수 있으며, 접속설비 중간에 다른 분산형전원 또는 부하가 신규로 연결될 경우에는 해당 신규 분산형전원 또는 부하의 연계점(일반적으로 분산형전원이 없이 수전만 하는 전기사용 부하의 경우에는 연계점이라는 용어를 잘 사용하지는 않음)이 기존 분산형전원의 새로운 공통 연결점이 된다고 할 수 있다.

앞에서 설명한 바와 같이 공통 연결점은 분산형전원이 생산한 전력이 한전계통의 다른 전기사용자(또는 분산형전원 설치자)에게 직접 영향을 미치는 위치를 의미한다. 이러한 이유로 기준에서 정한 각종 기술요건들은 특별히 달리 규정된 내용이 없는 한 원칙적으로 공통 연결점에서 충족되어야 할 것이다. 그러나, 공통 연결점은 앞서 설명한 바와 같이 한전계통 상의 연계점 혹은 접속설비 상에 위치하게 되므로 기술요건의 충족 여부를 검토하기 위해 필요한 측정이나 시험, 감시 등이 어려울 수 있다. 이에 따라 기준 제3조 제11호에서 검토점이라는 용어를 별도로 정의하였다. 검토점은 분산형전원을 연계할 때 기준에서 정한 기술요건들이 충족되는지를 검토하는 데 있어 기준이 되는 지점으로서 기준 제4조 제5항에 의해 원칙적으로 공통 연결점을 검토점으로 하여야 하나, 측정이나 시험 등을 수행함에 있어 편의상 접속점 또는 분산형전원 연결점 등을 검토점으로 정할 수 있도록 하였다.

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	35 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

참고로, 특고압 배전계통에 대한 비선형 부하(분산형전원 포함) 연결시 고조파 검토기준인 IEC 61000-3-6('08.2)에서는 검토점(POE, Point of Evaluation)을 다음과 같이 정의하고 있다.

- 공용 전력공급 계통에서 고려대상 설비의 (고조파) 유출 제한값에 대하여 (고조파) 방출수준이 검토되어야 하는 지점을 말한다. 검토점은 공통 연결점 (PCC, Point of Common Coupling)이나 해당 설비의 연결점(POC, Point of Connection), 또는 계통 운영자나 소유자가 정하거나 합의한 기타 지점으로 할 수 있다.

주. 공급계통은 소유주체가 아닌 사용 측면에서 공용계통인지 여부를 판단한다.[IEC 61000-3-6('08.2) 3.19]

8. 단순병렬 및 역송병렬(기준 제3조 제12호 및 제13호)

13. 단순병렬

분산형전원을 한전계통에 연계하여 운전하되, 생산한 전력의 전부를 구내계통 내에서 자체적으로 소비하기 위한 것으로서 생산한 전력이 한전계통으로 송전되지 않는 병렬 형태를 말한다.

14. 역송병렬

분산형전원을 한전계통에 연계하여 운전하되 생산한 전력의 전부 또는 일부가 한전계통으로 송전되는 병렬 형태를 말한다.

기준 제3조 제1호의 정의에 의해 분산형전원은 소규모로 분산 배치된 전원으로서 크게 보아 전기사업법 등 관련 법령상 발전사업자(집단에너지사업자 및 구역전기사업자 포함)의 발전설비이거나 전기사용자의 자가용 발전설비에 해당한다. 여기서, 자가용 발전설비의 설치자는 전기사업법에 따라 자기가 생산

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	36 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

한 전력 중 자체적으로 소비하고 남는 일부 전력을 거래할 수 있도록 되어 있다.

이 중에서 단순병렬 분산형전원은 자가용 발전설비 중 생산한 전력의 전부를 구내계통 내에서 자체적으로 소비하는(따라서 발전된 전력이 한전계통으로 역송되지 않는) 형태를 말하며, 역송병렬 분산형전원은 그 외의 모든 분산형전원, 즉 발전사업자의 발전설비와 같이 생산한 전력의 전부를 거래하거나 자가용 발전설비 중 생산한 전력의 일부를 거래하는(따라서 발전된 전력이 한전계통으로 역송되는) 형태를 말한다.

9. 단독운전(기준 제3조 제14호)

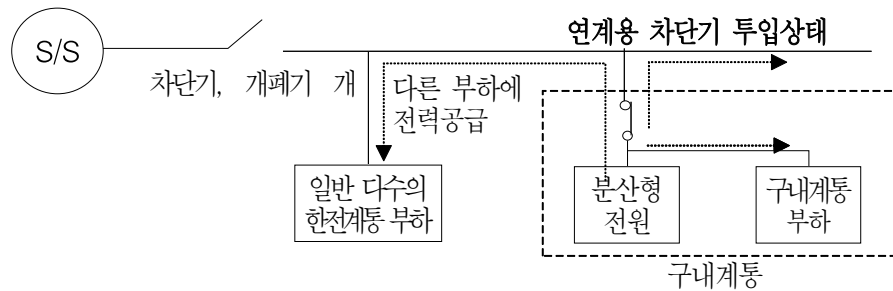
15. 단독운전(islanding)

한전계통의 일부가 한전계통의 전원과 전기적으로 분리된 상태에서 분산형전원에 의해서만 가압되는 상태를 말한다.

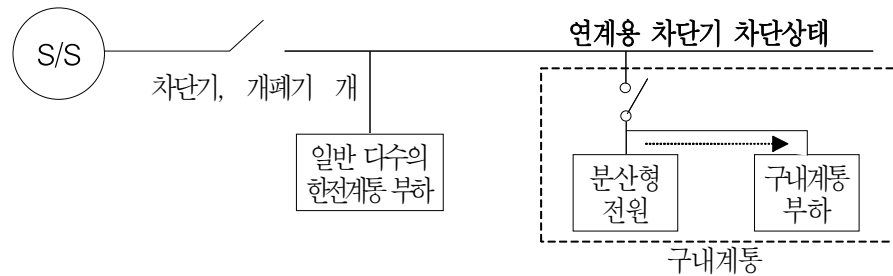
분산형전원이 연계되어 있는 한전계통에서 고장이 발생하여 한전계통 차단기가 동작하여 개방된 경우나 작업시 또는 화재 등의 긴급시에 한전계통의 선로도중에 설치된 개폐장치를 개방한 경우 등 분산형전원이 한전계통의 일부를 포함하여 분리된 경우에는 가압되지 않아야 할 한전계통의 일부 구간이 분산형전원에 의해서만 가압되게 된다. 이와 같이 한전계통의 주전원으로부터 떨어져 나온 일부 구간을 연계된 분산형전원만으로 전력을 공급하게 되는 상태를 단독운전(islanding)이라고 하며, 단독운전을 하게 될 경우에는 인체 및 설비의 안전에 큰 영향을 미칠 우려가 있고, 고장시 피해확대와 복구지연 등으로 공급신뢰도가 저하될 가능성이 있다. 다만, 분산형전원이 한전계통에서 분리되어 분산형전원 설치자의 구내계통 내 부하에만 전력을 공급하는 상태(자립운전, stand-alone)로 되는 것은 일반적으로 별 문제가 없다.

단독운전(islanding)과 자립운전(stand-alone)의 차이를 다시 말하자면, 단독운전은 [그림 1.6]과 같이 한전계통 부하의 일부가 한전계통 전원과 분리된 상태

에서 분산형전원에 의해서만 전력을 공급받고 있는 상태를 말하며, 자립운전은 [그림 1.7]과 같이 분산형전원이 한전계통으로부터 분리된 상태에서 해당 구내계통 내의 부하에만 전력을 공급하고 있는 상태를 말한다.



[그림 1.6] 단독운전(islanding) 상태



[그림 1.7] 자립운전(stand-alone) 상태

단순병렬 분산형전원 운전의 경우, 일반적으로 수용가 구내계통에 분산형전원이 연계되어 생산한 전력의 전부를 구내계통에서 자체적으로 소비하도록 운전하므로 계통에 미치는 영향이 없다고 본다. 즉, 발전량보다 부하량이 크기 때문에, 단독운전 발생 시에도 피해확대에 대한 우려가 없으며 역전력계전기로 한전계통의 역조류를 방지함으로써 인체 및 설비의 안전 문제 또한 방지할 수 있다.

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	38 / 247
개정 일자	2025.12.02	

10. 연계용량(기준 제3조 제15호)

16. 연계용량

계통에 연계하고자 하는 단위 분산형전원에 속한 발전설비 정격출력(교류 발전설비의 경우에는 발전기의 정격출력, 직류 발전설비의 경우에는 사용전검사 필증 용량을 말한다. 이하 같다)의 합계와 발전용 변압기 설비 용량의 합계 중에서 작은 것을 말한다. 단, Hybrid 분산형전원의 경우 최대출력 가능용량을 연계용량으로 한다. (Hybrid 풍력은 풍력발전설비용량에 PCS 정격용량을 더한값과 발전용 변압기 총용량 중 작은 것을, Hybrid 태양광은 태양광발전 설비용량과 발전용 변압기 총용량 중 작은 것)

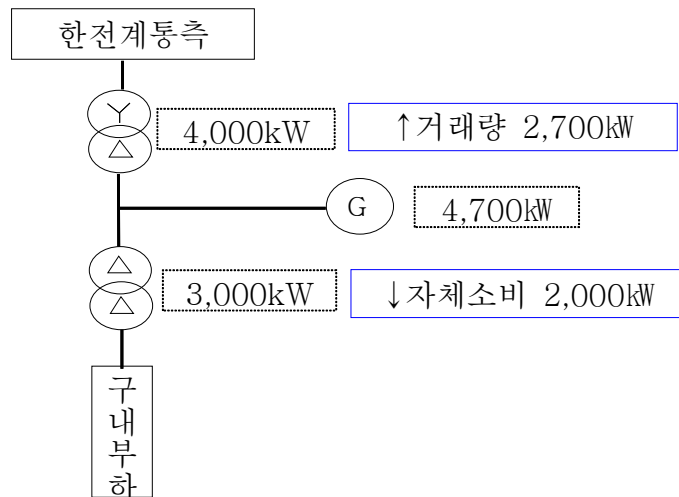
17. ESS 설비용량

ESS 설비용량은 ESS의 직류전력을 교류전력으로 변환하는 장치(PCS)의 정격출력을 말한다.

예를 들어 [그림 1.8]과 같은 자가용 발전설비로 구성된 분산형전원의 경우 발전설비의 정격출력은 4,700kW, 발전용(수전 겸용) 변압기 설비용량은 4,000kW, 구내 부하설비 용량 합계는 총 2,000kW라고 가정할 때, 만일 구내 부하설비가 모두 가동되고 있는 상태라면 총 정격 발전전력 4,700kW 중 자체적으로 소비되는 2,000kW를 제외한 2,700kW만 한전계통 측으로 역송될 것이지만 실제로는 구내 부하설비의 가동률에 따라 한전계통 측으로 역송될 수 있는 연계용량은 발전용 변압기 설비용량인 4,000kW까지 늘어날 수 있게 된다. 따라서, 한전계통 연계시 연계방식 구분의 기준이 되는 연계용량은 「송·배전용 전기설비 이용규정」에 의한 발전고객의 계약전력과 마찬가지로 해당 분산형전원에 속한 발전설비 정격출력의 합계와 발전용 변압기 설비용량의 합계 중에서 작은 것([그림 1.8] 예시의 경우 4,000kW)을 기준으로 해야 한다.

Hybrid 분산형전원의 경우 ESS 설비와 혼합하여 배전계통에 연계되는 신재생 발전원에 따라 연계용량이 달라진다. Hybrid 풍력은 ESS 설비용량 및 분산

형전원 정격출력의 합계 또는 Hybrid 분산형전원 최대출력과 발전용 변압기 설비용량의 합계 중에서 작은 것을 기준으로 연계용량을 정하고 Hybrid 태양광은 태양광발전 설비용량과 발전용 변압기 총용량 중 작은 것을 기준으로 연계용량을 정한다.



[그림 1.8] 연계용량 관련 예시

여기서, 발전설비가 직류 발전설비일 경우에는 발전사업 허가 설비용량을 발전설비 정격출력으로 본다. 다만, 분산형전원 연계계통은 분산형전원의 기동 및 탈락에 따른 전압변동, 전기품질, 보호협조 등과 관련한 제반 기술요건을 만족해야 하는데, 분산형전원 발전설비 정지 또는 탈락시 해당 발전설비가 최대로 그 정격출력만큼 부담하고 있던 구내부하 및 한전계통의 타 부하는 한전계통 전원에서 계속 공급해야 하는 부하가 되므로, 기준 제4조 제5항에서 기술요건 만족여부를 검토할 때의 분산형전원 용량은 발전설비 정격출력의 합계를 기준으로 하도록 규정하고 있다.

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	40 / 247
개정 일자	2025.12.02	

11. 누적연계용량 및 간소검토 용량(기준 제3조 제16~21호)

18. 주변압기 누적연계용량

해당 주변압기에서 공급되는 특고압 공용선로 및 전용선로에 역송병렬 형태로 연계된 모든 분산형전원(기존 연계된 분산형전원과 신규로 연계 예정인 분산형전원 포함)과 전용변압기(상계거래용 변압기 포함)를 통해 저압계통에 연계된 모든 분산형전원 연계용량의 누적 합을 말한다.

19. 특고압 공용선로 누적연계용량

해당 특고압 공용선로에 역송병렬 형태로 연계된 모든 분산형전원(기존 연계된 분산형전원과 신규로 연계 예정인 분산형전원 포함) 과 해당 특고압 공용선로에서 공급되는 전용변압기(상계거래용 변압기 포함)를 통해 저압계통에 연계된 모든 분산형전원 연계용량의 누적 합을 말한다.

20. 배전용변압기 누적연계용량

해당 배전용변압기(주상변압기 및 지상변압기)에서 공급되는 저압 공용선로 및 전용선로에 역송병렬 형태로 연계된 모든 분산형전원(기존 연계된 분산형전원과 신규로 연계 예정인 분산형전원 포함) 연계용량의 누적 합을 말한다.

21. 저압 공용선로 누적연계용량

해당 저압 공용선로에 역송병렬 형태로 연계된 모든 분산형전원(기존 연계된 분산형전원과 신규로 연계 예정인 분산형전원 포함) 연계용량의 누적 합을 말한다.

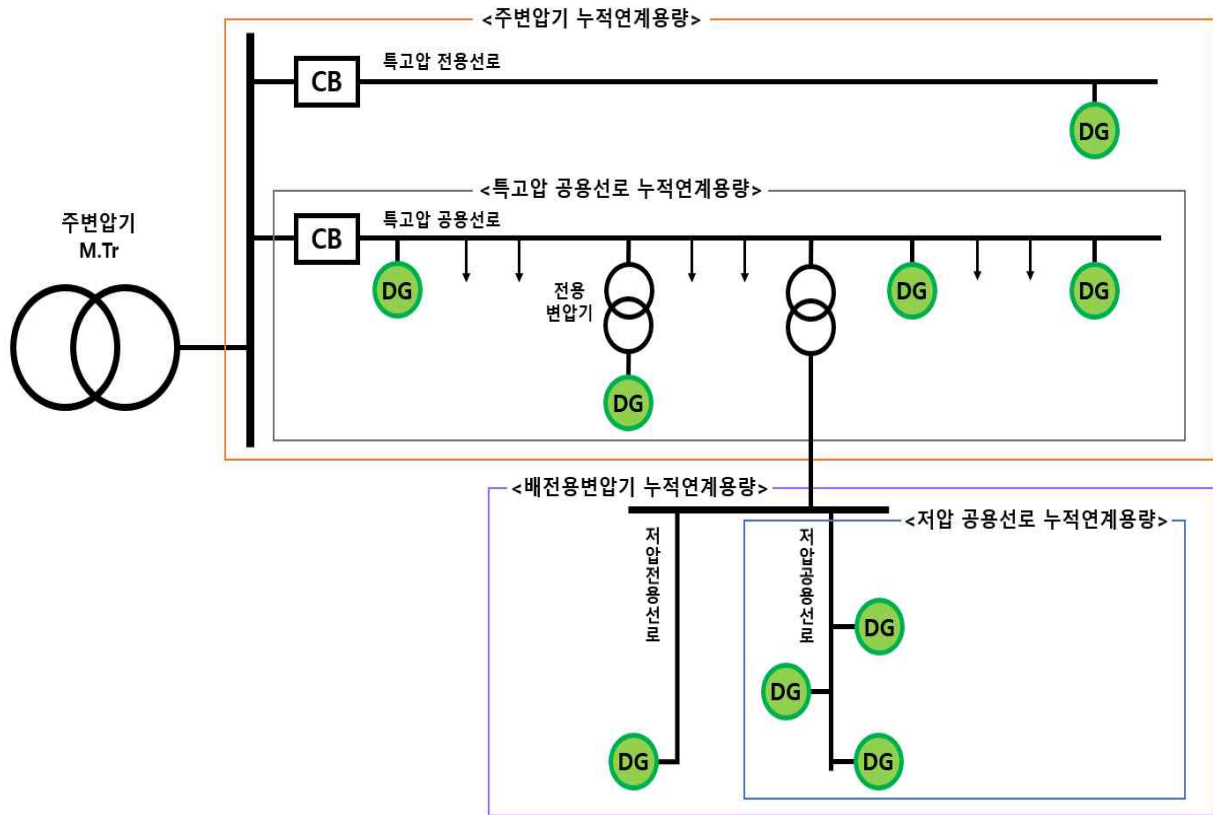
기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	41 / 247
개정 일자	2025.12.02	

22. 간소검토 용량

상세한 기술평가 없이 제2장 제2절의 기술요건을 만족하는 것으로 간주할 수 있는 분산형전원의 연계가능 최소용량으로 제2장 제1절의 기술요건만을 만족하는 경우 연계가 가능한 용량기준을 의미하며, 분산형전원이 연계되는 대상 계통의 설비용량(주변압기 및 배전용변압기 용량, 선로 운전용량 등)에 대한 분산형전원의 누적연계용량의 비율로 정의한다.

23. 상시운전용량

22,900V 일반 배전선로(전선 ACSR-OC 160mm² 및 CNCV 325mm², 3분할 3연계 적용)의 상시운전용량은 10,000kVA, 22,900V 대용량 배전선로(ACSR-OC 240mm² 및 CNCV 325mm² 「전력구 구간」, CNCV 600mm² 「관로 구간」, 3분할 3연계 적용)의 상시운전용량은 15,000kVA로 정상시의 운전 최대용량을 의미하며, 변전소 주변압기의 용량, 전선의 열적허용전류, 선로 전압강하, 비상시 부하전환능력, 선로의 분할 및 연계 등 해당 배전계통 운전여건에 따라 하향 조정될 수 있다.



[그림 1.9] 연계용량관련 용어정의

- 연계용량 : 단위 분산전원의 연계용량
- 주변압기 누적연계용량 : 해당 주변압기에 연계되는 모든 분산전원 연계용량의 누적 합
- 특고압 공용선로 누적연계용량 : 해당 특고압 공용선로에 연계되는 있는 모든 분산전원 연계용량의 누적 합
- 배전용변압기 누적연계용량 : 해당 배전용변압기(주상변압기 또는 지상 변압기)에 연계되는 모든 분산전원 연계용량의 누적 합
- 저압 공용선로 누적연계용량 : 해당 저압 공용선로 연계되는 모든 분산전원 연계용량의 누적 합

※ 설비별 누적연계용량은 기설 분산전원 및 신규로 연계되는 분산전원의 연계용량을 포함한 누적용량임

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	43 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

12. 공용선로 및 전용선로(기준 제3조 제22호 및 제23호)

24. 공용선로

일반 다수의 전기사용자에게 전기를 공급하기 위하여 설치한 배전선로를 말한다.

25. 전용선로

특정 분산형전원 설치자가 전용(專用)하기 위한 배전선로로서 한전 또는 고객이 소유하는 선로를 말한다.

공용선로란 일반 다수의 전기사용자와 공용(共用)하는 공용선로로서 한전이 시설·소유·관리하는 선로를 말한다. 반면 전용선로는 다른 전기사용자와 공용하지 않고 특정 분산형전원 설치자가 전용(專用)하는 선로를 말한다.

전용선로는 시설·소유·관리의 주체가 한전인 경우 한전소유선로, 고객(분산형전원 설치자)이 직접 시설·소유·관리하는 경우 고객소유선로로 구분한다. 참고로 송·배전용 전기설비 이용규정에 의하면 변전소 45/60MVA 주변압기 1뱅크당 접속하는 총 발전기용량이 50MW 이하이고, 30/40MVA 주변압기 1뱅크당 접속하는 총 발전기용량은 30MW 이하이다. 한편, 변압기 1뱅크당 연계용량이 50MW (30/45 MVA 변압기의 경우는 30MW)를 초과하는 경우는 “분산형전원 배전계통 연계 기술기준”에 따라 기술검토 결과 문제점이 없고, 22.9kV 모선으로 전력이 유입되지 않는 경우에 한하여 저압으로 추가 연계가 가능하다.

13. 전압요동 및 플리커(기준 제3조 제24호 및 제25호)

26. 전압요동(電壓搖動, voltage fluctuation)

연속적이거나 주기적인 전압변동(voltage change, 어느 일정한 지속시간(duration) 동안 유지되는 연속적인 두 레벨 사이의 전압 실효값 또는 최대값의 변화를 말한다. 이하 같다)을 말한다.

27. 플리커(flicker)

입력 전압의 요동(fluctuation)에 기인한 전등 조명 강도의 인지 가능한 변화를 말한다.

IEEE 100(IEEE 용어 사전)에서는 플리커(flicker)를 입력 전압의 요동에 기인한 전등 조명 강도의 인지 가능한 변화(perceptible change in electric light source intensity due to a fluctuation of input voltage)라고 정의하고 있으며, IEC TR 61000-3-7에서는 플리커는 백열전등에 나타나는 결과인 반면 이를 일으키는 전자기적인 현상은 전압요동이라 칭한다(Flicker is the effect on the incandescent lamps while the electromagnetic phenomenon causing it is referred as voltage fluctuations.)고 설명하고 있다. 다시 말해, 플리커는 단지 “백열전등 조명 강도의 인지 가능한 변화”라는 결과를 나타내는 용어일 뿐이며, 사실상 기술검토시 실제적으로 다루어야 하는 내용은 그 원인이 되는 전압요동(voltage fluctuation)이라 할 수 있다.

14. 상시 및 순시 전압변동률(기준 제3조 제26호 및 제27호)

28. 상시 전압변동률

분산형전원 연계 전 계통의 안정상태 전압 실효값과 연계 후 분산형전원 정격출력을 기준으로 한 계통의 안정상태 전압 실효값 간의 차이

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	45 / 247
개정 일자	2025.12.02	

(steady- state voltage change)를 계통의 공칭전압에 대한 백분율로 나타낸 것을 말한다.

29. 순시 전압변동률

분산형전원의 기동, 탈락 혹은 빈번한 출력변동 등으로 인해 과도상태가 지속되는 동안 발생하는 기본과 계통전압 실효값의 급격한 변동(rapid voltage change, 예를 들어 실효값의 최대값과 최소값의 차이 등을 말한다)을 계통의 공칭전압에 대한 백분율로 나타낸 것을 말한다.

기존 「분산형전원 배전계통 연계 기술기준 해설」에서는 상시 전압변동을 “분산형전원 설비의 정상운전, 출력변동, 병렬, 분리 등에 의하여 발생하는 지속시간이 2초를 초과하는 전압 변동으로서, 10분간 평균값으로 계산”하는 것으로, 순시 전압변동을 “분산형전원 설비의 기동 및 탈락시 등에 의하여 발생하는 지속시간이 2초 이하인 전압 변동으로서, 전압의 측정은 2초 동안 16.7 ms 단위 즉, 주파수 60Hz의 1 주기(1 cycle) 마다 RMS(실효치) 처리한 후, 변동하는 전압에서 최대 RMS 전압과 최소 RMS 전압과의 차이를 정격전압에 대한 %로 표현”하는 것으로 설명하였으나, 이는 IEC 등 관련 국제표준 상의 전압변동 용어 정의와도 부합하지 않는 면이 있을 뿐 아니라, 실제 ADMS 계통관리시스템등 분산형전원 계통연계 기술검토 프로그램을 통한 전압변동률 검토방법과도 다소 일치하지 않는 측면이 있어 2009년 12월 기준 개정시 IEC 국제표준의 관련용어 정의 등을 참조하여 용어를 다시 정의하였다.

참고로 IEC 61000-3-3에서는 상시 전압변동이라 할 수 있는 “안정상태 전압변동(steady-state voltage change)”을 최소한 하나의 전압변동 특성에 의해 구분되는 인접한 두 안정상태 전압 사이의 차이(the difference between two adjacent steady-state voltages separated by at least one voltage change characteristic)라고 정의하고 있고, 이 값의 계통 공칭전압(nominal voltage of the reference network)에 대한 비를 “안정상태 전압변동 비율”(relative steady-state voltage

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	46 / 247
개정 일자	2025.12.02	

change)이라고 정의하고 있다. 기준 제3조 제26호에서는 상시 전압변동률을 이러한 IEC 규격에 의한 안정상태 전압변동 비율의 정의를 바탕으로 하여 분산형전원 연계 전 계통(일반적으로 연계점을 말한다)의 안정상태 전압 실효값과 연계 후 분산형전원 정격출력을 기준으로 한 계통의 안정상태 전압 실효값 간의 차이(steady-state voltage change)를 계통의 공칭전압에 대한 백분율로 나타낸 것으로 정의하고 있는 것이다.

한편, IEC TR 61000-3-7에서는 순시 전압변동이라 할 수 있는 “급격한 전압변동(rapid voltage changes)”을 수 cycle에 걸친 기본파 전압 실효값의 변동(changes in fundamental frequency r.m.s. voltages over several cycles)이라고 정의하고 있으며, 더불어 이러한 급격한 전압변동은 주로 전기설비(발전설비)의 기동 또는 돌입전류나 개폐동작에 의해 발생한다고 설명하고 있다(Rapid voltage changes are often caused by start-ups, inrush currents or switching operation of equipment.). 또한, 이러한 드문 경우의 이벤트(infrequent event)에 대하여 급격한 전압변동을 제한할 때에는 이를 공칭전압에 대한 백분율로 표시(expressed in per cent of the nominal voltage)하여 관리하는 것으로 설명하고 있다. 기준 제3조 제27호의 순시 전압변동률 용어 정의는 이러한 IEC 규격에 의한 급격한 전압변동 비율의 정의를 바탕으로 하고 있다.

14. 전압 상한/하한 여유도(기준 제3조 제28호 및 제29호)

30. 전압 상한여유도

배전선로의 최소부하 조건에서 산정한 특고압 계통의 임의의 지점의 전압과 전기사업법 제18조 및 동법 시행규칙 제18조에서 정한 표준전압 및 허용오차의 상한치(220V+13V)를 특고압으로 환산한 전압의 차이를 공칭전압에 대한 백분율로 표시한 값을 말한다. 즉, 특고압 계통의 임의의 지점에서 산출한 전압 상한여유도는 해당 배전선로에서 분산형전원에 의한 전압변동(전압상승)을 허용할 수 있는 여유를 의미한다.

31. 전압 하한여유도

배전선로의 최대부하 조건에서 산정한 특고압 계통의 임의의 지점의 전압과 전기사업법 제18조 및 동법 시행규칙 제18조에서 정한 표준전압 및 허용오차의 하한치(220V-13V)를 특고압으로 환산한 전압의 차이를 공칭전압에 대한 백분율로 표시한 값을 말한다. 즉, 특고압 계통의 임의의 지점에서 산출한 전압 하한여유도는 해당 배전선로에서 분산형전원에 의한 전압변동(전압강하)을 허용할 수 있는 여유를 의미한다.

15. 전자기 장애 외(기준 제3조 제30~35호)

32. 전자기 장애(EMI, ElectroMagnetic Interference)

전자기기의 동작을 방해, 중지 또는 약화시키는 외란을 말한다.

33. 서지(surge)

전기기기나 계통 운영 중에 발생하는 과도 전압 또는 전류로서, 일반적으로 최대값까지 급격히 상승하고 하강시에는 상승시보다 서서히 떨어지는 수 ms 이내의 지속시간을 갖는 파형의 것을 말한다.

34. OLTC

On Load Tap Changer의 머리글자로, 부하공급 상태에서 TAP 위치를

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	48 / 247
개정 일자	2025.12.02	

변화시켜 전압조정이 가능한 장치를 말한다.

35. 자동전압조정장치

주변압기 OLTC에 부가된 부속장치로서 부하의 크기에 따라 적정한 전압을 자동으로 조정할 수 있도록 신호를 공급하는 장치를 말한다.

36. 전용변압기

특정 분산형전원 설치자의 저압 분산형전원 배전계통 연계를 위해 일반 전기사용자가 연결되지 않은 발전 전용 배전용변압기를 말하며 한전이 소유한다.

37. 상계거래용변압기

상계거래를 신청하는 고객이 전기공급과 발전을 동시에 하기 위해 설치하는 한전 소유의 배전용변압기를 말하며, 다른 고객의 전기공급에는 활용 가능하나, 상계거래를 제외한 다른 역송형태의 추가 발전설비 연계는 불가하다.

38. 발전구역

분산형전원 연계의 기준이 되는 구역으로 전기공급약관 제18조에 규정된 전기사용장소와 동일한 장소를 의미한다.

전용변압기라 함은 특정 저압 분산형전원이 전용(專用)하기 위한 배전용변압기로 일반 전기사용자가 연결된 배전용변압기에 기술적으로 연계가 불가할 경우에 설치를 하며 한전이 소유한다. 이때 해당 변압기에 소내 공급용 인입선처럼 경제성 또는 계통 구성 등의 문제로 분산형전원의 발전용량에 비해 현저하게 작은 용량의 일반 전기사용자가 연결되어 있는 경우에도 대부분의 발전량이 특고압 계통으로 역송이 이루어진다고 보고 전용변압기로 간주한다.

상계거래용변압기는 일반 전기사용자가 상계거래를 위해 설치하는 전용 배전용변압기로, 다수의 일반 전기사용자가 사용하는 공용변압기에 누적연계용량 50% 초과 등으로 인해 상계거래접속이 기술적으로 불가능할 경우 설치한다.

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	49 / 247
개정 일자	2025.12.02	

상계거래용변압기는 일반 전기사용부하가 발전부하보다 높지 않도록 다른 고객의 전기공급 및 상계거래 공급에만 활용하고, 상계거래를 제외한 다른 역송형태의 추가 발전설비 연계는 불가하다.

전기공급약관 제18조에 전기사용장소란 원칙적으로 토지·건물 등을 소유자나 사용자별로 구분하여 전기를 공급하는 장소를 말하며, 1구내를 이루는 것은 1구내를, 1건물을 이루는 것은 1건물을 1전기사용장소로 한다. 발전구역에 있어서도 같은 의미로 소유자나 사업자별로 구분하여 발전을 하는 장소를 말하며 1발전구역은 담·건물·도로 등으로 구분되고 인접한 2이상의 구역 일 경우 제3자가 발전구역으로 설정할 수 없는 공로·하천 등으로 구분되고 각 구역이 동일 회계주체에 속하는 경우에는 1발전구역으로 볼 수 있다.

16. 최소부하 (기준 제3조 제39호)

39. 최소부하

배전선로 운전 시 직전년도 발생한 운전실적 중 최소인 부하값을 말한다.

최소부하는 배전선로 운전시 직전년도 발생한 운전실적 중 최소인 부하값으로 배전선로에 상시 존재하고 있는 부하라고 볼 수 있다. 최소부하의 경우 측정기준이 변전소의 배전선로 차단기를 기준으로 산정되기 때문에 배전선로에 분산형전원이 부하를 자체 공급한 이후의 변전소 추가공급량 또는 변전소 잉여역송량으로 결정된다. 따라서 배전선로 내 실제 발전량을 정확히 알아야 배전선로의 총 최소부하를 정확히 산출할 수 있다. 배전선로를 산출하는 방법으로는 변전소의 배전선로 차단기 기준에서의 실부하(Net Load)에 분산형전원 발전량을 더하여 총부하(Gross Load)를 계산하는 방법이 있으나 분산형전원 발전량을 정확히 확인하기 어려운 경우, 분산형전원이 발전하지 않는 시간대의 실부하량을 총부하곡선으로 산출하여 보정하는 방식으로도 산출이 가능하다.

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	50 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

17. 신재생연계단말장치 (기준 제3조 제40호)

40. 신재생연계단말장치

송·배전선로에 연계되는 신재생발전기(풍력, 태양광 및 연료전지 발전기에 한함)의 실시간 자료취득 및 전송과 원격 제어를 위해 발전기에 설치되는 설비를 말한다.

전력계통 신뢰도 및 전기품질 유지기준 산업부 고시 개정에 따라 신재생발전기에 관한 계통운영 및 관리에 대한 사항이 정의되어, 송·배전사업자는 풍력, 태양광 등 신재생발전기에 대한 출력 감시, 예측, 평가 및 제어를 통해 전력계통을 안정적으로 운영하여야 하며, 신재생에너지 발전사업자는 신재생발전기의 출력감시, 예측, 평가 및 제어에 필요한 발전설비 특성자료, 출력 정보, 예측정보, 발전단지 기상정보 등을 송·배전사업자에게 제공하여야 한다. 신재생연계단말장치는 송·배전선로에 연계되는 신재생발전기의 실시간 자료취득 및 전송과 원격 제어를 위해 발전기에 설치되는 설비로 신재생발전기와 상호운용성을 확보하여 상기의 기능을 수행할 수 있어야 한다.

18. 선접속 후제어 (기준 제3조 제41호)

41. 선접속 후제어

전력계통 신뢰도 및 전기품질 유지기준 제2조 제37항에 따라 발전기가 특정 설비의 용량을 초과하여 접속하는 경우 계획된 설비 보강 전까지 발전기의 출력제어를 전제로 접속을 허용하는 것을 말한다.

제5조(연계 요건 및 연계의 구분)

① 분산형전원 용량에 따른 연계의 구분(기준 제4조 제2항)

② 제2장 제1절의 기술요건을 만족하고 한전계통 저압 배전용변압기의 분산형전원 연계가능 용량에 여유가 있을 경우, 저압 한전계통에 연계할 수 있는 분산형전원은 다음과 같다.

1. 분산형전원의 연계용량이 500kW 미만이고 배전용변압기 누적연계용량이 해당 배전용변압기 용량의 50% 이하이고 직전 1년간 평균 상시이용률 이하일 경우 다음 각 목에 따라 해당 저압계통에 연계할 수 있다. 다만, 분산형전원의 출력전류의 합은 해당 저압 전선의 허용전류를 초과할 수 없다.

가. 분산형전원의 연계용량이 연계하고자 하는 해당 배전용변압기(지상 또는 주상) 용량의 25% 이하로 다음 각 목을 만족하는 경우 저압 공용선로로 연계할 수 있다.

1) 연계용량 평가 : 저압 공용선로 누적연계용량이 해당 변압기 용량의 25% 이하인 경우

2) 적정전압 평가 : 분산형전원 접속점에서 제2장 제2절에서 정한 표준전압 및 허용오차의 범위를 벗어나지 않는 경우

3) 상시전압변동 저감대책 : 2)를 만족하지 못하는 경우에 한해 분산형전원 설치자와 전압변동 저감대책이 협의된 경우

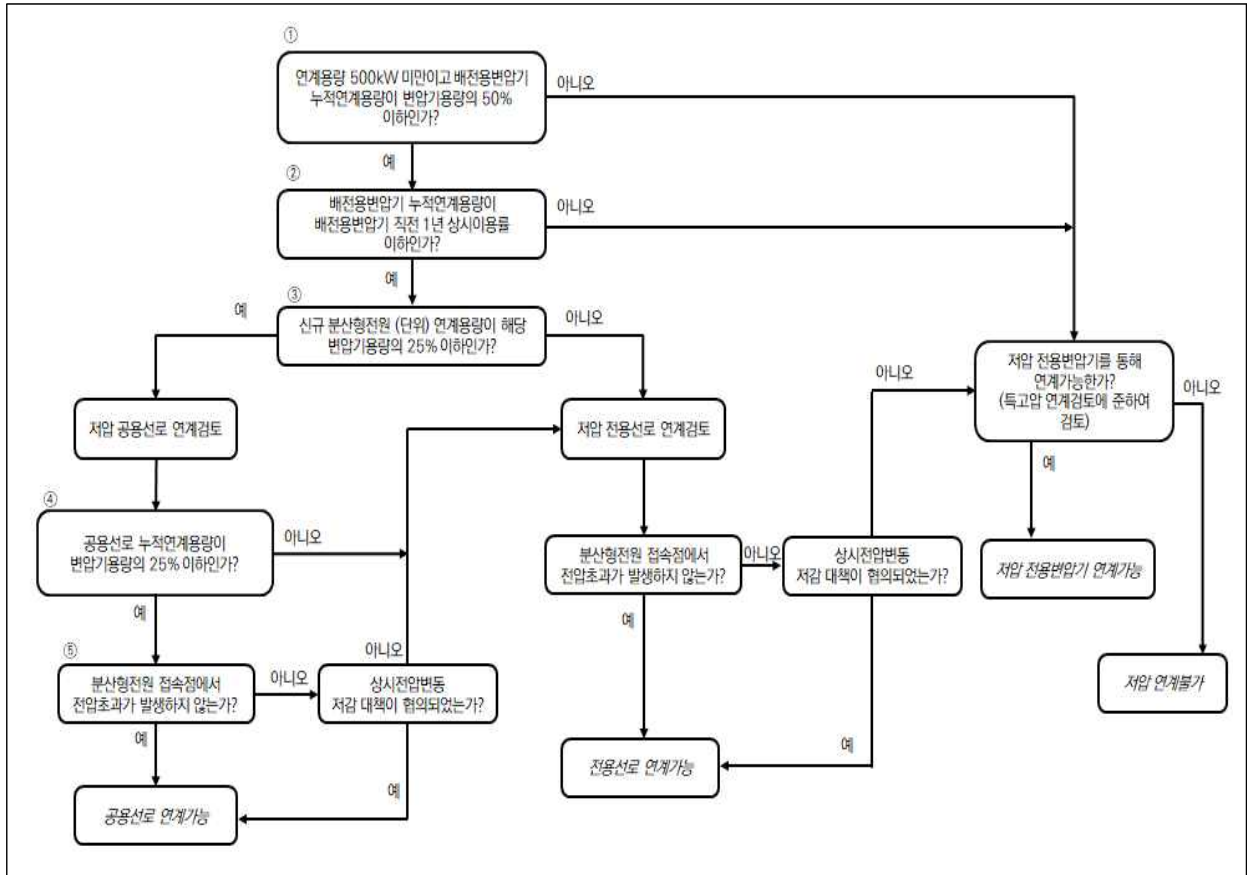
나. 분산형전원의 연계용량이 연계하고자 하는 해당 배전용변압기(주상 또는 지상)용량의 25%를 초과하거나, 공용선로 적정전압 평가기준을 만족하지 못하는 경우로 다음 각 목을 만족하는 경우 저압 전용선로로 할 수 있다.

1) 적정전압 평가 : 분산형전원 접속점에서 제2장 제2절에서 정한 표준전압 및 허용오차의 범위를 벗어나지 않는 경우

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	52 / 247
개정 일자	2025.12.02	

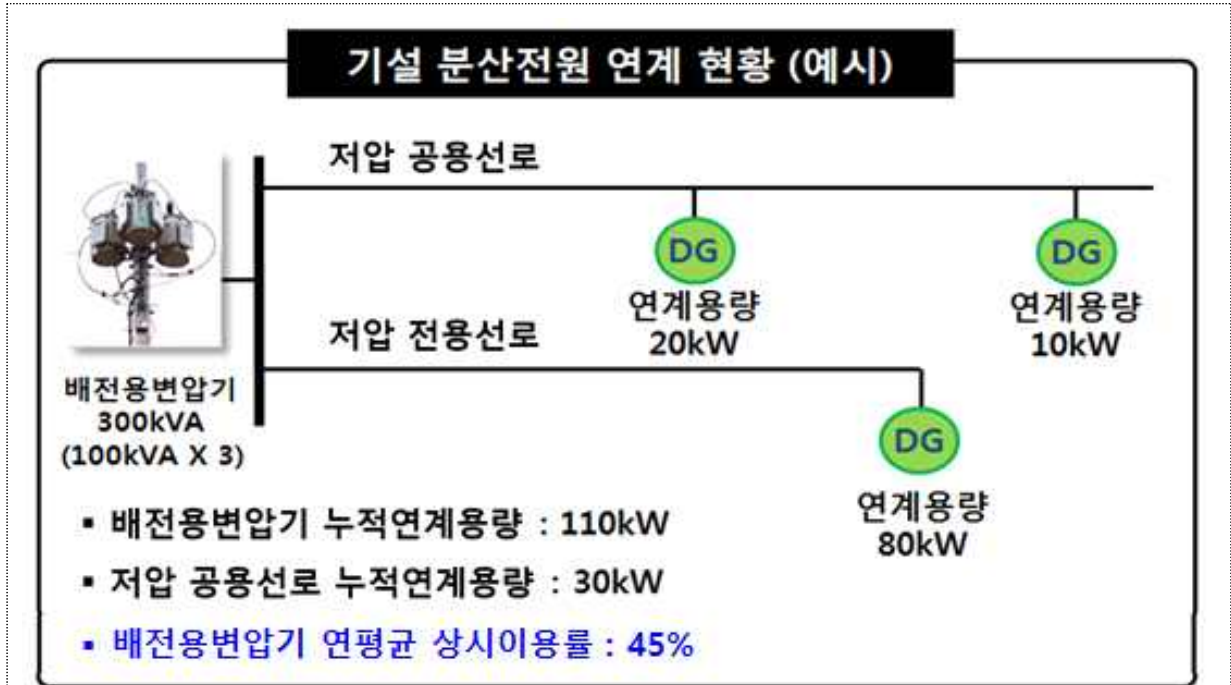
- 2) 상시전압변동 저감대책 : 1)을 만족하지 못하는 경우에 한해 분산형전원 설치자와 전압변동 저감대책이 협의된 경우
2. 다음 각 목에 대해서는 제4조 ③항을 만족하는 경우에 한해 전용변압기(상계거래용 변압기 포함)를 설치하여 연계할 수 있다.
- 가. 배전용변압기 누적연계용량이 해당 변압기 용량의 50%를 초과하는 경우
- 나. 배전용변압기 누적연계용량이 배전용변압기 직전 1년간 평균 상시이용률을 초과하는 경우
- 다. 분산형전원 접속점에서 제2장 제2절에서 정한 표준전압 및 허용오차의 범위를 벗어나는 경우로 분산형전원 설치자와 전압변동 저감대책이 협의되지 않은 경우
3. 제2호에도 불구하고 아래의 조건에서는 기존의 배전용변압기를 활용하여 연계할 수 있다.
- 가. 4kW이하 상계거래의 경우는 배전용변압기 누적연계용량이 해당 배전용변압기 용량의 50% 초과 시 배전용변압기의 직전 1년간 평균 상시이용률 이내에서 해당 배전용변압기를 통해 저압에 연계할 수 있다. 단, 평균 상시이용률이 50%이상인 경우만 적용 가능하며, 배전용변압기 누적연계용량이 상시이용률을 초과하는 경우에는 상계거래용 변압기를 설치하여 연계한다.
- 나. 단상 분산형전원의 경우 현재 연계 예정인 배전용변압기가 3상인 이고 해당 배전용변압기의 누적연계용량이 변압기 용량의 50%를 초과하거나 상시이용률을 초과하는 경우, 다른 상의 배전용변압기 누적연계용량이 변압기 용량이 50%이하이며, 상시이용률 이내인 경우 상분리를 통해 연계할 수 있다.
4. 분산형전원의 연계용량이 500kW 미만인 경우라도 분산형전원 설치자가 희망하고 한전이 이를 타당하다고 인정하는 경우에는 특고압 한전계통에 연계할 수 있다.

분산형 전원의 저압연계 업무처리 절차를 다음과 같이 도식화할 수 있다.



[그림 1.10] 분산형전원 저압연계 업무처리 절차

□ 저압연계 검토 예시



- 해당 저압계통에 20kW 분산형전원 신청시
 - STEP 1) 배전용변압기 누적연계용량 : 130kW(110+20)
 - ☞ 배전용변압기 용량의 50%(150kW) 이하 만족
 - STEP 2) 배전용변압기 누적연계용량 : 130kW(110+20)
 - ☞ 배전용변압기 연평균 상시이용률 45%(135kW) 이하 만족
 - STEP 3) 신규 분산전원의 연계용량 : 20kW
 - ☞ 변압기 용량의 25%(75kVA=300×0.25) 이하 만족
 - STEP 4) 저압 공용선로 누적연계용량 : 50kW
 - ☞ 변압기 용량의 25%(75kVA=300×0.25) 이하 만족
- 위 업무처리 절차도에서의 업무처리 흐름 : ① → ② → ③ → ④ → ⑤ 순임

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	55 / 247
개정 일자	2025.12.02	

② 발전용 변압기 설비 공용(기준 제4조 제2항)

5. 동일한 발전구역 내에서 개별 분산형전원의 연계용량은 500kW 미만이나 그 연계용량의 총합은 500kW 이상이고, 그 명이나 회계주체(법인)가 각기 다른 복수의 단위 분산형전원이 존재할 경우에는 제2항 제1호 내지 제3호에 따라 각각의 단위 분산형전원을 저압 한전계통에 연계할 수 있다. 다만, 각 분산형전원 설치자가 희망하고, 계통의 효율적 이용, 유지보수 편의성 등 경제적, 기술적으로 타당한 경우에는 대표 분산형전원 설치자의 발전용 변압기 설비를 공용하여 제3항에 따라 특고압 한전계통에 연계할 수 있다.

기준 제3조 제3호에 따라 “구내계통”은 분산형전원 설치자(또는 전기사용자)의 단일 구내 또는 여러 구내의 집합 내에 완전히 포함되는 계통으로 정의된다. 여기서, “구내”는 다시 담, 울타리, 도로 등으로 구분되고, 그 내부의 토지 또는 건물들의 명이자(또는 회계주체)나 사용자가 동일한 구역으로 정의된다. 이러한 정의에 따르면 기준 제4조 제5항 중 본문에 규정된 경우는 각각의 단위 분산형전원이 단일 구내로 이루어진 각 하나의 구내계통을 형성하는 것으로 볼 수 있는 반면, 단서에 규정된 경우는 발전용 주변압기 설비를 공용하여 하나의 접속점을 통해 한전계통과 연계되는 전체 분산형전원의 집합이 여러 구내의 집합으로 이루어진 하나의 구내계통을 형성하는 것으로 볼 수 있다.

기준 제4조 제5항의 본문에 규정된 경우 중 해당 발전구역 내의 각 단위 분산형전원 설치자가 발전사업자일 때에는 각각 별도의 발전사업 허가를 받은 경우에 한해 그 각각의 단위 분산형전원을 저압 한전계통에 연계할 수 있다.

기준 제4조 제5항 단서 규정에서 “계통의 효율적 이용, 유지보수 편의성 등 경제적, 기술적으로 타당한 경우”라 함은 각각의 분산형전원 발전설비가 서로 가깝게 위치하고 변압기 설비를 공용하는 것이 경제적, 기술적으로 타당하며

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	56 / 247
개정 일자	2025.12.02	

변압기 설비의 공용으로 인해 예상되는 문제에 대한 책임 및 처리방법을 각 분산형전원 설치자 간에 명확히 정한 경우 등을 말한다. 변압기 설비 공용시 수급계약은 분산형전원 설치자별로 각각 체결하고 접속점은 한전계통(접속설비)과 대표 분산형전원 설치자측 전기설비가 연결되는 지점으로 하며, 계량은 대표 분산형전원 설치자는 공용 변압기 특고압측(한전계통측)에서, 기타 분산형전원 설치자는 공용 변압기 저압측에서 하는 것으로 한다.

③ 저압 한전계통 연계 방법(기준 제4조 제2항)

6. 가공공급지역의 경우 하나의 공통연결점에서 단위 또는 합산 분산형전원 연계용량이 500kW 미만인 경우 발전구역 밖 주상변압기에서 연계하는 것을 원칙으로 한다. 단, 기술적 및 경제적 사유 등을 고려하여 분산형전원 설치자가 희망할 경우 발전구역 내에 한전 지중공급설비 설치장소를 제공받아 전용으로 공급할 수 있다.
7. 전기방식이 교류 단상 220V인 분산형전원을 저압 한전계통에 연계할 수 있는 용량은 100kW미만으로 한다.
8. 회전형 분산형전원을 저압 한전계통에 연계할 경우 단순병렬 또는 전용변압기를 통하여 연계할 수 있다.
9. 저압 분산전원 연계용 전용변압기는 주상은 아몰퍼스 변압기, 지상은 Compact형 변압기를 신설함을 원칙으로 한다. 단, 전기공급과 발전을 동시에 하기 위해 설치하는 변압기(상계거래용 변압기 포함)는 주상의 경우 고효율변압기를 신설한다.

계약전력에 따른 저압고객에 대한 공급방식은 전기공급약관 시행세칙 제14조(공급전압 및 공급방식) 제3항에 따라 신증설 후 계약전력 합계가 150kW 이상인 경우에는 대상지역에 관계없이 고객의 전기사용장소 내에 한전 공급설비 설치장소를 제공받아 전용으로 공급함을 원칙으로 하고 있다. 그러나 분산형전원의 경우는 가공지역에서 태양광발전을 위한 가공공급 시 변압기 및 전주 등의 전력설비로 인한 음영으로 발전효율저하를 우려하여 지중공급설비를 희

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	57 / 247
개정 일자	2025.12.02	

망하여 설치를 요구하는 경우가 빈번하다. 따라서 이러한 기술적 경제적 사정 등을 고려하여 공중으로 공급할지 지중으로 공급할지 여부에 대하여 판단할 필요가 있다. 즉, 가공공급지역에서는 발전구역 밖 주상변압기 연계를 우선으로 하되, 분산형전원 설치자가 희망하는 경우에 한해 지중공급설비 설치장소를 제공받아 전용으로 공급하는 것이 필요하다.

분산형전원이 저압 한전계통과 연계하는 방법은 신설의 경우 <표 1.1>, 증설의 경우 <표 1.2>와 같이 할 수 있으며, [그림 1.11]은 기준 제11조(분리장치)와 기준 제18조(보호장치 설치)를 고려한 분산형전원의 연계용량에 따른 저압 한전계통과의 접속 예시를 나타낸 것이다. <표 1.1>에서 분산형전원이 발전구역 밖의 변압기로 저압 연계하는 경우 공중지역은 149kW 이하는 공중 1인입으로 150kW 이상은 지중 1인입으로 연계할 수 있으며, 지중지역은 지상변압기 용량의 50%이하이고 250kW 미만의 경우 지중 1인입으로 연계가 가능하다. <표 1.2>에서 공중지역 150kW 미만 고객이 150kW 이상 증설 시 인입기준은 신설 고객과 동일하게 지중인입으로 변경하는 조건으로 저압 연계가 가능하다. 한편, 저압 연계 방법에 따른 접속점(수급지점) 적용기준은 <표 1.3>과 같다.

저압 분산형전원을 신·증설하여 연계 시 기설 배전용변압기 누적연계용량이 배전용변압기의 용량 50%를 초과하는 경우에는 기설 배전용변압기를 상위 용량으로 교체하여 연계는 불가하며 반드시 전용변압기를 신설하여 연계하여야 한다.

<표 1.1> 신설 분산형전원의 저압 연계 방법

구 분	연계용량	연계방법	인입기준	비 고
공중 지역	150kW 미만	외부 주상변압기 연계	공중	기설/신설
	150kW 이상 500kW 미만	외부 주상변압기 연계 또는 구내 지상변압기 연계 (발전사업자 장소제공)	지중	기설/신설
지중 지역	150kW 미만	외부 지상변압기 연계	지중	기설/신설
	150kW 이상 500kW 미만	구내 지상변압기 연계 (발전사업자 장소제공)	지중	주1)

주1) 250kW 이하 저압 분산형전원 연계의 경우 외부 지상변압기의 누적 분산형전원 용량(신설분 포함)이 변압기 용량 50%이내의 경우 외부 지상변압기 연계가능

<표 1.2> 기설 분산형전원 고객 증설 시 저압 연계 방법

구 분	기존 연계방법	증설 후 연계방법
100kW미만 고객이 150kW미만 증설시	발전구역 밖의 변압기 연계	○ 공중지역인 경우 공중인입으로 연계
150kW미만 고객이 500kW미만 증설시	발전구역 밖의 변압기 연계	○ 공중지역인 경우 - 지중인입으로 변경하는 조건으로 저압연계 - 구내 지상변압기 설치 시 설치공간 제공 조건으로 계속 저압 연계 ○ 지중지역인 경우 - 기설 변압기의 연계여유용량 부족 시 구내 변압기 설치 후 연계 시행
	구내 지상변압기 연계	○ 구내 지상변압기 용량 부족시 구내 지상 변압기 증설 교체 후 저압연계

<표 1.3> 저압 연계방법별 접속점(수급지점) 적용기준

연계방법		접속점(수급지점)
외부 변압기 연계	공중지역 공중인입	인입선과 인입구배선의 연결점
	지중지역 지중인입	고객구내 인입선과 인입구배선의 연결점
	공중지역 지중인입	고객구내 인입선과 인입구배선의 연결점 * 고객이 지중인입 시설시 접속점은 인입전주의 인입선 연결점
구내 상 변압기 연계	공중지역	변압기의 2차측 단자 (고객이 지중인입선 시설)
	지중지역	

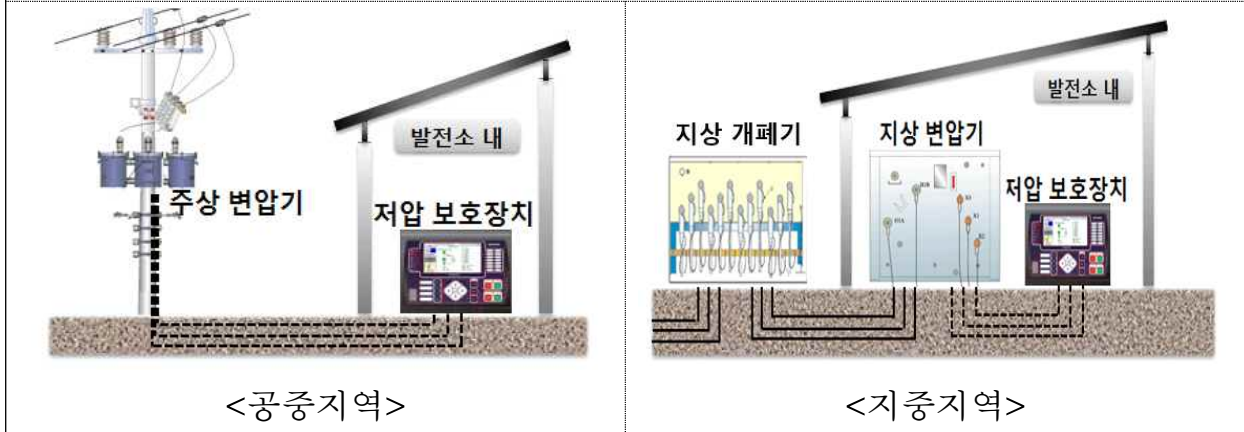
○ 3상 100kW 이하 공용 또는 전용 변압기 연계



○ 3상 100kW 이상 500kW 미만 공용변압기 연계 시(변압기 용량 50% 이내)



○ 3상 150kW 이상 500kW 미만 전용변압기 연계 시



[그림 1.11] 분산형전원의 연계용량에 따른 접속 예시

<표 1.4> 변압기, 저압선 및 인입선 규격

○ 변압기 용량

구 분		용량 [kVA]	비 고
가 공		1상 10, 20, 30, 33, 50, 75, 100, 167	(고효율)아몰퍼스
지 상	1상	50, 100, 200	Compact형
	3상	75, 150, 300, 500, 1000	

※ 전기공급과 발전을 동시에 하는 변압기(상계거래용 포함)는 고효율변압기를 설치하며 10kVA, 20kVA는 (고효율)아몰퍼스를 설치함

○ 저압선 및 인입선 규격

- 공중전선

전선규격	허용전류	최대공급용량		최대공급 가능전력		비 고
		1상	3상	1상	3상	
OW 100mm ²	302 A	60kW	179kW	60kW	149kW	
OW 150mm ²	371 A	73kW	220kW	73kW	183kW	

※ 계산 산식

- 1상 최대 공급용량(kW) = 허용전류(A) × 220(V) × 0.9(역률)
- 3상 최대 공급용량(kW) = √3 × 허용전류(A) × 380(V) × 0.9(역률)
- 3상 최대 공급 가능전력(kW) = 3상 최대 공급용량(kW) ÷ 1.2(부하 불평형 안전율)

- 지중전선 (지중저압선로 시설 및 관리기준 참조)

전선규격	허용전류	최대 공급용량		최대공급 가능전력	
		1상	3상	1상	3상
CV 25mm ²	175 A	34kW	103kW	34kW	86kW
CV 35mm ²	211 A	42kW	125kW	42kW	104kW
CV 70mm ²	308 A	61kW	182kW	61kW	152kW
CV 120mm ²	415 A	82kW	246kW	82kW	205kW
CV 240mm ²	607 A	120kW	359kW	120kW	299kW
CV 300mm ²	684 A	135kW	405kW	135kW	338kW

※ 300mm² 케이블은 굴곡개소 등에서 100mm 파형관 내 시설이 곤란하므로 설치 지양

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	62 / 247
개정 일자	2025.12.02	

분산형전원이 저압 한전계통과 단상 220V로 연계하는 경우 <표 1.4>에 나타난 저압선 및 인입선 용량을 고려하면 공중 73kW, 지중 120kW까지 연계할 수 있다. 하지만 단상 연계형 분산형전원으로 인한 배전선로의 불평형 및 보호협조 등 기술적 문제로 인해 기준 제4조 제2항 제7호에서는 단상 연계형 분산형전원이 저압 한전계통에 연계할 수 있는 용량은 100kW 미만으로 제한하였다.

한편, 회전형 분산형전원의 경우 발전기 특성상 관성에 의해 단독운전을 유지할 가능성이 높아 기준 제17조에서 규정하고 있는 단독운전 관련 기준을 만족시키지 못할 가능성이 높다. 이는 특히 회전형 분산형전원이 특고압 계통에 연계되어 있는 경우보다 저압 계통에 연계된 경우 연계된 계통의 고장이나 작업 등으로 인해 해당 저압 계통이 한전계통으로부터 분리된 단독계통이 되었을 때 발전량과 부하량이 유사한 경우 회전형 분산형전원이 해당 단독계통의 부하를 추종하는 단독운전 상태가 지속될 가능성이 높다. 이러한 이유로 일본의 계통연계규정에서도 회전형 분산형전원이 특고압 계통에 연계하는 경우는 별도의 제한이 없지만 저압 계통에 연계하는 경우는 단순병렬로 제한하고 있다. 한편, 회전형 분산형전원이 전용변압기를 통해 저압 연계된 경우 단독계통이 발생하더라도 저압 계통이 아닌 특고압 계통에서 발생하므로 이는 특고압 계통에 연계된 회전형 분산형전원과 같은 경우라고 보는 것이 타당하고 이때 해당 분산형전원으로 인해 단독운전 발생 시 자동차단기 등의 보호설비를 통한 제어측면에서 유리하다 할수있다. 이에 기준 제4조 제2항 제8호에서는 회전형 분산형전원이 저압 계통에 연계하는 방법은 단순병렬이나 전용변압기를 통한 연계로 제한함이 타당하다.

저압 한전계통과 연계할 수 있는 분산형전원의 용량을 100kW 미만에서 500kW 미만으로 확대함에 따라 전용변압기를 통한 저압 연계하는 분산형전원의 용량 및 개소가 증가하여 변압기 손실 증가 및 이로 인한 한전 배전계통의 손실이 증가할 것이 예상된다. 이에 기준 제4조 제2항 제9호에서는 저압 분산형전원 연계를 위해 설치하는 전용변압기는 손실을 최소화하기 위해 아몰퍼스 변압기 및 Compact 지상변압기를 사용하는 것을 원칙으로 한다. 단, 일반용 발전설비 또는 자가용발전설비를 상시부하와 같이 접속하기 위해 설치하는

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002		
			개정·페이지	15	63 / 247	
			개정 일자	2025.12.02		

변압기(상계거래용 변압기 포함)의 경우는 상시 전기공급을 감안하여 부하손을 고려할 필요가 있으므로, 주상변압기의 경우 고효율변압기를 사용한다.

분산형전원 연계 전용변압기 설치 시 설치 용량은 아래의 기준을 적용한다.

구분	태양광발전		태양광발전 이외	
	전압제어 미시행	전압제어 시행	전압제어 미시행	전압제어 시행
단상	$P_t \geq \frac{P_r}{1.1}$	$P_t \geq \frac{P_r}{1.1} \times \frac{1}{\cos\theta}$	$P_t \geq P_r$	$P_t \geq P_r \times \frac{1}{\cos\theta}$
삼상	$P_t \geq \frac{1}{3} \times \frac{P_r}{1.1}$	$P_t \geq \frac{1}{3} \times \frac{P_r}{1.1} \times \frac{1}{\cos\theta}$	$P_t \geq \frac{P_r}{3}$	$P_t \geq \frac{P_r}{3} \times \frac{1}{\cos\theta}$

Pt : 변압기 정격용량(kVA) / Pr : 분산형전원 연계용량(kW) / cosθ : 역률

역률제어를 통해 설치용량 계산 시 배전용변압기 용량을 초과하는 경우 배전용변압기 용량에 맞도록 역률제어를 최대로 적용하고 SVR 설치 등 전압초과가 발생하지 않도록 추가 검토를 시행한다.

(예시) 태양광발전 499kW 연계 시 배전용변압기 500kVA를 설치하기 위해서는 역률을 최대 90.7%까지만 제어가능하고 역률제어값이 최대를 초과하는 경우 SVR 설치 등을 추가 검토 시행

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	64 / 247
개정 일자	2025.12.02	

④ 특고압 한전계통의 연계

③ 제2장 제1절의 기술요건을 만족하고 한전계통 변전소 주변압기의 분산형 전원 연계가능 용량에 여유가 있을 경우, 특고압 한전계통 또는 전용변압기(상계거래용 변압기 포함)를 통해 저압 한전계통에 연계할 수 있는 분산형전원은 다음과 같다.

1. 분산형전원의 연계용량이 10,000kW 이하이고 특고압 한전계통에 연계되거나 500kW 미만으로 전용변압기(상계거래용 변압기 포함)를 통해 저압 한전계통에 연계되고 해당 특고압 공용선로 누적연계용량이 상시운전용량 이하인 경우 다음 각 목에 따라 해당 한전 계통에 연계할 수 있다. 다만, 분산형전원의 출력전류의 합은 해당 특고압 전선의 허용전류를 초과할 수 없다.

가. 간소검토 : 주변압기 누적연계용량이 해당 주변압기 용량의 15% 이하이고, 특고압 공용선로 누적연계용량이 해당 특고압 공용선로 상시운전용량의 15% 이하인 경우 간소검토 용량으로 하여 특고압 공용선로에 연계할 수 있다.

나. 연계용량 평가 : 주변압기 누적연계용량이 해당 주변압기 용량의 15%를 초과하거나, 특고압 공용선로 누적연계용량이 해당 특고압 공용선로 상시운전용량의 15%를 초과하는 경우에 대해서는 제2장 제2절에서 정한 기술요건을 만족하는 경우에 한하여 해당 특고압 공용선로에 연계할 수 있다.

다. 분산형전원의 연계로 인해 제2장 제1절 및 제2절에서 정한 기술요건을 만족하지 못하는 경우 원칙적으로 특고압 전용선로로 연계하여야 한다. 단, 기술적 문제를 해결할 수 있는 보완 대책이 있고 설비보강 등의 합의가 있는 경우에 한하여 특고압 공용선로에 연계할 수 있다.

2. 분산형전원의 연계용량이 10,000kW를 초과하거나 특고압 일반선로 누적연계용량이 해당 선로의 상시운전용량을 초과하는 경우 다음 각 목에 따른다.

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	65 / 247
개정 일자	2025.12.02	

- 가. 개별 분산형전원의 연계용량이 10,000kW 이하라도 특고압 일반선로 누적연계용량이 해당 특고압 공용선로 상시운전용량을 초과하는 경우에는 접속설비를 특고압 공용선로로 함을 원칙으로 한다.
- 나. 개별 분산형전원의 연계용량이 14,000kW 초과 20,000kW 이하인 경우에는 접속설비를 대용량 배전방식에 의해 연계함을 원칙으로 한다.
- 다. 접속설비를 특고압 전용선로로 하는 경우, 향후 불특정 다수의 다른 일반 전기사용자에게 전기를 공급하기 위한 선로경과지 확보에 현저한 지장이 발생하거나 발생할 우려가 있다고 한전이 인정하는 경우에는 접속설비를 지중 배전선로로 구성함을 원칙으로 한다.
- 라. 접속설비를 전용선로로 연계하는 분산형전원은 제2장 제2절 제23조에서 정한 단락용량 기술요건을 만족해야 한다.
3. 제1, 2항에도 불구하고 다음 각 호를 모두 만족하는 경우에 한하여 특고압 공용 선로의 연계되는 분산형전원을 상시운전용량의 20% 범위 내에서 추가로 연계할 수 있다.
- 가. 특고압 공용 배전선로에 연계된 태양광(ESS연계 태양광 포함)을 제외한 분산형전원의 누적연계용량이 2,000kW를 초과하지 않는 경우
- 나. 연계하고자 하는 분산형전원의 연계용량이 10,000kW를 초과하지 않는 경우
4. 제 1항 내지 3항에도 불구하고 다음 경우에 한하여 특고압 공용 배전선로에 연계되는 분산형전원을 추가로 연계할 수 있다. 단, 연계하고자 하는 개별 분산형전원의 연계용량이 10,000kW를 초과하지 않아야 한다.
- 가. 특고압 공용 배전선로의 직전 1년 기간의 최소부하가 1,000kW를 초과하는 경우 1,000kW 추가 연계할 수 있다.
- 나. 분산형전원 설치자가 선접속 후제어 조건으로 접속하는 경우 분산형전원의 누적연계용량을 일반선로 14,000kW, 대용량선로 20,000kW 이내까지 추가로 연계할 수 있다. 단 송전선로, 주변압기, 배전선로 등 전력설비의 불안정이 발생 또는 예상되는 경우는 예외로 한다.
- ④ 단순병렬로 연계되는 분산형전원의 경우 제2장 제1절의 기술요건을 만

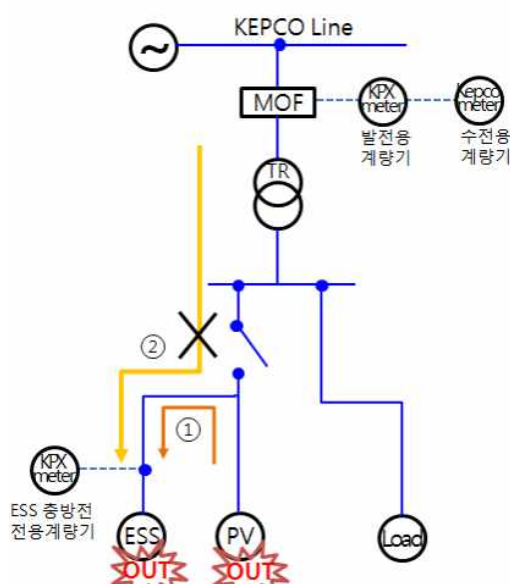
기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	66 / 247
개정 일자	2025.12.02	

족하는 경우 배전용변압기 및 저압 일반선로 누적연계용량과 주변압기 및 특고압 공용선로 누적연계용량 합산대상에서 제외할 수 있다.

- ⑤ 기술기준 제2장 제1절의 기술요건 만족여부를 검토할 때, 분산형전원 용량은 해당 단위 분산형전원에 속한 발전설비 정격 출력의 합계 (Hybrid 분산형전원의 경우 최대출력을 기준으로 산정한 연계용량)를 기준으로 하며, 검토점은 특별히 달리 규정된 내용이 없는 한 제3조 제 9호에 의한 공통 연결점으로 함을 원칙으로 하나, 측정이나 시험 수행 시 편의상 제3조 제8호에 의한 접속점 또는 제10호에 의한 분산형전원 연결점 등을 검토점으로 할 수 있다.
- ⑥ 기술기준 제2장 제2절의 기술요건 만족여부를 검토할 때, 분산형전원 용량은 저압연계의 경우 해당 배전용변압기 및 저압 공용선로 누적연계 용량을 기준으로 하며, 특고압 연계의 경우 해당 주변압기 및 특고압 일반선로 누적연계용량을 기준으로 한다. 다만, 전용변압기(상계거래용 변압기 포함)를 통해 연계하는 분산형전원의 경우 특고압 연계에 준하여 검토한다.
- ⑦ Hybrid 분산형전원의 ESS 충전은 분산형전원의 발전전력에 의해서만 이루어져야하며, 소내 부하공급용 전력에 의한 충전은 허용되지 않는다. ESS 설비용량은 풍력·태양광발전의 설비용량을 초과할 수 없는 것을 원칙으로 하나, 각 호의 하나에 해당할 경우 ESS 설비용량이 풍력·태양광발전의 설비용량을 초과 할 수 있다.
 1. PCS의 정격용량이 발전설비 용량의 110% 이하 이고, PCS 입출력을 발전설비 용량 이하로 운전하도록 설정 할 경우
 2. PCS 연계변압기의 정격용량이 발전설비 용량 이하로 설치하고, PCS입출력을 발전설비 용량 이하로 운전하도록 설정 할 경우

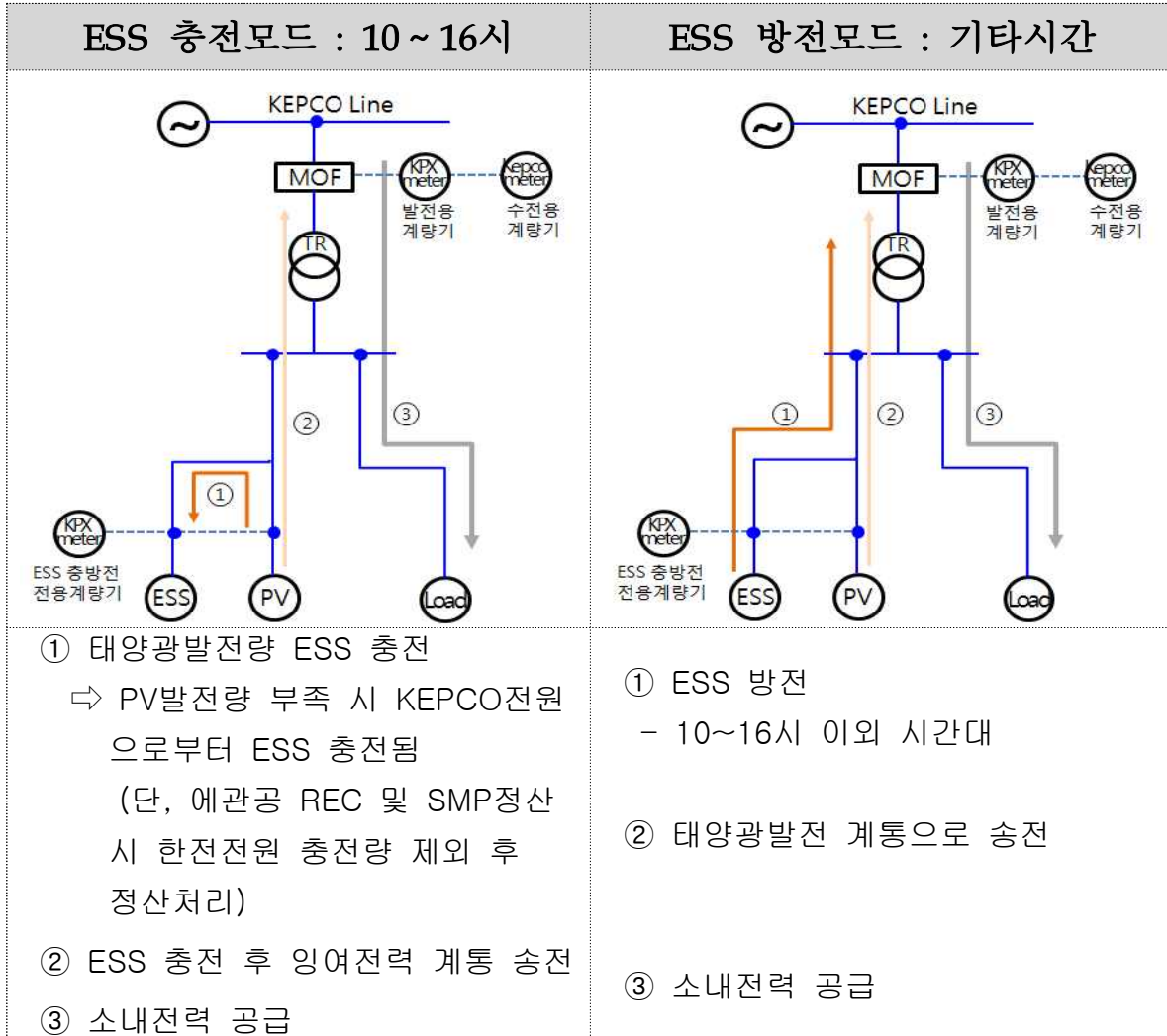
※ 위 기준 1호 또는 2호에 해당하는 사업자는 PCS 운전 협약서 제출

Hybrid 분산형전원의 경우 ESS충전은 신재생전원으로 부터만 이루어져야하
 나 분산형전원 단독운전 방지장치 등에 의해 한전전원으로 부터의 ESS 충전을
 원천적으로 막을 방법은 없다. ESS의 한전전원에 의한 충전을 막기 위해 예시
 와 같이 한전전원을 분리하여 충전하게 될 경우 단독운전 방지장치가 동작하
 게 되어 ESS와 태양광이 모두 발전을 중지하게 된다. 최악의 경우 단독운전
 방지장치가 동작하지 않게 된다면, ESS와 태양광의 접속 구간에 역가압이 되
 어 안전사고의 발생 가능성이 존재한다.

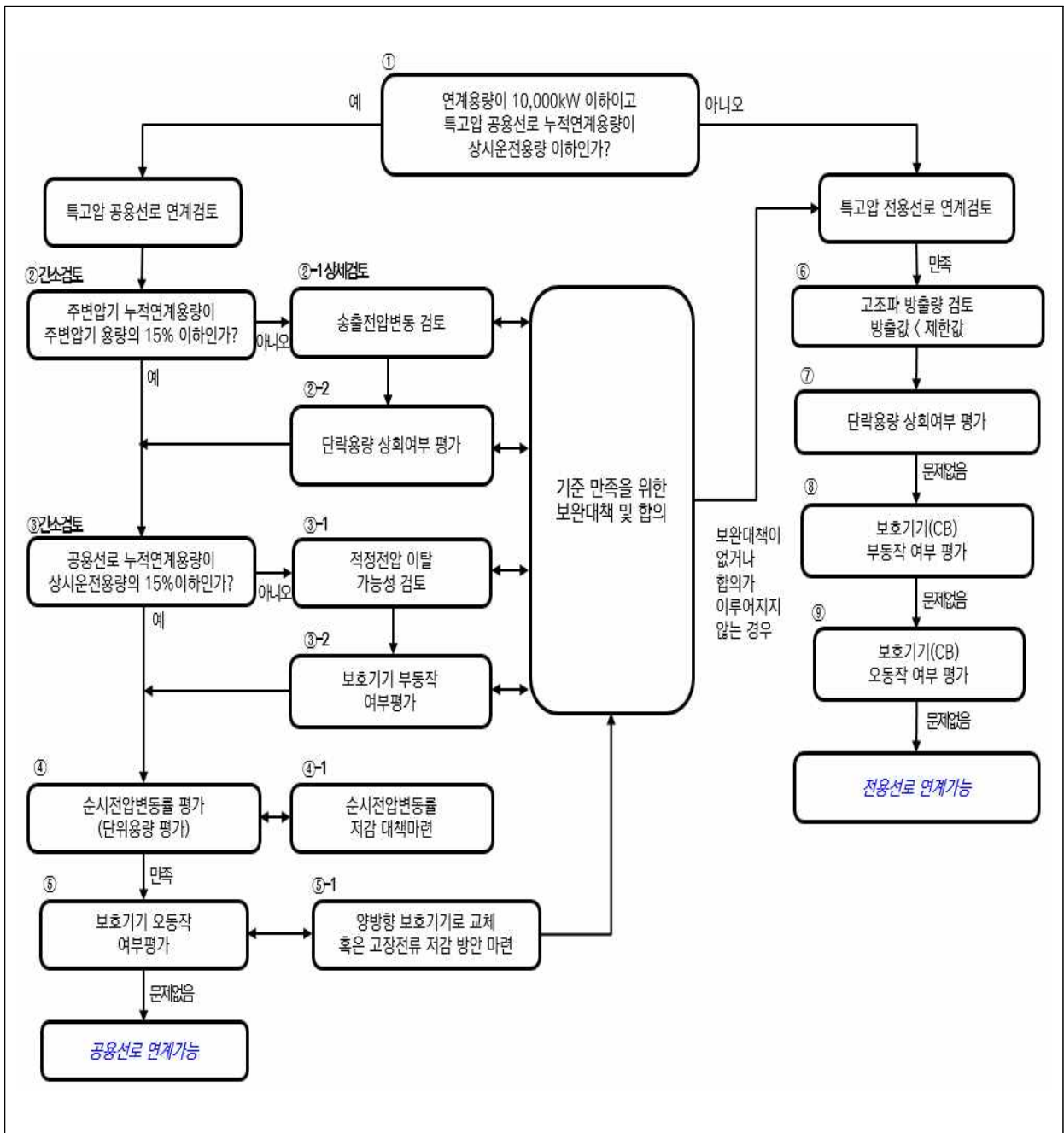
예 시	
<p>조건) 태양광과 ESS 공급선로에 역전력계전기를 역결선하여 KEPCO전원 유입 방지 시</p> <p>① 태양광 및 ESS는 단독운전* 방지장치가 작동하여 0.5초내에 발전을 중지하게 됨</p> <p>→ KEPCO전원 차단 시 발전불가</p> <p>* 단독운전 : KEPCO전원이 정전 등 발생 시 태양광발전이 단독으로 계통으로 역가압 운전</p> <p>☞ 안전사고 위험</p>	

이에 따라 한국에너지공단에서는 발전사업자의 태양광 또는 풍력발전 출력단
 에 전력거래용 전력량계를 부설하여 순수한 신재생전원의 발전량을 계량하여
 한전전원으로부터 ESS로 충전되는 양을 계산 후 ESS의 REC 및 SMP정산을
 제외하고 있다. 따라서 발전사업자는 ESS 충전 스케줄링을 통하여 신재생전원
 의 출력량에 맞추어 PCS의 충전을 하게 되며 한전전원으로 부터의 충전 방
 지를 스스로 강구하게 된다. 만약 한전전원에 의해 ESS를 충전하게 될 경우 발
 전사업자는 ESS 방전 시 REC 및 SMP 정산은 받지 못하며 충전 전기요금만
 납부를 해야 한다. 또한 PCS는 신재생전원으로 부터만 충전을 해야 하므로 신

재생전원의 발전설비용량을 초과하여 시설할 필요가 없으며 이에 따라 PCS 용량은 신재생전원 설비용량 이하로 제한한다.

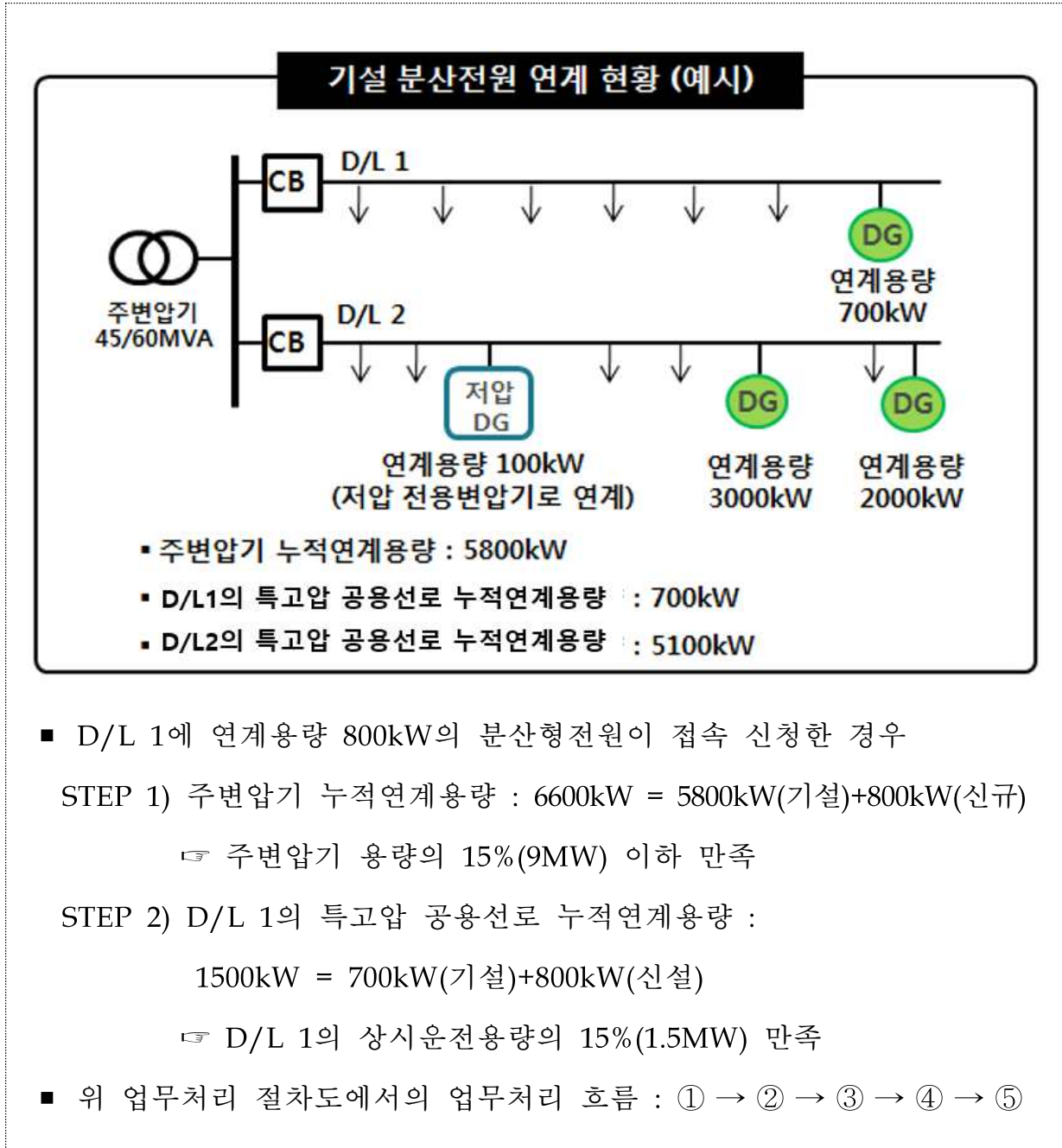


분산형 전원의 특고압 연계 업무처리 절차를 다음과 같이 도식화할 수 있다.

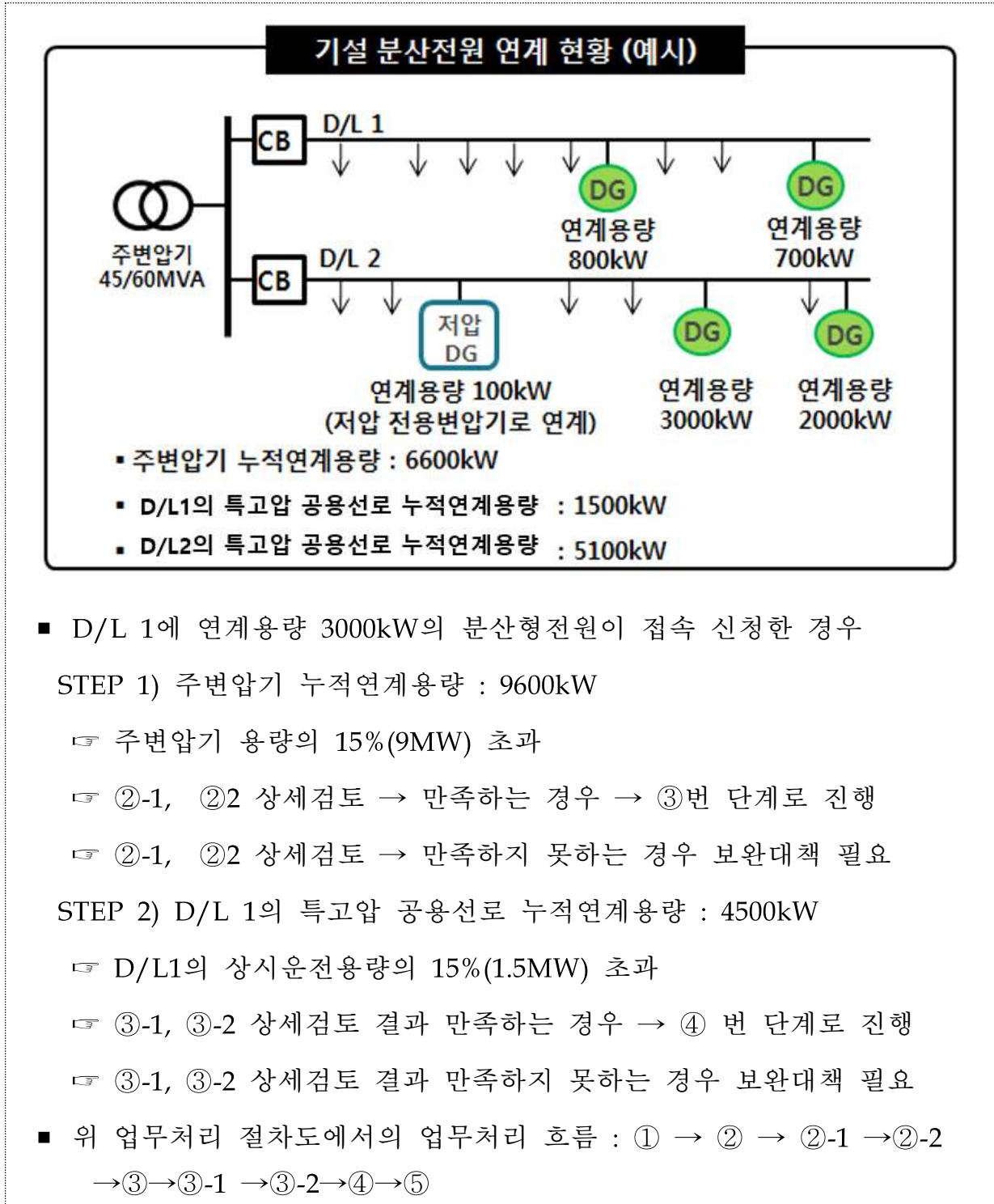


[그림 1.13] 분산형전원 고압연계 업무처리 절차

□ 특고압연계 간소검토 예시



□ 특고압연계 상세검토 예시



제6조(협의 등)(기준 제5조 제2항)

- ① 이 기준에 명시되지 않은 사항은 관련 법령, 규정 등에서 정하는 바에 따라 분산형전원 설치자와 한전이 협의하여 결정한다.
- ② 한전은 이 기준에서 정한 기술요건의 만족여부 검토·확인, 연계계통의 운영 등을 위하여 필요할 때에는 이 기준의 취지에 따라 세부 시행 지침, 절차 등을 정하여 운영할 수 있다.
- ③ 분산형전원 사업자의 합의가 있는 경우, 분산형전원에 대한 운전역률, 유효전력 및 무효전력 제어 등에 관한 기술적 내용을 한전과 분산형전원 사업자간 상호 협의하여 체결할 수 있다.
- ④ 분산형전원의 연계가 배전계통 운영 및 전기사용자의 전력품질에 영향을 미친다고 판단되는 경우, 분산형전원에 대한 한전의 원격제어 및 탈락 기능에 대한 기술적 협의를 거쳐 계통연계를 검토 할 수 있다.
- ⑤ 연계용량의 끝자리 수의 처리는 송배전용전기설비이용규정 제8조 【끝자리 수의 처리】에 따라 계산단위 이하 첫째자리에서 반올림하는 것을 원칙으로 한다. 단, 반올림한 연계용량이 기준 적용대상에 해당하나 반올림하기 전 값이 적용대상에 해당하지 않을 경우 분산형전원 설치자의 희망에 따라 반올림을 적용하지 않을 수 있다.

구분	계산단위
부하설비 용량	1 kW
변압기설비 용량	1 kVA
발전기 정격출력	1 kW
역률	1%

기준 제5조 제2항의 “세부시행 지침, 절차 등”에는 「배전계통 연계 분산형전원 계량장치 시설지침」, 「분산형전원 배전계통 연계 업무처리 절차서」, 「분산형전원 배전계통 연계기술 가이드라인」 등이 포함된다.

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline	기준서 No	H0-배전-편람-0002	
		개정·페이지	15	73 / 247
		개정 일자	2025.12.02	

제 2 장 연계 기술기준 해설

제 1 절 기본사항

제6조(전기방식)(기준 제6조)

- ① 분산형전원의 전기방식은 연계하고자 하는 계통의 전기방식과 동일하게 함을 원칙으로 한다. 단, 3상으로 전기를 공급받아 자가소비 후 역송하는 분산형전원 설치자가 단상인버터를 설치하여 분산형전원을 계통에 연계하는 경우는 다음 <표2.1> 의한다.

<표 2.1> 3상 수전 단상 인버터 설치기준 (발전사업용 제외)

구 분	인버터 용량
1상 또는 2상 설치 시	각 상에 4kW 이하로 설치
3상 설치 시	상별 동일 용량 설치 원칙. 단, 1상에 4kW 이내 불평형 허용가능

- ② 분산형전원의 연계구분에 따른 연계계통의 전기방식은 다음 <표 2.2>에 의한다.

<표 2.2> 연계구분에 따른 계통의 전기방식

구 분	연계계통의 전기방식
저압 한전계통 연계	교류 단상 220V 또는 교류 삼상 380V 중 기술적으로 타당하다고 한전이 정한 한가지 전기방식
특고압 한전계통 연계	교류 삼상 22,900V

1. 배경

내선규정(대한전기협회)에서는 일반적인 부하에 대하여 저압 또는 특별고압 수전의 경우 3상4선식에서 불평형부하의 한도를 단상 접속부하로 계산하여 설비 불평형률 30% 이하로 하는 것을 원칙으로 하고 있다. 분산형전원의 경우 본질적으로 발전원이기는 하지만 상간 불평형 측면에서는 마이너스 부하(Negative load)로 간주할 수 있기 때문에 분산형전원의 전기방식이 연계하는 계통의 전기방식과 다르게 되면 일반 부하와 마찬가지로 상간 불평형이 생길 우려가 있다. 따라서, 계통에 연계하고자 하는 분산형전원의 전기방식은 원칙적으로 연계하고자 하는 계통의 전기방식(단상2선, 3상4선)과 동일하게 하여야 한다.

여기서, 2009년 12월 기준 개정시 기준 제1항의 “연계하고자 하는 계통의 전기방식”을 좀 더 명확히 하기 위해 기본공급약관 제23조 제1항을 준용하여 분산형전원의 연계용량에 따른 연계계통의 전기방식 표를 신설하였다.

즉, 일반 부하에 대한 전기공급시와 마찬가지로 분산형전원 연계계통의 전기방식도 저압 연계의 경우에는 분산형전원의 연계용량, 상 불평형, 전압변동 등 제반 기술적인 사항을 검토하여 교류 단상 220V 또는 3상 380V 중에서 한전 계통 운영자인 한전이 정하도록 하였으며, 특고압의 경우에는 교류 3상 22,900V로 연계하도록 명시하였다.

2. 적용 예외

상기 제1호의 배경 설명에 의하면 기준 제6조 제1항의 규정을 적용함에 있어 예를 들어 발전과 수전을 동시에 하는 경우로서 저압 연계시 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에는 예외적으로 분산형전원의 전기방식이 연계계통의 전기방식과 다르더라도 연계할 수 있다.

- 단상 분산형전원 연계용량이 4kW 이하로, 상간 불평형에 의한 영향으로 계통에 문제가 되지 않는 경우 3상4선식 220/380V의 계통에 단상2선식

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	75 / 247
개정 일자	2025.12.02	

220V의 분산형전원을 연계할 수 있다.

- 수전점의 차단기를 개방하였을 때 부하 불평형에 의해 발생하는 과전압에 대하여 분산형전원을 분리하는 대책을 실시하는 경우 단상 3선식 110/220V의 계통에 단상 2선식 220V의 분산형전원을 연계할 수 있다.

일반적으로 3상4선식 220/380V 계통에 3상 분산형전원을 연계하고자 할 경우 3상 발전시스템을 사용해야 하는 것이 기준 제 6조의 취지이다. 그러나, 분산형전원 설치자가 비용효율적 및 기타 특별한 사정으로 인해 단상 발전시스템을 조합하여 3상 발전시스템을 구성하는 경우가 있다. 원칙적으로는 3상 발전시스템과 같은 구조로 병렬운전해야 하므로 3상을 동일하게 발전할 수 있는 구조로 구성해야 하나, 한전과 체결된 계약전력으로 발전시스템을 구성하는 과정에서 상별 용량이 불평형하는 경우가 존재한다. 1상 또는 2상에 접속하는 분산형전원 용량이 4kW 이하로 상간 불평형에 의한 영향으로 계통에 문제가 되지 않는 경우에 예외할 수 있는 조항에 따라 3상연계 또한 마찬가지로 특정 상에 4kW 이하까지는 상간 불평형에 의한 영향이 계통에 문제가 되지 않는 경우와 동일하게 볼 수 있다. 단, 단상 인버터 구성을 통한 3상 발전시스템 보호장치 측면에서 특정 상의 전압불평형 및 결상 시 전체 시스템을 보호하지 못하는 면이 있어 기준 제18조(보호장치)에 이를 별도로 제시한다.

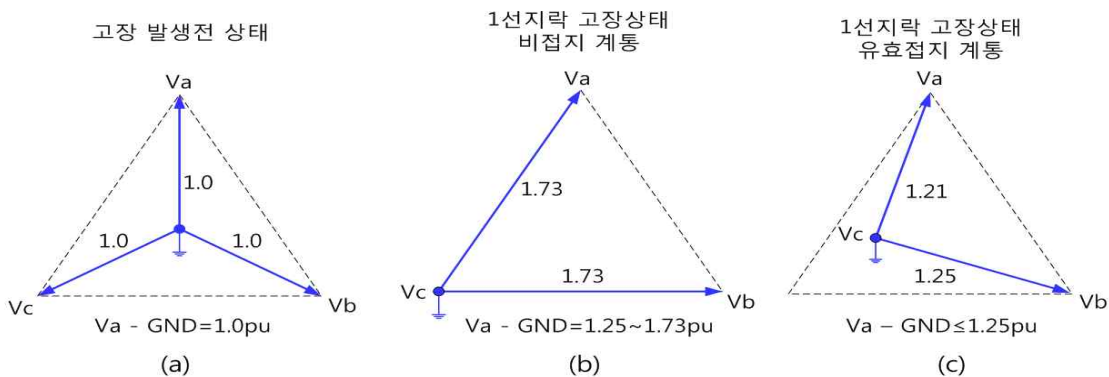
제7조(한전계통 접지와 의 협조)(기준 제7조)

역송병렬 형태의 분산형전원 연계시 그 접지방식은 해당 한전계통에 연결되어 있는 타 설비의 정격을 초과하는 과전압을 유발하거나 한전계통의 지락고장 보호협조를 방해해서는 안 된다. 단, 분산형전원 설치자가 비접지방식을 사용하는 경우 한전계통 접지와 의 협조를 만족하여야 하며, 만족할 수 없는 경우 별도의 대책을 수립해야 한다.

1. 배경

분산형전원을 특고압 한전계통에 연계할 때, 연계 변압기의 결선 및 접지방식에 따라 분산형전원이 계통에 미치는 영향은 달라진다. 연계 변압기의 결선방식은 다양하게 적용할 수 있으나 특고압측(한전계통측)이 유효접지되어 있는지에 따라 지락고장 발생시 전압 및 보호협조 특성이 크게 달라진다.

3상 4선식 다중접지 방식으로서 유효접지 기준을 만족하는 한전계통에 유효접지 기준을 만족하지 않는 결선방식의 연계 변압기로 분산형전원을 연계하면 한전계통에 지락고장 발생시 한전계통 전원으로부터 분리된 단독계통(power island, 분산형전원에 의해 단독운전 상태에 놓이게 된 한전계통 선로구간을 말한다. 이하 같다)이 과전압으로 인한 피해를 입을 수 있다.



[그림 2.1] 1선 지락고장 발생시 중성점 이동

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	77 / 247
개정 일자	2025.12.02	

[그림 2.1]은 분산형전원 연계 변압기 특고압측이 유효접지가 아닌 경우와 유효접지 조건을 만족하는 경우 1선 지락고장 발생시 각 상 전압의 크기를 보여 준다. (a)는 고장 발생 전의 상태를 나타낸다. (b)는 분산형전원이 유효접지되지 않은 경우 한전계통측 C상에서 1선 지락고장 발생시를 나타낸다. 구내 발전용 연계 변압기의 중성점이 접지되지 않은 경우 C상 지락고장시 건전 상인 A상과 B상에는 고장발생 이전 대비 전압이 최대 173%까지 올라가는 상황을 맞게 된다. 즉, 연계 변압기의 중성점이 접지가 안 되어 있는 상태에서 한전계통의 임의 지점에 지락고장이 발생하고 고장 제거를 위해 한전계통측 보호기기(CB, 리클로저(recloser) 등)가 동작하여 한전계통측 전원이 차단되면 분산형전원은 단독운전 상태(고장 지속)가 되고 단독계통에는 비접지 전원(접지되지 않은 분산형전원)만 존재하게 된다. 이때, [그림 2.1] (b)와 같이 건전상에는 선간전압이 걸리게 되어 과전압에 노출되게 된다. 이와 같이 지락고장으로 인해 발생한 건전상의 과전압은 한전계통에 설치된 피뢰기 및 기타 설비에 피해를 주거나 스트레스를 누적시키게 된다. 단, 단순병렬 분산형전원의 경우는 발전량보다 부하량이 크므로 계통고장 발생시에도 단독운전에 의한 전압상승이 발생하지 않으며, 역전력계전기로 한전계통의 역조류를 방지하기 때문에 유효접지 여부를 적용할 필요가 없다.

(C)는 분산형전원 연계 변압기의 특고압측이 유효접지된 경우 1선 지락고장 발생시를 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 연계 변압기의 중성점이 유효접지되어 있으면 한전계통의 1선 지락고장 발생으로 보호기기가 동작하여 단독계통이 형성되어도 분산형전원이 유효접지된 전원을 제공하기 때문에 건전상의 전압은 125% 내지 135% 정도로 상승을 억제할 수 있다.

이와 같이 분산형전원 연계에 의한 고장시 한전계통의 과전압 문제는 유효접지 상태를 유지하는 적절한 연계 변압기의 결선방식을 선정함으로써 경감시킬 수 있다. 그러나, 연계 변압기 특고압측을 유효접지하게 되면 위에서 살펴본 바와 같이 과전압 발생은 방지할 수 있으나, 한전계통으로 원치 않는 고장전류를 공급할 수 있고 그로 인해 계통의 보호협조를 방해할 수 있다. 반대로, 연계 변압기의

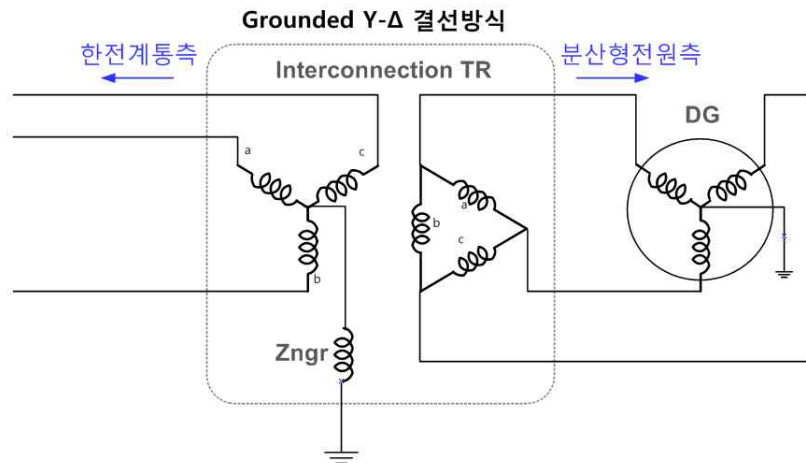
기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	78 / 247
개정 일자	2025.12.02	

특고압측을 접지하지 않으면 한전계통 측으로 고장전류를 공급하지는 않으나 과전압의 위험에 노출될 수 있다. 따라서, 연계 변압기의 결선방식에 따라 적절한 보호협조 대책을 검토해야 할 필요가 있다.

2. 연계 변압기 결선방식별 특징(한전계통측 - 분산형전원측)

가. Grounded Y - Δ 결선방식

이 결선방식은 부하에 전기를 공급하려는 목적으로는 거의 사용되지 않지만 분산형전원의 연계 변압기 결선으로 가장 적합한 방식으로 고려되고 있다. 그러나, 이러한 변압기 결선방식은 종종 “grounding bank”, “ground source”, “grounding transformer”라고 불리며 계통에 적용할 경우 반드시 고려해야만 하는 특성들도 있다.



[그림 2.2] GY-Δ 결선방식

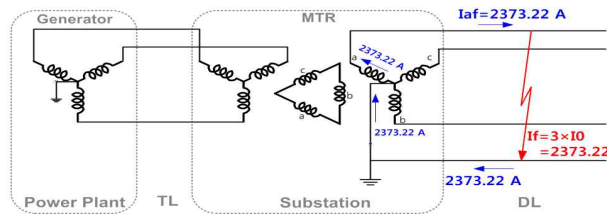
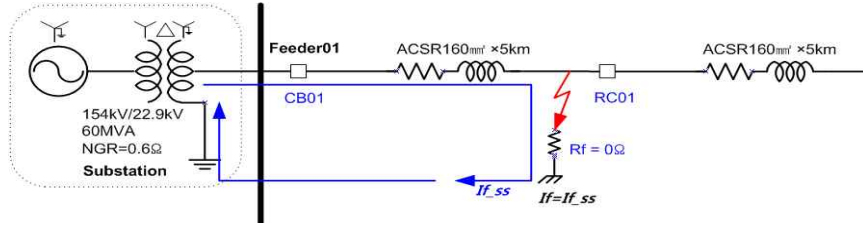
이 결선방식의 변압기가 “ground source”로 동작한다는 것은 한전계통에서 지락고장 발생시 분산형전원측에서 원치 않는 고장전류를 공급할 수 있다는 의미이다. 좀 더 구체적으로는 분산형전원에 의한 고장전류 공급이라고 보기보다는 연계 변압기가 계통에 지락고장 전류를 흐르게 하는 통로를 제공한다고 볼 수 있다. 예를 들어 태양광발전의 경우 야간에는 발전을 하고 있지 않으나 연계 변압기가 가압되어 있는 상태라면 한전계통 고장시 연계 변압기를 통해서 고장전류가 공급될 수 있다. 따라서, 이 결선방식을 적용

한다는 것은 한전계통의 과전류 보호체계를 변경한다는 것을 의미하며 이것은 계전기나 기기의 교체를 필요로 하기도 한다.

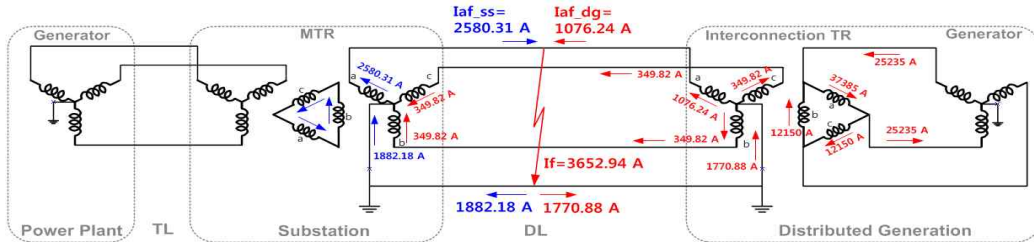
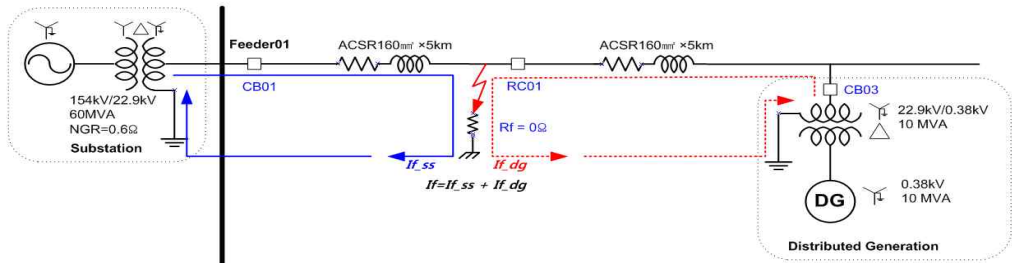
<표 2.1> GY-△ 결선방식의 장단점

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> ○ 보호협조 원리가 명확함 ○ 분산형전원에서 발생한 제3고조파가 한전계통으로 유출되지 않음 ○ 연계 변압기 자체가 계통 고장에 관여하므로 한전계통 고장을 분산형전원 측에서 즉시 검출할 수 있음. 따라서 단독운전 방지가 용이함 ○ 분산형전원 단독운전시 발생할 수 있는 철공진과 과전압 피해를 방지할 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한전계통에 존재하는 제3고조파가 특고압측 권선에 흐름으로써 변압기를 과열시킬 우려가 있음 ○ 제3고조파의 경로에 따라 통신 유도장해나 중성점 전위 변화를 유발하며 이 현상의 예측이 어려움 ○ 한전계통 측에서 발생하는 모든 지락고장에 대해 고장전류를 공급함 ○ 동일 변전소 주변압기 뱅크의 다른 한전계통 선로 고장에 대해 리클로저나 CB를 동작시킬 수 있는 고장전류를 연계 변압기가 공급함 ○ 고장이 발생할 경우, 연계 변압기 자체가 단락고장의 위험에 노출됨. 특히 4~5%의 임피던스를 갖는 소형 변압기가 취약하며, 따라서 일반적으로 특수하게 설계된 변압기를 주문해야 함

[그림 2.3]은 가장 일반적인 3상 4선식 중성점 다중접지 시스템에서 이 결선방식이 어떻게 1선 지락고장 전류에 기여하는지를 보여주고 있다. (a)는 분산형전원이 한전계통에 연계되어 있지 않은 경우의 지락 고장을 보여주고 있고, (b)는 분산형전원이 GY-△ 결선방식의 연계 변압기로 한전계통에 연계되어 있을 때의 상황을 설명하고 있다. 화살표는 연계 변압기로부터 고장전류의 통로를 보여주고 있다. 고장전류는 완전 접지된 한전계통 변전소 주변압기를 통해 되돌아 흐르고 고장점에 추가적인 전류로 기여한다.



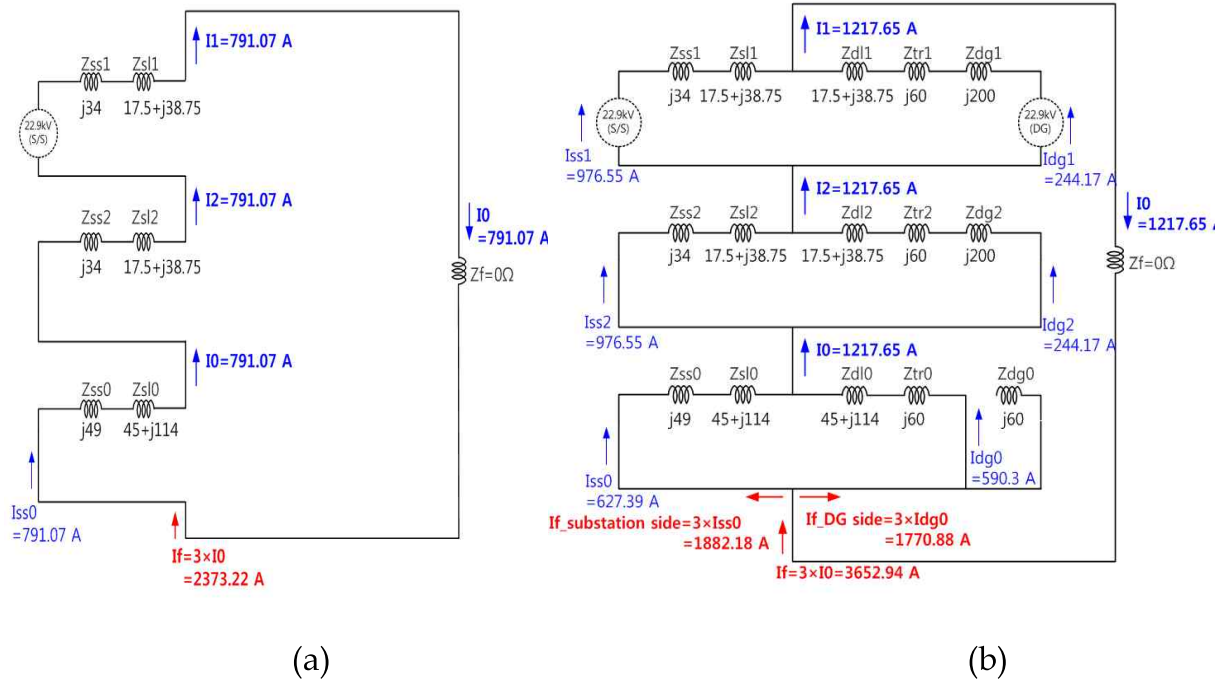
(a)



(b)

[그림 2.3] 한전계통 1선 지락고장 발생시 GY-△ 연계방식의 고장전류 흐름도

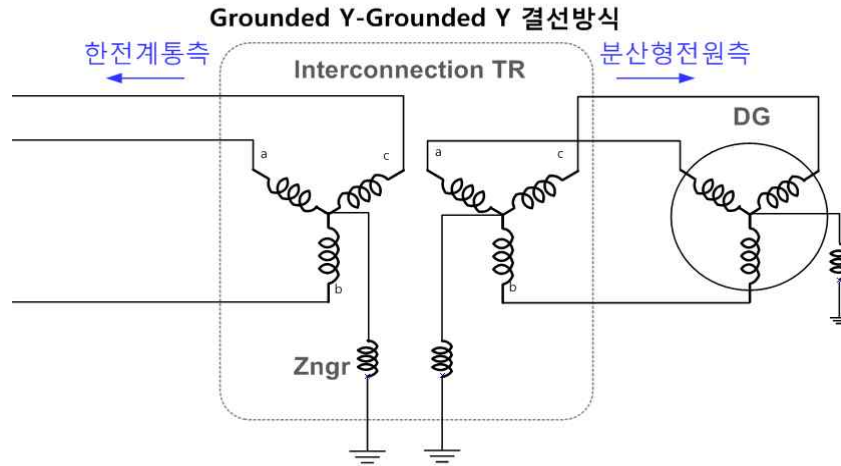
[그림 2.4]의 (b)는 GY-△ 결선방식이 고장전류에 기여하는 것을 시퀀스 등가회로를 통해 보여주고 있다. 분산형전원이 연계되어 있지 않을 때를 나타내는 (a)와 비교할 때, 영상전류가 한전계통과 분산형전원 사이로 분류하고 있는 점이 다르다. 이것은 전체 고장전류 증가에 기여하고 있지만 변전소에서 보여지는 고장전류는 감소한다.



[그림 2.4] 한전계통 1선 지락고장 발생시 시퀀스 등가회로도

나. Grounded Y - Grounded Y 결선방식

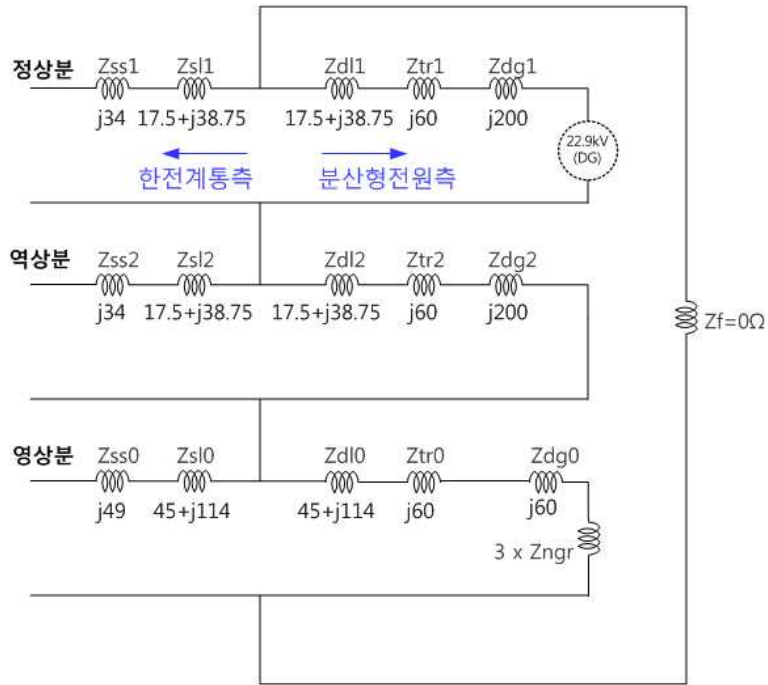
이 결선방식은 3상 부하에 전기를 공급하는 일반적인 방식의 하나이다. 케이블로 공급되는 부하에 대해 철공진 가능성이 적고 유지보수를 위한 개폐 작업에 제한사항이 적어 선호하고 있는 방식으로 분산형전원 연계방식으로도 사용되고 있다.



[그림 2.5] GY-GY 결선방식

이 결선방식은 한전계통 고장에 대해 고장전류를 공급하고 영상분 고조파의 통로가 되기 때문에 발전원에 따라 계통 연계가 어려울 수도 있다. 동기발전기는 권선피치에 따라 제3고조파 전압을 발생하기도 한다. 이 결선방식으로 계통에 연계되면 제3고조파에 대해 매우 낮은 임피던스 통로를 제공하여 발전기에 피해를 줄 수 있고 계통으로 원하지 않는 고조파를 주입하기도 한다. 이 문제에 대해서는 NGR을 이용해 고장전류 및 고조파 전류를 제한할 수 있다.

[그림 2.6]은 분산형전원 연계 변압기의 결선방식이 GY-GY인 경우 1선 지락고장에 대한 시퀀스 등가회로도(분산형전원 단독운전시)를 보여준다.



[그림 2.6] GY-GY 결선방식에서 지락고장으로 인한 단독운전시 시퀀스 등가회로도

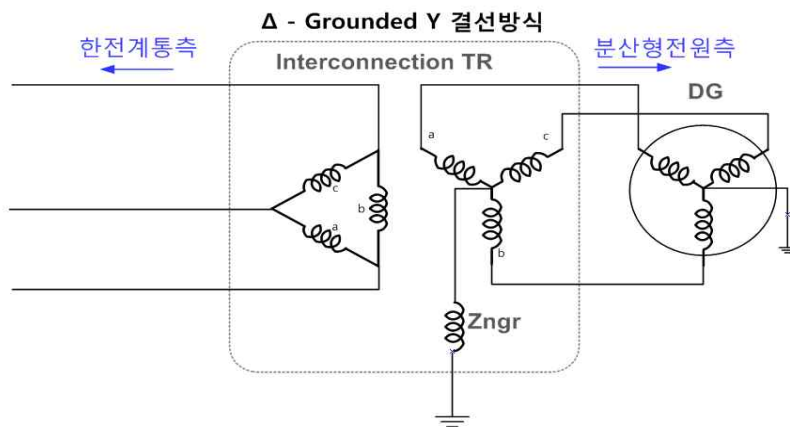
[그림 2.4] (b)의 GY- Δ 방식과는 차이가 있는 것을 볼 수 있다. GY- Δ 의 1선 지락고장에 대한 영상분 시퀀스 회로는 연계 변압기의 임피던스만 포함되지만 GY-GY 결선 방식은 연계 변압기 임피던스에 발전기 내부 임피던스가 더 포함되며 발전기의 중성점 접지에 NGR이 삽입되어 있다면 NGR의 임피던스도 포함된다. 즉, GY-GY 결선 방식은 GY- Δ 방식에 비해 비교적 큰 영상분 임피던스가 고장회로에 반영되어 한전계통의 1선 지락고장 발생시 GY- Δ 결선 방식보다 기여하는 고장전류의 양이 작은 것이 특징이다. 또한 [그림 2.6]의 영상분 등가회로를 보면 발전기가 내부적으로 접지되어 있지 않을 경우 영상회로가 폐회로를 형성하지 못한다는 것을 알 수 있다. 즉, 발전기가 내부적으로 접지되어 있지 않은 경우에는 한전계통측 지락고장시 고장전류를 공급하지 않게 된다.

<표 2.2> GY-GY 결선방식의 장단점

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> ○ 케이블 공급방식에 있어 철공진 문제에 대해 덜 민감함 ○ 동일한 정격의 Δ-GY 결선방식보다 변압기 절연방식에 있어 유리함 ○ 위상변위가 없으므로 저압 계전기를 이용해 고압부의 전압을 모니터링 할 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한전계통에서 나타나는 불평형 상황이 분산형전원측 구내계통에도 나타남 ○ 영상분 고조파(제3고조파 등)의 직접적인 통로를 제공함 ○ 한전계통에서 발생하는 고장에 대해 분산형전원이 고장전류 공급원이 됨 ○ 분산형전원의 내부고장에 대해 한전계통에서 고장전류를 공급함으로써 보호협조가 제대로 안되어 있는 경우 고장이 한전계통으로 과급될 수 있음

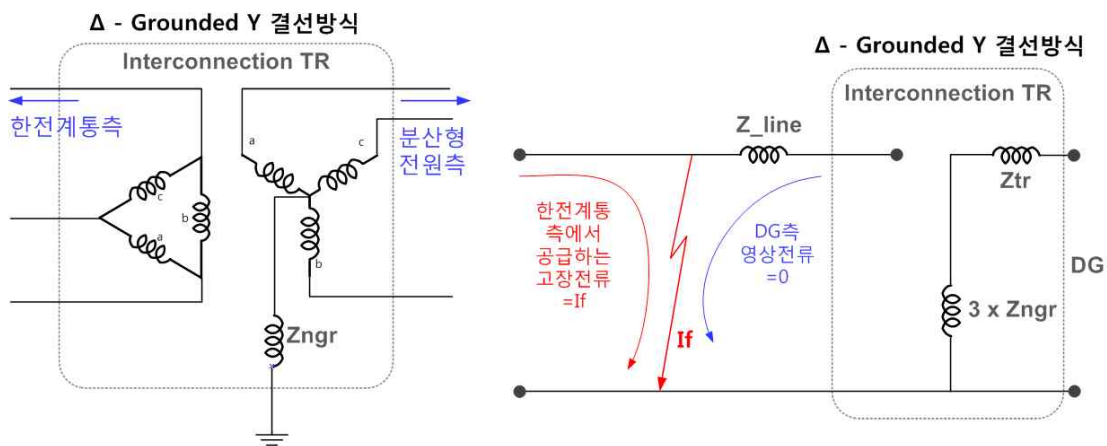
다. Δ - Grounded Y 결선방식

이 결선방식은 3상 부하에 전기를 공급하는 또 다른 일반적인 방식의 하나이며 국내에서도 전기사용 고객에 대한 전력공급시 가장 일반적으로 사용되는 방식이다.



[그림 2.7] Δ -GY 결선방식

이와 같은 특고압측 비접지방식의 연계 변압기는 보호협조 측면에서는 GY-D, GY-GY 방식과 같은 접지방식과 비교하여 장점을 갖는다. 즉, GY-D 방식처럼 한전계통 지락고장시 한전계통으로 고장전류를 공급하지도 않으며, GY-GY 방식처럼 구내계통의 지락고장이 한전계통으로 파급되지도 않는 장점이 있다.



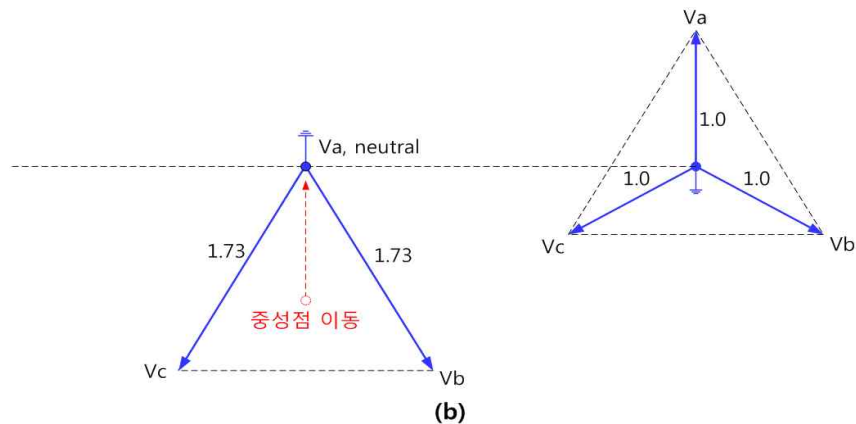
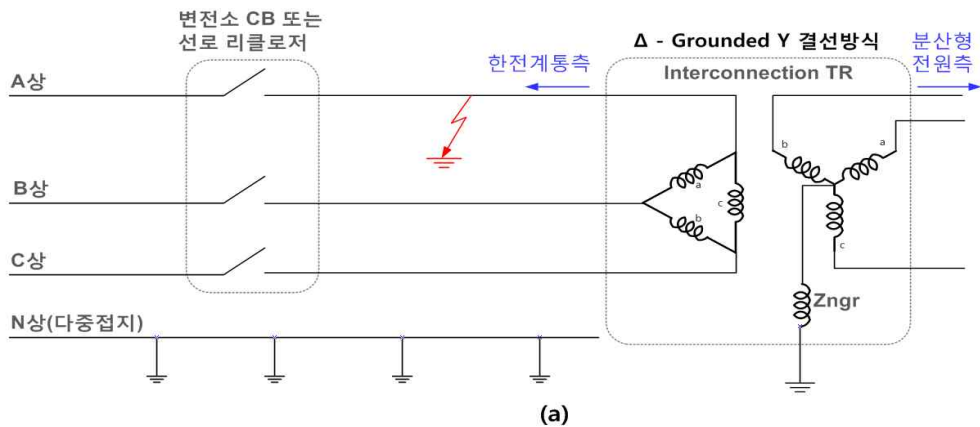
[그림 2.8] Δ-GY 결선방식의 영상 등가회로

[그림 2.8]은 분산형전원 연계 변압기가 Δ-GY 결선방식을 사용하는 경우 지락고장 해석을 위한 영상 등가회로를 보여준다. 그림에서 나타낸 바와 같이 Δ-GY 결선방식의 영상 등가회로는 한전계통측과 완전히 분리되어 있다. 즉, 분산형전원측 구내계통의 지락고장이 한전계통측으로 파급되지 않으며 한전계통측 지락고장시 분산형전원측에서 기여하는 영상분 전류는 없다.

이러한 장점에도 불구하고 이 결선방식은 분산형전원 연계시 연계 변압기 특고압측이 접지되어 있지 않기 때문에 한전계통측 고장발생으로 보호기기가 동작하여 분산형전원이 단독운전 되는 경우 한전계통 건전상에 과전압을 유발하게 된다는 큰 단점을 갖고 있다. 이러한 이유로 일반적으로 분산형전원 연계용 결선방식으로는 선호되지 않는다.

[그림 2.9]는 분산형전원 연계 변압기가 Δ-GY 결선방식인 경우 한전계통에

서 1선 지락고장 발생으로 CB가 트립되어 분산형전원이 1선 지락고장 상태에서 단독운전되고 있는 상황을 나타낸다. 그림에서와 같이 A상의 1선 지락고장으로 CB가 트립되어 한전계통이 주전원(변전소)과 분리되게 되면 주전원에서 제공하고 있던 유효접지를 상실하게 됨을 의미한다. 결국, 트립된 CB 이하 단에 단독계통이 형성되고 단독계통의 분산형전원은 유효접지를 제공하지 않게 된다. 따라서, C상 및 B상과 같은 건전상의 상전압은 선간전압 수준의 과전압에 노출되는 것이다. 따라서, 원칙적으로 분산형전원 연계 변압기에 대해서는 특고압측을 유효접지함이 바람직하지만, 현장 여건상 불가피하게 비접지 방식의 연계 변압기를 사용하고자 할 때는 과전압에 대한 대책이 반드시 강구되어야 한다.



[그림 2.9] Δ-GY 결선방식인 경우 지락고장시 과전압 발생

또한, 이 결선방식은 분산형전원에서 발생한 제3고조파를 한전계통으로 유출시키지는 않지만 분산형전원측 구내계통 자체에 흐르는 제3고조파는 차단할 수 없다. 앞서 언급된 NGR의 설치로 이러한 고조파 전류를 제한할 수 있다.

<표 2.3> Δ-GY 결선방식의 장단점

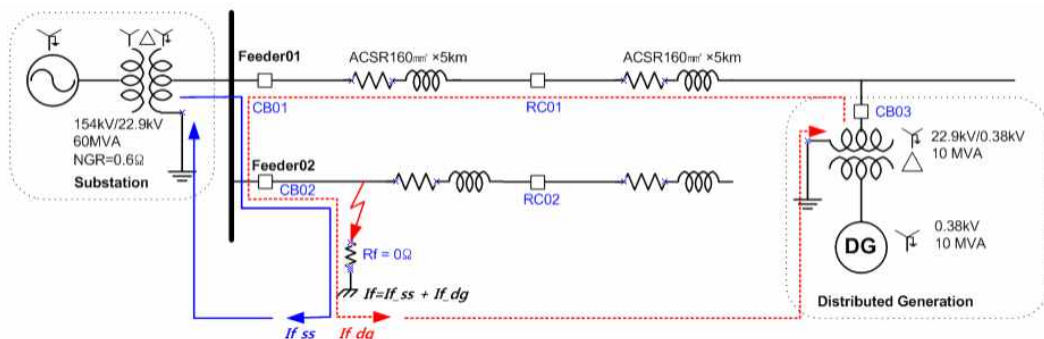
장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> ○ 분산형전원의 제3고조파가 한전계통으로 유입되지 않음 ○ 한전계통의 1선 지락고장에 대해 직접적으로 분산형전원이 고장전류를 공급하지 않음 ○ 분산형전원측 구내계통 1선 지락고장에 대해 한전계통으로 고장이 과급되지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한전계통의 1선 지락고장 또는 한전계통 개방에 의한 분산형전원의 단독운전 상태에서 유효접지 상태를 유지하지 못하므로 과전압의 위험이 있음 ○ 케이블 한전계통이 고장으로 개방된 상태에서 철공진이 발생하기 쉬움 ○ 분산형전원 발전기의 중성점 접지상태에 따라 구내계통의 중성선에 제3고조파에 의한 과전류가 발생할 수 있음 ○ 한전계통의 1선 지락고장시 분산형전원측에서 지락고장 전류를 공급하지 않음에 따라 고장 검출에 어려움이 있음

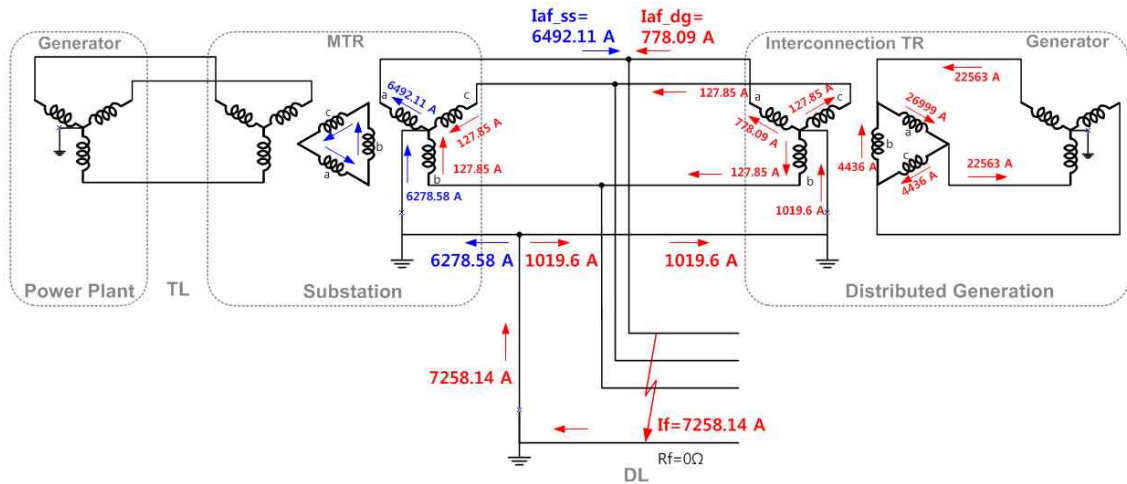
3. 적용방법 및 유의사항

가. Grounded Y - Δ 결선방식 적용시

앞에서 설명된 바와 같이 Grounded Y- Δ 방식은 여러 가지 이점이 있으나 한전계통 측으로 고장전류를 공급한다는 문제점을 갖고 있다. 특히 한전계통측 지락고장 발생시 분산형전원측 연계 변압기를 통한 고장전류는 한전계통측 리클로저 및 CB의 OCBR을 트립시킬 수 있으며 기존 자동화 개폐기에서 잘못된 FI 정보를 올릴 수도 있다. 또한 변전소 주변압기 동일뱅크에 연계된 타 선로에서의 지락고장 발생시 건전 선로에 GY-Δ 방식의 연계 변압기가 연계되어 있는 경우 건전 선로의 리클로저 및 CB가 동작하여 [그림 2.10]과 같이 불필요한 정전을 유발할 수 있다. 또한 연계 변압기에 과도한 전류가 흘러 변압기가 손상될 가능성도 있다.

따라서, 이러한 경우에는 한전계통 지락고장 발생시 분산형전원 연계 변압기를 통해 공급되는 고장전류의 양을 줄일 필요가 있다. 일반적으로 연계 변압기 특고압측에 적정 NGR을 삽입하여 고장전류의 양을 줄일 수 있다. 고장전류를 줄이기 위해서는 NGR의 크기를 늘려야 하지만 NGR의 크기를 늘리면 유효접지 기준을 만족하지 못하는 상황이 발생하여 과전압 피해의 위험이 있으므로 유효접지 기준을 만족하는 수준에서 NGR을 설치해야 한다. NGR을 설치한 이후에도 한전계통측 지락고장시 선로보호용 보호기기 OCBR의 오동작 가능성을 검토해야 하며 관련 업무 지침, 절차 등에 따라 적절한 보호협조 대책을 수립해야 한다.





[그림 2.10] 인근선로 지락고장 발생시 건전선로의 보호기기 오동작 가능성

나. Grounded Y - Grounded Y 결선방식 적용시

연계 변압기의 GY-GY 결선방식은 유효접지를 만족하므로 한전계통 고장발생시 계통측에 과전압을 유발시키지 않고 GY- Δ 방식에 비하여 한전계통측으로 지락고장 전류의 공급도 크지 않은 장점을 갖고 있다. 또한 분산형전원 내부적으로 접지를 하지 않는 경우 한전계통측 지락고장에 대하여 고장전류를 공급하지 않는다. 그러나 GY-GY 방식의 연계 변압기를 사용하는 경우 분산형전원이 내부적으로 접지되어 있으며 용량이 비교적 클 때에는 GY- Δ 결선방식과 마찬가지로 한전계통측 선로 보호기기 OCGR의 오동작을 일으킬 가능성이 있으므로 보호협조와 관련한 검토를 해야 한다.

GY-GY 결선방식은 GY- Δ 결선방식과는 다르게 분산형전원측 구내계통에서 지락고장 발생시 한전계통에서도 고장전류를 공급하게 되어 고장 파급이 우려되므로 분산형전원측 보호기기와 한전계통측 보호기기(CB, 리클로저 등) 간의 세밀한 보호협조가 필요하다.

GY- Δ 결선방식에서는 연계 변압기에서 어느 정도 분산형전원의 고조파를 제거해주지만 GY-GY 결선방식은 분산형전원측 고조파(제3고조파)가 한전

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	90 / 247
개정 일자	2025.12.02	

계통측으로 유입된다. 따라서, GY-GY 결선방식의 분산형전원에 대해서는 고조파 유입에 대한 특별한 관리가 요구된다.

다. △ - Grounded Y 결선방식 적용시

분산형전원 계통 연계시 연계 변압기의 결선방식은 고장의 신속한 검출 및 과전압 방지 차원에서 특고압측을 유효접지함을 원칙으로 한다. 그러나, 기존 △-GY 결선 방식으로 전기를 공급받고 있던 전기사용 고객이 자가용 발전설비로서 추가로 분산형전원을 설치하고자 할 경우에는 기존 수전용 변압기를 발전용 연계 변압기로 공용하기 위해 결선을 변경해야 하는 문제가 발생하게 된다. 결선의 변경이 불가능한 경우에는 변압기 자체를 교체해야 하는 경우도 발생할 수 있으며 분산형전원 연계를 위한 별도의 발전용 변압기를 설치해야 할 수도 있다. 따라서, 이와 같이 △-GY 결선방식의 변압기를 전기사용 부하와 분산형전원이 공용하여 사용하는 경우에는 과전압 방지에 대한 별도의 조치가 요구된다. 해외의 많은 전력회사는 한전계통의 고장 발생에 따라 분산형전원을 포함한 단독계통이 구성될 때에는 단독계통 내의 부하량이 분산형전원 용량의 200% 이상이 되는 경우에만 분산형전원의 연계용으로 △-GY 결선방식의 변압기를 허용하고 있다. 단독계통에서 분산형전원의 용량보다 분산형전원에 걸리는 부하량이 200% 이상 큰 경우에는 비접지 방식의 연계 변압기를 사용하더라도 과전압이 발생할 가능성이 적기 때문이다. 사실 이런 경우에는 단독운전 자체가 거의 불가능하기 때문에 과전압 발생의 우려가 줄어든다고 볼 수 있다. 따라서, 이와 같은 조건 하에 있는 분산형전원에 대해서는 △-GY 결선방식 적용을 고려해 볼 수 있다.

또한, △-GY 결선방식 적용시 과전압 방지 대책도 수립되어야 한다. △-GY 결선방식에서 과전압이 발생하는 주요 원인은 한전계통 고장발생시 한전계통측 보호기기의 동작으로 주전원의 유효접지를 상실하기 때문에 단독계통에서 과전압이 발생하는 것이다. 즉, 고장 발생시 분산형전원측의 보호기기가 한전계통측 보호기기 보다 먼저 고장을 검출하고 트립되면 과전압은 막을 수 있다. 따라서, 한전계통의 보호기기인 CB, 리클로저 등의 동작시간을

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	91 / 247
개정 일자	2025.12.02	

고려하여 분산형전원측이 빠르게 고장을 검출하여 트립될 수 있는 보호설비가 갖춰져 있어야 한다. 이로써 대응이 어려운 경우에는 직접전송차단방식(direct transfer trip)을 사용할 수 있다. 즉, 한전계통에서 고장 발생시 한전계통측 보호기기가 고장을 검출하고 트립되기 전에 분산형전원측 보호기기에 트립 신호를 보내어 직접 트립시키고, 트립을 확인하고 나서 한전계통측 보호기기가 동작하여 고장을 제거하도록 하는 방식이다.

위 사항을 정리하면 분산형전원 연계 변압기의 결선방식으로 Δ -GY와 같은 비접지 방식을 적용하기 위해서는 아래의 조건을 만족하여야 한다.

[회전기 기반 분산형전원]

- (1) 한전계통 보호기기의 트립에 따라 형성될 수 있는 분산형전원을 포함한 단독계통 내의 발전량이 부하량의 50% 이하이어야 한다.
- (2) 분산형전원은 한전계통측 고장 발생시 고장을 빠르게 검출하고 차단할 수 있는 보호설비를 갖추므로써 한전계통측 보호기기(CB, 리클로저 등)가 동작하기 전에 먼저 한전계통에서 탈락해야 한다.
- (3) 이로써도 대응이 어려운 경우에는 직접전송차단(direct transfer trip) 방식을 채용하여 보호기기의 동작 신뢰도를 확보해야 한다.

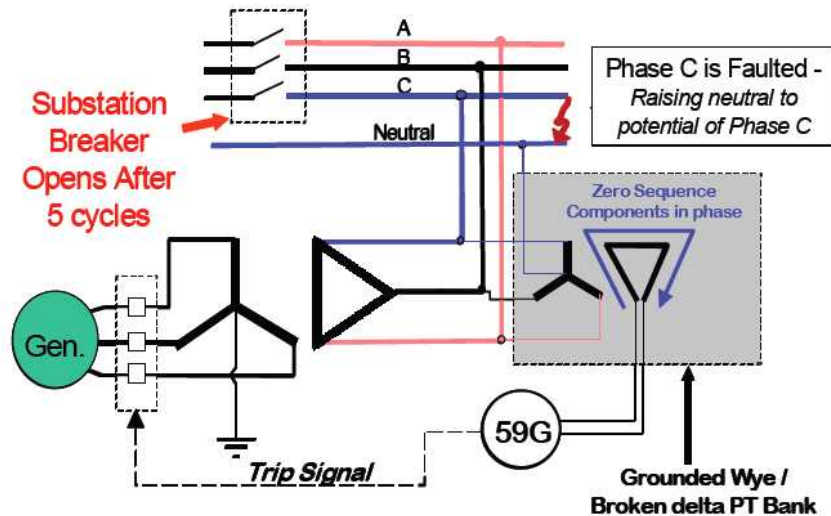
[인버터 기반 분산형전원]

- (1) 한전계통 보호기기의 트립에 따라 형성될 수 있는 분산형전원을 포함한 단독계통 내의 발전량이 부하량의 65%이하이어야 한다.

[그림 2.11]은 상기 (2)와 관련하여 Δ -GY 결선방식의 연계 변압기를 사용하는 분산형전원측에서 한전계통측의 지락고장을 검출할 수 있는 방법의 하나로서 “Grounded Y - Broken Δ ” PT 뱅크를 사용하는 방법을 나타낸 것이다. 여기서는 계전기로 과전압 계전기(Overvoltage Relay, 59G)를 사용

하고 PT 결선방식으로는 Grounded Y - Broken Δ 방식을 사용한다. 동작 원리는 한전계통에서 지락고장 발생시 Broken Δ PT bank에 급격히 증가하는 영상분 전압을 검출하여 59G 계전기가 분산형전원측 차단기에 트립 신호를 보내 분산형전원을 분리하는 것이다.

비접지 결선방식의 고장검출 방법에 대해서는 분산형전원 연계선로의 보호 협조 관련 업무 지침, 절차 내용을 참조하여 더 면밀히 검토할 필요가 있다.



[그림 2.11] Δ -GY 결선방식 연계시 계통 지락고장 검출 예시

제8조(동기화)(기준 제8조)

분산형전원의 계통 연계 또는 가압된 구내계통의 가압된 한전계통에 대한 연계에 대하여 병렬연계 장치의 투입 순간에 <표 2.3>의 모든 동기화 변수들이 제시된 제한범위 이내에 있어야 하며, 만일 어느 하나의 변수라도 제시된 범위를 벗어날 경우에는 병렬연계 장치가 투입되지 않아야 한다.

<표 2.3> 계통 연계를 위한 동기화 변수 제한범위

분산형전원 정격용량 합계(kW)	주파수 차 (Δf , Hz)	전압 차 (ΔV , %)	위상각 차 ($\Delta \Phi$, °)
0 ~ 500	0.3	10	20
500 초과 ~ 1,500	0.2	5	15
1,500 초과 ~ 20,000 미만	0.1	3	10

기준 제9조는 IEEE 1547(분산형전원 계통연계에 관한 IEEE 표준, '03. 6)의 5항 시험요건 중 5.1.2의 동기화 관련내용을 준용한 것이다. 참고로 IEEE 1547.1(분산형전원 계통연계 설비에 대한 적합성 시험절차, '05. 6)에는 해당 시험절차가 제시되어 있다.

1. 배경

동기화(Synchronization)란 분산형전원 병렬연계 장치를 투입하기 전에 분산형전원의 전압 크기, 위상각 및 주파수를 한전계통과 허용 가능한 제한범위 내에서 일치시키는 행위(act of matching)를 말한다. 분산형전원과 한전계통 양측에 대한 과도현상을 최소화하기 위해서는 병렬연계 장치 투입 전에 세 가지 변수가 모두 면밀히 일치되어야 함이 매우 중요하다. 특히, 3상 분산형전원 적용시에는 상순(相順)이 항상 올바르게 유지되도록 하기 위하여 일반적으로 해당 분산형전원 설치시 각 상을 개폐장치에 연결하면서 상회전(phase rotation)을 확인해야 한다. 상회전은 일반적으로 발전기, 인버터 또는 계통에 대하여 전선(권선) 교체나 결선 변경이 이루어지지 않는 한 재확인할 기회가 없기 때문이다.

동기화는 주로 동기 발전기, 또는 계통과 동기를 이루기 위해 연계장치 투입 전에 전압을 생성(generating a voltage)시키는 방법으로 운영되는 구내계통에 한하여 중요한 관심사가 된다. 유도 발전기도 병렬연계 장치 투입 전에 원동

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	94 / 247
개정 일자	2025.12.02	

기에 의해 동기속도 부근에서 구동될 수 있으나, 실제로는 관심 대상이 되는 전압을 생성하기 전에 유도 전동기와 매우 흡사한 방식으로 연결되기 때문에 동기 발전기와는 성질이 다르다. 대부분의 인버터는 한전계통에 연결되어 있을 때 전압 생성을 시작한다.

2. 분산형전원의 영향

위상각 동기화 변수가 분산형전원과 계통 간의 위상 범위를 벗어날 경우에는 동기 발전기 전기자 코어 말단이 과열되고, 이 상태에서 병렬 연계시 발생할 수 있는 매우 높은 회전력(torque)으로 인해 분산형전원 발전설비가 피해를 입을 수 있다.

분산형전원이 낮은 전압으로 운전될 때 계통에 연계되면 그 직후에 분산형전원 발전기 쪽으로 큰 무효전력 조류가 흘러 들어올 수 있다. 이 경우에는 한전계통으로부터 분산형전원 쪽으로 큰 무효전력 조류가 흘러 들어감에 따라 한전계통에는 저전압이 나타날 수 있다.

분산형전원이 높은 전압으로 운전될 때 계통에 연계되면 그 직후에 분산형전원 발전기로부터 큰 무효전력 조류가 흘러 나갈 수 있다. 이 경우에는 분산형전원으로부터 한전계통 쪽으로 큰 무효전력 조류가 흘러 나감에 따라 한전계통에는 과전압이 나타날 수 있다.

3. 검토방법

기준 제9조 제1항의 만족여부는 세부적으로는 다음과 같이 연계 시스템의 유형에 따른 시험결과(시험성적서 등)에 근거하여 검토한다.

가. 동기 발전기 연계 또는 가압된 구내계통의 가압된 한전계통에 대한 연계시

시험결과가 병렬연계 장치의 투입 순간에 기준 제9조 제2항 <표 2.2>의 모

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	95 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

든 변수들이 제시된 제한범위 내에 있으며, 만일 어느 하나의 변수라도 제시된 범위를 벗어날 경우에는 병렬연계 장치가 투입되지 않음을 나타내야 한다.

나. 자기 여자(self-excited) 유도 발전기 연계시

상기 가목에 따른다. 또한, 시험을 통해 해당 단위 분산형전원에 의해 유입되는 최대 기동전류(돌입전류)가 정해져 있어야 하며, 시험결과로부터 연계점에 대한 한전계통의 임피던스 자료와 함께 해당 단위 분산형전원의 기동시 전압강하를 산정하고, 기준 제9조 제1항의 동기화 요건 및 제16조 제3항의 플리커 요건을 충족한다는 것을 입증할 수 있어야 한다.

다. 인버터 연계시

- (1) 병렬연계 장치가 투입되기 전에 전압이 생성되는 인버터 기반 연계 시스템의 경우에는 상기 가목에 따른다.
- (2) 기타 모든 유형의 인버터 기반 연계 시스템에 대해서는 시험을 통해 최대 기동전류가 정해져 있어야 하며, 시험결과로부터 연계점에 대한 한전계통의 임피던스 자료와 함께 해당 단위 분산형전원의 기동전압의 크기 변화를 산정하고 기준 제9조 제1항의 동기화 요건 및 제16조 제3항의 플리커 요건을 충족한다는 것을 입증할 수 있어야 한다.

어떤 인버터 기반 연계 시스템의 경우에는 (1), (2)의 두 가지 요건을 모두 시험해야 할 필요가 있을 수 있다.

라. 이중 여자(double-fed) 유도 발전기 연계시

가이드라인 [그림 1.5]와 같은 이중 여자 유도 발전기의 출력의 크기와 위상은 발전기 회전자에 공급되는 교류 계자전류에 의해 직접 제어된다. 이 계자전류는 한전계통과 일치하는 전압의 크기, 위상각 및 주파수를 생성하

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	96 / 247
			개정 일자	2025.12.02	

기 위해 전력전자 소자에 의해 정밀하게 제어된다. 이러한 제어가 정상적인 기능을 수행하는 한, 이 유형의 발전기가 한전계통에 연계될 때 심한 돌입 전류는 발생하지 않는다. 이 유형의 발전기는 인버터 기반 연계 시스템과 같은 방법으로 시험해야 한다.

제9조(비의도적인 한전계통 가압)(기준 제9조)

분산형전원은 한전계통이 가압되어 있지 않을 때 한전계통을 가압해서는 안 된다.

1. 배경

한전계통이 가압되어 있지 않은(휴전 또는 정전되어 있는) 상태에서 선로 보수 작업 또는 고장복구 작업 중일 때에는 작업자의 안전을 위하여 한전계통 운영자에 의해 의도되지 않은(inadvertent) 분산형전원의 한전계통에 대한 가압은 방지되어야 함이 매우 중요하다.

2. 분산형전원의 영향

한전계통이 한전계통 전원에 의해 가압되어 있지 않을 때에는 어떠한 이유로도 분산형전원이 한전계통 쪽으로 전력을 전송해서는 안 된다. 또한, 단독운전(islanding)이 허용되지 않는 한, 한전계통의 전압 또는 주파수가 허용범위를 벗어날 때에도 분산형전원이 한전계통에 대한 전력 전송을 중지할 필요가 있다. 이는 고장 발생시에 한전계통이 분산형전원의 방해 없이 고장 제거를 위한 계전 및 재폐로 단계를 최초 고장제거 동작 이후에도 계속 진행해 나갈 수 있도록 하기 위함이다.

3. 적용방법 및 유의사항

한전계통에서 이상 발생 후 해당 한전계통의 전압 및 주파수가 정상범위 내에서 5분의 안정화 시간 동안 유지되지 않은 한, 분산형전원의 재병입이 발생해서는 안 된다. 이에 대해서는 가이드라인 제14조의 기준 제14조 제5항에 대한 해설에서 자세히 다루기로 한다.

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	98 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

제10조(감시 및 제어설비)(기준 제10조)

- ① 분산형전원 연결점의 연계상태, 유·무효전력 출력, 운전 역률 및 전압 등의 전력품질을 감시하기 위한 설비를 갖추어야 하는 대상은 다음과 같다.
 - 1. 특고압 또는 전용변압기를 통해 저압 한전계통에 연계하는 연계하는 역송병렬의 분산형전원이 하나의 공통연결점에서 단위 분산형전원의 용량 또는 분산형전원의 용량의 총합이 90kW 이상일 경우
 - 2. 선접속 후제어 조건부로 접속하는 경우
- ② 한전계통 운영상 필요할 경우 한전은 분산형전원 설치자에게 제1항에 의한 감시설비와 한전계통 운영시스템의 실시간 연계를 요구하거나 실시간 연계가 기술적으로 불가할 경우 감시기록 제출을 요구할 수 있으며, 분산형전원 설치자는 이에 응하여야 한다.
- ③ 제 11조와 관련하여 분리장치로 전기품질 측정기능을 구비한 자동개폐기 또는 자동차단기를 설치할 경우 감시설비를 생략할 수 있다.
- ④ 선접속 후제어 조건부로 접속하는 분산형전원 또는 연계용량 90kW 이상의 태양광, 풍력 및 연료전지는 감시 및 제어를 위해 송배전용전기설비이용규정 별표 6에서 정의하는 신재생연계단말장치를 설치하여야 하며 이 경우 ①항을 만족하는 것으로 한다.

1. 배경

기준 제10조 제1항은 IEEE 1547의 4항 기술요건 중 4.1.6의 감시설비 관련내용을 준용한 것이다. IEEE 1547 4.1.6 원문에는 분산형전원 용량의 단위가 kVA로 표시되어 있으나, 적용 편의상 제4조 등 기준에서 전반적으로 사용되는 분산형전원 용량의 단위인 kW로 통일하였다. 참고로 IEEE 1547.3(계통연계 분산형전원의 감시, 정보교환, 제어에 관한 지침, '07. 10)에 계통에 연계된 분산형전원의 감시에 대한 세부 가이드라인이 제시되어 있다.

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	99 / 247
			개정 일자	2025.12.02	

기준 제10조 제1항에 의하면 감시설비는 구내의 분산형전원 연결점에 설치한다. 제2항에 의하면 감시된 데이터는 원격감시 장치를 통한 실시간 인터페이스 또는 감시기록 제출을 통해 연계될 수 있다. 즉, 감시된 정보는 적용여건에 따라 실시간 연계 또는 주기적인 감시기록 제출 등 적절한 방법으로 이용될 수 있다.

2. 분산형전원의 영향

용량이 큰 분산형전원이 비교적 큰 부하를 가진 개소에 위치할 수 있다. 만일 분산형전원의 규모가 부하 규모보다는 작지만(즉, 전력을 유출시키지는 않지만(non-exporting)), 그 지역에 전력을 공급하고 있는 한전계통의 용량에 비할 때는 상당한 규모일 경우라면 한전계통에 의해 원격으로 감시될 수 있는 운영기반을 갖추어야 할 수도 있다.

인근지역의 한전계통 부하에 비해 상당한 규모를 갖는 분산형전원이 설치될 경우, 그 분산형전원의 운전은 전기사용 고객에 대한 한전계통의 전력공급에 영향을 미칠 수 있다. 그럴 경우 분산형전원 설비의 상태는 한전계통 운영에 있어 매우 중요할 수 있다. 분산형전원의 운전기록도 한전계통의 향후 계통계획 고려시 중요한 자료가 될 수 있다. 이러한 경우는 구내에서 감시를 하고 실시간으로 연계하지는 않을 수 있는 하나의 예가 된다.

이와 같은 감시방법(구내 또는 원격)에 대한 설명은 거래용 전력계량(revenue metering)의 적용방법을 고려하고 있지는 않다. 기준 제10조에서는 단지 분산형전원 연계에 관한 기술요건을 규정하고 있을 뿐이다. 거래용 전력계량은 계약에 관한 사항이므로 여기에서는 다루지 않는다.

분산형전원의 상태, 유효전력, 무효전력, 전압 등을 감시해야 하는 필요성은 기본적으로 분산형전원 설치자가 구내계통 내에서 분산형전원을 안정적으로 운영하기 위한 목적도 있으나, 일반적으로 한전계통의 계획 및 운영에 대한

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	100 / 247
			개정 일자	2025.12.02	

관심사와도 관련이 있다. 한전계통 운영자 관점에서 분산형전원의 감시 필요성을 좀 더 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

- 가. 작업자 및 설비의 안전을 위하여 한전계통에 비정상적인 상태 발생시 단독운전 방지기능의 동작여부를 실시간으로 확인할 필요가 있다.
- 나. 전압변동률, 고조파 등 다른 전기사용 고객에 대한 전기품질에 영향을 주는 요소들을 상시 감시해야 하며, 실제 분산형전원 운영시 기준에 규정된 전기품질이 적정하게 유지되지 않을 경우 감시설비가 측정된 데이터는 그 대책을 수립하기 위한 기술자료로 활용할 수 있다.
- 다. 한전계통 고장 발생시 분산형전원 감시설비의 측정 데이터를 분석함으로써 분산형전원의 영향을 평가할 수 있으며 향후 분산형전원의 연계용량 한계, 양방향 보호협조 등 분산형전원 연계계통의 안정적 운영을 위한 기술검토 자료로 활용할 수 있다.

4. 적용방법 및 유의사항

가. 일반사항

기준 제10조의 감시설비 요건은 분산형전원의 “감시를 위한 제공 (provision for monitoring)” 사항을 요구하는 것이다. 이는 터미널 블록 (terminal block)에 연결된 적정한 무전압 접점(dry contact)과 변성기 (transducer)에 연결하기 위해 접속 가능한 전류·전압 또는 기타 감시장치 등을 의미할 수 있다. 감시는 구내에서 할 수 있고 원격으로 할 수도 있다. 어떤 적용여건에 대해서는 감시가 필요하지 않을 수도 있다.

여기 가이드라인 제10조 제3호에서 “구내(local)”라 함은 분산형전원 연결점 (point of DR connection)을 의미하는 것으로, 기준 제10조에서 요구하는 감시를 위한 제공 사항을 포괄하는 용어로 사용한다. “원격(remote)”이란 말은 ADMS, NDIS 등 계통 운영시스템과 같이 한전계통 또는 구내계통 감시를 위해 가능한 요건을 포괄한다.

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	101 / 247
개정 일자	2025.12.02	

계통 운영시스템을 통한 실시간 연계가 요구될 경우, 한전계통 운영자는 일반적으로 구내계통의 원격 감시를 위한 구내 지시(local indication) 및 별개의 신호(discrete signals)를 제공받는다. 여기에는 다음과 같은 것들이 포함된다.

- 분산형전원 연결상태(연결/분리)
- 분산형전원 연결점에서의 유효전력, 무효전력 및 전압
- 전류 조류, 역률 및 주파수
- 중요 경보사항(alarm)

감시를 위한 물리적인 장치의 배치는 여러 형태를 띌 수 있다. 여기에는 다음과 같은 것들이 포함된다.

- CT, PT 등 변성기(계전기와 공유 가능)
- 요구되는 정보의 검색을 위한 분산형전원 설비 상의 소프트웨어 포트
- 구내 데이터 기록장치 또는 측량장치
- 한전계통 운영시스템과 연계 가능한 원격 단말장치(RTU, Remote Terminal Unit)

한전계통 운영시스템 연계용 단말장치는 다음과 같이 여러 형태를 띌 수 있다.

- PT(교류 0~120V), CT(0~5A) 및 접점 입력을 직접 취할 수 있고, 모든 아날로그-디지털 변환 기능 및 한전계통 운영시스템 주장치와 통신하기 위한 프로토콜 변환 기능을 제공할 수 있다.
- 적절한 디지털 형식으로 필요한 정보를 제공하는 다른 장치에 대해 통신 포트를 제공할 수 있다.

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	102 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

- 저압 신호와 무전압("dry") 접점만 다를 수 있다.
- 상기 사항들의 일부 또는 전부를 조합한 형태일 수 있다.

여기서, 무전압 접점과 아날로그 값에 관한 사항은 특정 연계기술을 대표하는 것으로서, 어떤 연계 시스템에서는 적용할 수 있으나 다른 시스템에 대해서는 적절치 않은 것일 수도 있다. 예를 들어, 일반적으로 태양광 발전은 여러 개의 소규모 인버터(1~2kW)를 조합하여 총 정격 발전용량을 50kW 이상으로 만드는 경우가 종종 있다. 일반적으로 이러한 인버터들은 모든 필요한 데이터를 표시할 수 있는 중앙 컴퓨터에 연결된 통신 링크를 통해 통신한다. 그러나, 무전압 접점이나 아날로그 값들은 갖지 않는다.

한전계통은 다양한 형태로 구성될 수 있고, 어떤 두 가지의 한전계통 운영 시스템이 서로 다르게 설정될 수도 있기 때문에 감시장치와의 인터페이스에 대해 여기서 상세한 가이드라인을 제시하는 것은 쉽지 않은 일이다. 분산형전원 감시는 기술적으로 다소 복잡할 수 있다. 이 가이드라인에 제시된 내용은 강제성을 가진다기 보다는 한전계통 운영자와 분산형전원 설치·운영자에게 참고가 될 만한 유용한 정보를 제공하기 위한 것이다. 따라서, 분산형전원이 한전계통에서 운영시스템을 통해 실시간으로 원격 감시할 필요가 있을 정도로 충분히 큰 규모일 경우에는 한전계통 운영자와 분산형전원 설치·운영자가 이 가이드라인을 참고로 상호 협의하여 입력, 출력 및 인터페이스 신호에 대해 가장 바람직한 세부방안을 정할 필요가 있다.

나. 감시설비 적용대상

일반적으로 하나의 공통연결점에서 분산형전원의 합산용량에 따른 분산형전원 연결점의 감시설비 적용대상은 <표 2.4>와 같다.

<표 2.4> 분산형전원 용량별 감시설비 적용대상

분산형전원 합산용량	적용방법
90kW 미만	감시설비 불요
90kW 이상	감시설비 필요 (단, 단순병렬 분산형전원은 감시설비 생략)

감시설비 요건 적용시 다음 사항에 유의한다.

- (1) 상기 <표 2.4>에 나타난 바와 같이 일반적으로 단순병렬 분산형전원은 감시설비를 생략할 수 있다.
- (2) 기준 제11조(분리장치)와 관련하여 접속점에 한전계통 운영자와 분산형전원 설치자의 협의 하에 일반 자동개폐기가 아닌 전기품질 측정 기능을 구비한 자동개폐기(전기품질 측정 기능이 있는 다기능 단말장치를 갖춘 자동개폐기를 말한다) 또는 자동차단기(다기능 단말장치를 갖춘 자동차단기를 말한다)를 설치할 경우에는 기준 제10조에 의한 감시설비 설치를 생략할 수 있다. 이 경우 다기능 단말장치 설치비용은 분산형전원 설치자가 부담하는 것으로 한다.
- (3) 기준 제10조 제2항에 의해 한전계통 운영상 필요에 의해 한전계통 운영자가 분산형전원 설치자에게 분산형전원 감시설비와 한전계통 운영시스템의 실시간 연계를 요구할 경우, 분산형전원 설치자는 한전계통 운영시스템과 연계할 수 있는 원격 단말장치(RTU)를 갖춘 감시설비를 설치하여야 한다. 이 원격 단말장치는 다음과 같이 고장 데이터를 저장장치에 보관할 수 있는 것이어야 하며, 측정항목 등 상세 규격은 한전계통 운영자와 협의하여 결정한다.
 - 고장 전후 2초간의 데이터는 자동 저장되어야 하며 최소한 최근 10개의 고장 데이터를 유지하고 있어야 한다.

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	104 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

- 고장 데이터는 cycle 단위로 시간기록과 함께 저장되어야 한다.

- (4) 단독운전 발생시 분리된 계통의 최소부하를 기준으로 분산형전원의 용량이 그 최소부하의 25%를 초과할 것으로 예상되면, 상기 <표 2.4>에도 불구하고 분산형전원의 용량에 관계없이 감시설비를 설치하여야 한다.
- (5) 감시설비와 관련된 모든 사항은 한전계통 운영자와 분산형전원 설치자 간 계약사항의 일부로 상세히 명시하여야 한다.

전력계통 신뢰도 고시 제17조(신재생발전기에 관한 계통운영 및 관리) 신설에 따라 송배전사업자인 한전은 태양광, 풍력, 연료전지와 같은 신재생발전기에 대한 출력 감시, 예측, 평가 및 제어를 통해 전력계통을 안정적으로 운영해야하는 의무가 발생하였다. 이에 대한 세부운영사항이 전력시장운영규칙 및 송배전용전기설비이용규정에서 정해짐에 따라, 한전은 선접속 후 제어 조건부 접속 또는 90kW 이상의 태양광, 풍력, 연료전지 분산형전원에 대해 원격제어가 가능하도록 제어기능 및 통신설비 등을 구비하고 정보제공설비로서 신재생연계단말장치를 설치하도록 요구하고 있다. 신재생연계단말장치는 기준 제 10조의 감시설비 요구조건을 모두 만족하는 단말장치이기 때문에 해당 단말장치를 설치하는 개소는 별도의 감시설비를 요구할 필요가 없다.

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	105 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

제11조(분리장치)

① 분리장치의 설치(기준 제11조 제1항)

① 접속점에는 접근이 용이하고 잠금이 가능하며 개방상태를 육안으로 확인할 수 있는 분리장치를 설치하여야 한다.

1. 배경

분산형전원 분리장치 설치의 기본적인 목적은 분산형전원을 한전계통으로부터 전기적으로 분리하기 위함이다. 분리장치는 해당 분리장치가 개방된 이후에는 한전계통 또는 분산형전원측이 가압되더라도 분산형전원과 한전계통 사이에서 아크를 발생시키거나 전기를 통전시키는 불안정한 상태가 발생하지 않도록 충분한 분리기능을 수행할 수 있어야 한다.

“접근이 용이하고 잠금이 가능하며 개방상태를 육안으로 확인할 수 있는”이라는 조건은 안전작업수칙 상의 관련 요건 등 계통 운영상 필요에 근거한 것이다.

한전계통 운영자는 상시 또는 비상시 조건 하에서 한전계통의 안전한 운영에 관한 안전작업수칙을 정하여 운영하고 있다. 안전작업수칙은 한전계통 선로 작업자의 안전을 위하여 계통이 정상적인 공급상태로부터 적절하게 변경되었음을 확인하는 방법들을 규정하고 있다. 그 목적은 계통 근처에서 작업 중인 작업자의 안전을 위하여 “안전한 작업구간 사·활선 구분”을 보장하려는 것이다. 이러한 목적을 달성하기 위해 안전작업수칙은 보호 접지, 사·활선 구분 대상 구간에 대한 표식, 육안으로 확인할 수 있는 개폐장치 개방 등에 관해 규정하고 있다.

일반적으로 한전계통에 대한 선로작업은 사선작업 또는 활선작업의 두 가지 방법을 사용한다. 사선작업 시에는 일반적으로 반드시 작업 전에 이전에 가압되어 있던 선로 구간이 모든 전원으로부터 분리되었는지 여부를 육안으로 확

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	106 / 247
개정 일자	2025.12.02	

인하고 사·활선 구분 표식을 부착하고, 전압을 검출하며 접지를 시행하여야 한다. 따라서, 분산형전원을 포함한 구간에 대하여 사선작업을 할 경우에는 분산형전원 분리장치가 그 개방상태를 육안으로 확인할 수 있는 것일 필요가 있다.

활선작업 시에는 작업 중에 전선이 가압된 상태로 유지된다. 설사 그렇지 않다 하더라도 작업자는 선로가 가압되어 있을 때처럼 다루어야 한다. 활선작업을 수행하기 위해서는 전문화된 작업 기술, 장비 및 훈련이 요구된다. 전기적인 충격이나 아크 발생의 가능성을 최소화하기 위하여 안전작업수칙은 전원측 보호기기의 자동 재폐로 기능을 정지시키도록 규정하고 있다. 또한, 활선작업 중에는 작업자의 고장전류에 대한 접촉 및 노출시간을 더 줄이기 위해 보호기기의 동작 설정치를 임시로 낮추기도 한다.

보편적으로 분산형전원은 그 특성상 작업자들에게 잘 인식되지 않는 전원이기 때문에 접근이 용이하고 잠금이 가능하며 개방상태를 육안으로 쉽게 확인할 수 있는 분리장치가 필요하다. 다만, 연계 시스템의 병렬 연계장치가 투입되기 전에는 전압을 생성시키지 않는 단독운전 방지형 인버터를 기반으로 하는 분산형전원의 경우에는 한전계통 전원과 같은 외부 전원이 없는 상태에서는 발전을 할 수 없으므로, 분산형전원의 사선구간 가압을 방지하기 위한 기준 제 11조 제1항의 요건은 불필요한 것일 수도 있다. 예를 들어, 공인기관의 시험을 통해 단독운전 방지기능이 보증된 인버터를 사용하는 10kW 이하의 소규모 분산형전원이 이에 해당할 수 있다.

2. 적용방법 및 유의사항

활선작업시 분산형전원이 한전계통과 계속 연계되어 있을 경우, 한전계통의 활선작업자는 충전부 접촉 또는 고장 발생시에 해당 분산형전원의 기여분으로 인해 예상보다 더 큰 전기적인 충격 및 긴 아크 시간에 노출될 수 있다. 따라서, 작업자의 안전 확보를 위해 필요할 경우에는 한전계통 운영자가 사전에 협의된 방식으로 분산형전원 운영자에게 통보 후 분산형전원 분리장치를 조작

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	107 / 247
개정 일자	2025.12.02	

할 수 있어야 한다. 또한, 일반적인 분리장치와 달리 분산형전원용 분리장치는 분리상태에서도 그 양단이 항상 가압되어 있을 수 있기 때문에 이러한 사실을 관련 작업자들에게 인지시키고 분리장치의 가압상태, 조작상태 등을 알리는 표식을 설치하여야 한다.

분리장치의 설치 위치(접속점)는 작업자의 안전을 확보하기 위해 필요시 한전계통 운영자와 분산형전원 설치·운영자가 협의하여 정할 수 있으며, 분리장치의 성능 및 규격은 한국표준규격 및 한전 구매규격을 참조하여 정할 수 있다.

② 한전계통 연계시 분리장치 설치(기준 제11조 제2~4항)

- ② 제4조 제3항에 따라 분산형전원이 특고압 한전계통에 연계되는 경우 제1항에 의한 분리장치는 연계용량에 관계없이 전압·전류 감시 기능, 고장표시(FI, Fault Indication) 기능 등을 구비한 자동개폐기를 설치하여야 한다. 단, 제 2장에 따른 기술검토 결과 보호기기 부동작 발생이 예상되는 특고압 분산형전원 또는 3,000kW 이상의 특고압 분산형전원의 경우 분리장치로 전압·전류 감시 기능, 고장표시(FI, Fault Indication) 기능, 고장전류 감지 및 자동차단 기능 등을 구비한 자동차단기를 설치하여야 한다.
- ③ 단순병렬 분산형전원은 ①항의 조건을 만족하는 경우 책임분계점 개폐기로 대체할 수 있다.
- ④ 전용변압기를 통해 한전계통에 연계하는 단독 또는 합산용량 100kW 이상 저압 분산형전원의 경우 ①항에 의한 분리장치로 공중지역의 경우는 주상변압기의 컷아웃스위치(COS, Cut out Switch)를 사용하며 지중지역의 경우는 지상개폐기를 설치한다.

1. 배경

분산형전원은 그 특성상 한전계통에 양방향 조류를 발생시킬 수 있기 때문에 한전계통에서 고장 발생시 분산형전원이 즉시 차단되지 않아 단독운전 상태가

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	108 / 247
개정 일자	2025.12.02	

될 경우에는 한전계통 운영자의 고장구간 판단에 예기치 않은 오류를 유발하여 정전 복구시간을 지연시킴으로써 타 전기사용 고객에게 원치 않는 피해를 줄 우려가 있다. 따라서, 분산형전원이 특고압 한전계통에 연계되는 경우 분산형전원측 구내계통과 한전계통의 책임한계점(접속점) 분리장치는 상시 조류 감시와 고장시 신속한 고장구간 판단을 위해 일반 전기사용 고객의 수급지점 구분개폐장치와는 달리 연계용량에 관계없이 3상을 동시에 개폐할 수 있고 전압·전류 감시, 고장표시(FI, Fault Indication) 기능을 구비한 자동개폐기를 설치할 필요가 있다. 다시 말해, 분산형전원 연계계통에서 고장 발생시에는 분산형전원 접속점에 설치된 자동개폐기의 전압, 전류 및 FI 정보를 참고하여 해당 분산형전원의 단독운전 여부를 확인하고 고장구간을 정확히 판단한 후 배전자동화시스템을 이용해 원격으로 신속히 고장구간을 분리하여야 한다.

2. 적용방법 및 유의사항

가이드라인 제11조 제1항에서 살펴본 바와 같이 분산형전원 분리장치 설치의 기본 목적은 1차적으로 분산형전원을 한전계통으로부터 전기적으로 분리하기 위한 것이다. 상기 가이드라인 제11조 제2항 제1호에서 설명한 것과 같이 분산형전원 분리장치로서 자동개폐기를 설치하여 상시 조류 감시 및 고장시 신속한 고장구간 판단·분리에 활용하는 것은 분리장치 본연의 목적이라기보다는 한전계통 운영 측면에서 필요한 부가적인 목적에 해당한다고 볼 수 있다. 따라서, 한전계통 연계대상 분산형전원에 대해 기준 제11조 제2항에 의해 자동개폐기 또는 자동차단기를 설치할 경우, 분리장치의 기본 목적을 수행하는 부분에 해당하는 개폐기(차단기) 본체 설치비용은 접속설비 공사비에 포함하여 분산형전원 설치자가 부담하도록 하되, 한전계통 운영 측면의 부가적인 기능을 수행하도록 하기 위한 단말장치, 통신망 등 부대설비 설치비용은 한전계통 운영자가 부담하는 것이 객관적으로 보다 합리적이라 할 수 있다. 다만, 가이드라인 제10조 제4호 나목 (2)에서 설명한 바와 같이 기준 제10조에 의하여 감시설비 설치 대상에 해당되는 분산형전원 설치자가 구내계통 내(분산형전원 연결점)에 해당 감시설비를 설치하는 대신 접속점에 한전계통 운영자와의 협

 KEPCO <small>KOREA ELECTRIC POWER CORPORATION</small> 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	109 / 247
			개정 일자	2025.12.02	

의 하에 일반 자동개폐기(자동차단기) 기능(전압·전류 감시, FI 등)에 더하여 전기품질 측정기능을 구비하기 위해 다기능 단말장치를 갖춘 자동개폐기(자동차단기)를 설치하는 경우, 해당 단말장치는 기준 제10조에 의해 분산형전원 설치자가 갖추어야 하는 감시설비의 기능을 대신하기 위한 것이므로, 이 때의 단말장치, 통신망 등 부대설비 설치비용은 개폐기 본체 설치비용과 함께 분산형전원 설치자가 부담하는 것으로 함이 타당하다. 한전계통 연계시 분리장치에 관련된 세부사항은 감시설비와 마찬가지로 한전계통 운영자와 분산형전원 설치자 간 계약사항의 일부로 명시함이 바람직하다.

구분	용량*	분리장치	(일반) 단말장치	다기능 단말장치	비고
특고압 연계	3,000kW 미만	자동개폐기	O	X	고객 감시설비 있을 경우
			X	O	고객 감시설비 없을 경우
	3,000kW 이상 또는 보호기기 부동작 시	자동차단기	O	X	고객 감시설비 있을 경우
			X	O	고객 감시설비 없을 경우
전용변압기를 통한 저압연계	용량 무관	(공중) COS	-	-	고객 감시설비 별도 설치
		(지중) 지상개폐기			

- 주 1) 용량은 하나의 공동연결점에 연계된 분산형전원의 합산용량을 기준으로 한다.
 2) 자동차단기는 공중지역은 고장구간 차단기(EFI)를 말하며, 지중지역은 다회로 차단기를 말한다.
 3) 전용변압기를 통한 저압연계 시 공중지역의 경우 감시설비를 다기능단말장치로 대신할 수 없음

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	110 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

제12조(연계 시스템의 건전성)(기준 제12조)

① 전자기 장애로부터의 보호

연계 시스템은 전자기 장애 환경에 견딜 수 있어야 하며, 전자기 장애의 영향으로 인하여 연계 시스템이 오동작하거나 그 상태가 변화되어서는 안 된다.

최근 사용이 급격히 증가하고 있는 휴대전화, 개인용 디지털 기기, 무선 송수신기 등 무선 통신기기는 국지적으로 높은 전계강도의 전자기파를 방출하여 근처에서 사용되는 디지털 보호계전기 및 제어장치의 성능에 좋지 않은 영향을 미칠 수 있다. 따라서, 이러한 전자기 장애(EMI, ElectroMagnetic Interference) 환경 하에서도 분산형전원 연계 시스템은 정상적인 동작이 가능해야 하며, 이를 보증하기 위해 연계 시스템 구성요소 중 다음과 같이 보호나 제어 기능을 수행하는 부분들은 전자기 장애 시험을 거쳐야 한다.

- 계전기(Relay)
- 프로그래머블 로직 컨트롤러(PLC, Programmable Logic Controller)
- 컴퓨터(Computer)

다음 기기들은 전자기 장애 시험대상에서 제외할 수 있다.

- 차단기(Circuit breaker)
- 개폐기(Air switch)
- 단로기(Disconnect switch)
- CT(Current transformer)
- PT(Potential transformer)

전자기 장애와 관련된 시험기준은 IEEE Std C37.90.2를 참조한다.

 KEPCO <small>KOREA ELECTRIC POWER CORPORATION</small> 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	111 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

② 내서지 성능

연계 시스템은 서지를 견딜 수 있는 능력을 갖추어야 한다.

계통에서 발생하는 과도 서지 전압(transient surge voltage)은 산업용 및 주택용 전기설비에 피해를 줄 수 있다. 과전압에 민감한 반도체 부품을 기반으로 하는 디지털 기기들의 사용이 늘어나면서 이러한 서지 문제가 더욱 부각되고 있다.

서지 전압은 주로 계통에 대한 낙뢰(직격뢰 또는 유도뢰)와 개폐장치 개폐시 과도현상에 기인하며, 인버터 설비에서 유출되는 고조파 성분의 반사파 서지(reflected wave harmonics)도 영향을 줄 수 있다.

내서지 성능과 관련된 시험기준은 IEEE Std C37.90.1을 참조한다.

제13조(한전계통 이상시 분산형전원 분리 및 재병입) (기준 제13조)

한전계통에 비정상적인 상태가 발생할 경우 해당 계통에 연계되어 있는 분산형전원이 적절히 반응한다면 해당 분산형전원을 포함하여 한전계통에 연결되어 있는 설비에 대한 피해를 방지할 뿐만 아니라 한전계통 보수 작업자 및 일반 공공의 안전에 기여할 수 있다.

① 한전계통의 고장(기준 제13조 제1항)

① 한전계통의 고장

분산형전원은 연계된 한전계통 선로의 고장시 해당 한전계통에 대한 가압을 즉시 중지하여야 한다.

1. 배경

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	112 / 247
개정 일자	2025.12.02	

기준 제13조 제1항의 요건은 만일 한전계통이 고장을 검출하여 가압을 중지할 경우에는 해당 계통에 연계된 다른 모든 전원 역시 계통에 대한 가압을 중지할 필요가 있다는 전제에 기초한 것이다.

기준 제13조 제1항에 의한 분산형전원의 한전계통 고장 검출 및 분리는 다음과 같은 기준의 타 조항과도 관련이 있다.

- 제7조(한전계통 접지와와의 협조)
- 제13조 제2항(한전계통 재폐로와의 협조)
- 제13조 제3항(전압)
- 제13조 제4항(주파수)
- 제13조 제5항(한전계통에의 재병입)
- 제17조(단독운전)

즉, 고장 그 자체의 특징은 기준 제7조(한전계통 접지와와의 협조)의 충족여부에 달려 있다. 고장 분리의 효과는 기준 제13조 제2항(한전계통 재폐로와의 협조) 및 제5항(한전계통에의 재병입)에 직접적으로 영향을 준다. 연계 시스템의 유형에 따라 실제 고장의 검출과 분리는 제13조 제3항(전압), 제4항(주파수) 및 제17조(단독운전) 요건을 만족하기 위해 사용되는 것과 같은 방법으로 달성될 수 있다.

분산형전원이 고장을 검출하는 방법에는 여러 가지가 있다. 이러한 방법들은 일반적으로 고장이 발생할 경우 분산형전원측에서 보여지는 계통의 임피던스가 감소하거나 불균형이 초래될 것이라는 기대에 근거하고 있다. 분산형전원의 한전계통 고장 검출 시나리오는 크게 다음과 같이 세 가지로 구분할 수 있다.

- 초기 한전계통 고장상태를 분산형전원측 구내에서 검출하여 분산형전원 분리
- 초기 한전계통 고장상태를 한전계통 측에서 원격 검출하여 직접전송차단

(direct transfer tripping) 방식을 통해 분산형전원 분리

- 초기 한전계통 고장상태에 대한 반응에 따른 한전계통 전원의 상실을 분산형전원측 구내에서 검출하여 분산형전원 분리

한전계통의 지락고장에 대한 분산형전원측 구내 검출에 관해서는 가이드라인 제8조에서 설명한 바와 같이 분산형전원 연계 변압기의 결선방식이 고장 검출 방법을 좌우하게 된다.

2. 적용방법 및 유의사항

한전계통 선로에서 고장이 검출되면 분산형전원은 계통에 대한 가압을 중지하여야 한다. 고장검출 장치(보호계전기)가 해당 분산형전원 연계 시스템 내에 위치할 경우에는 이러한 과정이 비교적 간단하다. 예를 들어, 고장검출 장치의 출력을 이용하여 연계 시스템 내의 차단기를 트립시킬 수 있다.

분산형전원 연계 시스템이 한전계통 상의 고장검출 장치에 의존할 경우에는 한전계통 고장검출 장치의 상태가 통신을 통해 분산형전원 연계 시스템에 전달된다. 한 가지 방법은 전용 통신회선을 사용하는 것이다. 이러한 방법은 직접전송차단 방식에서 사용된다. 직접전송차단 방식은 한전계통의 고장검출 또는 차단 장치의 상태를 분산형전원 연계 시스템에 전송하기 위한 신뢰성 있고 신속한 수단을 제공한다.

그러나, 이러한 방식은 전용 통신회선 설치·운영 비용이 많이 들기 때문에 고장전류 기여도가 낮은 소규모 분산형전원에는 적합하지 않다. 대신에 분산형전원 연계 시스템이 직접 검출할 수 없는 고장에 대하여 간접검출 방식이 적용된다. 간접검출 방식의 순서는 다음과 같다.

- (1) 고장 발생
- (2) 한전계통에 있는 고장검출 장치가 고장을 검출
- (3) 한전계통의 고장검출 장치에 의해 고장차단 장치 동작

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	114 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

- (4) 한전계통의 고장차단 장치가 개방되어 분리된 한전계통에 단독운전 상태 발생
- (5) 분산형전원 연계 시스템이 단독운전 또는 저전압 상태 검출
- (6) 분산형전원의 한전계통 가압 중지

간접검출 방식과 직접전송차단 방식의 주된 차이점은 한전계통의 고장검출 장치에 의해 고장이 검출되는 시점과 분산형전원이 한전계통에 대한 가압을 중지하는 시점 사이의 시간 지연(time lag)이다. 기준 제17조에 의하면 한전계통에 단독운전 상태가 발생할 경우 해당 분산형전원 연계 시스템은 단독운전 발생 후 최대 0.5초 이내에 한전계통에 대한 가압을 중지해야 한다. 어떤 분산형전원에 대해 간접검출 방식의 타당성을 검토할 때에는 이러한 시간 지연에 대해 고려할 필요가 있다.

② 한전계통 재폐로와의 협조(기준 제13조 제2항)

② 한전계통 재폐로와의 협조

제1항에 의한 분산형전원 분리시점은 해당 한전계통의 재폐로 시점 이전이어야 한다.

1. 배경

전기사용 고객에 대한 정전시간을 최소화하기 위해 자동 재폐로 방식이 한전계통에서 널리 사용된다. 자동 재폐로 동작은 리클로저, CB 등 고장 발생 후 선로를 자동으로 재폐로할 수 있는 장치들이 담당한다. 일반적으로 가공 배전선로 고장은 낙뢰나 수목 접촉 등의 원인에 의해 발생하는 순간고장이 대부분(70~95%)을 차지한다. 따라서, 짧은 시간 동안 계통 전원을 차단하면 아크가 소거되고 고장이 더 이상 존재하지 않을 경우 계통에 대한 전기공급을 복원할 수 있다.

여기서, 중요한 문제가 대두된다. 일반적으로 한전계통 선로는 수지상 단방향 조류로 운영되기 때문에 앞서 기술한 재폐로 시도는 무전압 확인(재폐로에 앞

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	115 / 247
개정 일자	2025.12.02	

서 선로가 비가압 상태인지를 확인)이나 동기 확인(한전계통 전압과 개방된 한전계통 차단기의 선로측 전압 간의 위상각이 허용 가능한 제한범위 내에 있는지 여부를 확인) 과정 없이 이루어진다. 분산형전원을 설치할 경우 이러한 기본적인 설계원칙이 변하게 된다.

한전계통의 자동 재폐로 기능은 한전계통 운영자에 의해 다양하게 설정된다. 일부 구간에 케이블이 포함되어 있는 선로의 경우에는 일반적으로 재폐로 기능을 적용하지 않는다. 그 외에 재폐로 기능을 사용할 경우에도 한전계통 운영상 필요에 따라 재폐로 회수는 1회에서 3회까지 다양하게 설정한다. 자동 재폐로 시간도 한전계통 운영상 필요에 따라 다양하게 설정할 수 있다.

일반적으로 가공선로로 구성된 한전계통의 경우 보호계전기 기동에 의한 트립에 따른 동작을 위해 차단기를 자동으로 재폐로하기 위한 시도를 한다. 이러한 차단-재폐로 시퀀스는 차단기(변전소 CB 또는 주상 리클로저)를 제어하는 재폐로 계전기에 의하여 기동된다. 현재 한전계통에서 운영되고 있는 리클로저의 첫 번째 재폐로 시간(reclosing time, 재폐로 계전기가 기동되고부터 재폐로 계전기가 차단기에 투입지령을 보내는 순간까지의 시간)은 운전 조건에 따라 0.5~60초까지 조정이 가능하며(일반적으로 초기값(default)은 2초로 설정), 변전소 CB의 첫 번째 재폐로 시간은 통상 0.5초로 설정되어 있다.

고장이 완전하게 확실히 제거되도록 하기 위하여 분산형전원은 한전계통 차단기의 첫 번째 재폐로 전에 한전계통에 대한 가압을 중지하여야 한다. 이는 또한 재폐로 중에 선로용 퓨즈 오동작이나 변압기, 모터 또는 분산형전원의 손상을 유발할 수 있는 비동기 투입으로 인한 과도현상을 방지하기 위함이기도 하다.

2. 분산형전원의 영향

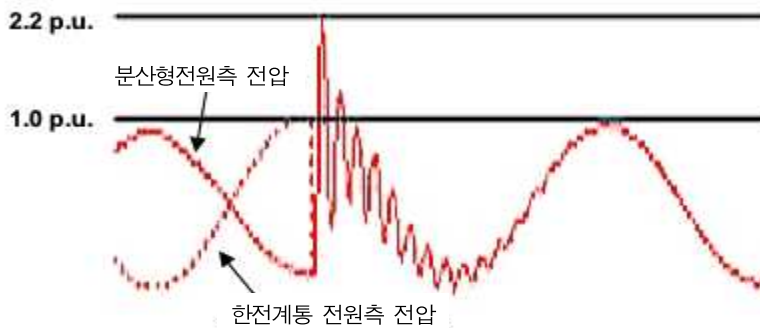
한전계통 선로에 분산형전원이 존재할 경우 한전계통 전원(변전소)이 선로를 가압하는 유일한 전원이라는 전통적인 가정이 무너지게 된다. 한전계통의 CB나 리클로저가 개방된 이후에도 분산형전원이 계속 한전계통 선로를 가압할 잠재

적인 개연성이 있다.

분산형전원의 한전계통 재폐로와의 협조에 있어 주요 관심사는 공급 안정성에 있다. 첫째로, 순간고장 발생시 분산형전원이 트립되지 않아 고장 아크가 소거되지 않은 상태에서 한전계통의 재폐로가 시도될 경우, 재폐로는 실패하고 선로 자동복구 기능은 위험을 초래할 수 있다. 즉, 수백 또는 수천 호의 전기사용 고객에 대한 정전시간이 연장될 수 있는 것이다. 둘째로, 고장이 차단되더라도 단독계통은 한전계통과의 동기화를 벗어나게 되기 쉽다. 만약 한전계통과 단독계통의 위상이 일치하지 않는 상태에서 한전계통 차단기가 재폐로될 경우에는 매우 심각한 문제를 야기할 수 있는 과도현상이 발생할 수 있다.

비동기 재폐로가 끼칠 수 있는 영향에는 다음과 같은 것들이 있다.

- 단독계통을 가압하고 있는 분산형전원이 회전형 발전기일 경우 심한 전자기적 회전력(torque)이 발생하여 결과적으로 설비 피해를 일으키는 원인이 될 수 있다.
- 정상적인 전압 최대값의 최고 3배(3 p.u.)에 달하는 심각한 서지 전압이 선로에 발생할 수 있다. [그림 2.12]는 일반적인 계통에 대해 이러한 서지 전압이 2.2 p.u.에 달하는 시뮬레이션 결과를 보여주고 있다. 과전압 서지는 한전계통 피뢰기 및 고객측 뇌 보호장치의 동작 실패를 초래하여 고객의 부하설비에 피해를 끼칠 수 있다.



[그림 2.12] 비동기 재폐로에 의한 과전압 서지

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	117 / 247
개정 일자	2025.12.02	

- 비동기 상태에서 재폐로된 선로에 연결된 변압기나 모터 설비가 정상적인 가압시 돌입전류보다 훨씬 더 심한 돌입전류를 경험할 수 있다. 이러한 돌입전류가 선로에 연결되어 있는 모든 자기 장치들에서 동시에 나타나기 때문에 한전계통 및 고객측 구내계통 내에 있는 퓨즈나 차단기의 오동작을 유발할 수 있다.
- 비동기 재폐로에 의한 급격한 전압 위상각의 변화는 모터 및 모터의 기계적인 부하에 대하여 비정상적인 전자기적 회전력을 발생시켜 해당 분산형 전원이 속한 구내계통 뿐 아니라 제3의 다른 구내계통의 고객 설비에도 기계적인 손상을 일으킬 수 있다.

이러한 이유 때문에 비동기 재폐로가 발생하지 않도록 분산형전원의 차단(선로에 대한 전원 역할을 하는 분산형전원의 분리)이 선로 재폐로 동작과 협조를 이루는 것은 매우 중요하다.

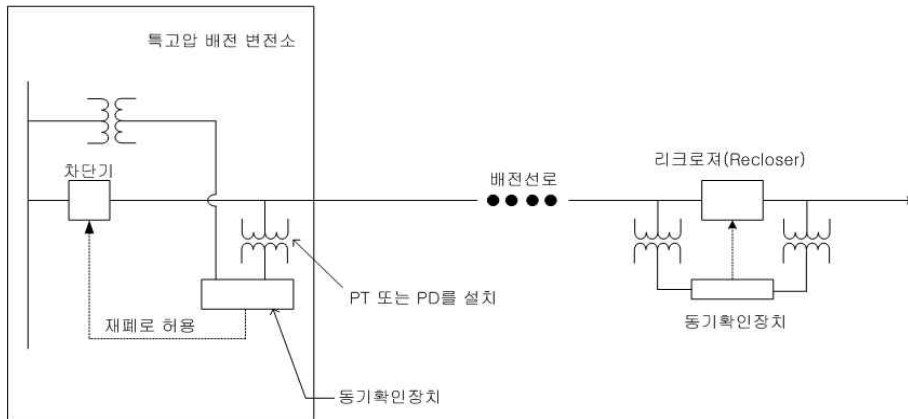
3. 적용방법 및 유의사항

분산형전원이 한전계통의 재폐로와 협조를 이루기 위해서는 모든 재폐로 동작에 대하여 다음 조건을 하나 이상 만족해야 한다.

- (1) 재폐로 동작 이전에 계통에 대한 가압을 중지하도록 분산형전원을 설정한다. 이 조건은 연계대상 한전계통 선로의 최소부하를 고려하여 분산형전원의 정격용량을 정함으로써 쉽게 충족시킬 수 있다. 즉, 단독계통이 충분한 시간 내에 저주파수 또는 저전압 차단점에 도달하도록 할 만큼 작은 규모로 분산형전원의 용량을 정하는 것이다.
- (2) 분산형전원이 한전계통에 대한 가압을 중지할 때까지 재폐로가 지연되도록 재폐로 기기를 설정한다.

만약 재폐로 시점 이전에 분산형전원이 한전계통에서 분리되지 않을 가능성이 있다면, 직접전송차단 방식의 채택이나 재폐로 기기에 대한 무전압 확인장치

또는 동기 확인장치 등의 설치를 검토할 필요가 있다. [그림 2.13]은 동기 확인 장치의 설치 예시를 보여준다.



[그림 2.13] 동기 확인장치

③ 전압(기준 제13조 제3항)

③ 전 압

1. 연계 시스템의 보호장치는 각 선간전압의 실효값 또는 기본파 값을 감지해야 한다. 단, 구내계통을 한전계통에 연결하는 변압기가 Y-Y 결선 접지방식의 것 또는 단상 변압기일 경우에는 각 상전압을 감지해야 한다.
2. 제1호의 전압 중 어느 값이나 <표 2.4>과 같은 비정상 범위 내에 있을 경우 분산형전원은 해당 분리시간(clearing time) 내에 한전계통에 대한 가압을 중지하여야 한다.
3. 다음 각 목의 하나에 해당하는 경우에는 분산형전원 연결점에서 제1호에 의한 전압을 검출할 수 있다.

가. 하나의 구내계통에서 분산형전원 용량의 총합이 30kW 이하인 경우
 나. 연계 시스템 설비가 단독운전 방지시험을 통과한 것으로 확인될 경우
 다. 분산형전원 용량의 총합이 구내계통의 15분간 최대수요전력 연간 최소값의 50% 미만이고, 한전계통으로의 유·무효전력 역송이 허용되지 않

는 경우

<표 2.4> 비정상 전압에 대한 분산형전원 분리시간

전압 범위 ^{주2} (기준전압 ^{주1} 에 대한 백분율[%])	분리시간 ^{주2} [초]
$V < 50$	0.5
$50 \leq V < 70$	2.00
$70 \leq V < 90$	2.00
$110 < V < 120$	1.00
$V \geq 120$	0.16

주 1) 기준전압은 계통의 공칭전압을 말한다.

- 2) 분리시간이란 비정상 상태의 시작부터 분산형전원의 계통가압 중지까지의 시간을 말하며, 필요할 경우 전압 범위 정정치와 분리시간을 현장에서 조정할 수 있어야 한다.

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	120 / 247
개정 일자	2025.12.02	

기준 제13조 제3항의 목적은 분산형전원이 한전계통에서 발생한 고장을 검출하는 방법과 단독운전과 같은 비정상적인 운전상태에 있을 때 한전계통 및 고객설비에 대한 과·저전압 피해를 방지하는 방법에 대해 세부적으로 규정하기 위함이다.

전압의 크기 및 주파수는 전력에 있어 기본적인 특성에 해당하며, 따라서 계통 또는 분산형전원측 설비가 동작의 어려움이나 실패를 경험하고 있는지 여부를 결정하기 위한 기본적인 지표가 된다. 전압의 변동 폭이 클수록 발생할 수 있는 문제도 커진다. 기준의 <표 2.4>은 과전압 및 저전압에 대해 각각 두 단계의 반응을 규정하고 있다. 이러한 두 단계(순시/지연)의 전압 보호기능은 연계 시스템이 전압 이상현상에 대해 좀 더 빨리 반응할 수 있도록 해 준다.

순시 저전압 보호의 기본 목적은 한전계통의 고장을 검출하는 것이다. 순시 과전압 보호의 목적은 비의도적인 단독계통에서 발생하여 피해를 끼칠 수 있는 과전압을 검출하는 것이다. 지연 저전압 및 과전압 보호의 주 목적은 한전계통에서 발생하는 지속시간이 비교적 긴 전압 이상현상을 검출하는 것이다. 이 모든 비정상 전압 보호기능은 비의도적인 단독운전의 검출에 도움이 될 수 있다. 현장에서 조정 가능한 전압 범위 정정치와 분리시간이 요구되는 이유는 한전계통 운영자가 특정한 계통 특성을 반영할 수 있도록 하기 위함이다.

앞서 설명한 대로 전압 및 주파수 이상시 한전계통 또는 고객 설비에 피해를 끼칠 수 있다. 그러나, 분산형전원 연계 시스템이 전압 및 주파수 이상현상에 대해 즉각적인 차단을 수행한다면, 다양한 계통 외란에 대해 분산형전원 차단 장치가 오동작할 우려가 있다. 따라서, 작은 변동에 대해서는 분산형전원의 차단 지연시간이 필요하다.

정상 범위를 벗어난 전압 변위를 검출하는 것은 고장 검출 뿐 아니라 비의도적인 단독운전을 검출하는데 있어서도 매우 중요하다. 분산형전원이 한전계통 고장선로 또는 한전계통의 안정화 영향을 상실한 상태에서 소폭으로 요동하는 부하에 대해 전력을 공급하고 있다면 해당 분산형전원이 좁은 범위 내에서 전

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	121 / 247
개정 일자	2025.12.02	

압을 유지하기란 어려운 일이다. 분산형전원의 용량이 설비 수요전력 보다 충분히 작고 한전계통으로 전력을 유출시키지 않는 경우에는 단독운전 방지시험을 통과한 것으로 보증된 경우와 마찬가지로 비의도적인 단독운전 상태를 유지할 염려가 없다. 기준 제13조 제3항 제3호에서는 이러한 조건들을 분산형전원 연결점에서 전압을 측정할 수 있도록 허용하는 기준으로 규정하고 있다.

유도 발전기가 자기여자 상태로(self-excited) 운전될 경우에는 단독계통에 매우 높은 공진 과전압(resonant overvoltage)이 발생할 수 있다. 이러한 과전압과 관련한 기기의 동작실패는 기기의 절연강도가 초과될 때 신속히 발생하기 때문에 과전압 허용범위 정정치는 기기의 절연레벨보다 낮게 설정되어야 하며 보호계전기는 순시동작으로 과전압을 즉시 차단해야 한다. 이러한 경우는 기준전압의 120% 이상에 해당하는 과전압에 대하여 한전계통 운영자가 모든 차단시간 지연요소를 제거하도록 요청할 수 있는 하나의 예시가 된다. 기준 <표 2.4>에는 이 때의 분리시간이 0.16초(10 cycle)로 규정되어 있다.

전압에 기반을 둔 고장검출 방식은 한전계통에 고장이 발생하였을 때 상당량의 고장전류 기여분을 공급하거나 유지하지 못하는 분산형전원에 대하여 전류기반 고장검출 방식을 대체하기 위한 목적으로 사용한다. 인버터를 기반으로 하는 분산형전원은 일반적으로 인버터 제어에 의해 전류가 제한되고, 유도 발전기 유형의 분산형전원은 단락시 공극의 자속이 감쇠하면서 고장전류 기여분이 매우 빠르게 줄어든다. 동기 발전기 유형의 분산형전원도 발전기 및 계통전원의 임피던스, 고장 임피던스 및 지속시간의 조합 형태에 따라 고장전류 증가분의 크기가 작아 고장검출에 실패하는 경우가 발생할 수도 있다.

고장을 검출하기 위한 다른 효과적인 방법이 있을 때에는 분산형전원 차단장치의 오동작을 방지하기 위하여 이상전압 보호 차단시간을 초기값보다 더 길게 설정하는 것이 바람직하다.

④ 주파수(기준 제13조 제4항)

④ 주파수

계통 주파수가 <표 2.5>와 같은 비정상 범위 내에 있을 경우 분산형전원은 해당 분리시간 내에 한전계통에 대한 가압을 중지하여야 한다.

<표 2.5> 비정상 주파수에 대한 분산형전원 분리시간

분산형전원 용량	주파수 범위 ^주 [Hz]	분리시간 ^주 [초]
용량무관	> 61.5	0.16
	< 57.5	300
	< 57.0	0.16

주) 분리시간이란 비정상 상태의 시작부터 분산형전원의 계통가압 중지까지의 시간을 말하며, 필요할 경우 주파수 범위 정정치와 분리시간을 현장에서 조정할 수 있어야 한다. 저주파수 계전기 정정치 조정시에는 한전계통 운영과의 협조를 고려하여야 한다.

과·저주파수 보호기능은 분산형전원의 단독운전을 검출하는 가장 중요한 방법들 중 하나이다. 과·저주파수 보호계전기는 신속히 동작하여야 하나 분산형전원 차단장치의 오동작은 방지될 필요가 있다. 일반적인 한전계통에서 주파수는 매우 안정적이다. 하지만, 선로 부하상태 및 부하전류의 급격한 변화로 인해 전압 위상각 요동이 발생할 수 있다. 만약, 극도로 짧은 분리시간을 적용한다면 이와 같은 전압요동에 의해 과·저주파수 보호기능의 오동작이 발생할 수 있다.

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	123 / 247
개정 일자	2025.12.02	

기준 제13조 제4항에서 지연시간(분리시간)을 허용하는 목적은 분산형전원의 과도한 차단 오동작을 방지하기 위해 순간적인 외란은 그대로 통과시키기 위함이다.

한전계통의 고장 발생시 한전계통 보호기기의 동작에 따라 분산형전원이 한전계통의 일부구간 및 다른 전기사용 고객 부하와 함께 분리될 수 있다. 이러한 비의도적 단독운전 상태는 분산형전원이 비정상적인 상태를 감지하고 한전계통에 대한 가압을 중지할 때까지 지속될 것이다. 비의도적 단독계통의 주파수는 분산형전원과 해당 단독계통 내의 부하의 특성 및 균형에 따라 좌우된다. 기준 제13조 제4항의 과·저주파수 보호 요건은 이 주파수가 허용범위를 벗어날 때 분산형전원이 비의도적 단독계통에 대한 가압을 중지하도록 규정하고 있는 것이다. 이는 비의도적인 단독운전을 검출하고 일시적인 단독운전 중에 한전계통 설비 및 고객 부하설비가 경험하게 될 주파수의 범위를 제한하는 역할을 한다.

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	124 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

⑤ 한전계통에의 재병입(기준 제13조 제5항)

<p>⑤ 한전계통에의 재병입(再並入, reconnection)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 한전계통에서 이상 발생 후 해당 한전계통의 전압 및 주파수가 정상 범위 내에 들어올 때까지 분산형전원의 재병입이 발생해서는 안 된다. 2. 분산형전원 연계 시스템은 안정상태의 한전계통 전압 및 주파수가 정상 범위로 복원된 후 그 범위 내에서 5분간 유지되지 않는 한 분산형전원의 재병입이 발생하지 않도록 하는 지연기능을 갖추어야 한다.
--

기준 제13조 제5항은 동조 제1항(한전계통의 고장) 및 제2항(한전계통 재폐로와의 협조)과 밀접한 관련이 있다. 기준 제13조가 수립될 때 제1항, 제2항, 제5항은 하나의 그룹으로 논의되었다. 분산형전원이 연계되어 있는 한전계통에서 고장 발생시 이벤트 시퀀스는 분산형전원의 한전계통 고장 검출로부터 시작된다. 그 다음은 한전계통 선로의 자동복구 동작(재폐로)과의 협조이며, 그 다음 최종적으로 분산형전원의 한전계통 재병입으로 마무리된다. 즉, 한전계통의 고장이 제거되고 한전계통이 정상상태로 복귀되면 한전계통 재폐로 기기와의 협조를 고려하여 분산형전원이 재병입되어야 한다. 한전계통 설비와 한전계통에 연결되어 있는 기타 설비에 대한 피해를 방지하기 위해 이러한 협조가 요구되는 것이다.

재폐로에 의해 고장이 자동 복구될 경우 한전계통 차단기의 자동 재폐로 기능이 재설정(reset)될 때까지 분산형전원은 한전계통에서 계속 분리되어 있어야 한다. 이는 고임피던스 고장(high-impedance fault)에 대해 한전계통의 보호계전기가 둔감해지는 것을 방지하기 위함이다.

고임피던스 고장의 대표적인 사례는 건조한 아스팔트 도로에 시설된 접지계통 선로에 지락고장이 발생할 경우이다. 이런 경우에는 접지저항이 높기 때문에 고장전류의 크기는 매우 작게 된다. 작은 고장전류로 인해 선로의 보호계전기

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	125 / 247
개정 일자	2025.12.02	

는 매우 느리게 반응하거나 또는 아예 반응하지 않기도 한다. 선로의 재폐로 계전기가 단시간에 복귀(reset)되면 차단기의 동작이 반복(breaker cycling)하여 발생할 수 있다. 고임피던스 고장은 매우 작은 고장전류를 가지므로 재폐로 이후 보호계전기가 다시 동작하는데 긴 시간(수초에서 분 단위까지 이르기도 한다)이 걸린다. 그 시간 동안 재폐로계전기가 복귀된다. 이러한 현상은 원격 개입, 기기 이상 또는 고장특성 변화가 일어날 때까지 무한정 계속될 수 있다.

하나 이상의 분산형전원으로부터 고장전류가 공급되고 있을 때에는 한전계통 선로 보호계전기의 고임피던스 고장검출 능력이 더 감쇠된다. 고임피던스 지락고장시 보호계전기가 둔감해지는 것을 방지하기 위해서는 만약 분산형전원이 중요한 지락고장 전류의 공급원인 경우라면 선로 차단기의 자동 재폐로 기능이 복귀될 때까지 해당 분산형전원은 한전계통으로부터 분리된 상태를 유지해야 한다.

현재 한전계통에서 운영되고 있는 리클로저의 재폐로 복귀시간(reset time)은 3~180초까지 조정이 가능하며(default는 30초로 설정), 변전소 CB의 재폐로계전기 복귀시간은 일반적으로 180초(3분)로 설정되어 있다. 리클로저의 복귀시간과 유사하게 자동구간 개폐기(sectionalizer)도 록아웃 시간(lockout time)을 가지고 있다. 위에서 설명한 것과 같은 이유로 분산형전원은 자동구간 개폐기의 록아웃 시간 동안에도 분리된 상태를 유지해야 한다.

한전계통의 전압 및 주파수가 안정상태(steady-state)에서 5분 이상 전기사업법령이나 한전 설계기준에 규정된 허용오차 범위를 유지하면 분산형전원을 한전계통에 재병입시킬 수 있다.

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	126 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

제14조(분산형전원 이상시 보호협조)(기준 제14조)

- ① 분산형전원의 이상 또는 고장시 이로 인한 영향이 연계된 한전계통으로 파급되지 않도록 분산형전원을 해당 계통과 신속히 분리하기 위한 보호협조를 실시하여야 한다.
- ② 분산형전원 연계 시스템의 보호도면과 제어도면은 사전에 반드시 한전과 협의하여야 한다.

기준 제14조에 따라 한전계통의 이상 또는 고장 발생시 분산형전원의 분리나 재병입이 한전계통의 재폐로와 보호협조를 이루어야 함과 마찬가지로 분산형전원의 이상 또는 고장 발생시에도 분산형전원의 신속한 분리에 의해 고장범위를 국한시킴으로써 그 영향이 한전계통에 파급되지 않도록 하기 위한 보호협조를 실시하여야 한다. 이를 위해서 분산형전원 설치자는 기준 제18조에 규정된 보호장치를 설치해야 하며, 분산형전원 연계시스템의 보호도면과 제어도면에 대하여 사전에 반드시 한전과 협의하여야 한다. 보호협조에 관한 세부사항은 관련 업무 지침, 절차 등에 따른다.

제15조(전기품질)

- ① 직류 유입 제한(기준 제15조 제1항)

- ① 직류 유입 제한
 분산형전원 및 그 연계 시스템은 분산형전원 연결점에서 최대 정격 출력 전류의 0.5%를 초과하는 직류 전류를 계통으로 유입시켜서는 안 된다.

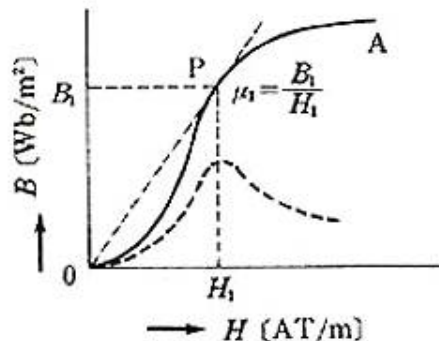
1. 배경

분산형전원에 의해 한전계통 또는 구내계통으로 직류 성분이 유입되면 전압파형에 직류 상승분(DC offset)이 발생한다. 매우 작은 양의 직류분만으로도

배전용 변압기의 철심(core)과 같은 자기장치(magnetic component)에 중대한 자기포화(saturation) 현상을 유발할 수 있다. 이러한 자기포화는 계통에 제한 수준에 달할 수 있는 고조파 전류의 유입을 야기한다. 이 외에도 자기포화는 자기장치의 열화, 소음, 무효전력 수요를 증가시키는 결과를 가져오기도 한다.

변압기 철심의 자속(flux)은 인가되는 전압의 시간에 대한 적분값과 같다. 따라서, 변압기에 직류 전압 성분이 인가되면 자속의 정현파 파형에 직류 상승분이 계속 증가되어 발생한다. 그 결과, 변압기의 여자 전류(exciting current)는 직류 성분을 생성시키게 된다. 변압기 권선에는 저항성 직류 전압 강하(resistive DC voltage drop)가 발생해서 인가되는 직류 전압에 대응하여 철심 자속의 상승분 증가율을 감소시킨다. 여자 전류의 직류 성분과 유입되는 직류 성분이 같아질 때, 자속의 상승분이 더 이상 증가되지 않는 평형상태에 도달하게 된다. 따라서, 직류 성분의 유입은 변압기 여자 전류의 직류 성분 평균값이 유입되는 직류 성분과 같아질 만큼 변압기 철심의 자속이 상승되도록 하는 결과를 낳는다.

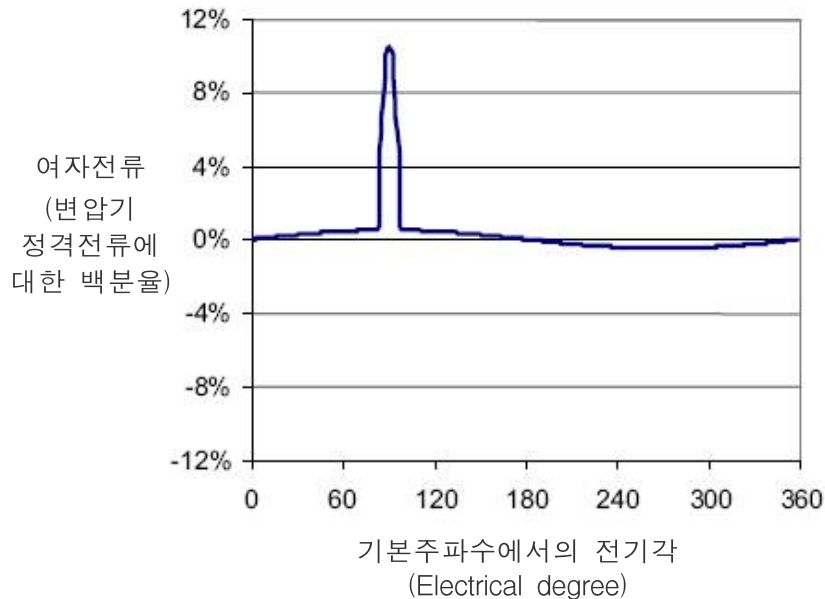
자기장치 설계의 경제성은 주어진 책무를 수행할 수 있는 범위 내에서 가능한 최소한의 자성체 철심 재료를 사용하는 것이 관건이 된다. 철심에 최소한의 자성체를 사용하면 그 자기회로는 B-H 곡선(자기장 H[A/m]에 대해 철심 중의 자속밀도 B[Wb/m²]가 변화되는 상태를 나타내는 곡선, [그림 2.14] 예시 참조)이 포화되기(saturated) 시작하는 부분 근처에서 작동하게 된다.



[그림 2.14] 철심의 자화곡선(B-H 곡선) 예시

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	128 / 247
개정 일자	2025.12.02	

일반적인 배전용 변압기 철심의 경우, 10~20%의 자속 상승분 발생시 자속 파형의 단극성(one polarity) 최대치에 심한 포화가 유발된다. 자속의 최대값이 포화 수준(saturation level)을 넘게 되면, 여자전류의 순시값이 급격히 증가한다. 그 결과, 여자 전류에는 [그림 2.15]에 나타난 것과 같이 심한 왜형이 발생한다. 이와 같이 단극성 전류의 급등분은 내재적으로 큰 짝수배 고조파(even-order harmonics) 성분을 가지게 된다. 짝수배 고조파는 전력계통에 특히 나쁜 영향을 준다.



[그림 2.15] 일반적인 배전 변압기 여자전류의 파형(0.5% 직류 유입시)

왜형 전류는 결과적으로 계통에 유입되는 고조파 전류가 된다. 기준 제15조 제4항에서는 분산형전원에 의한 한전계통으로의 고조파 전류 유입을 제한하고 있다. 이와 마찬가지로 위에서 설명한 바와 같이 분산형전원이 연계되어 있는 배전용 변압기를 통해 계통에 과도한 고조파를 유입시키는 원인이 되는 것도 방지할 필요가 있다.

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	129 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

2. 분산형전원의 영향

가이드라인 제15조 제4항 제1호에 설명하는 바와 같이 기준 제16조 제4항은 분산형전원을 특고압 한전계통에 연계시 IEC/TR 61000-3-6에 기초한 한전의 「배전계통 고조파 관리기준」에 준하여 계통 전체에 대한 고조파 전압의 허용 목표수준을 종합 고조파 왜형률(THD)의 5% 이하로 정하고 그에 따라 개별 분산형전원에 대한 차수별 고조파 전류 유출을 제한하도록 있다. 일반적으로, 특고압 한전계통 연계 대상 분산형전원이 해당 분산형전원 연결점에서 최대 정격 출력전류의 0.5%를 초과하는 직류 전류를 계통으로 유입시킬 경우 연계 변압기를 통해 제한값을 초과하는 고조파 전류를 발생시키게 된다. 저압 한전계통 연계시에도 마찬가지로 최대 정격 출력전류의 0.5%를 초과하는 직류 전류를 한전계통으로 유입시킬 경우 한전계통의 배전용 변압기를 통해 과도한 고조파를 발생시킬 수 있다. 따라서, 분산형전원에서 유입되는 직류 전류를 최대 정격 출력전류의 0.5% 이내로 제한하는 것이 합리적이라고 볼 수 있다.

3. 적용방법 및 유의사항

일반적으로 출력전류의 직류 성분은 인버터 기반 분산형전원에 대해서만 관심 대상이 된다. 인버터 기반 분산형전원에 의해 발생하는 출력전류의 직류 성분을 제한하기 위해 다음과 같은 몇 가지 방법을 적용할 수 있다.

- 적절한 연계 시스템 설계를 통해 출력전류의 직류 성분을 제한할 수 있도록 자기장치의 내성(tolerances)과 비대칭 타이밍(timing asymmetry)을 제어한다.
- 출력전류의 직류 성분을 감소시키기 위한 측정 및 피드백 제어를 수행한다.
- 인버터의 교류 출력단과 접속점 사이에 절연용 변압기(isolation transformer)를 삽입한다. 이 경우 절연용 변압기의 포화 특성은 인버터에서 유입이 예상되는 직류분을 견딜 수 있도록 설계되어야 한다.

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	130 / 247
개정 일자	2025.12.02	

② 역률(기준 제15조 제2항)

② 역률

1. 분산형전원의 역률은 90% 이상으로 유지함을 원칙으로 한다. 다만, 역송 병렬로 연계하는 경우로서 연계계통의 전압상승 및 강하를 방지하기 위하여 기술적으로 필요하다고 평가되는 경우에는 연계계통의 전압을 적절하게 유지할 수 있도록 분산형전원 역률의 하한값과 상한값을 고객과 한전이 협의하여야 정할 수 있다.
2. 분산형전원의 역률은 계통 측에서 볼 때 진상역률(분산형전원 측에서 볼 때 지상역률)이 되지 않도록 함을 원칙으로 한다.

1. 배경

계통에 있어서 적정역률 유지는 선로의 전압변동, 전력손실 및 유효전력의 공급한계 등의 측면에서 대단히 중요하다. 현재 일반적인 전기사용 고객 부하의 경우 전압강하를 방지하기 위해 공급약관에 따라 역률을 90%(기준역률) 이상으로 유지하도록 하고, 고객의 역률이 기준역률에 미달할 경우에는 추가요금을 부과하며 기준역률을 초과할 경우에는 요금을 감액하도록 규정하고 있으나, 분산형전원의 경우에는 역률을 높이면 유효출력의 증가로 계통전압을 상승시키는 요인이 되기 때문에 동기 발전기, 인버터 기반 발전기 등 분산형전원의 유형에 따라 전압변동을 제한기준과 상충되는 결과를 초래할 수 있다.

IEEE 1547에서는 역률 유지에 관한 기준을 따로 명시하지는 않고 있으며, 국내외 관련지침에서도 분산형전원에 대해서는 전기사용 부하와 같은 엄격한 역률 유지기준을 규정하지는 않고 있다. 예를 들면, 송·배전용 전기설비 이용규정에서는 기준역률(90%) 초과 또는 미달시의 기본요금 감액(추가)은 수전전력 역률에 대해서만 적용하도록 하고 있다.

따라서, 분산형전원에 대해서는 원칙적으로는 전기사용 부하와 마찬가지로 역

률을 90% 이상으로 유지하도록 하되, 기준 제22조에 의한 전압변동을 제한기준을 만족시키기 위해 역률의 제어를 통한 전압상승 방지가 불가피한 경우에는 최하 80%까지 운전을 허용할 수 있는 단서조항을 두는 것이 보다 바람직하다고 할 것이다.

2 적용방법 및 유의사항

공통 연결점의 역률은 분산형전원 발전설비의 출력이나 부하의 상태에 의하여 다양한 값을 취할 수 있지만, 역률에 기인하여 문제가 되는 것은 상시 전압변동이기에 때문에 발전설비가 최대출력으로 될 때의 역률에 대하여 검토할 필요가 있다. 기준 제15조 제2항을 만족하기 위한 세부 가이드라인은 다음과 같다.

가. 단순병렬시

공통 연결점에서 분산형전원의 역률은 90% 이상을 원칙으로 함과 동시에 계통측에서 보아 진상역률(분산형전원측에서 보아 지상역률)이 되지 않도록 한다. 단, 저압 한전계통 연계시에는 분산형전원의 발전설비 역률을 95% 이상으로 하면 좋다. 인버터 기반 분산형전원을 단순병렬로 연계할 때에는 역률 조정을 위해 구내계통 전체 부하의 증감에 대응한 무효전력의 조정을 분산형전원에 담당시키는 것은 무리이므로, 이 경우 기준 제15조 제2항에 의한 역률은 분산형전원 자체의 운전역률로 본다.

나. 역송병렬시

(1) 저압 한전계통 연계 시

공통 연결점에서 분산형전원의 역률은 90% 이상을 원칙으로 함과 동시에 한전계통의 전압상승을 방지하기 위해 계통측에서 보아 진상역률(분산형전원측에서 보아 지상역률)이 되지 않도록 한다. 단, 다음의 하나에 해당하는 경우에는 분산형전원의 기준역률을 90%로 하지 않더라도 무방한 것으로 한다.

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	132 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

- 전압상승을 방지하기 위하여 기술적으로 불가피한 경우에는 분산형전원의 역률을 80%까지 제어할 수 있는 것으로 한다.
- 소출력의 인버터를 사용하는 경우 등 공통 연결점의 역률이 적정할 것으로 판단되는 경우에는 분산형전원의 역률을 무효전력을 제어할 때에는 85% 이상, 무효전력을 제어하지 않을 때에는 95% 이상으로 하면 무방한 것으로 한다.

(2) 특고압 한전계통 연계 시

공통 연결점에서 분산형전원의 역률은 한전계통의 전압을 적절하게 유지할 수 있도록 그 하한값을 최하 80%까지 범위 내에서 분산형전원 설치자와 한전이 협의하여 정할 수 있다.

③ 플리커(기준 제15조 제3항)

③ 플리커(flicker)

분산형전원은 빈번한 기동·탈락 또는 출력변동 등에 의하여 한전계통에 연결된 다른 전기사용자에게 시각적인 자극을 줄만한 플리커나 설비의 오동작을 초래하는 전압요동을 발생시켜서는 안 된다.

플리커(flicker)는 가이드라인 제3조의1 제13호에 설명한 바와 같이 주로 전압요동(voltage fluctuation)에 기인한 백열등 조명(incandescent lighting) 강도의 인지 가능한 변화와 관련한 전기품질 요소이다. 플리커 현상은 형광등(fluorescent)에도 나타날 수 있으나 이는 일반적인 백열등의 플리커를 유발하는 전압요동보다 더 큰 수준의 전압 일탈(voltage deviation)이 있어야 발생한다.

플리커에 대한 민감도는 조명 강도의 변화량(크기), 발생 빈도 및 해당 조명 아래에서 수행되는 작업활동의 종류에 달려있다. 문제는 형광등 및 기타 조명 시스템들이 전압변동에 대해 서로 다른 반응 특성을 갖는다는 사실이다. 예를

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	133 / 247
개정 일자	2025.12.02	

들어, 백열등 조명의 변화량이 형광등보다 더 많은 반면, 형광등 조명은 백열등보다 더 빨리 변화한다는 것이다. 한 cycle에서 다음 cycle까지의 급격한 전압변동이 수 cycle에 걸친 점차적인 변동보다 더 잘 인지된다. 플리커가 주기적으로 자주 나타난다면 특히 문제가 될 수 있다.

2009년 12월 기준 개정 이전의 플리커 기준은 IEC/TR 61000-3-7 표준에 의한 플리커 지수를 준용한 것이나, 이는 230V 50Hz(유럽계통)를 기준으로 한 백열등의 밝기 변동에 따른 시각적인 자극에 기초한 지수이므로, 220V 60Hz 계통이며 현재 백열등을 거의 사용하지 않는 국내 여건에 맞지 않아 불필요한 기술적 규제요소로 인식될 수 있었다. 더구나, 구 기준의 플리커 가혹도 지수 제한값($Epsti \leq 0.35$, $Eplti \leq 0.25$)은 IEC의 플리커 유출 제한기준 중 예외적인 일부분에 대한 것(부하나 발전원이 소용량일 때의 간략검토 기준)에 불과하므로, 이를 일반화된 규정으로 명시하는 것은 사실상 적절하지 않은 것이었다. 따라서, 2009년 12월 기준 개정시 IEC 플리커 기준을 준용한 플리커 지수 제한 조항은 삭제하되, IEEE 1547을 준용하여 플리커 요건에 관해서는 기준 제15조 제3항에 선언적인 조항만 규정하도록 개선하게 되었다.

④ 고조파(기준 제15조 제4항)

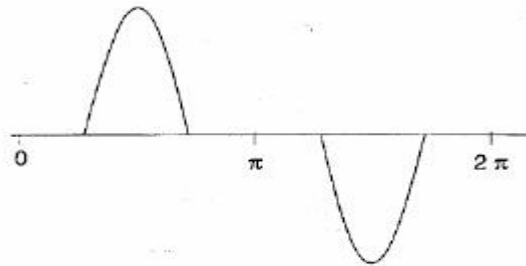
④ 고조파

특고압 한전계통에 연계되는 분산형전원은 연계용량에 관계없이 한전이 계통에 적용하고 있는 「배전계통 고조파 관리기준」에 준하는 허용기준을 초과하는 고조파 전류를 발생시켜서는 안 된다.

1. 배경

고조파 왜형(harmonic distortion)은 전기적인 노이즈의 한 형태이다. 고조파(harmonics)란 계통 기본 주파수(60Hz)의 정수배에 해당하는 주파수를 가지는

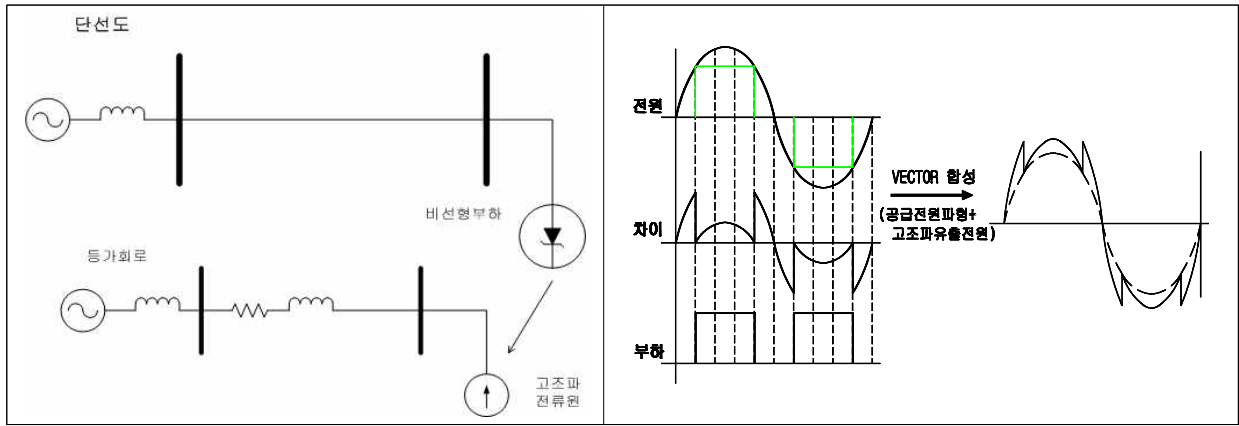
전기적인 파형을 말한다. 개인용 컴퓨터(PC), 속도 조정 구동장치(adjustable speed driver), 기타 [그림 2.16]과 같이 짧은 펄스로 전류를 구동(draw)함으로써 정현파의 일부만을 사용하는 기기 등 많은 전자 기기들이 고조파를 발생시킨다.



[그림 2.16] 스위칭 모드(switched mode)의 전원공급장치 파형

인가되는 전압에 직접적으로 비례하여 전류를 구동하는 선형 부하(linear load)들은 높은 수준의 고조파를 발생시키지 않는다. 스위칭 모드의 전원공급장치를 사용하는 비선형 부하(nonlinear load)는 정현파에 기본 주파수의 정수배에 해당하는 주파수를 갖는 파형을 첨가하여 고조파를 발생시킨다. 한전계통에 연결되는 비선형 부하에는 정지형 전력변환장치(static power converter), 아크 방전장치, 포화된 자기장치(saturated magnetic device), 회전기(고조파 발생 정도는 낮다) 등이 포함된다. 이 중에서 가장 큰 비선형 부하는 정지형 전력변환장치이다. 고조파 전류는 변압기 과열, 중성선 과열(고조파 전류 중첩) 등을 유발한다. 이러한 과열현상은 선로 차단기의 오동작, 기타 기기의 고장을 유발할 수 있다. 비선형 부하에 의한 전압 왜형은 해당 구내계통을 넘어 한전계통을 통해 다른 전기사용 고객에 이르기까지 전압 왜형을 발생시킬 수 있다.

고조파 왜형 현상을 쉽게 이해하는 방법은 고조파를 정전류원으로 보고 해석하는 것이다. 비선형 부하에 정현파 전압을 인가하면 흐르는 전류는 일반적으로 [그림 2.17]과 같이 고조파가 함유되어 있는 형태의 왜형파가 된다. 이 전류를 분해하면 식(2.1)과 같이 상용 주파수(60Hz) 성분(I_1)과 그 정수배의 주파수를 갖는 고조파 성분(I_n)의 중첩으로 표현할 수 있다.



[그림 2.17] 고조파의 발생원리

$$I = \sqrt{2}I_1 \sin(\omega t + \phi_1) + \sum_{n=2}^{\infty} I_n \sin(n\omega t + \phi_n) \dots\dots\dots \text{식(2.1)}$$

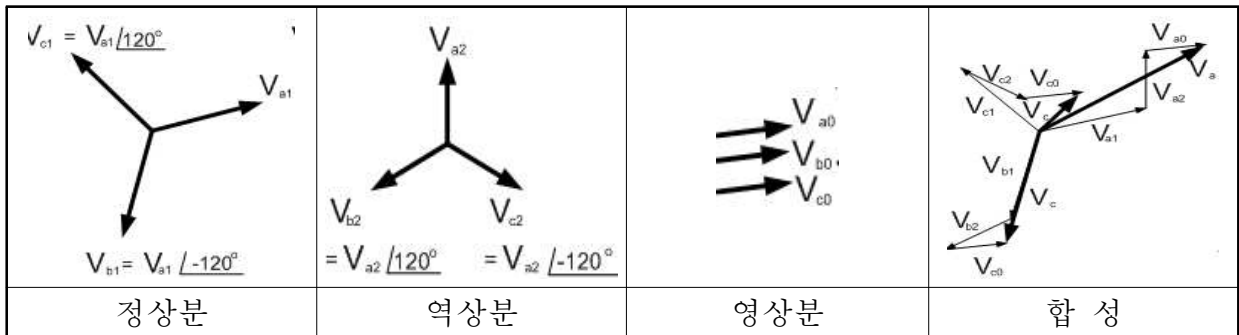
여기서, I_1 은 기본파 정격전류, I_n 은 n 차 고조파 전류

이와 같이 고조파 발생원을 전류원으로 다룰 때 고조파 전류는 다음과 같은 특성을 갖는다.

- 고조파 전류원은 차수마다 존재하며 발생한 전류는 부하단에서 계통 전원측 및 타 부하단으로 유출된다.
- 고조파 전류는 임피던스에 비례하여 분류되며, 전 계통에 걸쳐서 흐른다.
- 계통 임피던스는 주파수에 의해서 변하기 때문에 고조파 등가회로는 발생 차수 만큼 존재한다.
- 실제 회로의 파형은 기본파와 복수 고조파의 순시치가 합성된 것이다.
- 한전계통의 고조파 전압은 계통의 여러 곳에서 유입하는 고조파 전류와 계통의 고조파 임피던스에 의해서 발생한다.

고조파에 의한 불평형 현상을 이해하기 위하여 정상분, 역상분, 영상분의 개념

을 도입하는데 그 구분은 차수가 1, 4, 7, 10, ... 으로 나타나는 정상분 고조파와 2, 5, 8, 11, ... 로 나타나는 역상분 고조파, 그리고 3, 6, 9, 12, ... 로 나타나는 영상분 고조파로 나눌 수 있다. 일반적으로 대칭좌표법을 이용하여 불평형(비대칭) 전압 또는 전류를 평형(대칭)인 3상분으로 해석하여 취급한다. [그림 2.18]은 전압에 대한 3상분 벡터도를 나타낸다.



[그림 2.18] 대칭좌표법에 의한 정상분, 역상분, 영상분 벡터도

상순이 a, b, c인 정상분 평형 3상 전압(V_{a1}, V_{b1}, V_{c1})과 상순이 이와 반대인 역상분 평형 3상 전압(V_{a2}, V_{b2}, V_{c2}) 및 상이 같은 영상분 3상 전압(V_{a0}, V_{b0}, V_{c0})을 a, b, c 각 상마다 따로 합하면 합성 3상 전압이 식(2.2) 및 식(2.3)과 같이 얻어진다. 이것을 역으로 생각하면 합성 전압을 정상분, 역상분, 영상분의 3개 성분으로 분해할 수 있고 이는 식(2.4)와 같이 된다.

$$V_a = V_{a0} + V_{a1} + V_{a2}$$

$$V_b = V_{b0} + V_{b1} + V_{b2} \dots\dots\dots \text{식(2.2)}$$

$$V_c = V_{c0} + V_{c1} + V_{c2}$$

또는, [그림 2.18]로부터

$$V_a = V_{a0} + V_{a1} + V_{a2}$$

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	137 / 247
개정 일자	2025.12.02	

$$V_b = V_{a0} + V_{a1} \angle (-120^\circ) + V_{a2} \angle (+120^\circ) \quad \dots\dots\dots \text{식(2.3)}$$

$$V_c = V_{a0} + V_{a1} \angle (+120^\circ) + V_{a2} \angle (-120^\circ)$$

이를 V_{a0} , V_{a1} , V_{a2} 에 대하여 각각 나타내면

$$V_{a0} = \frac{1}{3}[V_a + V_b + V_c]$$

$$V_{a1} = \frac{1}{3}[V_a + V_b \angle (+120^\circ) + V_c \angle (-120^\circ)] \quad \dots\dots \text{식(2.4)}$$

$$V_{a2} = \frac{1}{3}[V_a + V_b \angle (-120^\circ) + V_c \angle (+120^\circ)]$$

V_{a1} 과 V_{a2} 가 결정되면 V_{b1} , V_{b2} , V_{c1} , V_{c2} 는 각각 120° 의 위상차를 고려하여 결정된다. 각 성분과 고조파 차수를 연관지어 표시하면 <표 2.7>과 같다. 전류에 관해서도 마찬가지로 해석된다.

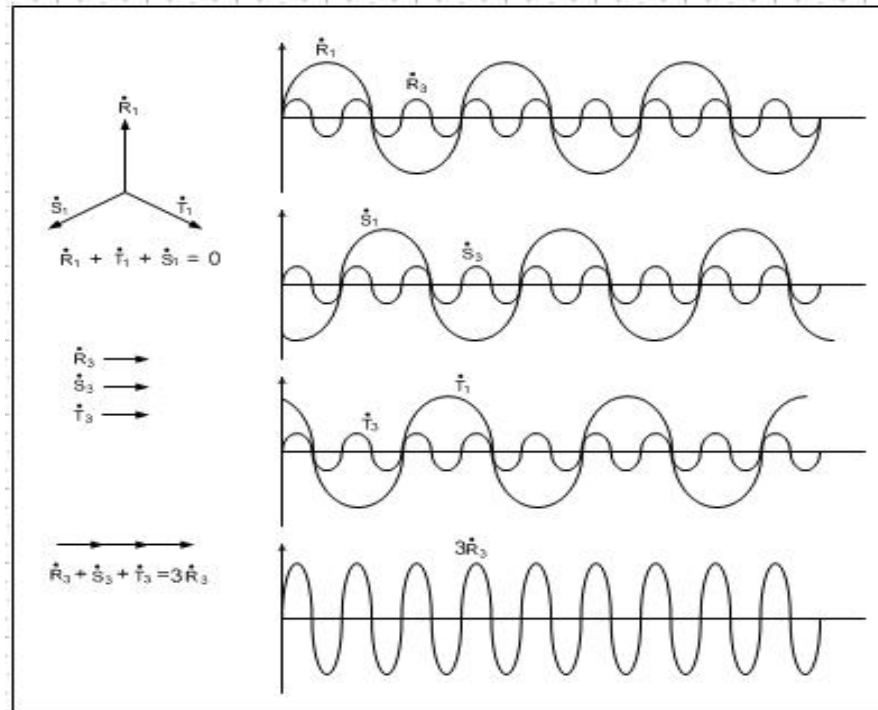
<표 2.7> 대칭좌표법에 의한 고조파 차수

성분	수식 항목	고조파 차수
영상분	V_{a0}, V_{b0}, V_{c0}	3, 6, 9, 12 ...
정상분	V_{a1}, V_{b1}, V_{c1}	4, 7, 10, 13 ...
역상분	V_{a2}, V_{b2}, V_{c2}	5, 8, 11, 14 ...

영상분 고조파 전류는 중성선에서 중첩된다. 그 원리는 다음과 같다.

평형상태의 R, S, T 상은 120° 의 위상차를 가지고 있어서 중성선에 흐르는 전류는 R, S, T 각 상 전류의 벡터합, 즉 $I_R + I_S + I_T = 0$ 이 된다. 그러나, [그림 2.19]와 같이 R, S, T 각 상에 흐르는 영상분 고조파(제3고조파를 예로 든다)

전류는 위상이 서로 같기 때문에 중성선에는 흐르는 전류는 벡터합이 0이 아니고 상전류의 3배에 해당하는 큰 값이 되어 전류가 커진다.



[그림 2.19] 중성선의 제3고조파 전류 확대현상

[그림 2.19]에서 평형상태의 기본파 전류는

$$I_{R1} = I_m \sin \omega t$$

$$I_{S1} = I_m \sin(\omega t - 120^\circ) \quad \dots \dots \dots \text{식(2.5)}$$

$$I_{T1} = I_m \sin(\omega t - 240^\circ)$$

로 표시되며, 전류의 합은

$$\begin{aligned}
 & I_{R1} + I_{S1} + I_{T1} \\
 &= I_m \sin \omega t + I_m \sin(\omega t - 120^\circ) + I_m \sin(\omega t - 240^\circ) = 0
 \end{aligned}$$

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	139 / 247
개정 일자	2025.12.02	

..... 식(2.6)

이 된다.

그러나, 제3고조파 전류는

$$I_{R3} = I_m \sin 3\omega t$$

$$I_{S3} = I_m \sin 3(\omega t - 120^\circ) = I_m \sin 3\omega t \quad \dots\dots\dots \text{식(2.7)}$$

$$I_{T3} = I_m \sin 3(\omega t - 240^\circ) = I_m \sin 3\omega t$$

와 같이 각 상의 위상이 같아지며, 그 합은

$$\begin{aligned} & I_{R3} + I_{S3} + I_{T3} \\ &= I_m \sin 3\omega t + I_m \sin 3\omega t + I_m \sin 3\omega t = 3I_m \sin 3\omega t \end{aligned}$$

..... 식(2.8)

가 된다. 따라서, 중성선에 영상분 고조파가 많이 포함된 계통은 정격용량 이하의 전류가 흐른다고 하여도 계통의 차단기가 트립될 우려가 있다.

기준 제15조 제4항에서 준용하도록 한 「배전계통 고조파 관리기준」은 고조파 제한에 관한 IEC 국제표준인 IEC/TR 61000-3-6을 기반으로 하고 있다. '09. 12월 개정 이전에는 기준에서 IEEE의 고조파 제한기준인 IEEE Std 519를 준용한 내용을 규정하고 있었으나, 전기분야 국제표준이 북미 중심의 권고기준 성격인 IEEE보다는 세계무역기구(WTO, World Trade Organization)의 기술장벽에 관한 협정(TBT, Technical Barriers to Trade)에 따라 무역 상대국에 대해 규범적 성격을 갖는 IEC를 우선 적용하는 방향으로 진행되고 있는 추세를 반영하여 '09. 12월 기준 전면개정시 IEC 표준에 기초한 「배전계통 고조파 관리기준」에 준하여 분산형전원의 고조파를 제한하도록 개정하였다. 당초 「배전계통 고조파 관리기준」은 전기사용 고객에 대해 적용할 목적으로 제정된 것이나, 앞서 설명한

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	140 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

대로 고조파는 발·수전설비의 구분 없이 전력전자 반도체 소자를 이용한 정지형 전력변환장치 등 비선형 부하로부터 발생하는 것으로, IEC/TR 61000-3-6에 의하면 그 검토기준 역시 발·수전설비(load or generator) 구분 없이 동일하다.

IEC/TR 61000-3-6은 IEEE Std 519와 마찬가지로 다음과 같은 사항을 전제로 하고 있다.

- 계통 내의 어느 지점에서든 고조파 왜형이 허용가능한 수준이 되도록 하기 위하여 개별 전기사용 고객 또는 분산형전원 설치·운영자에 의해 유발되는 고조파 왜형이 제한되어야 한다.
- 전체 계통은 계통 내의 어느 지점에서든 상당한 수준의(substantial) 고조파 왜형 없이 운영되어야 한다.

다만, 상기 두 번째 전제와 관련하여 계통 전체에 대한 고조파 왜형 허용 목표수준을 나타내는 지표로 IEEE Std 519에서는 고조파 전류에 기반한 종합 부하 왜형률(TDD, Total Demand Distortion)을 사용하는 반면, IEC/TR 61000-3-6 고조파 전압에 기반한 종합 고조파 왜형률(THD, Total Harmonic Distortion)을 사용한다는 면에서는 다소 차이가 있다. IEC/TR 61000-3-6에 기초하여 한전의 「배전계통 고조파 관리기준」은 계통 전체에 대한 고조파 전압의 허용 목표수준을 종합 고조파 왜형률(THD) 5% 이하로 정하고 있다.

기준 제15조 제4항에 의한 분산형전원의 고조파 검토점(POE, Point Of Evaluation)은 분산형전원이 공급하고 있는 선형 부하를 고려하여 기준 제4조 제5항에 따라 공통 연결점(PCC, Point of Common Coupling)으로 함을 원칙으로 한다. 다만, 분산형전원이 유출하는 고조파의 측정·감시는 해당 분산형전원에 의한 고조파와 동일 구내계통 내에 존재하는 다른 비선형 부하로 인한 고조파를 구분하기 위해 기준 제10조 제1항에 따라 분산형전원 연결점(Point of DR Connection)에서 시행할 필요가 있다.

2. 분산형전원의 영향

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	141 / 247
개정 일자	2025.12.02	

분산형전원에 의한 고조파 기여분의 유형이나 정도는 전력변환장치의 유형, 필터링(filtering) 여부 및 연계 시스템의 구성에 따라 달라진다. 특히, 인버터가 한전계통에 유출시킬 수 있는 고조파 전류 기여분이 염려의 대상이 된다. 다행스럽게도 부분적으로 이러한 염려는 전류(轉流, commutation)방식이 강제전류방식(line-commutated)이면서 높은 수준의 고조파 전류를 발생시키는 구형 실리콘 제어 정류기(SCR, Silicon-Controlled Rectifier) 타입의 인버터 사용에 기인한다. 상용주파 교류전기를 만들기 위해 펄스진폭 변조방식(PWM, Pulse-Width Modulation)을 사용하는 대부분의 신형 인버터들은 깨끗한 발전출력을 낼 수 있는 능력이 있으며 일반적으로 기준에서 정한 요건들을 만족시킨다.

3. 적용방법 및 유의사항

위에서 설명한 대로 분산형전원은 한전계통 전압의 고조파 왜형에 기여할 수 있다. 고조파 전류 유출 제한에 관한 것은 분산형전원 운영자의 책임이며, 한전계통 전압 왜형에 관한 것은 한전계통 운영자의 책임이다. 이 두 가지 요건은 상호 관련성을 갖는다. 한전계통 선로전압이 전압 왜형 제한값 부근에 있을 때 고조파를 유발하는 분산형전원을 추가하면 계통 전압이 임계값을 넘어 서게 될 수 있기 때문이다. 따라서, 한전계통 운영자와 분산형전원 설치·운영자는 고조파 유출을 저감하기 위한 최적의 방법을 찾기 위해 필요시 서로 협력하여야 한다. 이러한 고조파 저감방법의 선택 및 설계(고조파 필터 설치 등)는 분산형전원 설치·운영자의 책임 부분에 해당한다.

기준 제15조 제4항에 따라 기준 제4조 제3항에 의한 특고압 한전계통 연계 대상 분산형전원에 대해 「배전계통 고조파 관리기준」에 준하여 한전계통 운영자가 고조파를 검토하는 방법은 다음과 같다.

- (1) 한전계통의 차수별 고조파 전압 허용 목표수준(계획레벨)에 따라 한전계통 전 부하(분산형전원 포함)에 대한 차수별 고조파 전압 허용치를 산정한다.
- (2) 한전계통의 공급용량에 대한 검토 대상 분산형전원의 연계용량 비로부터

개별 분산형전원에 대한 차수별 고조파 전압 유출 제한값을 할당한다.

- (3) 검토점의 차수별 고조파 임피던스로부터 개별 분산형전원에 대한 차수별 고조파 전류 유출 제한값을 산정한다.
- (4) 분산형전원 설치자로부터 연계 신청시 소정 양식의 “고조파 발생기기 집계표”(고조파 보상장치가 있을 경우, 기기별 보상장치 명판 사본 포함)를 제출받아 분산형전원을 포함한 구내계통 기기별 고조파 전류 발생률, 가동률, 계약전력 등을 고려하여 해당 분산형전원측의 차수별 고조파 전류 방출값을 산출한다.
- (5) 산출된 차수별 고조파 전류 방출값과 할당된 차수별 제한값을 비교하여 분산형전원 설치자측 고조파 저감대책 수립 필요여부를 판정한다.
- (6) 판정결과 고조파 전류 허용기준 준수시(방출값 ≤ 제한값)에는 일반적인 연계업무 절차에 따르되, 필요시 상기 (4)에 의거 분산형전원 설치자가 제출한 관련 자료의 이상 유무를 현장 확인한다. 고조파 전류 허용기준 초과시(방출값 > 제한값)에는 분산형전원 설치자가 고조파 필터와 같은 저감장치 설치 등 고조파 억제대책을 수립하여 시행한 후 그 결과를 제출하도록 안내한다.
- (7) 분산형전원 설치자가 고조파 저감대책 시행 후 그 결과를 제출하면 적정 보상장치 설치여부 등을 확인하여 연계 허용여부를 결정한다.

기타 세부사항은 한전이 계통에 적용하고 있는 「배전계통 고조파 관리기준」에 준한다.

제16조(순시전압변동)(기준 제16조)

- ① 특고압 계통의 경우, 분산형전원의 연계로 인한 순시전압변동률은 발전원의 계통 투입·탈락 및 출력 변동 빈도에 따라 다음 <표 2.6>에서 정하는 허용

기준을 초과하지 않아야 한다. 단, 해당 분산형전원의 변동 빈도를 정의하기 어렵다고 판단되는 경우에는 순시전압변동률 3%를 적용한다. 또한 해당 분산형전원에 대한 변동 빈도 적용에 대해 설치자의 이의가 제기되는 경우, 설치자가 이에 대한 논리적 근거 및 실험적 근거를 제시하여야 하고 이를 근거로 변동 빈도를 정할 수 있으며 제 10조에 의한 감시설비를 설치하고 이를 확인하여야 한다. Hybrid 분산형전원의 순시전압변동률은 ESS의 계통 병입·탈락빈도와 분산형전원의 계통 병입·탈락빈도를 합산한 값에 대하여 아래의 표에서 정하는 허용기준을 초과하지 않아야 한다. 단, 해당 Hybrid 분산형전원의 변동 빈도를 정의하기 어렵다고 판단되는 경우에는 순시전압변동률 3%를 적용한다.

<표 2.6> 순시전압변동률 허용기준

변동빈도	순시전압변동률
1시간에 2회 초과 10회 이하	3%
1일 4회 초과 1시간에 2회 이하	4%
1일에 4회 이하	5%

- ② 저압계통의 경우, 계통 병입시 돌입전류를 필요로 하는 발전원에 대해서 계통 병입에 의한 순시전압변동률이 6%를 초과하지 않아야 한다.
- ③ 분산형전원의 연계로 인한 계통의 순시전압변동이 제1항 및 제2항에서 정한 범위를 벗어날 경우에는 해당 분산형전원 설치자가 출력변동 억제, 기동·탈락 빈도 저감, 돌입전류 억제 등 순시전압변동을 저감하기 위한 대책을 실시한다.
- ④ 제3항에 의한 대책으로도 제1항 및 제2항의 순시전압변동 범위 유지가 불가할 경우에는 다음 각 호의 하나에 따른다.
 1. 계통용량 증설 또는 전용선로로 연계
 2. 상위전압의 계통에 연계

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	144 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

제17조(단독운전)(기준 제17조)

- ① 연계된 계통의 고장이나 작업 등으로 인해 분산형전원이 공동 연결점을 통해 한전계통의 일부를 가압하는 단독운전 상태가 발생할 경우 해당 분산형전원 연계 시스템은 이를 감지하여 단독운전 발생 후 최대 0.5초 이내에 한전계통에 대한 가압을 중지해야 한다.
- ② 개별 인버터의 용량과 총 연계용량이 상이하여 단위 분산형전원에 2대 이상의 인버터를 사용하는 경우 인버터의 상호 간섭으로 인해 검출 감도에 영향을 미칠 수 있으므로 분산형전원 설치자는 이를 방지하여야 한다.

1. 단독운전의 구분

단독운전은 비의도적 단독운전(unintentional islanding)과 의도적 단독운전(intentional islanding)으로 구분할 수 있으며, 특별히 명시하지 않는 한 “단독운전”이라 하면 일반적으로 비의도적 단독운전을 의미한다.

비의도적 단독운전은 연계된 계통의 고장이나 작업 등으로 인하여 계획되거나 의도되지 않은 상황에서 분산형전원이 한전계통의 일부를 가압하는 상태를 말하며, 이 경우 작업자 및 일반인의 안전을 위해 기준 제17조에 따라 해당 분산형전원의 연계 시스템은 이를 감지하여 단독운전 발생 후 0.5초 이내에 한전계통에 대한 가압을 중지해야 한다.

반면, 의도적 단독운전은 사전 계획에 의해 분산형전원이 한전계통과 연계가 분리되어도 한전계통의 일부 및 구내계통의 부하에 전기를 공급하도록 하는 경우를 말한다. 아직까지 의도적 단독운전에 대해서는 국제적으로도 관련 기술기준이 정립되어 있지 않다. 따라서, 현재는 의도적 단독운전이 허용되지 않고 있으나, 분산형전원의 이용률을 높이고 계통의 신뢰도를 높이기 위해 의도적 단독운전이 필요할 경우가 있을 수 있기 때문에 특히 최근 마이크로그리드, 스마트그리드 분야에서 관련 연구가 진행되고 있다. 향후 현장에 적용할

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	145 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

수 있는 분산형전원의 의도적 단독운전 기술이 개발되면 이에 관한 기술요건을 추가하여 기준이 개정될 수 있을 것이다.

2. 배경

분산형전원과 한전계통 사이의 보호기기(CB, 리클로저, 섹셔널라이저 등)가 개방되면 단독운전이 발생할 수 있으며, 이 때 한전계통으로부터 분리된 단독계통의 부하량과 분산형전원의 발전량이 유사한 경우 단독계통의 전압과 주파수가 적정 범위를 벗어나지 않아 단독운전 상태가 지속될 가능성이 있다. 단독운전이 지속되면 한전계통 전원(변전소)으로부터 가압되지 않은 상태에서도 한전계통의 일부에 전압이 가압되어 있어 인체 및 설비에 피해를 줄 수 있기 때문에 비의도적 단독운전은 기준 제17조에 규정된 시간 내에 중지되어야 한다. 만약 단독계통의 부하량과 분산형전원의 발전량이 부합하지 않으면(적어도 부하량이 발전량의 3배 이상일 경우) 단독계통의 전압과 주파수가 급변하게 됨에 따라 기준 제13조 제3항 및 제4항에 규정된 비정상 범위 내에 들어가게 되어 기준에 따라 분산형전원이 분리시간 내에 한전계통에 대한 가압을 중지할 것이므로 단독운전 상태가 지속될 수 없을 것이다.

3. 단독운전의 영향

단독운전이 발생하면 한전계통 전원에서 분리된 단독계통이 일반인과 작업자들에게 가압되지 않은 선로로 오인되어 뜻하지 않은 피해를 줄 수 있다.

분산형전원이 유도 발전기일 경우에는 발전출력이 부하보다 클 경우 역률 개선용으로 설치된 콘덴서가 무효전력을 공급함으로써 유도 발전기의 자기여자 현상으로 인한 일시적인 과전압이 나타날 수 있다.

또한, 가이드라인 제13조 제2항 제2호에서 설명한 바와 같이 한전계통 차단기의 재폐로 동작시 비동기 투입으로 인해 회전기를 사용하는 분산형전원에 피해를 줄 수 있으며 심각한 과도현상(과전압)으로 해당 선로에서 전력을 공급받는 기기에 피해를 입힐 수 있다. 따라서, 기준 제13조 제2항에 따라 한전계통

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	146 / 247
개정 일자	2025.12.02	

의 재폐로 시점 이전에 분산형전원은 한전계통에 대한 가압을 중지해야 한다. 또는 가이드라인 제13조 제2항 제3호에서 설명한 바와 같이 비동기 투입 방지를 위해 재폐로 기기에 무전압 또는 동기 확인장치를 부설할 수 있다.

4. 적용방법 및 유의사항

단독운전 검출방식에는 가이드라인 제13조 제1항 제2호에서 설명한 바와 같이 간접검출 방식과 직접전송차단 방식이 있으며, 간접검출 방식은 다시 수동적 검출방식과 능동적 검출방식으로 나뉜다.

가. 간접검출 방식

(1) 수동방식

수동방식은 전압 및 주파수 계전기를 사용하여 단독운전을 검출한다. 단독운전 검출을 위해 검토점에서 전압과 주파수를 측정하여 단독운전 상태를 판단한다. 이 방식은 기본적으로 분산형전원이 단독운전 상태에서는 갑작스런 부하변동에 대해 전압이나 주파수의 변동을 반드시 수반한다는 사실에 근거하고 있다. 전압이나 주파수의 급격한 변동이 감지되면 단독운전 방지장치가 분산형전원을 한전계통에서 분리한다.

(2) 능동방식

분산형전원이 전압이나 주파수의 확실한 변동 없이 부하를 공급하게 된다면 수동방식으로는 단독운전을 검출하지 못할 수 있다. 능동방식도 검토점에서 전압이나 주파수를 측정하지만 분산형전원의 출력에 의도적으로 변동을 주고 그로 인한 현저한 변동이 검토점에서 확인되면 단독운전으로 판단한다는 점이 수동방식과의 차이점이다. 만약 분산형전원이 정상적으로 한전계통과 연계되어 있다면 분산형전원의 출력에 의도적으로 약간의 변동을 주어도 검토점에서 그로 인한 현저한 변동이 확인되지 않을 것이다.

일반적으로 능동방식은 원리상 불감 영역이 없는 것이 장점이지만 단독 운전 검출에 다소 시간이 걸린다는 단점이 있다. 만일, 다른 능동방식을 채용한 분산형전원이 동일한 한전계통에 다수 연계되어 있으면 능동방식에 의한 단독운전 검출이 효과적으로 이루어지지 않을 우려도 있다.

<표 2.9> 단독운전 간접검출 방식

구 분	원 리	적용성	
		교류 발전기	인버터
수동 방식	전압위상 도약 검출	○	○
	주파수 변화율 검출	○	○
	제3고조파 전압왜곡 검출	×	○
능동 방식	출력변동 방식	○	○
	부하변동 방식	○	○
	주파수 이동 방식	×	○

인버터 기반 분산형전원의 경우에는 대부분 인버터 자체에 수동방식과 능동방식이 조합된 단독운전 방지기능이 구비되어 있기 때문에 별도의 단독운전 방지장치를 필요로 하지 않는다. 다만, 하나의 구내계통에서 능동방식을 사용하는 다수의 인버터가 연계되어 있을 때에는 인버터 간에 서로 간섭을 일으켜 단독운전 방지기능이 제대로 동작하지 않을 수 있다. 따라서, 이러한 경우에는 기준 제18조 제3항에 따라 별도의 단독운전 방지장치를 설치하거나 관련 시험을 통해 다수 인버터의 단독운전 방지기능이 동시에 동작하더라도 상호 간섭을 일으키지 않고 정상적으로 단독운전을 방지할 수 있음이 보증되거나 최대한 동일한 단독운전검출기법이 적용된 인버터를 사용하는 등의 자구책을 통해 분산형전원 설치자가 이를 방지하여야 할 필요가 있다.

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	148 / 247
개정 일자	2025.12.02	

나. 직접전송차단 방식

직접전송차단 방식은 가이드라인 제13조 제1항 제2호에서 설명한 바와 같이 통신회선을 이용하여 분산형전원의 단독운전을 직접적으로 제어하여 차단하는 방식이다. 한전계통의 차단기나 개폐기가 개방되면 연계된 분산형전원측에 신호를 전송하여 분산형전원을 분리한다. 이 방식은 신뢰성이 높고 신속한 단독운전 차단이 가능하다는 장점이 있으나 통신설비가 필요하므로 설치 및 유지비용이 많이 소요되는 단점이 있다.

유도 발전기는 고정자가 연계된 한전계통 전원으로부터 회전자계를 만드는 여자전류를 공급받아야 하기 때문에 한전계통과의 상시 병렬운전이 필요하다. 여자전류는 지상의 무효전력을 필요로 하므로 공통 연결점에서 역률이 낮아지게 된다. 따라서 일반적으로 역률 개선용 콘덴서를 병렬로 설치하여 사용한다. 부하가 없거나 유도 발전기의 발전출력보다 작은 조건 하에서 단독운전 상태가 되면 이 콘덴서에서 여자전류를 유도 발전기에 공급하게 되고 발전기의 단자전압이 상승하게 된다. 상승된 단자전압은 다시 콘덴서에서 공급하는 여자전류의 크기를 증가시키고 단자전압은 또 다시 상승하게 되는 자기여자 현상이 발생하여 일시 과전압이 단독계통에 나타날 수 있다.

이러한 유도 발전기의 자기여자에 의한 과전압 발생을 방지하기 위해서는 근본적으로 단독계통에 유도 발전기의 발전출력보다 큰 부하가 연결되도록 해야 하며(최소부하가 발전출력의 3배 이상 권장), 단독운전 방지장치인 전압 계전기(27, 59)와 주파수 계전기(81)에 순시요소를 설치하여 일시 과전압 발생 초기에 이 순시 요소가 동작함으로써 과전압의 피해를 막을 수 있도록 설정해야 한다.

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	149 / 247
개정 일자	2025.12.02	

제18조(보호장치)(기준 제18조)

- ① 분산형전원 설치자는 고장 발생시 자동적으로 계통과의 연계를 분리할 수 있도록 다음의 보호계전기 또는 동등 이상의 기능 및 성능을 가진 보호장치를 설치하여야 한다.
1. 계통 또는 분산형전원 측의 단락·지락고장시 보호를 위한 보호장치를 설치한다.
 2. 적정한 전압과 주파수를 벗어난 운전을 방지하기 위하여 과·저전압 계전기, 과·저주파수 계전기를 설치한다.
 3. 단순병렬 분산형전원의 경우에는 역전력 계전기를 설치한다. 단, 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 제2조 제1,2호의 규정에 의한 신·재생에너지를 이용하여 동일 전기사용장소에서 전기를 생산하는 용량 50kW 이하의 소규모 분산형전원(단, 해당 구내계통 내의 전기사용 부하의 수전 계약전력이 분산형전원 용량을 초과하는 경우에 한한다)으로서 제17조에 의한 단독운전 방지 기능을 가진 것을 단순병렬로 연계하는 경우에는 역전력계전기 설치를 생략할 수 있다.
- ② 역송병렬 분산형전원의 경우에는 제17조에 따른 단독운전 방지기능에 의해 자동적으로 연계를 차단하는 장치를 설치하여야 한다. 또한 단순병렬 분산형전원의 경우 발전설비에 단독운전 방지기능이 있거나 제18조 ①항 1,2목의 보호장치를 설치하는 경우 제17조의 단독운전 방지 기능을 가진 것으로 볼 수 있다.
- ③ 인버터를 사용하는 저압계통 연계 분산형전원의 경우 그 인버터를 포함한 연계 시스템에 제1항 내지 제2항에 준하는 보호기능이 내장되어 있을 때에는 별도의 보호장치 설치를 생략할 수 있다. 다만, 아래의 항목에 대해서는 별도의 조치를 이행하여야 한다.

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	150 / 247
개정 일자	2025.12.02	

1. 3상 분산형전원 설치자가 단상 분산형전원을 조합하여 저압계통에 연계하는 경우, 결상 또는 전압불평형 등을 감지하여 3상 전체를 차단할 수 있는 보호장치를 설치하여야 한다.

2. 100kW 이상 저압계통에 연계하는 분산형전원은 보호기능이 내장되어 있는 경우라 하더라도 연계시스템 전체에 대한 제 18조 ①항을 만족하는 별도의 보호장치를 설치하여야 한다.

④ 분산형전원의 특고압 연계 또는 전용변압기(상계거래용 변압기 포함)를 통한 저압 연계의 경우, 보호장치 설치에 관한 세부사항은 한전이 계통에 적용하고 있는 “계통보호업무처리지침” 또는 “계통보호업무편람”의 발전기 병렬운전 연계선로 보호업무 기준 등에 따른다.

⑤ 제1항 내지 제4항에 의한 보호장치는 접속점에서 전기적으로 가장 가까운 구내계통 내의 차단장치 설치점(보호배전반)에 설치함을 원칙으로 하되, 해당 지점에서 고장검출이 기술적으로 불가능한 경우에 한하여 고장검출이 가능한 다른 지점에 설치할 수 있다.

⑥ Hybrid 분산형전원 설치자는 ESS 및 분산형전원에 제1항 내지 제2항에 준하는 보호기능이 각각 내장되어 있더라도 해당 Hybrid 분산형전원의 연계 시스템 전체에 대한 보호기능을 수행할 수 있는 별도의 보호장치를 설치하여야 한다.

⑦ 신·재생에너지를 이용하여 동일 전기사용장소에서 전기를 생산하는 용량 50kW 이하의 소규모 분산형전원(단, 해당 구내계통 내의 전기사용 부하의 수전 계약전력이 분산형전원 용량을 초과하는 경우에 한한다)으로서 특고압 배전계통에 역송병렬로 연계하고자 하는 경우, 아래의 항목을 만족하는 조건에 한하여 특고압측 보호장치를 생략할 수 있다.

1. 제17조에 의한 단독운전 방지기능을 보유

2. 제18조 ①항의 1항 및 2항을 만족하는 저압측 보호장치를 설치

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	151 / 247
개정 일자	2025.12.02	

저압 연계하는 분산형전원의 경우 일반적으로 구내계통에 시설하는 저압 차단기로 보호계전기가 부설되지 않은 MCCB를 주로 사용하고 있으므로, 계통측 고장 또는 분산형전원 구내 고장으로 인한 보호대책이 부재하다. 이에 대한 보완대책으로 기준 제18조 제3항 단서에서는 저압계통에 연계하는 100kW 이상 분산형전원(전용변압기를 통한 연계 포함)의 경우 보호장치 설치의 의무화 하였다.

다수의 단상인버터를 사용하여 3상 계통에 연계하는 경우 1상이 고장날 경우 건전상의 단상 인버터는 계속 운전하게 되기 때문에 3상 발전설비가 일부 단독운전과 같은 형태를 갖게 된다. 따라서 이러한 경우를 방지하기 위해 1상이 고장날 경우 전체를 차단할 수 있는 보호장치로 3상 차단기와 결상 또는 전압 불평형 등을 계전할 수 있는 계전기를 별도로 설치하여야 한다.

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	152 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

제19조(변압기)(기준 제19조)

직류발전원을 이용한 분산형전원 설치자는 인버터로부터 직류가 계통으로 유입되는 것을 방지하기 위하여 연계 시스템에 상용주파 변압기를 설치하여야 한다. 단, 다음 조건을 모두 만족시키는 경우에는 상용주파 변압기의 설치를 생략할 수 있다.

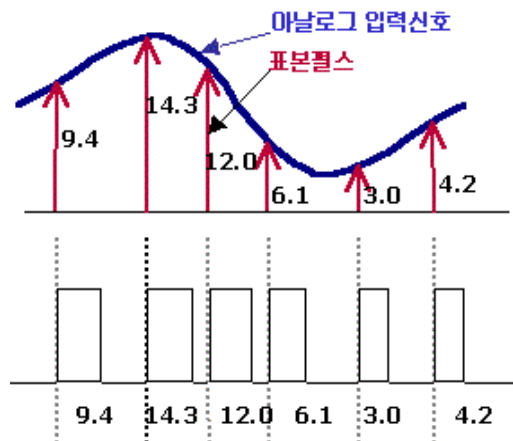
1. 직류회로가 비접지인 경우 또는 고주파 변압기를 사용하는 경우
2. 교류출력 측에 직류 검출기를 구비하고 직류 검출시에 교류출력을 정지하는 기능을 갖춘 경우

기준 제19조는 제15조 제1항(직류 유입 제한)과 관계가 있다. 가이드라인 제15조 제1항 제3호에서 설명한 인버터 기반 분산형전원 출력전류의 직류 성분 제한방법과 관련하여 인버터의 종류는 연계계통과의 절연방식에 따라 <표 2.10>과 같이 상용주파 절연방식, 고주파 절연방식, 무변압기(transformerless) 방식으로 분류된다.

<표 2.10> 연계계통과의 절연방식에 따른 인버터의 분류

구 분	회 로 구 성	개 요
상용주파 절연방식		발전원의 직류출력을 상용주파의 교류로 변환한 후 변압기로 절연한다.
고주파 절연방식		발전원의 직류출력을 고주파의 교류로 변환한 후, 소형의 고주파 변압기로 절연한다. 그 후, 직류로 변환한 뒤 다시 상용주파의 교류로 변환한다.
무변압기 방식		발전원의 직류출력을 DC/DC 컨버터로 승압 후, DC/AC 인버터로 상용주파의 교류로 변환한다.

상용주파 절연방식은 PWM(Pulse Width Modulation) 인버터를 사용하여 상용주파 교류를 만들어 공급하고 상용주파의 변압기를 이용해서 절연과 전압변환을 수행하도록 되어 있다. PWM은 [그림 2.20]과 같이 주파수의 파형 폭을 제어하여 일정분만 통과되도록 제어하는 방식을 말한다. 상용주파 절연방식은 뇌서지 내성 및 노이즈 차단 특성이 우수하지만, 중량과 부피가 크다는 단점이 있다.



[그림 2.20] 상용주파 절연방식 인버터의 PWM 제어

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	154 / 247
개정 일자	2025.12.02	

반면, 고주파 절연방식은 소형 경량이라는 장점이 있지만 회로가 복잡하게 구성되는 단점이 있다. 무변압기 방식의 인버터는 소형 경량, 저가라는 장점이 있고 비교적 신뢰성도 높지만 한전계통의 상용전원과 비절연의 상태로 되어 있어 한전계통의 배전용 변압기가 가이드라인 제15조 제1항 제1호에서 설명한 것과 같이 나쁜 고조파를 발생시키거나 계통 설비에 위협을 초래할 정도로 포화될 만큼의 충분한 직류분 전류를 선로에 유입시킬 수 있다. 따라서, 무변압기 방식의 경우에는 기준 제19조 제2호에 따라 직류전류 유출에 대한 검출 및 차단기능을 반드시 갖추어야 한다.

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002		
			개정·페이지	15	155 / 247	
			개정 일자	2025.12.02		

제 2 절 평가사항

제20조(한전계통 전압의 조정)(기준 제20조)

- ① 분산형전원이 계통에 영향을 미쳐 다른 구내계통에 대한 한전계통의 공급전압이 전기사업법 제18조 및 동법 시행규칙 제18조에서 정한 표준전압 및 허용오차의 범위를 벗어나게 하여서는 안 된다.
- ② 분산형전원으로 인하여 제1항의 기술요건을 만족하지 못하는 경우 연계용량이 제한될 수 있다.
- ③ 한전은 제1항의 기술요건을 만족시키기 위해 분산형전원 사업자와의 협의를 통해 분산형전원의 운전역률 혹은 유효전력, 무효전력 등을 제어할 수 있고, 적정 전압 유지범위를 이탈할 경우 분산형전원을 계통에서 분리시킬 수 있다.
- ④ 원칙적으로 분산형전원은 계통의 전압을 능동적으로 조정하여서는 안 된다. 단, 분산형전원의 연계로 인하여 적정 전압 유지범위를 이탈할 우려가 있거나 한전이 필요하다고 인정하는 경우 계통의 전압을 적정 전압 유지범위 이내로 조정하기 위한 분산형전원의 능동적 전압조정은 제한된 범위내에서 허용할 수 있다.
- ⑤ 제4항의 능동적 전압조정을 위하여, 인버터 기반 분산형전원으로 발전사업용이거나 적정 전압 유지범위를 이탈할 우려가 있는 경우 <표1.1>의 역률제어 인버터 시험구분 및 항목을 만족해야 한다.

<표 1.1> 역률제어 인버터 시험구분 및 항목

시험구분	시험항목		
	기능검토	기능시험	
인버터 단독 능동전압제어	HMI 제공여부	역률/무효전력 제어기능시험	전압제어 기능시험

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	156 / 247
			개정 일자	2025.12.02	

분산전원 연계에 따른 배전선로의 전압상승 문제를 해소할 수 있는 방안은 분산전원의 역률 및 무효전력을 제어하는 방법과 배전선로의 SVR이나 OLTC 등의 전압조정기를 이용하는 방법이 있다.

이 중 SVR이나 OLTC조정은 배전선로의 전역 제어를 통한 과전압 해결방법이긴 하나, 응답이 느리고, 광역 전압에 영향을 미치기 때문에 지역적인 과전압을 최적화하기에 좋은 방법이 아니며, 분산전원의 운전역률 및 무효전력 제어를 통한 과전압 해소방법이 보다 효과적이고 합리적이라 할 수 있다.

독일 등 해외에서는 분산전원 접속증가에 따른 전력계통의 전압상승 문제해결을 위해 이미 수년 전부터 분산전원 자체적인 전압조정 능력(운전역률, 무효전력 제어 등)을 계통에 접속하는 모든 분산전원에 의무화하고 이를 통해 연계계통의 전압관리 의무를 부여하고 있다.

국내도 인버터에 역률 및 무효전력 제어 기능이 보편적으로 탑재되어 자체적인 전압조정을 위한 기술적 기반을 갖춘 만큼, 전기사업법에 따라 표준전압을 공급해야 하는 발전사업용 분산형전원을 대상으로 전압조정 기능을 필수 구비하도록 하여 배전계통의 전압을 안정적으로 관리할 필요가 있다.

제5항의 ‘무효전력 제어기능’은 넓은 의미로 전압-무효전력 제어기능(Volt/Var), 무효전력 지령치 기능(Q set point), 고정 역률 제어기능(Fixed PF), 유효전력-무효전력 제어기능(Watt/Var)을 포함하며, 이 중 전압-무효전력 제어기능(Volt/Var)과 고정 역률 제어기능(Fixed PF)을 구비하도록 하고 시험기준은 ‘역률제어 인버터 시험기준 절차서’에 따르도록 하였다.

다만, 신재생발전기 감시·제어 시스템을 의무적으로 설치해야 하는 분산형전원은 제26조 ②항에 따라 ‘KSGA-025-9-3 계통 연계 요구사항 - 신재생 감시제어장치와 신재생에너지 발전용 계통연계형 인버터간 성능 및 통신 프로토콜 시험방법’ 단체표준을 준용하도록 하였다.

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	157 / 247
개정 일자	2025.12.02	

제21조(저압계통 상시전압변동)(기준 제21조)

- ① 저압 일반선로에서 분산형전원의 상시 전압변동률은 3%를 초과하지 않아야 한다.
- ② 분산형전원의 연계로 인한 계통의 전압변동이 제1항에서 정한 범위를 벗어날 우려가 있는 경우에는 해당 분산형전원 설치자가 한전과 협의하여 전압변동을 저감하기 위한 대책을 실시한다.
- ③ 제2항에 의한 대책으로도 제1항의 전압변동 범위 유지가 불가할 경우에는 다음 각 호의 하나에 따른다.
 1. 계통용량 증설 또는 전용선로로 연계
 2. 상위전압의 계통에 연계
- ④ 역송병렬 분산형전원 연계시 저압 계통의 상시전압이 전기사업법 제18조 및 동법 시행규칙 제18조에서 정한 허용범위를 벗어날 우려가 있을 경우에는 전용변압기를 통하여 계통에 연계하며, 이 때 역송전력을 발생시키는 분산형전원의 최대용량은 변압기 용량을 초과하지 않도록 한다.

1. 배경

저압 한전계통의 전압 유지범위에 대하여 전기사업법 제18조(전기품질의 유지) 제1항에서는 “전기사업자는 산업통상자원부령(시행규칙)으로 정하는 바에 따라 그가 공급하는 전기의 품질을 유지하여야 한다.”라고 규정하고 있으며, 이에 따라 동법 시행규칙 제18조(전기의 품질기준)에서는 “전기사업자는 그가 공급하는 전기가 별표 3(아래 <표 2.11> 참조)에 따른 표준전압 및 허용오차의 범위에서 유지되도록 하여야 한다.”라고 규정되어 있다.

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	158 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

<표 2.11> 저압 표준전압 및 허용오차(전기사업법 시행규칙 별표 3)

표준전압	허용오차
220V	220V의 상하로 13V 이내
380V	380V의 상하로 38V 이내

따라서, 저압 한전계통에서 일반 전기사용 고객의 수전단 전압은 전기사업법령에서 규정된 $220\pm 13V(\pm 6\%)$, $380\pm 38V(\pm 10\%)$ 를 벗어나지 않도록 상시 전압변동률이 관리되어야 한다. 여기서, $\pm 6\%$ 또는 $\pm 10\%$ 라는 전압의 허용오차 범위는 분산형전원의 기여분 뿐 아니라 저압 한전계통에 연결되어 있는 전기사용 부하 등 모든 전압변동(전압상승 또는 전압강하) 유발요인을 포괄하는 종합적인 전압변동률 범위라 할 수 있다. 따라서, 분산형전원에 전체 계통의 전압변동 허용범위를 모두 할당할 수는 없으므로, 분산형전원 연계 기술검토를 위해서는 규정된 전체 저압 한전계통의 전압변동률 허용범위 내에서 분산형전원(검토대상 분산형전원 외 동일선로에 이미 연계되어 있는 타 분산형전원 포함)에 의한 영향만을 고려한 상시 전압변동률 기준을 별도로 설정하여 운영할 필요가 있다. 또한, 순시 전압변동률에 대해서도 분산형전원의 기동, 탈락 등으로 인한 과도상태에서 계통의 전압변동이 전기사업법령에서 규정된 허용범위를 벗어나지 않도록 하기 위해 적정 유지기준을 정할 필요가 있다.

2005년 4월 기준 제정 당시 관련 연구과제에서 프랑스, 독일, 그리스, 일본 등 해외 주요국가의 분산형전원 연계로 인한 계통 전압변동률 기준 운영현황을 조사하고, 이를 참고하여 분산형전원의 저압 한전계통 연계시 상시 전압변동률 기준은 3%, 순시 전압변동률 기준은 4%로 각각 정하게 되었다.

2. 적용방법 및 유의사항

분산형전원의 연계로 인해 저압 한전계통의 전압변동이 기준 제21조 제1항에서 정한 범위를 벗어날 우려가 있는 경우에는 기준 제21조 제2항 및 제3항에

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002		
			개정·페이지	15	159 / 247	
			개정 일자	2025.12.02		

따라 다음과 같이 전압변동을 저감하기 위한 대책을 실시한다.

- 인버터 기반 분산형전원 연계 시에는 해당 분산형전원 설치자가 무효전력 제어기능 또는 출력 제어기능에 의해 자동적으로 전압을 조정할 수 있는 대책을 실시하도록 한다. 이로써도 대응할 수 없는 경우에는 한전계통의 용량을 증설하거나 또는 접속설비를 전용선로로 하여 연계하도록 한다.
- 자기전류방식(self-commutated)의 인버터를 이용하는 경우에는 자동적으로 동기를 취할 수 있는 기능을 가진 것을 사용하도록 한다. 강제전류방식(line-commutated)의 인버터를 이용하는 경우, 병렬연계 장치 투입시의 순간전압강하에 의해 계통의 전압이 적정치를 벗어날 우려가 있을 때에는 분산형전원 설치자측에서 한류리액터 등을 설치하도록 한다. 이로써도 대응할 수 없는 경우에는 한전계통의 용량을 증설하거나 자기전류방식의 인버터를 이용하도록 한다.
- 동기 발전기를 이용하는 경우에는 제동권선이 부착된 것(제동권선을 부착할 수 없는 동기 발전기의 경우에는 제동권선과 동등 이상의 난조방지 효과를 갖는 것)을 사용하고 자동 동기검정 장치를 설치하도록 한다.
- 유도 발전기를 이용하는 경우, 병렬연계 장치 투입시의 순간전압강하에 의해 계통의 전압이 적정치를 벗어날 우려가 있을 때에는 분산형전원 설치자측에서 한류리액터 등을 설치하도록 한다. 이로써도 대응할 수 없는 경우에는 동기 발전기를 이용하도록 한다.
- 풍력발전설비 등을 연계하는 경우, 출력변동과 빈번한 기동·탈락에 의한 전압변동에 의해 다른 전기사용 고객에게 영향을 미칠 우려가 있을 때에는 분산형전원 설치자측에서 전압변동의 제어와 기동·탈락의 빈도를 저감하는 대책을 실시하도록 한다. 이로써도 대응할 수 없는 경우에는 한전계통의 용량을 증설하거나 접속설비를 전용선로로 하여 연계하도록 한다.

역송병렬 분산형전원 연계시 저압 한전계통의 상시전압이 기준 제21조 제1항

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002		
			개정·페이지	15	160 / 247	
			개정 일자	2025.12.02		

에서 정한 상시 전압변동률 범위를 초과할 뿐만 아니라, 전기사업법령에서 정한 전체 전압변동 허용범위까지도 벗어날 우려가 있을 경우에는 기준 제21조 제4항에 따라 한전계통의 접속설비(선로) 뿐 아니라 배전용 변압기도 해당 분산형전원 설치자가 전용하는 것으로 하여 연계하도록 한다. 이 때, 전용 변압기의 용량은 해당 분산형전원의 연계용량(역송전력을 발생시키는 최대용량) 이상이어야 한다.

 KEPCO <small>KOREA ELECTRIC POWER CORPORATION</small> 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	161 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

제22조(특고압계통 상시전압변동)(기준 제22조)

- ① 특고압 일반선로에서 분산형전원의 연계로 인한 상시전압변동률은 각 분산형전원 연계점에서의 전압 상한여유도 및 하한 여유도를 각각 초과하지 않아야 한다.
- ② 분산형전원의 연계로 인한 계통의 전압변동이 제1항에서 정한 범위를 벗어날 우려가 있는 경우에는 해당 분산형전원 설치자가 한전과 협의하여 전압변동을 저감하기 위한 대책을 실시한다.
- ③ 제2항에 의한 대책으로도 제1항의 전압변동 범위 유지가 불가할 경우에는 다음 각 호의 하나에 따른다.
 1. 계통용량 증설 또는 전용선로로 연계
 2. 상위전압의 계통에 연계
- ④ 특고압 계통에 연계된 분산형전원의 출력변동으로 인하여 주변압기 송출 전압을 조정하는 자동전압조정장치의 운전을 방해하여 주변압기 OLTC의 불필요한 동작 및 빈번한 동작을 야기해서는 안된다.

1. 배경

가이드라인 제21조 제1호에서 설명한 바와 같이 한전계통의 전압 유지범위는 전기사업법령에 의하여 <표 2.11>과 같이 표준전압 및 허용오차의 범위에서 유지되도록 하여야 한다고 규정되어 있다. <표 2.11>은 일반적인 전기사용자의 사용전압에 해당하는 저압에 대해서만 표준전압 및 허용오차를 규정하고 있으나, 그 출처인 전기사업법 시행규칙 별표 3의 비고에는 “구체적인 품질유지 항목 및 그 세부기준은 산업통상자원부장관이 정하여 고시한다.”라고 되어 있다. 이에 따라 산업통상자원부장관 고시 제2019-176호(‘19. 11. 1) 「전력계통 신뢰도 및 전기품질 유지기준」에서는 제5조 제2항에서 전기사업자가 계통에서 유지해야 할 전압조정목표로서 배전용 변전소는 배전선 인출측의 전압을

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	162 / 247
개정 일자	2025.12.02	

기준으로 중부하시는 최대 계통운전 전압으로 하고 경부하시에는 배전선의 선로 전압 강하를 고려하여 중부하시와 경부하시의 부하비율에 따라 결정하되, 22.9kV 계통의 전압조정 장치를 수동으로 운전하는 경우에는 부하대별 전압조정 목표(경부하시 22.0kV, 중부하시 22.9kV, 침두부하시 23.9kV)에 따르도록 규정하고 있다. 또한, 동 고시 제3조 제2항에서는 해당 고시에서 요구되는 세부 기술적인 사항은 송·배전망 사업자가 별도의 기준을 마련하여 운영할 수 있도록 하고 있다.

이와 관련하여 한전은 내규인 「배전 전압관리 업무지침」에서 전기사업법령에서 규정하는 전압이 유지될 수 있도록 선로 전압강하 구성 형태에 따라 한전계통 배전용 변전소의 송출전압을 다음 <표 2.12>와 같이 유지하도록 정하고 있으며, 동 지침 및 「배전 설계기준」에 따라 특고압 한전계통의 전압 유지기준을 <표 2.13>과 같이 정하여 운영하고 있다.

<표 2.12> 배전선로 전압강하 구성형태에 따른 변전소 단위 송출전압 유지기준

구 분	전압강하 5%이내 선로로만 구성	전압강하 5%초과 선로 포함
유지기준	22.9kV (-2.5% ~ +2.5%) ¹	22.9kV (-1% ~ +4%) ²
송출전압	22,400V ~ 23,500V	22,700V ~ 23,800V

- 비 고 1. 전체 Bank 중 1/2 이상 해당될 경우 송변전부서와 협의하여 Bank 단위 적용가능
2. 배전선로에 과전압이 발생할 우려가 있는 개소는 22.9kV±4% 적용

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002		
			개정·페이지	15	163 / 247	
			개정 일자	2025.12.02		

<표 2.13> 특고압 한전계통의 전압 유지범위

표 준 전 압 (V)	전 압 유 지 범 위 (V)
13,200 / 22,900	12,000 ~ 13,800 / 20,800 ~ 23,800

우리회사의 배전계통은 기본적으로 주변압기 OLTC의 LDC 자동운전에 의해 송출전압이 관리되고 있고 배전선로에서는 전압강하가 5%를 초과하는 경우 주상변압기 및 지상변압기의 탭을 조정하여 전압을 보상하는 방식으로 관리되고 있다.

특히, 우리회사의 변압기 규격은 13200/230V로 기본적으로 변압기를 무탭으로 설정하여도 기본적으로 약 5%(4.75%) 정도의 전압을 승압하여 저압에 공급하고 있다. 또한, 전압강하 5% 초과 지역에는 변압기 탭을 12600/230V로 조정하여 5% 추가 보상하여 공급하고 있다.

이러한 전압관리 방식은 배전계통이 부하에 적정 수준의 전압으로 전력을 공급할 목적으로 설계된 방식이라 하겠다. 배전계통이 부하만으로 구성되어 있을 때는 현행 전압관리 방식으로도 별 무리가 없었으나 분산형전원이 배전선로 임의의 지역에 연계되어 계통에 역조류를 주입하면 계통의 전압이 적정 공급 유지 범위를 이탈할 가능성이 있다. 분산형전원을 고려한 새로운 전압조정 체계의 개발이 시급하나 현재의 인프라가 변경되기에는 좀 더 많은 기술개발과 시간 그리고 비용이 필요할 것으로 보인다.

현 배전설비 인프라와 전압관리체계에서 배전계통의 전압이 관리되고 있다는 상황을 전제로 분산형전원에 의한 전압변동을 어느 정도 수용할 수 있는지에 대한 고민이 필요하다.

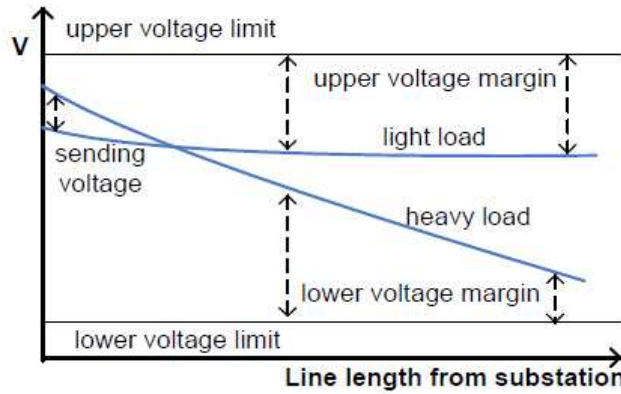


그림 2.21 배전계통의 전압변동 여유도

그림 2.21은 배전계통의 부하량에 따른 전압분포와 전압 여유도를 보여준다. 배전계통의 전압은 주변압기 OLTC에 의한 송출전압 그리고 배전선로의 부하량에 따라 전압 프로파일이 결정된다. 그림 2.21은 경부하와 중부하시의 전압 분포를 보여주며 경부하와 중부하시의 전압프로파일 사이에서 전압이 변동하고 있음을 알 수 있다. 이때 경부하시의 배전선로의 전압과 특고압 규정전압 상한(upper limit)과의 차이를 전압 상한여유도라 정의하고 중부하시의 전압과 특고압 규정전압 하한(lower limit)과의 차이가 전압 하한여유도라고 정의한다.

분산형전원의 연계에 따른 배전계통의 전압은 아래와 같은 4가지 조건에서 전압 프로파일을 형성한다.

- 1) 최대부하 조건 & 분산형전원 최대출력
- 2) 최대부하 조건 & 분산형전원 최소출력
- 3) 최소부하 조건 & 분산형전원 최대출력
- 4) 최소부하 조건 & 분산형전원 최소출력

그림 2.21에서와 같이 배전선로의 전압은 조건3)일 때 즉, 최소부하 조건에서 분산형전원이 최대출력일 때 전압이 가장 높게 형성되고 조건2)일 때, 즉, 최대부하 조건에서 분산전원이 최소출력일 때 전압이 가장 낮게 형성된다.

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	165 / 247
개정 일자	2025.12.02	

분산형전원이 계통에 전력을 주입하면 일반적으로 계통의 전압을 상승시킨다. 물론, 분산형전원의 출력 역률에 따라 과도한 무효전력을 소모하면 계통의 전압을 낮출 수도 있다. 그러나 현행 기술기준에서는 분산형전원의 운전역률을 부하와 동일하게 90% 이상 유지하도록 규정하고 있기 때문에 분산형전원에 의해 계통의 전압이 전반적으로 낮아질 가능성이 거의 없다.

따라서 배전계통의 전압을 모든 부하조건 및 분산형전원 출력 조건에서 규정 전압 이내로 유지하기 위해서는 분산형전원의 연계로 인한 과전압의 발생을 막아야 하고 결국, 분산형전원에 의한 전압상승을 일정 수준으로 제한해야 한다. 이때 분산형전원에 의한 전압상승에 대해 허용할 수 있는 수준은 최소부하 조건일 때이다. 즉, 전압 상한여유도 만큼 분산형전원에 의한 전압상승을 허용할 수 있다.

따라서, 배전계통의 적정전압 유지 측면에서 분산형전원의 허용 가능 용량을 도출하기 위해서는 배전계통이 최소 전압 상한여유도를 갖고 있는 조건에서 분산형전원 출력에 따른 적정전압 유지범위 이탈 여부를 검토해야 한다. 이와 같은 조건에 해당하는 것은 위에 4가지 부하량과 발전량의 조합에서 조건 3인 최소부하 상황에서 분산형전원이 최대발전할 때의 경우이다.

또한, 배전계통은 배전선로의 전체 전압을 적정 범위 내로 유지하기 위해 AVR(Automatic Voltage Regulator)을 이용해 시간대별 부하량에 따라 주변압기 OLTC 탭을 조정하여 송출전압(Sending voltage)을 제어한다. 이러한 이유로 신규로 연계되는 분산형전원이 주로 발전하는 시간대의 송출전압 실적을 고려하여 분산형전원에 의한 전압 영향평가를 시행해야 한다.

종합하면, 해당 배전선로의 최소부하 조건과 기설 및 신설 분산형전원이 최대 발전하는 조건, 신규로 연계되는 분산형전원의 주 발전시간대에 해당하는 송출전압을 고려하여 조류계산을 수행하고 분산형전원 연계에 따라 배전선로 전압이 적정 범위를 벗어나지는 여부를 검토할 수 있다. ADMS 계통관리시스템을 이용하여 ADMS 운전실적 데이터로 부터 최소부하 및 송출전압을 산정하

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	166 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

할 수 있고 분산형전원이 최대출력하는 조건에서의 조류계산을 수행할 수 있다. 상세한 검토 방법 및 절차는 부록3을 참조한다.

배전계통은 주변압기에서 여러 개의 배전선로에 전력을 동시에 공급하며 OLTC를 이용하여 배전계통 모든 선로의 전압을 일괄 제어하고 있다. 동일 बैं크에서 공급되는 여러 개의 배전선로에 분산형전원의 연계용량이 증가할수록 주변압기의 OLTC 운영상의 문제점을 야기할 가능성이 있다. 예를들어, 분산형전원이 배전계통에 연계되어 많은 전력을 계통에 공급하게 되면, 분산형전원이 주입하는 전력에 의해 주변압기에서 감지되는 전체 부하전류는 감소하게 되어 경부하 상황으로 인식하고 송출전압을 낮출 수 있다. 이렇게 되면 해당 주변압기에서 공급되는 배전선로 중 실제 중부하상태에 있는 배전선로에는 저전압이 발생할 수 있다. 또한 분산형전원의 간헐적 발전특성으로 인하여 주변압기 OLTC의 빈번한 동작을 야기할 수 있다. 송출전압의 변동은 해당 주변압기에서 공급받는 모든 수용가의 단자전압에 직접적으로 영향을 미치게 되기 때문에 분산형전원의 연계에 따른 주변압기 OLTC에 미치는 영향은 주변압기 बैं크에서 분산형전원의 연계용량을 평가하는 기술적 근거가 된다.

국내 배전용 변전소의 주변압기에 주로 적용되는 OLTC의 사양을 살펴보면,

- ① OLTC 탭간격 - 1.25%
- ② LDC 방식의 deadband 1% ~ 2%

따라서, 분산형전원이 계통에 주입하는 전류에 의한 송출전압의 변동은 주변압기 OLTC를 제어하는 LDC의 deadband 이내로 제한해야 한다. 상세한 기술평가 방법은 부록3을 참조한다.

2. 적용방법 및 유의사항

분산형전원의 연계로 인해 특고압 한전계통의 전압변동이 기준 제22조 제1항에서 정한 범위를 벗어날 우려가 있는 경우에는 기준 제22조 제2항 및 제3항

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	167 / 247
개정 일자	2025.12.02	

에 따라 다음과 같이 전압변동을 저감하기 위한 대책을 실시한다.

- 분산형전원 설치자가 분산형전원의 출력 및 역률을 조정하여 한전계통의 전압이 적정전압 유지범위를 벗어나지 않도록 자동적으로 전압을 조정할 수 있는 대책을 실시하도록 한다.
- 혹은, 상시전압변동을 억제할 수 있는 설비의 설치 등 분산형전원의 출력으로 인한 상시전압변동 억제 대책을 실시하도록 한다.
- 상기 분산형전원 설치자측의 전압변동 저감대책으로 대응할 수 없는 경우에는 한전계통의 용량을 증설하거나 접속설비를 전용선로로 하여 연계하도록 한다.

특고압 한전계통에 연계된 분산형전원의 출력변동으로 인하여 기준 제22조 제4항에서 정한 바와 같이 주변압기 송출전압을 조정하는 자동전압조정장치의 운전을 방해하여 주변압기 OLTC의 불필요한 동작 및 빈번한 동작을 야기할 가능성이 있는 경우에는 다음과 같은 대책을 실시한다.

- 신규 분산형전원의 연계를 고려하여 자동전압조정장치(AVR)의 정정치를 재조정하여 분산형전원의 출력변동으로 OLTC의 불필요한 동작 및 빈번한 동작이 발생하지 않도록 한다.
- 자동전압조정장치(AVR)의 정정치 재조정으로 OLTC의 불필요한 동작 및 빈번한 동작을 막을 수 없는 경우에는 선로 부하상황 등을 고려하여 자동전압조정장치를 사용하지 않고 DVM(Digital Volt Meter)만을 사용하여 해당 배전계통의 전압을 유지할 수 있는지 여부를 검토하여 시행할 수 있다.
- 해당 한전계통의 운전환경을 고려하여 상기대책을 강구하기 어려운 경우 접속설비를 전용선로로 하여 연계하도록 하고 전용선로에 연계된 분산형전원의 출력전류는 AVR의 입력전류에서 제외하는 조치를 시행해야 한다.

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	168 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

제23조(단락용량)(기존 제23조)

- ① 분산형전원 연계에 의해 계통의 단락용량이 다른 분산형전원 설치자 또는 전기사용자의 차단기 차단용량 등을 상회할 우려가 있을 때에는 해당 분산형전원 설치자가 한류리액터 등 단락전류를 제한하는 설비를 설치한다.
- ② 제1항에 의한 대책으로도 대응할 수 없는 경우에는 다음 각 호의 하나에 따른다.
 - 1. 특고압 연계의 경우, 다른 배전용 변전소 뱅크의 계통에 연계
 - 2. 저압 연계의 경우, 전용변압기를 통하여 연계
 - 3. 상위전압의 계통에 연계
 - 4. 기타 단락용량 대책 강구

1. 배경

가이드라인 제20조 제1호에서 설명한 바와 같이 분산형전원이 계통에 연계되어 운전하고 있을 경우, 계통에서 고장 발생시 분산형전원의 고장전류 기여에 의해 계통의 단락용량이 증가하게 된다. 이 때문에 기존 다른 분산형전원 설치자 또는 전기사용자의 구내 차단기 차단용량이 부족해지는 상황이 발생할 수 있으며 이럴 경우 다른 분산형전원 설치자 또는 전기사용자의 구내계통 고장시 차단기가 고장전류를 차단하지 못해 타 설비로의 고장확대 및 화재발생이 우려되며, 최종적으로는 한전계통 변전소의 연계선로용 차단기가 차단되어 고장구간이 더욱 확대될 수 있다. 따라서 단락전류의 제한을 위해 분산형전원에 한류리액터를 설치하거나 계통 구성을 재검토하는 등 단락용량 저감대책을 강구하여야 한다.

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	169 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

2. 적용방법 및 유의사항

분산형전원이 연계되는 계통의 단락용량 검토시 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

- 인버터가 공급하는 단락전류는 인버터 자체의 과전류 제한치에 의하여 제한되며 일반적으로 그 값은 정격전류의 1.1~1.5배 정도이다.
- 회전기의 경우 단락용량 계산에 이용하는 리액턴스로 유도 발전기는 구속 리액턴스를, 동기 발전기는 초기 과도 리액턴스(차과도 리액턴스)를 사용한다. 단, 단락 보호협조 검토에서 차단기의 동작시한이 초기 과도 시정수보다도 클 경우에는 과도 리액턴스 값에 의한 것으로 계산할 수 있다.

고장 발생 직후 2~3 cycle에 해당하는 기간을 초기 과도 기간이라 하고 이때의 발전기 고장 특성을 반영한 것을 초기 과도 리액턴스 또는 차과도 리액턴스(X'')라고 한다. 반면, 고장 발생 이후 초기 과도 기간이 지난 4~6 cycle의 기간을 과도 기간이라고 하며, 이 때의 발전기 고장 특성을 반영한 것을 과도 리액턴스(X')라고 한다. 구속 리액턴스, 초기 과도 리액턴스(차과도 리액턴스), 과도 리액턴스 등은 발전기 규격에서 확인할 수 있다.

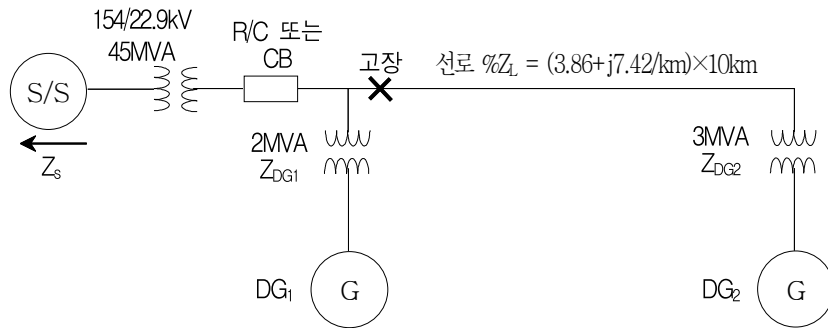
- 동일 선로에 복수의 분산형전원이 연계되어 있는 경우에는 모든 분산형전원 발전기의 단락전류를 함께 고려하여야 한다.

가이드라인 제20조 제1호에서 설명한 바와 같이 차단기의 차단용량은 $\sqrt{3} \times$ 차단기의 정격전압 \times 차단기의 정격차단전류로 나타낸다. 참고로, 한전 표준규격에 의한 한전계통 선로용 차단장치의 차단용량은 <표 2.14>와 같다.

<표 2.14> 한전계통 차단장치의 차단용량

구 분	정격전압	정격전류	정격차단전류	차단용량
변전소 CB	25.8kV	600/1,200A 등	25kA	1,120MVA
리클로저(가공)		560A	10kA	450MVA
		630A	12.5kA	560MVA
다회로차단기(지중)		600A	12.5kA	560MVA

분산형전원 연계계통에 대한 단락용량 검토의 예를 들면 다음과 같다.



[그림 2.22] 분산형전원 연계계통의 단락용량 검토 예시

[그림 2.22]에서

$$\%Z_{tr} = j14.4 \text{ (45MVA 기준)} = j32 \text{ (100MVA 기준)}$$

$$\%Z_{DG1} = j7 \text{ (2MVA 기준)} = j350 \text{ (100MVA 기준)}$$

$$\%Z_{DG2} = j7 \text{ (3MVA 기준)} = j233 \text{ (100MVA 기준)}$$

$$\%Z_s = 12.1+j1.330 \text{ (100MVA 기준)}$$

$$\%Z_L = 38.6+j74.2 \text{ (100MVA 기준)}$$



(a) DG₁, DG₂가 모두 회전기인 경우 (b) DG₁은 회전기, DG₂는 인버터인 경우

[그림 2.23] 분산형전원 유형 구성별 등가회로

고장 발생시 계통의 단락용량을 분석해 보면 다음과 같다.

(1) 분산형전원이 연계되기 전의 단락용량은 다음과 같다.

$$I_S = \frac{1}{Z_S + Z_{tr}} = 0.963 - j2.647 = 2.817 \angle -70.$$

$$P_S = 2.817 \times 100 = 281.7 \text{ MVA}$$

(2) [그림 2.23]의 (a)와 같이 DG₁, DG₂가 모두 회전기인 경우의 단락용량은 다음과 같다.

$$Z_S + Z_{tr} = 0.121 + j0.3333 \text{ pu}, \quad Z_{DG1} = j3.5 \text{ pu}, \quad Z_{DG2} + Z_L = 0.386 + j3.072 \text{ pu}$$

$$I_S = \frac{1}{Z_S + Z_{tr}} + \frac{1}{Z_{DG1}} + \frac{1}{Z_{DG2} + Z_L} = 1.002 - j3.254 = 3.405 \angle -73.$$

$$P_S = 3.405 \times 100 = 340.5 \text{ MVA}$$

(3) [그림 2.23]의 (b)와 같이 DG₁은 회전기, DG₂는 인버터 기반 분산형전원인 경우의 단락용량은 다음과 같다.

$$I_{S, \text{계통, 회전기}} = \frac{1}{Z_S + Z_{tr}} + \frac{1}{Z_{DG1}} = 0.963 - j2.933 = 3.087 \angle -72.$$

$$I_{S, \text{인버터}} = \text{자기 정격전류의 1.5배}$$

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	172 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

(인버터의 과전류 제한치는 정격전류의 1.1~1.5배이나, 여기서는 최대값으로 함)

$$P_s = 3.087 \times 100 + 1.5 \times 3 = 313.2 \text{ MVA}$$

결론적으로 모두 회전기인 분산형전원이 연계된 경우의 단락용량은 분산형전원이 연계되기 전의 281.7 MVA 보다 큰 340.5 MVA로 약 58.8 MVA 만큼 증가했으며, 회전기와 인버터 기반 분산형전원이 연계된 경우의 단락용량은 313.2 MVA로 모두 회전기가 연계된 경우보다는 작았지만 분산형전원이 연계되기 전보다는 증가하였다. 즉, 회전기가 연계되는 경우 단락용량의 증가가 가장 현격히 나타났다.

따라서, 한전계통에 태양광 발전 등 인버터 기반 분산형전원만 연계되는 경우에는 저압 계통 연계시와 마찬가지로 단락전류 값이 억제되어 단락용량에 대한 검토를 생략할 수 있다. 그러나, 열병합 발전이나 소수력 발전(동기기 유형) 등 비교적 용량이 큰 회전기 형태의 분산형전원이 연계되는 경우에는 단락용량에 대한 검토가 필요하다.

제 3 절 분산형전원 계통지원

제24조(계통연계 유지)(기준 제24조)

- ① 역송병렬 형태로 연계하는 인버터 기반의 분산형전원은 한전이 계통운영상 필요에 따라 요구하는 한전계통 고장 등으로 인한 전압 및 주파수 이상 시 계통연계를 유지(Fault Ride-Through)할 수 있어야 한다.
- ② 제 1항에 따라 계통운전 유지에 협조해야하는 분산형전원은 한전계통의 비정상 전압 및 주파수에 대해 제13조 3항 및 4항의 분리시간에 대한 기술요건보다 제 24조의 기술요건을 우선적으로 만족해야 한다.
- ③ 분산형전원 설치자는 계통운영자의 요구에 따라 비정상 전압 및 주파수에 대한 범위 정정치 및 운전지속시간을 현장에서 조정할 수 있어야 한다.
- ④ 제 1항에 따라 전압 및 주파수에 대해 계통연계를 유지하는 분산형전원은 표<2.7> 및 표<2.8>와 같이 한전계통 고장 등에 의한 전압 및 주파수 변동에 해당 운전 지속시간 동안 의무적으로 운전을 유지해야 한다. 단, 제 13조에서 정한 분리시간 이내에는 계통에서 분리해야 한다.

<표 2.7> 비정상 전압에 대한 운전지속시간

전압 범위 ^㉞ [%]	운전지속시간 ^㉞ [초]
$V < 50$	0.15
$50 \leq V < 70$	1.8
$70 \leq V < 90$	1.8
$110 < V < 120$	0.9
$V \geq 120$	-

<표 2.8> 비정상 주파수에 대한 운전지속시간

주파수 범위 ^주 [Hz]	운전지속시간 ^주 [초]
f > 61.5	-
f < 57.5	299
f < 57.0	-

주) 운전지속시간이란 비정상 상태의 시작부터 분산형전원의 계통가압 중지 전까지 운전을 유지해야 하는 최소한의 시간을 말한다. 분산형전원은 운전지속시간 동안 분산형전원의 정격을 초과한 출력을 발생하여서는 안되며, 계통전압 및 주파수의 변동으로 인해 연속적으로 범위 조건이 변경되는 경우 변경된 조건으로 운전지속 및 분리할 수 있어야 한다.

1. 배경

분산형전원에 대한 Fault Ride-Through(계통운전 유지) 기능요구는 주파수에 대한 유지협조와 전압에 대한 유지협조로 나누어 볼 수 있다. 엄밀히 말하면, 계통운전 유지협조에 대한 문제는 현행 연계기준의 다음 조항과 반하는 사항이다.

○ 제13조(한전계통 이상시 분산형전원 분리 및 재병입)

- 한전계통 고장시 분산형전원은 가압 중지
- 한전계통 비정상 전압에 대해 전압 크기에 따른 분리시간 이내 가압 중지
- 한전계통 비정상 주파수에 대해 주파수 크기에 따른 분리시간 이내 가압 중지

전압 및 주파수 비정상시 계통연계 유지에 대한 사항은 분산형전원의 비중이 높은 독일, 일본 등에 이미 각각의 연계기준에서 요구하고 있다. 분리시간을 최초 제정하였던 당시에는 우리나라의 분산형전원의 발전비중이 높지 않았으나 향후 배전계통에 설치되는 분산형전원이 증가될 것을 고려하면, 비정상 전압 및

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	175 / 247
개정 일자	2025.12.02	

주파수에서 탈락하는 분산형전원의 용량이 상당해져 계통전압 및 주파수 유지가 어렵게 되므로 최소한으로 유지할 수 있는 운전지속시간이 정의되어야 한다.

전력계통 신뢰도 및 전기품질 유지기준 제 28조(발전기의 주파수 운전 기준)에 따르면 전력계통에 접속되는 발전기는 아래와 같은 주파수 변동 범위에서 운전이 가능하여야 한다고 되어있으며 제 53조(신재생발전기의 주파수 운전 기준)에 따르면 아래의 기준을 적용하도록 되어있다.

1. (60 ± 1.5) Hz 연속 운전
2. $(58.5 \sim 57.5)$ Hz 범위에서 최소한 20초 이상 운전상태 유지

또한 제 55조(신재생발전기의 순시전압저하 시 유지성능)에 따르면 전압에 대한 기준을 아래와 같이 제시하고 있다.

- ① 신재생발전기는 인근계통 고장 시 순시전압저하에도 연계운전을 유지할 수 있는 성능을 갖추어야 한다.
- ② 전력거래소는 계통검토 및 보호협조를 고려한 기준을 제시하여야 한다.

따라서, 전력계통 신뢰도 및 전기품질 유지기준 및 전력거래소가 제시하는 기준에 적합한 비정상 전압 및 주파수에 대해서도 최소한의 운전을 유지하도록 하는 계통연계 유지 기능이 필요하다.

2. 적용방법 및 유의사항

역송병렬형태로 연계하는 분산형전원은 한전계통에 직접적인 영향을 주는 분산형전원으로 계통운영상 필요에 따라 요구하는 한전계통 고장 등으로 인한 전압 및 주파수 이상 시 계통연계를 유지(Fault Ride-Through)할 수 있어야 하고, 제 13조 3항 및 4항의 분리시간에 의해 분리되는 것보다 제 24조 4항에서 정의한 운전지속시간을 우선적으로 만족해야 한다. 다만, 단순병렬형태로 연계하는 분산형전원은 구내계통에서만 전력을 소비하고 잉여전력을 역송하지 않기 때문에 최소한의 연계요건을 요구하고 있으므로 이러한 연계유형에도 계통

연계를 유지하도록 요구하는 것은 과도한 요구가 될 수 있다.

또한, 비정상 전압 및 주파수에 대한 운전지속시간을 현장에서 조정할 수 있어야 하는 이유는 분산형전원의 계통영향의 정도에 따라 운전지속시간의 변경이 필요하기 때문에 계통운영자의 요구에 따라 이를 능동적으로 조치할 수 있도록 현장에서 조정할 수 있는 방안이 필요하다.

제25조(기능 요구사항)(기준 제25조)

- ① 역송병렬 형태로 연계하는 인버터 기반의 분산형전원은 안정적인 계통운영 및 전력수급을 위하여 전압변동 억제 및 주파수 제어 등의 기능을 수행할 수 있도록 협조하여야 한다.
- ② 계통지원 기능을 수행하는 분산형전원은 <표3.3>의 기능을 보유하여야 한다.

구분	기능	정의
무효전력 제어기능	전압-무효전력 제어 기능 (Volt/Var)	전압변동에 따라 무효전력을 제어
	무효전력 지령치 기능 (Q set point)	무효전력 값을 일정한 크기로 운전
	고정 역률 제어 기능 (Fixed PF)	역률을 일정하게 제어
	유효전력-무효전력 제어기능 (Watt/Var)	유효전력 변동에 따라 능동적으로 무효전력을 제어
유효전력 제어기능	전압-유효전력 제어 기능 (Volt/Watt)	전압변동에 따라 유효전력을 제어
	주파수-유효전력 제어 기능 (Frequency/Watt)	주파수 변동에 따라 유효전력을 제어
	유효전력 제한 기능 (P limit)	유효전력 값을 일정한 크기 이내로 유지하여 운전
	출력 램프업 기능 (N-RAMP) 소프트 스타트 램프업 기능 (SS-RAMP)	정상운전 상황에서 출력변화율을 제어 초기 기동 시 출력 변화율을 제어
계통운전 유지기능	전압 라이드 스루 기능 (L/HVRT)	정상/비정상 전압 상황에서 전력계통 연계 유지/분리를 결정
	주파수 라이드 스루 기능 (L/HFRT)	정상/비정상 주파수 상황에서 전력계통 연계 유지/분리를 결정
비상시 기능	출력 중단 기능 (Power Stop)	계통운영자 요구에 따라 계통연계상태를 유지하되 유효전력 발생을 중단
	계통과 전기적 분리 및 재연계 기능 (Disconnection and Reconnection)	계통운영자 요구에 따라 계통과 전기적으로 분리하거나 재연계
	단독운전방지 기능 (Anti-Islanding)	분산형전원에 의해서만 계통이 가압되는 상태를 방지

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	177 / 247
개정 일자	2025.12.02	

③ 2항에 명시된 기능의 세부 요구사항은 ‘KSGA-025-15-1 태양광발전용 스마트 인버터의 계통 지원 기능 - 제 1부: 배전계통 요구사항 및 시험방법’ 단체표준을 준용한다.

기존의 부하만 연계되는 배전선로의 경우, 일반적으로 배전선로의 길이 및 부하 크기에 따라 변전소로부터 멀어질수록 전압강하가 발생하므로 저전압을 관리하기 위한 전압제어 설비 구축 및 운영으로 해당 배전계통의 전압을 관리할 수 있었다. 그러나 분산전원이 설치된 배전선로의 경우, 분산전원의 발전이 연계점 전압의 상승을 야기하여 배전선로 전압 프로파일 특성을 변화시킨다는 특성이 있어 기존 배전계통 전압관리 방식에서 분산전원 연계점 등에 대한 과전압 문제에 취약할 수밖에 없다. 따라서 분산전원 연계 기술검토시 분산전원 연계에 따른 과전압 문제를 검토하고 과전압문제 발생 시 분산전원 사업자 또는 한전이 해당 전압문제에 대한 기술적 보완대책을 마련하였다. 특히, 해외 연계기준 사례에서는 분산전원 자체적인 전압조정 능력(운전역률, 무효전력 제어 등)을 계통에 접속하는 모든 분산전원에 의무화하고 이를 통해 연계계통의 전압관리 의무를 부여하고 있으므로 국내도 분산전원의 전압조정 능력(운전역률, 무효전력 제어 등)을 적극 활용하기 위해 이와 관련된 기술 및 기능 요구사항을 연계기준에 명확하게 반영할 필요가 있다.

배전계통에 연계되는 신재생 발전기 기반의 분산전원은 2000년대 중반 이후 지속적으로 증가하였지만 2016년 10월 시행된 정부의 ‘1MW 이하 신재생 접속 보장’정책 이후 소규모 신재생의 접속신청이 급증하였으며, 한전은 정부 정책 이행을 목적으로 한전 부담으로 송배전 전력설비 확충을 통한 신재생 발전기의 계통접속을 보장하고자 노력하고 있다. 그러나 위와 같은 배전선로 등 설비 신설을 통한 물리적인 해결방안은 정부의 재생에너지 3020 이행계획과 같이 분산전원의 개체 수 및 용량이 지속적으로 증가하게 될 경우 한계에 봉착할 수밖에 없으므로 이에 대한 비용효율적인 대책 검토가 필요한 실정이다.

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	178 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

한편, 우리나라의 분산전원 연계용량 및 계통 영향에 대한 평가는 분산전원의 설비용량을 기준으로 하고 있으며 이는 분산전원에 대한 출력 현황의 실시간 모니터링 및 제어를 시행할 수 없는 데에서 기인한다. 그러나, 분산전원 대부분을 차지하고 있는 태양광 발전의 특성을 고려할 때 분산전원의 연계용량 및 계통 영향 평가를 설비용량을 기준으로 하는 것은 과도하게 보수적인 평가 기준으로 볼 수 있으며 반대로 말하면 분산전원의 유효전력 모니터링 및 제어가 가능해지면 이러한 평가 기준의 완화 및 설비용량 부족에 대한 문제 해결이 가능하다고 말할 수 있다. 특히, 부하의 경우 설비용량 또는 전력계통의 안정성 확보 이슈가 있는 경우 이상 상태에 대응하여 전력계통으로부터 일부 부하를 의도적으로 차단하는 부하 제한(Load shedding)을 시행하기도 하므로, 분산전원의 과다 발전 등으로 인한 설비용량 및 안정성 확보 이슈가 있는 경우 분산전원의 유효출력량 제한(Power curtailment) 또는 접속차단(Tripping)을 시행할 수 있다면 앞서 설명한 분산전원의 접속 증가에 따른 설비(배전선로, 주변압기, 변전소 등)용량 부족 문제를 운영적 관점에서 해결할 수 있을 것으로 기대할 수 있다. 이처럼 분산전원의 유효전력 출력 저감/상승 및 출력변동을 제한 등 유효전력 제어기능은 연계계통의 전압조정, 주파수 조정, 설비 및 선로용량 확보, 출력변동에 의한 계통 영향억제 등 계통의 설비계획 및 운영의 유연성을 확보하는 측면에서 큰 효과가 있으므로 분산전원의 유효전력 제어에 의한 계통운영을 적극적으로 활용하기 위해 이와 관련된 기술 및 기능 요구사항을 연계기준에 명확하게 반영할 필요가 있다.

상기의 언급한 분산형전원 계통지원에 관한 요구사항은 한국스마트그리드협회 주관으로 'KSGA-025-15-1 태양광발전용 스마트 인버터의 계통 지원 기능 - 제 1부: 배전계통 요구사항 및 시험방법' 단체표준을 제정하여 준용하도록 하였다. 향후 스마트 인버터의 계통지원 기능이 국가표준화(KS)가 될 경우 상위 표준을 준용해야할 필요성이 있다.

제26조(상호운용성)(기준 제26조)

- ① 송배전용전기설비이용규정에 제 29조에 따라 실시간 자료취득·전송과 감시 및 원격제어를 위한 신재생발전기 감시·제어시스템을 설치해야 하는 분산형전원 설치자는 한전계통과 상호운용성이 확보된 분산형전원을 설치해야 하며, 원활한 감시·제어 시스템 운영을 위해 한전과 상호 적극 협조하여야 한다.
- ② 제 1항을 만족하기 위한 분산형전원은 표 3.4의 신재생발전기 연계 단말장치 기반 인버터 시험구분 및 항목을 만족해야 하며, 세부 시험절차는 ‘KSGA-025-9-3 계통 연계 요구사항 - 신재생 감시제어장치와 신재생에너지 발전용 계통연계형 인버터간 성능 및 통신 프로토콜 시험방법’ 단체표준에 따른다.

<표3.4> 신재생연계단말장치 기반 인버터 제어시험 항목

시험구분	시험항목				
	기능검토	기능시험			
출력제어	HMI 제공 여부	통신 인터페이스 시험	역률 제어	유효전력 출력제어	인버터 정지/기동 제어

수요와 공급 조절을 통한 주파수 등의 전기품질을 유지함으로써 전력계통을 안정적으로 운영하기 위해서는 전력계통운영자와 분산형전원간 상호 긴밀한 협조체계를 갖추어야 한다. 특히 실시간적으로 분산형전원의 감시를 기반으로, 계통운영 관점에서 필요할 때는 직접적인 분산형전원에 대한 제어를 수행해야 한다. 따라서 기존 전력계통 시스템과 분산형전원 간에는 통신 인터페이스를 이용하여 양방향으로 정보를 전달할 수 있어야 하고, 정확한 데이터 전송모델을 통해서 정보를 주고받아야 한다. 특히 정보모델, 전송프로토콜 및 응용프로토콜에 대한 표준화를 통한 상호호환성을 확보하는 것이 중요하다. 상기의 언급한 분산형전원 성능 및 통신 프로토콜 시험방법은 한국스마트그리드협회 주

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	180 / 247
			개정 일자	2025.12.02	

관으로 'KSGA-025-9-3 계통 연계 요구사항 - 신재생 감시제어장치와 신재생에너지 발전용 계통연계형 인버터간 성능 및 통신 프로토콜 시험방법' 단체표준을 제정하여 준용하도록 하였다. 향후 스마트 인버터의 요구사항이 국가표준화(KS)가 될 경우 상위표준을 준용해야할 필요성이 있다.

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	181 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

[부 록 1]

분산형전원의 계통에 대한 영향

분산형전원의 계통에 대한 영향은 한전계통과 구내계통에 대해 모두 검토되어야 한다. 분산형전원의 영향은 일반적으로 분산형전원의 규모나 계통 용량 대비 분산형전원의 용량이 클수록 더 커지는 경향이 있으며, 인버터 타입이 아닌 회전기 유형의 분산형전원일수록 더 심할 수 있다.

한전계통에 대한 분산형전원의 주요 영향은 다음과 같다. 이러한 영향들은 상당 부분 구내계통에도 나타날 수 있는 것들이다. 따라서, 한전계통과 구내계통의 구분은 필요시에만 명시하기로 한다.

- 보호협조 부적정

분산형전원으로부터 유입되는 고장전류가 더해져 한전계통 상의 고장에 대한 보호기기의 협조에 영향을 미칠 수 있다. 이러한 영향에 대해서는 고장 전류 조류의 양방향 특성을 정확히 모델링하고 분산형전원의 추가를 반영할 수 있는 분석 도구들을 사용하여 보호기기간의 협조를 검토할 수 있다.

일반적으로는 보호기기를 재정정하여 이러한 영향을 완화시킬 수 있으나, 때에 따라서는 계통의 보호기기를 교체할 필요가 있을 수도 있다.

- 한전계통 고장검출 민감도 저하

분산형전원으로부터 유입되는 고장전류가 더해져 한전계통 기기에 의한 선로보호의 민감도 저하를 초래할 수 있다. 이러한 문제는 한전계통의 부하에 비해 분산형전원의 규모가 커질수록 증가한다. 일반적으로 이를 완화시키는 것은 가능하나, 그 전에 먼저 이러한 문제점이 인식되고 검토되어야 한다. 검토 및 완화방법은 보호협조 부적정에 대해 제시된 것과 유사하다.

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	182 / 247
개정 일자	2025.12.02	

- 보호협조를 방해하는 선로용 퓨즈 용단

한전계통에서 순간고장을 확대시키지 않고 제거하기 위한 방법으로 퓨즈의 부하측 고장에 대해 전원측 보호기기가 1회 순시동작 후 재폐로되도록 하기 위하여 선로용 퓨즈 및 다른 보호기기를 조합하여 사용하는 경우가 종종 있다. 분산형전원으로부터 유입되는 전류가 이러한 관계를 방해할 수 있다. 만약 분산형전원이 선로용 퓨즈의 부하측에 존재한다면 분산형전원으로부터 유입되는 고장전류에 의해 전원측 고장시에도 퓨즈가 동작하도록 유발할 수 있는 것이다. 이는 분산형전원이 지락고장 전류의 유출원이 될 경우 한전계통의 1선 지락고장에 대해 특히 문제가 될 수 있다.

이러한 영향은 보호기기 협조 부적정에 대해서와 마찬가지로 방법으로 검토될 수 있으나, 이를 완화시키기 위해서는 일반적으로 선로용 퓨즈를 제거 또는 섹셔널라이저, 리클로저, 차단기 등 다른 유형의 보호기기로 교체하거나 분산형전원 인접 계통을 재구성해야 할 필요가 있다. 어떤 경우에는 이와 같은 검토를 거친 후 비로소 선로용 퓨즈의 용단을 용인할 것인지를 결정할 수 있다.

- 재폐로 협조 실패

한전계통 재폐로의 목적은 순간고장 발생시 가능한 신속히, 가능한 많은 전기사용 고객에 대해 전기공급을 복원시키는데 있다. 만일 한전계통의 재폐로 장치가 분산형전원이 해당 한전계통으로부터 분리되기 이전에 재폐로를 시도한다면 한전계통과 분산형전원 모두 피해를 입을 수 있다.

기준 제14조 제1항 및 제2항에서는 연계된 한전계통 선로의 고장시 분산형전원은 해당 한전계통에 대한 가압을 즉시 중지하여야 하며, 그 분리시점은 해당 한전계통의 재폐로 시점 이전이어야 한다고 규정하고 있다. 만일 기준 제14조 제3항 또는 제4항에 규정된 분리시간이 이 요건을 만족시킨다면, 한전계통의 재폐로는 별다른 영향을 받지 않을 것이다. 하지만, 분산형전원이

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	183 / 247
개정 일자	2025.12.02	

한전계통의 재폐로 전에 해당 한전계통에 대한 가압을 중지하지 못한다면, 그로 인한 영향은 한전계통의 재폐로 기능을 연계 시스템과 비교하여 살펴봄으로써 검토할 수 있다. 만일 분산형전원이 기존 재폐로 체계와 협조를 이룰 수 없다면 연계 시스템을 변경하거나 한전계통의 재폐로 기능을 조정할 필요가 있을 수 있다. 한전계통 재폐로 기능을 조정하기 위해서는 재폐로 장치의 교체 또는 분산형전원이 분리되지 않는 한 재폐로를 금지하도록 하는 계전기의 설치가 요구될 수 있다.

- 퓨즈 보호체계 붕괴

한전계통의 일부가 퓨즈에 의해 보호되는 경우에는 리클로저에 퓨즈 보호체계("시퀀스 협조(sequence coordination)"라 부르기도 한다)가 구현되는 경우가 많다. 이러한 보호체계는 최초 고장에 대해 퓨즈가 반응할 수 있는 것보다 더 빨리 리클로저의 트립이 발생하는 결과를 초래한다. 동일 고장에 대한 이어지는 트립 시퀀스에 관해서는 리클로저가 훨씬 더 느린 시지연 특성에 의해 동작할 수 있다. 분산형전원으로부터 유입되는 고장전류 기여분은 퓨즈가 일반적인 경우보다 훨씬 더 빨리 동작하도록 유도함으로써 이러한 퓨즈 보호체계를 무너뜨릴 수 있다.

- 단독운전

기준 제17조에서는 한전계통에서 단독운전 상태 발생시 분산형전원은 해당 한전계통에 대한 가압을 중지해야 함을 요건으로 정하고 있다. 어떤 경우에는 이 요건이 쉽게 달성될 수 있으나, 다른 경우에는 실제로 이 요건을 달성시키는 것이 어려울 수도 있다. 이에 관한 세부사항이나 지침은 단독운전 방지에 대한 해설내용을 참조한다.

- 설비 과전압 유발

분산형전원의 접지방식에 따라 분산형전원은 검출이 어려운 지락고장 상태에서 한전계통에 안정상태(steady-state)의 과전압을 유발할 수 있다.

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	184 / 247
개정 일자	2025.12.02	

- 공진 과전압 유발

분산형전원의 접지방식 및 한전계통의 시설특성에 따라 분산형전원은 변압기(분산형전원 연계 변압기를 포함한다)와 한전계통의 커패시턴스 간에 공진을 초래하는 상태를 유발할 수 있다.

- 고조파 발생

인버터 기반 분산형전원의 경우 직류를 교류파형으로 변환하는데 사용되는 방법에 따라 계통에 다양한 고조파를 발생시킬 수 있다. 분산형전원이 기준 제16조 제4항의 요건을 만족한다면 고조파는 큰 문제가 되지 않을 것이다.

- 섹셔널라이저 동작체계 붕괴

섹셔널라이저는 일시고장에 의해 영향을 받는 전기사용 고객의 수를 최소화하기 위해 한전계통에 사용되는 비교적 저가의 기기이다. 섹셔널라이저는 주어진 주기 내의 완전한 정전 횟수(일반적으로 0 전압 이벤트(zero-voltage events)로 특징짓는다)를 카운트한다. 만약 분산형전원이 기준에서 정한 요건대로 한전계통에 대한 가압을 중지하지 않을 경우, 섹셔널라이저는 해당 한전계통의 설계시 기대되었던 대로 0 전압 상태를 감지하지 못할 것이고, 따라서 제대로 카운트를 하지 못하게 될 것이다. 결국 섹셔널라이저의 동작체계가 무너질 수 있다.

이러한 영향을 검토하기 위해서는 분산형전원과 한전계통 재폐로 간의 보호협조를 검토할 필요가 있다. 분산형전원이 한전계통 재폐로와 협조를 이룬다면 일반적으로 이러한 영향은 누그러질 것이다.

- 한전계통의 비방향성 계전기 오동작

배전계통의 전통적인 방사상 특성으로 인해 한전계통상의 보호기기들은 본질적으로 비방향성, 즉 조류 방향에 관계없이 주어진 전류값에만 반응하는

성질을 갖는다. 한전계통 상의 고장에 대해 분산형전원은 다양한 크기의 고장전류를 발생시키기 때문에 배전계통의 전통적인 방사상 특성이 무너지게 되고, 전통적인 의미에서 계전기들의 “후비측에 있는” 한전계통 부분에서 발생하는 고장에 대해 비방향성 계전기들이 오동작을 일으킬 수 있다.

이러한 영향은 보호기기 협조 부적정을 검토하기 위해 사용되는 것과 같은 방법으로 평가할 수 있다. 이러한 영향이 문제가 될 경우에는 일반적으로 한전계통의 비방향성 계전기를 방향성을 갖는 계전기로 교체할 필요가 있다.

- 역전력 계전기 오동작

분산형전원은 한전계통에 설치된 역전력 계전기의 오동작을 유발할 수 있다. 예를 들어, 계통에 고장 자동복구를 위한 방향성 전력 계전기(directional power relay)가 설치되어 있을 경우, 분산형전원을 추가하면 이러한 계전기들이 오동작을 일으킬 수 있다.

- 선로 전압강하 보상 부정확

전통적인 한전계통에 설치되어 있는 많은 전압 조정장치(전압 조정기(voltage regulator)와 탭절환 변압기(load-tap-changing transformer)를 말한다)는 선로 전압강하 보상기(line drop compensator)를 구비하고 있다. 이 선로 전압강하 보상기는 해당 조정장치를 통하여 흐르는 전류의 조류를 감지하여 부하전류에 기초한 조정장치의 부하측 전압강하 계산치에 근거해 전압을 조정하도록 설정되어 있다. 이러한 전압 조정장치의 부하측에 분산형전원을 적용하면 선로 전압강하 보상기에 의해 관찰되는 전류의 양이 감소하게 되어 전압 조정장치의 전압이 부정확하게 조정되도록 유발함으로써 한전계통의 전압 불안정을 초래할 수 있다.

어떤 경우에는 재교정을 통해 선로 전압강하 보상장치의 부적절한 동작을 바로잡을 수 있으나, 또 다른 경우에는 해당 전압 조정장치를 부하측 분산

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	186 / 247
개정 일자	2025.12.02	

형전원을 수용할 수 있는 설비로 교체해야 할 수도 있다. 극단적인 경우에는 전압 조정장치가 분산형전원의 실제 실시간 출력을 보상할 수 있도록 통신방식을 적용해야 할 필요가 있을 수도 있다.

- 선로 공급용량 초과

한전계통 선로에 정전이 발생할 경우 대부분의 고객 부하는 정전된 한전계통 선로에 계속 연결된 상태로 남아있게 된다. 해당 한전계통 선로가 재가압될 때, 이 중 많은 부하는 안정상태의 부하전류보다 더 높은 전류를 필요로 하게 되는데 일반적으로 이를 “cold load pickup”이라고 부른다. 만일 해당 한전계통에 어느 정도 수준의 분산형전원이 연계되어 있다면 정전 중에 모든 분산형전원은 계통으로부터 분리되어 있을 것이기 때문에 재가압 시 cold load pickup에 의해 한전계통 선로의 공급용량이 초과될 수 있다.

연계되어 있는 분산형전원의 용량이 작을 경우에는 분산형전원 없이도 한전계통이 연결된 부하에 전력을 충분히 공급할 수 있도록 설계되어 있을 것이기 때문에 이러한 사항이 문제가 될 가능성은 높지 않다. 일반적으로 분산형전원이 선로 부하에 대해 주요한 전력 공급원으로 사용되고 있을 경우에 한해 문제가 되는 것이다.

분산형전원의 추가로 인해 발생될 수 있고 cold load pickup 상태를 설명할 수 있는 다양한 조건들을 반영하기 위한 전력조류 계산을 수행함으로써 이러한 영향을 검토하여야 한다. 이를 완화하기 위해서는 이러한 조건들 또는 정전을 감안하여 한전계통 용량을 상당부분 상향할 필요가 있을 수 있다.

- 분산형전원측 저전압계전기 동작

동일 모선에서 인출된 인접 선로에서 고장이 발생하면 건전 선로에 순간적인 전압강하가 유발되어 해당 선로에 연계되어 있는 분산형전원이 저전압계전기에 의해 차단될 수 있다.

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	187 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

이러한 영향은 보통 대상 분산형전원의 저전압 차단시간을 지연시킴으로써 완화할 수 있다. 그러나, 그렇게 되면 역으로 분산형전원이 한전계통 재폐로와 협조를 이루기 위하여 단독운전 상태를 검출하고 한전계통에 대한 가압을 중지하는 기능에 영향을 미칠 수 있다.

- 기기의 단락 동작책무 실패

분산형전원이 선로에 추가되면 기존 한전계통 및 타 분산형전원 설치자 또는 전기사용 고객측 구내계통 상의 개폐장치 정격이 초과될 수 있다.

이는 고장이 지속되는 짧은 주기 동안 기기가 고장전류를 견디는 능력과 부하측 고장을 차단하는 능력에 영향을 줄 수 있다. 한전계통의 기기가 영향을 받는 것과 마찬가지로 인접 고객설비 내의 기기도 영향을 받을 수 있다.

만약 분산형전원이 이런 형태로 한전계통에 영향을 준다면 해당 한전계통 또는 인접 고객설비 내의 기기가 오동작할 수 있다. 이러한 동작 실패는 인명과 재산에 심각한 위험을 초래할 수 있다.

이러한 영향은 분산형전원의 추가를 반영한 고장분석을 수행하여 검토할 수 있다. 분산형전원으로 인한 고장전류의 크기가 상대적으로 작거나, 분산형전원이 단락전류를 발생시키지 않는 경우에는 분석을 생략할 수 있다.

영향을 받는 개폐장치를 교체하거나 단락전류를 기기의 최대 차단용량보다 작은 값으로 제한함으로써 이와 같은 영향을 누그러뜨릴 수 있다.

- 한전계통의 무효전력 부족

유도 발전기 및 인버터는 여자 시스템의 요구사항을 만족하기 위해 한전계통으로부터의 용량성 무효전력을 필요로 할 수 있다. 이 경우 한전계통에서 용량성 무효전력의 부족은 중요한 저전압 문제를 야기할 수 있다.

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	188 / 247
개정 일자	2025.12.02	

이러한 문제는 기준 제7조에 관계된다. 이와 같은 영향은 한전계통의 전력 조류 내에서 분산형전원의 무효전력 요구사항을 고려하여 검토할 수 있다. 한 가지 해결방법은 분산형전원이 최소한 역률 1(100%) 또는 약간의 진상 역률 상태로 운전되도록 콘덴서를 추가하는 것이다. 그러나, 이러한 콘덴서들이 자기여자(self-excitation) 문제를 초래하여 단독운전 상태의 검출을 방해할 수도 있다.

- 유도 발전기의 자기여자

콘덴서를 가진 유도 발전기는 순간적 또는 일시적인 단독운전 상태에서 자기여자될 수 있다.

- 계통 불안정성 유발

분산형전원 운영자의 입장에서는 한전계통이 상대적으로 극히 규모가 큰 전원으로 간주될 수 있다. 따라서, 합리적으로는 분산형전원이 한전계통의 불안정성을 유발하는 사례는 없다. 하지만, 분산형전원과 한전계통 간에 충분한 임피던스가 존재하는 경우에는 분산형전원이 안정성 문제를 발생시킬 수도 있다. 전력전달 곡선(power transfer curve)을 이용한 고전적인 분석방법에 의하면 분산형전원이 언제 45° 또는 그 이상의 운전각도(operational angle)에 접근하는지를 알 수 있다. 이 각도에서 한전계통의 고장은 분산형전원과의 동기화 실패를 초래할 수 있다.

분산형전원 운영자는 별 이상이 없는 환경 하에서도 분산형전원이 한전계통과의 동기성을 벗어날 수 있다는 것을 인지할 필요가 있다. 이러한 문제는 분산형전원의 규모가 커지거나 한전계통의 시설용량이 작아질수록(임피던스가 커질수록) 증가한다.

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	189 / 247
개정 일자	2025.12.02	

- 분산형전원 동기화 실패

분산형전원은 동일 한전계통 변전소 모선으로부터 인출된 인접 선로의 고장에 대해 고장제거 동작 중이나 그 직후에 안정성을 유지하지 못할 수도 있다. 이는 동기 발전기에 국한되는 것이다. 동기화 실패가 문제가 되는 경우는 한전계통의 고장점이 전기적으로 발전기와 가까운 반면, 동시에 발전기가 다른 사유로는 한전계통에 대한 가압을 중지할 필요가 없는 위치에 있을 때이다.

전기적인 고장은 동기 발전기로부터 전송될 수 있는 전력을 감소시키는 반면, 발전기에 대한 기계적인 원동력은 거의 일정하게 유지된다. 이러한 입력과 출력 간의 불균형으로 인해 발전기의 회전속도가 증가하여 발전전압의 위상각이 앞서게 되며, 이러한 진상 위상각은 출력 전력의 증가를 유발할 것이다. 하지만, 고장 때문에 전력의 증가는 기계적인 입력과 동등한 수준이 되지 못하여 가속이 계속될 수 있다. 고장이 제거될 때 발전전압의 위상각이 한전계통 전압의 위상각을 90° 이상 앞서는 지점을 이미 지나지 않은 경우라면 일반적으로 출력전력은 기계적 입력을 초과하게 될 것이다. 이와 같은 불균형의 역전에 의해 회전자의 속도가 줄어든 것이나, 회전자가 동기속도로 감속될 때까지는 발전기와 한전계통 간의 전기적인 각도가 계속 증가하게 될 것이다. 전기적인 각도차가 90° 를 넘어서게 되면, 그 이상의 각도 증가는 실제로 출력전력의 전송을 감소시키고, 회전자는 다시 가속되어 동기성을 벗어나게 될 것이다.

회전자가 상대적인 전기적 진상 각도 90° 에 이르기 전에 동기속도에 도달하면, 회전자는 동기속도 미만으로 감속을 계속하게 되고 위상각이 감소하여 결국 기계적인 입력과 같은 출력전력을 내는데 필요한 지점 아래로 떨어질 것이고, 발전기의 회전자는 다시 가속이 될 것이다. 이러한 과정은 회전자의 속도, 상대적인 위상각, 전류, 전압 및 전력조류의 동요(oscillation)처럼 계속될 수 있다. 보통의 경우에는 이러한 동요가 잦아들어 발전기가 동기속도에서 안정상태로 돌아가게 된다. 하지만, 발전기의 여자기나 기타

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	190 / 247
개정 일자	2025.12.02	

시스템의 상호작용으로 인해 회전자 각도가 90°를 넘어서고 발전기가 동기성을 상실하는 지점까지 그 크기가 커지도록 이러한 동요가 역으로 늘어날 가능성이 있다. 이와 같이 회전자 각도의 동요가 증가함으로 인한 동기화의 실패를 “동태 불안정(dynamic instability)”이라 부른다. 이는 회전자 각도의 첫 번째 편위시 발생하는 불안정 상태를 지칭하는 “과도 불안정(transient instability)”과 대비되는 용어이다.

어떤 고장이 불안정 상태를 유발할지 여부는 고장의 정도와 위치, 발전기의 운전출력, 해당 발전기에 의해 전력을 공급받는 부하의 위치, 고장 지속시간 및 고장 제거 후의 계통 임피던스에 달려 있다.

동기화의 실패는 한전계통 및 구내계통 전반에 걸쳐 전류 및 전력조류 뿐 아니라 전압에도 요동을 일으킨다. 이러한 과도전압의 크기나 빈도는 한전계통의 강도에 대비한 발전기의 규모와 관련이 있다. 이와 관련한 잠재적인 문제 발생의 가능성을 특징짓는 방법 중 하나는 강성비(stiffness ratio, 공통 연결점에서 분산형전원에 대한 한전계통의 상대적인 강도를 말하며, kVA 단위로 나타낸 각각의 단락용량 기여분의 비로 표시한다)를 분석하는 것이다.

동기화 실패 현상을 정확히 예측하기 위해서는 좀 더 복잡하고 비용이 드는 안정도 검토방법으로서, 계통의 관성, 발전기 원동기 시스템의 관성, 발전기 조속기의 양태, 원동기의 연료공급, 발전기의 여자 설계 및 동기성 실패 상태를 제한하기 위해 의도된 모든 발전기 제어시스템의 특성을 포함한 검토가 필요하다.

만약 동기화 실패가 기준 제16조 제3항에 제시된 플리커 요건 충족에 문제를 발생시킨다면, 해당 분산형전원을 한전계통으로부터 즉시 분리시키는 계전기나 동기화 실패 보호기능을 갖는 기타 장치를 추가해야 할 필요가 있을 수 있다. 이러한 보호장치를 적절히 적용하기 위해서는 일반적으로 앞서 언급된 안정도 검토를 수행할 필요가 있다.

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	191 / 247
개정 일자	2025.12.02	

- 유도 발전기 기동시 돌입전류 발생

회전자의 자속이 없는 유도기의 돌입전류는 선로에 전압강하를 유발할 수 있다. 유도 발전기는 처음에는 대규모 유도 전동기처럼 동작하여 상당한 전압강하를 일으킬 수 있다.

- 콘덴서 개폐로 인한 분산형전원의 차단

한전계통 상의 콘덴서 개폐(capacitor switching)는 인버터 및 기타 전압 민감 분산형전원의 불필요한 차단을 야기할 수 있다.

- 저주파수 차단 오동작

허용오차 범위가 넓은 저주파수 계전기는 부하가 있는 남아있는 상태에서 분산형전원의 차단을 일으킬 수 있다. 순간적인 단독운전에 대하여 분산형전원의 분리가 지연될 경우 한전계통의 저주파수시 부하차단 체계에 오동작이 일어날 수 있다.

- 배전자동화에 의한 선로 고장복구 방해

배전자동화에 의한 선로 고장복구 체계는 광범위한 계통 보호협조를 필요로 하며, 정상 및 긴급 상태의 다양한 조건들에 대하여 검토가 이루어져야 한다. 교차 설치되는 수동개폐기 및 자동개폐기와 3~5개의 리클로저로 구성되는 혼합 루프 계통에 대해서는 추가적인 분산형전원 보호협조가 필요할 수 있다.

- 분산형전원으로 인한 한전계통 전압변화

한전계통에 의해 많은 부하가 가압 또는 가압 중지될 때 전압조정 장치가 채 반응하기 전에 부하전류의 변화로 인해 한전계통 전반에 걸쳐 상당한 전압변화가 발생할 수 있다. 이를 보상하기 위해서는 이러한 부하들을 연결하는 것과 관련된 한전계통에 대한 설계 및 검토가 이루어져야 한다. 분산

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002		
			개정·페이지	15	192 / 247	
			개정 일자	2025.12.02		

형전원 역시 기동, 탈락시에 한전계통에 유사한 문제를 야기할 수 있으며, 다른 전기사용 고객에 대한 문제점을 예방하기 위하여 이를 완화시킬 필요가 있다. 분산형전원 운전시 기동 또는 탈락 직후의 전압변화를 최소화하기 위한 조정이 이루어져야 한다.

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	193 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

[부 록2]

분산형전원의 계통에 대한 영향 검토방법

분산형전원의 계통에 대한 영향을 검토한다는 것은 계통의 조정 없이 분산형전원을 연계할 경우 발생할 수 있는 계통에 대한 영향을 확인하는 것으로서, 한전계통의 운영, 안전성 및 신뢰성에 대한 잠재적인 악영향에 초점을 맞춘다. 이와 같은 잠재적 영향에 대한 세부사항은 부록 1을 참조한다.

계통 영향 검토에는 분산형전원 및 한전계통의 속성에 대한 간단한 비교 검토에서부터 다양한 전통적인 계통 검토방법을 활용한 세부적·종합적인 분석에 이르기까지 여러 가지 방법이 있을 수 있다.

부록 1과 부록 2는 IEEE 1547.2(분산형전원 계통연계에 관한 IEEE 표준인 IEEE 1547에 대한 적용 가이드, '08.12)의 관련 부록 내용을 발췌한 것이다. 아래 검토 방법에 대한 내용을 참고하되, 일반적으로 실제 한전계통 운영자가 분산형전원의 연계에 대한 기술검토를 수행할 때에는 ADMS 계통관리시스템(전압변동률, 보호협조 등 검토 프로그램), 고조파 검토 프로그램 등 한전이 운영하고 있는 기술검토 프로그램을 활용하거나 분산형전원 설치·운영자로부터 관련 시험성적서 등을 제출받아 확인하는 등의 방법으로 검토할 수 있다.

1. 간략 검토

간략 검토는 단지 분산형전원과 한전계통의 속성을 비교하는 방법으로서 기준에서 정한 요건이 쉽게 만족될 수 있을지 여부에 대한 주관적인 판단에 초점을 둔다. 일반적으로 성능이 보증된 분산형전원 설비의 사용 여부, 검출되지 않는 단독운전 상태 발생 여부, 한전계통의 보호 및 전기품질에 악영향을 미치는지 여부, 정상 및 고장 상태에서 한전계통의 정격을 벗어난 운전을 유발하는지 여부 등을 고려하여 이러한 판단을 내릴 수 있다.

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	194 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

가. 보증된 분산형전원 설비의 사용 여부

적정한 성능이 보증된 분산형전원 설비를 사용할 경우, 분산형전원의 영향에 대한 검토 절차가 크게 간소화된다.

나. 검출되지 않는 단독운전 상태 발생 여부

분산형전원을 방사상 배전선로에 연계할 때, 일반적으로 대상 분산형전원을 포함한 총 발전설비 연계용량이 가장 최근에 측정된 해당 선로구간 연간 최대부하의 15%를 초과하지 않을 경우에는 검출되지 않는 단독운전이 발생하지 않는 것으로 알려져 있다. 만약 해당 선로구간의 최소부하를 알 수 있다면 그 값의 50%를 적용할 수도 있다. 여기서, 선로구간은 전기사용 고객에 연결되어 있는 한전계통의 일부분으로서 자동 개폐장치 또는 해당 배전선로의 말단에 의해 경계 지어지는 구간을 말한다.

다. 한전계통 보호 및 전기품질에 대한 악영향 여부

일반적으로 대상 분산형전원을 포함한 해당 선로상 총 발전설비 연계용량이 대상 분산형전원의 책임한계점에 가장 가까운 특고압측 지점에서 그 배전선로 최대 고장전류의 10%를 초과하는 만큼의 전류를 기여하지 않을 경우 해당 한전계통의 전기품질을 저하시킬 가능성은 거의 없는 것으로 인정되고 있다. 이 경우 분산형전원으로부터 유출되는 고장전류는 한전계통 상 보호기기의 감도를 떨어뜨리지 않으며, 분산형전원의 정상 또는 비정상 동작으로 인해 발생할 수 있는 어떠한 전압 교란도 다른 전기사용 고객에게 공급되는 전압에 중대한 영향을 미치지 않는 것으로 여겨진다.

라. 정상 및 고장 상태에서 한전계통 정격초과 유발 여부

정상 및 고장 상태에서 분산형전원이 한전계통에 기여하는 최대전류를 결정하고 해당 선로상 모든 다른 발전설비의 총량을 함께 고려할 때 해당 분산형전원이 선로상 어떤 기기도 그 단락용량의 규정된 비율(a specified

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	195 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

percentage of short-circuit interrupting or withstand capabilities)을 초과하도록 유발하지 않음을 확인한다. 일반적으로 85% 내지 90%의 값이 사용된다. 이러한 확인방법은 변전소 차단기, 선로용 리클로저, COS 등을 포함한 선로상 모든 보호기기 및 설비에 적용한다. 이미 규정 한계값을 초과하는 부하를 가진 한전계통 선로에 분산형전원을 설치하는 경우는 이러한 간략 검토 대상으로 바람직하지 않다.

2. 상세 검토

상세 검토는 한전계통에 대한 분산형전원의 잠재적 영향을 면밀히 살펴보는 공학적 검토방법으로서, 관심사는 간략 검토와 유사하나 설비의 규모, 유형 또는 위치에 따라 면밀한 검토 없이는 적정성을 입증하는 것이 불가능한 경우에 적용한다.

상세 검토에는 전력조류 분석, 선로 단락상태, 전압강하와 계통 신뢰성 기준 위배 여부, 설비에 대한 과도한 스트레스, 전기품질 영향, 안정성 문제, 기타 한전계통 적정운전 관련사항을 확인하기 위한 플리커, 보호협조 및 접지 등의 검토가 포함된다. 더 나아가 확인된 문제들에 대한 실현가능한 완화방안 모색, 바람직한 설비 보정방법 제시, 건설비용 및 기간에 대한 공정한 평가 등을 포함할 수도 있다.

상세 검토는 분산형전원 및 한전계통에 대한 자료를 수집하여 이를 바탕으로 모델링을 하고 그 결과를 해석하여 확인된 모든 악영향에 대한 완화방안을 제시하는 것을 포함한다.

모든 상세 검토는 분산형전원 설비의 적정성을 입증하기 위해 상황에 따라 필요한 업무범위를 정하는 것으로부터 시작된다. 따라서, 아래에 기술된 모든 단계를 반드시 수행해야 할 필요는 없다.

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002		
			개정·페이지	15	196 / 247	
			개정 일자	2025.12.02		

가. 상세 검토의 개요

(1) 계통보호 검토

계통보호 검토의 일반적인 단계는 다음과 같다.

(가) 분산형전원과 한전계통 연계선로의 설계 특성을 정한다.

(나) 분산형전원이 기준에 따라 단독운전 상태를 발생시키지 않음을 확인한다. 이에 해당하는 예는 다음과 같다.

- 분산형전원 용량의 총합이 해당 구내계통 최소부하의 1/3 미만인 경우
- 해당 분산형전원이 적정한 단독운전 방지 시험을 통과한 것으로 보증되는 경우
- 한전계통으로부터 구내계통으로 흐르는 전력조류를 분산형전원 연결점과 접속점 사이에서 감지하여 그 방향이 역전되거나 크기가 설정치 이하로 떨어질 경우 해당 분산형전원을 분리시키는 역방향 또는 최소 전력조류 보호기능이 분산형전원 설비에 구비되어 있을 경우
- 분산형전원이 강제 주파수·전압 시프팅(shifting), 전송차단 또는 일정한 전력과 역률을 유지하기 위한 조속기 및 여자 제어장치 등 기타 단독운전 방지 기능을 갖추고 있을 경우

(다) 단락 검토를 수행한다.

(라) 한전계통 선로 기기의 동작책무에 대하여 검토한다.

(마) 분산형전원 연계 운전에 따른 부하 조류에 대한 한전계통 전선 및 기기의 정격을 검토한다.

(바) 전원측 퓨즈의 영향 및 분산형전원의 단상 연계(single-phasing) 가

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	197 / 247
			개정 일자	2025.12.02	

능성을 고려한다.

(사) 각 전원측 보호기기의 고장 감도에 대한 영향을 검토한다.

(아) 전원측의 과전류 보호장치에 대한 분산형전원의 영향을 검토하고, 각 장치에 대하여 다음 사항을 고려한다.

- 발전기의 접지방식 및 변압기 결선방식에 기초하여 단상 지락고장이 전원측 보호기기 운전시 과전압 상태를 유발할지 여부를 검토한다.
- 보호기능을 방향성으로 할 것인지 정한다.

(2) 안정상태 성능 검토

안정상태의 성능 검토는 선로상 다양한 지점에서의 전압 제어와 부하 검토를 포함하며, 부하 및 분산형전원의 발전 주기를 고려하여야 한다. 또한 콘덴서 개폐 및 전압 조정기 탭절환의 영향도 고려되어야 한다. 일반적인 검토 단계는 다음과 같다.

(가) 전력조류 분석 프로그램으로 한전계통과 분산형전원을 모델링한다.

(나) 선로상의 부하와 분산형전원 발전설비의 전형적인 프로파일(time profile)을 구한다.

(다) 부하와 분산형전원의 프로파일에 따라 한전계통의 부하 조류 상태를 모의한다. 만일, 해당 프로그램이 이를 자동으로 수행하지 못한다면 부하와 발전설비에 가중치를 부여한 히스토그램을 만들 수 있으며, 수동적으로 이를 조합하여 모의할 수 있다.

(라) 역조류 상태가 탭절환 전압조정 장치나 선로 전압강하 보상기의 정정에 악영향을 미치는지 여부를 검토한다.

(마) 분산형전원이 콘덴서 뱅크의 제어에 악영향을 미치는지 여부를 검토

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	198 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

토한다.

(바) 정상 운전시 한전계통 전압 프로파일이 전기사업법 제18조 및 동법 시행규칙 제18조에서 정한 표준전압 및 허용오차의 범위 내에서 유지됨을 확인하고 어떤 기기도 과부하가 되지 않음을 확인한다.

(사) 분산형전원의 역률 또는 무효전력 공급이 한전계통의 전압 프로파일을 개선하도록 사양이 정해져 있는지 여부를 검토한다.

(3) 전기품질 검토

전기품질 영향에 대한 검토는 기기의 손상이나 고객의 전기사용에 대한 장애를 초래할 수 있는 과도현상, 고조파, 철공진(ferroresonance), 순간적인 과전압에 대한 검토를 포함한다. 풍력이나 태양광 발전 같은 분산형전원 설비에 대해서는 플리커도 검토되어야 한다. 일반적인 검토단계는 다음과 같다.

(가) 전자기적 과도현상 해석 프로그램(EMTP, ElectroMagnetic Transients Program)으로 한전계통과 분산형전원을 모델링한다. 고조파 검토시에는 고조파 검토 전용 프로그램을 대신 사용할 수 있다. 플리커 검토에 대해서는 단락 검토 프로그램(short-circuit program)을 사용하되, 보완적으로 수작업 계산을 수행할 수 있다.

(나) 한전계통 및 분산형전원의 다양한 운전 상태에 대하여 고장발생 및 제거 동작을 모의하고, 기기 절연과 피뢰기의 용량에 대비하여 이로부터 초래되는 과도현상 및 순간적인 과전압을 검토한다.

(다) 인근 모터의 기동과 함께 콘덴서 및 분산형전원의 개폐 동작을 모의한다. 분산형전원의 적정 운전과 인근 전기사용 고객에 대한 영향에 대하여 과도현상을 검토한다.

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002		
			개정·페이지	15	199 / 247	
			개정 일자	2025.12.02		

(라) 단상 고장이 발생할 수 있는 경우에는 철공진의 가능성을 검토하기 위해 이를 모의한다.

(마) 필요시 IEC/TR 61000-3-7 등 관련 국제기준에 따라 분산형전원에 의해 발생하는 플리커를 검토한다.

(바) 배전계통 고조파 관리기준에 따라 분산형전원에 의해 발생하는 고조파를 검토한다.

(4) 계통 안정도 검토

소규모 분산형전원 연계시에는 안정도 검토가 필요하지 않으나, 임피던스가 큰 계통에 대해서는 안정도 검토가 필요할 수 있다.

계통 안정도 검토란 계통의 과도현상 및 외란에 의한 동요성 반응에 대하여 분산형전원의 영향을 검토하는 것이다. 가장 기본적으로 계통과 이에 연계되는 동기기는 과도적인 이벤트를 견뎌야 한다. 과도 안정도는 일반적으로 최초 동요시험(swing test)에서 동기성을 유지하는 것으로 입증된다. 발전기 내부의 전압, 임피던스, 관성 등 분산형전원 발전기의 특성은 과도 응답에 영향을 미치는 주요 변수이다. 동태 안정도에 대해서는 좀 더 긴 지속시간 동안 분산형전원 여자기 및 조속기 동작의 영향을 고려한다. 동태 안정도는 발전기 및 계통의 동요성 반응이 정(正)의 방향으로 약화될 경우(즉, 적정 시간 내에 감소할 경우를 말한다. 참고로 IEEE Std 399에 의하면 이 시간을 6초로 정하고 있다) 입증된다. 분산형전원이 비교적 높은 단락책무를 가진 강한 계통에 연계되는 경우, 광범위한 계통 안정도에 대한 분산형전원의 영향은 일반적으로 관심의 대상이 되지 않으며 강제적인 제한을 받지 않는다. 계통 안정도에 대한 일반적인 검토단계는 다음과 같다.

(가) 계통을 모의한다.

 KEPCO <small>KOREA ELECTRIC POWER CORPORATION</small> 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	200 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

(나) 외란을 모의한다.

(다) 모의 결과를 분석한다.

만약 전력조류나 단락책무에 대한 검토를 기 수행하였다면 안정도 검토 시에는 해당 계통 및 발전기 관련 기본 데이터를 재사용할 수도 있으나 다음 데이터가 추가로 필요할 수 있다.

- 분산형전원 발전기의 과도 및 차과도 리액턴스
- 분산형전원 관성의 H 상수
- 분산형전원 조속기 모델
- 분산형전원 여자기 모델

나. 계통 모델링

(1) 한전계통 모델링

한전계통 운영자의 공학적 분석 소프트웨어 패키지를 이용하여 배전선로 및 변전소를 전기적으로 모델링할 수 있다. 이 모델은 과전류 보호장치 정정, 콘덴서 제어 정정 및 탭절환장치 제어 정정 기능을 포함하여야 한다.

고객 계약종별 정보와 함께 부하 프로파일(load profile) 또는 부하 지속 시간 곡선(load duration curve)이 구해져야 한다. 기존의 인근 고조파 또는 플리커 유출원도 명시되고 정량화되어야 한다.

(2) 분산형전원 모델링

분산형전원의 모델링은 발전기 및 연계·보호설비에 대한 모델링을 포함한다. 이를 위해 다음 자료가 필요하다.

(가) 발전기 임피던스 데이터 및 접지방식

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	201 / 247
개정 일자	2025.12.02	

(나) 발전용 변압기 데이터, 결선방식 및 임피던스

(다) 발전설비 단선도

(라) 발전설비 운전 설명

(마) 발전기 보호설비 목록

(바) 연계 보호장치 자료

해당 분산형전원 유형에 따라 발전기 데이터는 발전기의 과도 또는 동태 안정도 모델 형식으로 제공될 수 있다. 때로는 제조사들이 구성도나 블록 다이어그램을 포함한 상세 모델을 제공하기도 한다.

(3) 계통 모델링 소프트웨어 관련 일반사항

분산형전원 영향에 대한 상세 검토는 일반적으로 모의 프로그램을 사용하여 수행된다. 배전계통에 대해 일반적으로 상용화된 공학적 분석 소프트웨어 패키지는 불평형 임피던스 및 부하를 갖는 수지상 선로에서의 전력조류(즉, 전압강하) 및 고장전류 문제를 주로 다룬다. 일반적으로 전력조류 응용 프로그램은 전선의 규격 및 허용전류 용량 확인, 전압강하가 허용오차 범위 내에 있는지 여부에 대한 확인, 전압조정기 탭 정정, 선로 전압강하 보상기 정정 및 콘덴서 뱅크 영향 검토 기능을 포함한다. 보통의 고장전류 응용 프로그램은 기기 정격 확인 및 보호계전기, 리클로저, 섹셔널라이저, 선로용 퓨즈의 보호협조 기능을 포함한다. 이 모든 기능은 분산형전원의 영향 검토에 있어 중요한 것들이다.

계통에 대한 소프트웨어 모델링은 계통의 불평형을 고려할 필요가 있기 때문에 통상적인 임피던스(sequence impedance) 범위를 넘어서는 데이터를 필요로 할 수도 있다.

몇몇 진보된 기능의 분석 프로그램들은 신뢰도 평가, 콘덴서 뱅크 최적

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	202 / 247
개정 일자	2025.12.02	

화, 선로 연계점 상시개방 개폐기 최적화, 부하 배치, 부하 평형, 아크 섬광(arc flash) 위험 등을 포함하기도 한다. 이런 기능은 분산형전원과 간접적으로 관련이 있는 것들이다.

분산형전원 영향 검토에 있어 더 중요한 진보된 기능에는 다양한 분산형전원 인터페이스의 모델링, 사용자 정의 모델링 지원, 3상 메쉬 네트워크(meshed network) 계통에 대한 해석(robust solution), 부하 또는 발전 프로파일 곡선에 대한 자동 해석 등이 포함된다. 진보된 최적화 기능을 적절히 활용하면 과부하나 정전을 최소화하기 위한 분산형전원의 위치 및 규모를 제시할 수 있다.

(4) 기타 소프트웨어 도구

(가) 전력조류 분석

전력조류 또는 전압강하 분석 프로그램은 고장이 발생하지 않은 안정상태의 계통 조건 하에서 모든 지점에서의 전압 및 전류를 계산한다. 전압과 관련한 부하 및 발전기의 다양한 특성이 사용될 수 있다. 대부분의 전력조류 분석 프로그램은 발전기에 대해 일정전력/일정전압(constant power / constant voltage) 모델을 포함하고 있으나, 분산형전원의 경우에는 전압을 능동적으로 조정해서는 안 되기 때문에 이는 분산형전원에는 적합하지 않다. 분산형전원의 유형에 따라 일정 PQ, 일정 Z 또는 일정 I 모델이 더 적합할 수 있다. 일정역률 운전 역시 일정 PQ 모델에 의해 구현될 수 있다.

콘덴서 뱅크나 탭절환기와 같은 어떠한 전압 제어 요소에 대해서도 안정된 응답이 전력조류 프로그램 내에 포함되어 있어야 한다. 시간에 따라 변화하는 분산형전원에 대해서는 분산형전원의 발전 프로파일에 대한 시간대별 전력조류 해석(time-sequenced power flow solution) 기능을 가진 것이 도움이 된다. 경제적 제한요건 검토를 위해서는 다양한 부하 및 발

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	203 / 247
개정 일자	2025.12.02	

전 프로파일에 대한 자동해석 기능을 사용하면 검토 시간을 절약할 수 있다.

(나) 단락회로 분석

단락회로 분석 프로그램은 고장 조건에서 전압 및 전류에 대한 안정상태의 해석 프로그램이다. 일반적으로는 선로 단락을 다루나, 선로 개방 상태를 포함할 수도 있다. 분산형전원의 영향을 검토하기 위해서는 분산형전원의 단락시 기여 정도가 적절히 나타내져야 한다. 어떤 분산형전원의 경우에는 대부분의 공학적 분석 패키지가 다룰 수 있는 고전적인 동기 발전기 또는 유도기와 같이 동작하지 않는다.

과전류 보호기기 간의 협조는 전통적으로 단락회로 분석 소프트웨어의 범위 내에 포함되어 있다. 이는 일반적으로 전류 및 시한 정정을 검증하기 위한 TC 곡선(time-current curve) 분석과 함께 이루어진다. 이러한 기능을 지원하기 위해서는 다양한 기기 특성과 TC 곡선이 필요하다. 기기 정정을 위한 원칙적인 절차도 제공될 수 있다. 재폐로에 대한 분산형전원의 영향을 고려할 때에는 예를 들어 준정태(準靜態, quasi-static), 시간대별(time-sequenced) 또는 이벤트 기반(event-based) 해석 모드가 유용하다. 이는 최초 고장 검출 및 제거 동작 뿐 아니라 고장 이벤트 전반에 걸쳐 적절한 계통의 반응을 검증하는데 도움을 줄 것이다. 단락상태의 전압은 분산형전원에 의한 영향을 포함하여 다른 전기사용 고객이 경험하는 순간전압강하(voltage sag)의 크기를 산정하는데 사용될 수 있다.

(다) 동태(dynamics) 분석

동태 분석 프로그램(dynamics program)은 때로는 “과도 안정도 프로그램(transient stability program)”으로 불리기도 한다. 이는 메쉬 네트워크에서 발전기의 전기·기계적 동태를 모의한다. 분산형전원 영향 검토에 있어서는 동태 분석 프로그램을 단독운전 검토나 저전압 보상

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	204 / 247
개정 일자	2025.12.02	

(low-voltage ride-through) 검토에 활용할 수 있다.

송전계통 동태 분석 소프트웨어는 일반적으로 계통의 상 평형을 가정함에 따라 표현이 정(正)의 시퀀스로 제한된다. 또한, 분산형전원의 영향 검토에 있어서는 중대한 제한요건이 될 수 있는 발전기 모델의 고정자 과도현상을 무시하기도 한다. 상(phase) 측면에서는 산업용으로 일반화된 패키지가 존재한다. 배전에 초점을 둔 동태 분석 소프트웨어도 역시 개발되고 있다. 따라서, 분산형전원 영향 검토에 활용하기 전에 동태 분석 프로그램의 기술적인 성능이 적절한지 먼저 검증할 필요가 있다.

(라) 고조파 부하 조류 및 주파수 분석

이런 종류의 프로그램은 한전계통에 대하여 주파수별 구동점 임피던스(driving point impedance) 및 전달 임피던스(transfer impedance)를 계산한다. 또한 한전계통의 주어진 특정 전류 유출원에 대하여 고조파의 조류를 구하고, 고조파 필터의 설계와 한전계통의 다양한 지점에서의 고조파 전압 왜형률을 산정한다. 분석방법은 고장 분석 또는 전력조류 분석과 흡사하다. 주된 차이점은 다수의 주파수에 대하여 해석이 이루어지기 때문에 각 성분 임피던스의 주파수 의존 특성을 나타낼 수 있으며, 결과 보고서도 고조파에 특화된 형태가 된다는 점이다.

(마) 전자기적 과도현상 분석

이런 종류의 프로그램은 위상 좌표(phase coordinates)에서 완전 불평형 계통 모델(full unbalanced system model)을 가지고 시간 영역에서의 고주파 과도현상을 모의한다. 일반적으로 이를 전자기 과도현상 프로그램 또는 EMTP(ElectroMagnetic Transients Program)이라 부른다. 그러나, 몇 가지 변형 프로그램이 존재하고 이들 상호간에 모두 호환성이 있지는 않다. 어떤 과도현상 및 전기품질 검토를 위해서는 EMTP가 필요하다. 또한, 고조파 검토를 위해 사용할 수도 있다. 몇 가지 분산형전원 상세 검

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	205 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

토 모델링은 EMTP를 통해서만 가능하기 때문에 일반적으로 다른 도구를 사용하여 이미 수행된 분석들에 대해 EMTP를 함께 사용할 수 있다. 이러한 예로는 고장 분석, 과전류 보호장치 응답, 플리커 및 고조파, 동태 안정도 및 단독운전 검토 등이 있다.

다. 검토를 위한 데이터 요구사항

분산형전원의 영향에 대한 상세 검토를 위해서는 한전계통과 분산형전원 설비에 대한 데이터가 모두 필요하다. 이러한 데이터는 일반적으로 다른 장소에 다른 형식으로 존재하기 때문에 검토 담당자는 분산형전원 영향 검토를 완수하기 위해서 복수의 소프트웨어 도구를 사용하거나 다소 시간이 소요되는 데이터 변환작업을 수행해야 할 필요가 있을 수 있다.

3. 검토결과의 활용

상기 2호에 기술된 상세 검토 특성에 기초하여 확인된 문제점에 대한 완화방안을 제시하면 다음과 같다.

가. 계통보호 관련문제 완화방안

계통보호 관련문제를 처리하는 방법의 예는 다음과 같다.

- (1) 분산형전원 설치개소와 전원측 변전소 사이에 설치된 선로용 퓨즈를 리클로저와 같은 3상 차단기기로 교체한다.
- (2) 배전계통의 보호기기들이 방향성 보호특성을 구비하도록 변경하거나 방향성 특성을 갖는 보호기기로 교체한다.
- (3) 전원측 선로 차단시 다음과 같이 몇 가지 보호 관련 문제를 해결하기 위해 전원측 변전소로부터 분산형전원 발전기 측으로 전송차단 신호(transfer trip)를 보낸다. 전송차단은 신뢰성 있는 통신 채널을 필요로 한다.

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	206 / 247
개정 일자	2025.12.02	

(가) 구내 발전기 보호장치가 단독운전 상태를 검출할 수 없는 경우에는 전원측 보호기기로부터 해당 발전기까지 전송차단 장치를 설치할 수 있다.

(나) 1상 지락고장에 대하여 전원측 보호기기가 개방된 후 과전압 상태가 발생할 수 있는 경우에는 전원측 보호기기로부터 해당 발전기까지 전송차단 장치를 설치할 수 있다. '전송차단 통신을 위한 시간 + 분산형전원의 차단시간'은 전원측 보호기기의 동작시간과 비교되어야 한다. 전원측 보호기기가 분산형전원보다 먼저 동작하여 일정 시간동안 과전압 상태가 존재하게 될 가능성이 있다. 전원측 보호기기의 동작시간을 지연시키면 이러한 시간 차이를 해결할 수 있다. 전원측 변전소 선로용 차단기의 자동 재폐로 및 선로 중간에 설치되어 있는 리클로저의 자동 재폐로에 대해서는 부하측 발전기가 차단된 경우에만 재폐로가 발생되도록 제어할 수 있다. 이와 같은 재폐로 감시를 위해 전송차단 채널을 통한 발전기측 차단기 개방 인지 또는 부하측 3상 전압 감지방법을 사용할 수 있다.

(4) 분산형전원이 연계되어 있는 선로에 대해서는 선로 말단 차단기(feeder terminal breaker)의 트립 기능을 갖추도록 전원측 변전소 보호체계를 변경한다.

나. 안정상태 성능 관련문제 완화방안

안정상태 성능과 관련한 문제에는 전압 제한 초과, 설비 과부하, 바람직하지 않은 전압 제어 상호작용 등이 있다. 완화방법의 예로는 다음과 같은 것이 있다.

- (1) 과부하나 전압 초과 상태를 제거하기 위하여 선로 구간의 전선을 추가 보강하거나 변전소 주변압기 용량을 늘린다.
- (2) 분산형전원을 전원측 변전소에 가깝게 이동시킨다.

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	207 / 247
개정 일자	2025.12.02	

- (3) 온도 또는 시간 제어 콘덴서 개폐장치를 전압 제어, 전류 제어 또는 무효전력 제어장치로 대체한다.
- (4) 적절한 통신설비를 설치하여 중앙집중형 콘덴서 분산제어 시스템(Centralized capacitor dispatch)을 사용할 수도 있다.
- (5) 분산형전원이 존재하는 경우에도 올바르게 운전될 수 있도록 전압 조정기의 설정값을 변경하거나 역조류에도 적절히 동작하도록 설계된 전압 조정기를 사용한다.

다. 전기품질 관련문제 완화방안

전기품질과 관련한 문제에는 분산형전원으로부터 유입되는 과도한 고조파·플리커 문제와 과도현상 또는 순간적인 과전압으로 인한 설비 피해 등이 있다. 완화방법의 예로는 다음과 같은 것이 있다.

- (1) 고조파 또는 플리커 문제에 대해서는 다른 유형의 연계 시스템을 사용하거나 제조사의 연계 제어장치 조정 등을 통해 그 정도를 약화시킬 수 있다.
- (2) 고조파 문제의 경우에는 필터 설치를 고려할 수 있다.
- (3) 플리커 문제의 경우에는 분산형전원을 변전소 쪽으로 더 가깝게 재배치하면 도움이 될 수 있다.
- (4) 순간 과전압 문제에 대해서는 절연 보호를 위한 적정 여유를 감안하여 피뢰기 정격전압을 일반적인 수준에서 더 증가시킬 필요가 있다. 연계 변압기 결선방식 또는 보조 접지 변압기의 변경을 고려해 볼 수 있으며, 연계 제어장치 조정도 도움이 될 수 있다.
- (5) 플리커 및 순간전압강하 문제는 속응성 무효전력 보상장치(dynamic-responding VAR compensation equipment)를 사용하여 완화시킬 수 있다.

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	208 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

라. 계통 안정도 관련문제 완화방안

계통 안정도와 관련한 문제에는 동기성 상실, 과도 전압·주파수 변동 과다, 전압·전류·주파수·전력·토크의 동요가 충분히 약화되지 않는 현상 등이 있다.

완화방법의 예로는 계통이 불안정해지기 전에 고장이 제거되거나 기기가 분리되도록 보호체계를 갖추는 것이다. 계통 안정도 문제가 확인될 경우, 안정도 검토를 통해 확인된 문제에 대하여 고장을 제거하거나 기기를 분리시키는데 필요한 임계 제거시간을 또한 결정해야 한다. 해당 분산형전원 연계를 위해 시설되는 보호시스템을 종합 검토하기 위해서는 이러한 정보가 검토 담당자에게 제공되어야 한다.

분산형전원 발전기 측에서는 계통 안정도 관련문제의 완화가 그리 쉽지 않다. 고려할 수 있는 방법으로는 전력계통 안정화 장치 추가, 분산형전원의 관성(inertia) 변경, 더 강력한 여자기 또는 조속기의 사용 등을 예로 들 수 있다. 분산형전원에 대하여 원동기, 발전기, 여자기 및 조속기를 일체로 통합할 수도 있다.

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	209 / 247
			개정 일자	2025.12.02	

[부록 3]

분산형전원 연계 상세 기술검토 방법 및 절차

분산형전원이 배전계통에 미치는 영향에 따라 해당 배전선로에 연계되어 있는 전체 분산형전원의 “누적용량”과 개별 분산형전원의 용량인 “(단위)연계용량”에 대한 평가를 위한 기술적 요건과 연계를 제한하는 직접적인 요건으로 적용하지는 않으나 계통의 전기품질 유지 및 보호협조 관점에서 검토되어야 하는 기술적 요건들을 아래 표 1과 같이 정리할 수 있다.

표 1. 분산형전원 연계 기술검토를 위한 기술적 요건

관리 개념	기술적 요건	연계용량 평가 방안
누적 연계용량 평가	<ul style="list-style-type: none"> · 적정전압 유지 측면 · 단락용량 상회 측면 	<ul style="list-style-type: none"> · 분산형전원 연계로 인한 주변압기 송출기준전압 변동 제한 · 분산형전원 연계에 따른 단락용량 증대 제한 → 배전단위의 연계용량 제한 기준으로 적용 · 규정전압 유지를 위해 분산형전원 연계에 따른 전압변동 제한 → 피더단위 연계용량 제한 기준으로 적용
단위 연계용량 평가	<ul style="list-style-type: none"> · 순시전압변동 측면 	<ul style="list-style-type: none"> · 개별 분산형전원의 계통 병입 시 유발하는 전압변동을 제한 · 개별 분산형전원의 출력변동 및 탈락에 따른 전압변동을 제한 → 개별(단위) 분산형전원의 연계용량 제한 기준으로 적용
기술검토 사항	· 고조파 왜곡 측면	· “배전계통 고조파관리 기준”을 적용
	· 보호협조 측면	· “분산형전원 연계 배전선로 보호업무 편람”에 따른 기술검토
	· 기술기준 기본사항 (전기방식, 접지와외 협조, 동기화, 비의도적 한전계통 가압, 감시설비, 분리장치, 단독운전 등)	· “분산형전원 배전계통 연계기술 Guideline”에 의한 기술검토 및 기술적 요건으로 적용

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	210 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

위 표에서 정리한 바와 같이 분산형전원의 누적 연계용량은 주변압기 뱅크와 배전선로에서 각각 평가한다. 먼저 주변압기 뱅크의 누적 연계용량은 계통의 적정 전압 유지측면과 단락용량 상회 측면에서 분산형전원의 연계로 인해 배전계통 전체 전압을 제어하는 주변압기 OLTC의 불필요한 동작을 야기하지 않아야 하며 배전계통에 설치된 보호기기의 차단용량을 상회하지 않는 수준으로 연계 가능 용량을 평가할 수 있다. 주변압기의 연계용량 평가에 문제가 없다면 해당 배전선로에서 연계용량 평가를 수행한다. 해당 배전선로에서는 분산형전원의 연계로 인해 전기사업법에 명시되어 있는 저압 공급 유지 전압범위 $220V \pm 6\%$ 를 초과하는지 여부를 검토하여 연계 가능 여부를 평가할 수 있다.

분산형전원의 연계용량을 누적용량 개념으로만 평가할 경우 특정 뱅크 혹은 특정 배전선로에 단위용량으로 대용량의 분산형전원이 연계될 수 있다. 단위용량으로 분산형전원이 대용량화 될 경우 계통 병입시 발생하는 순시전압변동과 급격한 출력변동 및 계통 탈락에 의한 순시전압변동이 야기될 수 있다. 따라서 IEC의 순시전압변동 허용 기준을 근거로 분산형전원의 단위연계용량을 평가할 수 있다.

이 밖에도 기술기준에서 제시하고 있는 여러 가지 기술요건은 분산형전원의 계통 연계 신청시 해당 기술요건을 만족하는지 혹은 추가적인 대책이 무엇이 필요한지를 검토하는 기술검토 항목으로 적용될 수 있다.

정리하면, 분산형전원이 계통에 연계 신청을 하면 먼저 뱅크단위에서의 누적연계용량을 검토하고 연계가 가능하다면 해당 피더단위에서의 연계검토를 통해 연계 가능 여부를 평가한다. 연계가 가능하다면 기술기준에서 제시하는 기술요건을 만족하는지 여부를 검토하여 최종 연계를 승인할 수 있다.

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	211 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

1. 분산형전원 연계 기술검토 개요

분산형전원의 연계용량 평가의 1단계는 간소검토 용량기준을 적용하여 상세평가 없이 연계 가능 여부를 검토할 수 있는 단계이다. 간소검토 용량기준을 적용하여 계통에 접속되는 모든 분산형전원에 대해서 수행했던 기술검토를 간소화함으로써 연계업무 절차의 간소화를 도모할 수 있다. 분산형전원의 특고압 및 저압 연계에 있어 간소검토 용량기준 이하인 경우 상세 기술검토를 생략할 수 있으나 기술기준 제2장 제1절 기본사항은 만족해야한다.

간소검토 용량 기준을 초과하는 용량에 대해서는 평가단계의 2번째 단계로 상세 평가를 진행한다. 상세평가 시에는 분산형전원이 연계되는 선로 환경, 연계위치, 분산형전원의 종류 등을 반영하여 기술평가를 수행한다. 간소검토 용량기준을 초과하는 경우 기술기준 제2장 제1절의 기본사항뿐만 아니라 기술기준 제2장 제2절의 평가사항을 기준으로 상세 기술평가를 시행해야 한다.

연계평가의 마지막 단계로 상세평가 결과 연계가 불가한 경우 엔지니어링 절차에서 설비보강, 신기술 적용 등의 보완 대책을 강구할 수 있는 경우 연계를 허용할 수 있다. 즉, 연계용량을 평가하는 기준인 적정전압이탈, 순간전압변동, 송출전압변동, 단락용량 증대 및 전력품질 문제 등의 기술적 요건을 만족하지 못하는 경우 무조건 연계를 불허하지 않고 관련 기술적 요건을 만족할 수 있는 대책이 있고 설비 보강 등의 기술적, 비용적 합의가 있어 실제 분산형전원 연계로 인해 발생할 수 있는 기술적 문제를 해결할 수 있다면 연계를 허용할 수 있다.

가. 분산형전원 계통 접속 방식 결정 및 최대 연계가능 용량

분산형전원의 연계용량(단위용량)에 따라 연계할 수 있는 접속설비는 아래와 같이 규정한다.

- 주변압기 뱅크 : 40MW 이하(45/60MVA 변압기), 20MW이하(30/40MVA 변압기)

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	212 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

- 특고압 일반선로 : 10MW 이하
- 저압 배전용변압기: 500kW 미만
- 저압 일반선로 : 변압기 정격용량의 25% 이하

특고압 및 저압 접속설비별 기술기준에서 정한 기술요건을 만족하는 경우에 한하여 연계 가능한 최대 분산형전원의 누적연계용량은 아래와 같이 규정한다.

- 주변압기 뱅크 : 50MW(45/60MVA 변압기), 30MW(30/40MVA 변압기)
- 특고압 일반선로 : 상시운전용량 이하
- 저압 배전용변압기 : 변압기 정격용량의 50% 이하
- 저압 일반선로 : 변압기 정격용량의 25% 이하

나. 분산형전원 연계용량 평가 기준의 기술적 근거 및 평가 방안 요약

(1) 주변압기 뱅크 누적 연계용량 평가

- 기술적 배경 : 분산형전원 출력으로 주변압기 OLTC의 빈번한 동작 및 불필요한 동작으로 OLTC 수명 저하(지속적 순간전압변동 야기) 및 송출기준 전압의 저하/상승으로 인한 일반고객의 저전압/과전압 발생 가능성
- 간소검토 용량기준 : 주변압기 용량의 15% 이하
- 상세평가 방법 : 주변압기 OLTC의 실제 LDC 정정치를 반영하여 분산형전원의 출력으로 인해 주변압기 OLTC 탭의 불필요한 동작이 일어나지 않는 수준으로 연계용량 평가
- 엔지니어링 : OLTC 운전 방식 및 정정치 재조정

(2) 특고압 일반선로 누적 연계용량 평가

- 기술적 배경 : 분산형전원의 출력으로 인해 배전선로의 전압상승을 야기하여 일반고객에게 과전압 발생
- 간소검토 용량기준 : 배전선로 상시운전용량의 15% 이하

 KEPCO <small>KOREA ELECTRIC POWER CORPORATION</small> 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	213 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

- 상세평가 방법 : 실제 배전선로의 부하 상황에 따른 전압 상한여유도를 산정하여 분산형전원 출력에 의한 전압 상한여유도 초과 여부 검토
- 엔지니어링 : 선로전압조정장치 및 새로운 전압관리 기술의 적용

(3) 특고압 배전선로 단위 연계용량 평가

- 기술적 배경 : 분산형전원의 간헐적 발전 특성에 의해 배전계통에 지속적인 순간전압변동 야기 → 고객 설비에 공급되는 전기품질 저하
- 상세평가 방법 : 분산형전원의 간헐적 발전특성과 연계 위치 등을 고려하여 순시전압변동을 기준 적용 (IEC 국제 기준 준용)
- 엔지니어링 : 분산형전원 출력 안정화 기술 적용

(4) 저압 배전용 변압기 누적연계용량 평가

- 기술적 배경 : 분산형전원의 출력으로 인해 저압 배전용 변압기 직하 전압 변동 야기로 저압 일반고객에게 과전압 발생
- 간소검토 용량 : 분산형전원의 누적 용량이 배전용 변압기 용량의 50% 이하이고 배전용변압기 직전 1년 평균 상시이용률 이하인 경우 공용변압기 연계, 누적 용량이 50% 초과하거나 직전 1년 평균 상시이용률을 초과하는 경우 전용변압기 연계

(5) 저압 일반선로 누적/단위 연계용량 평가

- 기술적 배경 : 분산형전원의 출력으로 인해 저압 배전선로의 전압상승을 야기하여 저압 일반고객에게 과전압 발생
- 감소검토 용량 : 분산형전원의 누적 및 단위 용량이 해당 배전용 변압기 용량의 25% 이하인 경우 저압 일반선로 연계, 누적 및 단위 용량이 25% 초과하는 경우 전용선로 연계
- 적정전압 평가 : 분산형전원 접속점 전압이 전기사업법에서 정한 표준전압

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	214 / 247
			개정 일자	2025.12.02	

및 허용오차의 범위를 초과하는지 여부 검토

- 엔지니어링 : 분산형전원 출력 역률 제어 기법 및 저압 배전용변압기의 자동 전압제어 기법 등의 적용

2. 특고압 연계 기술검토 절차

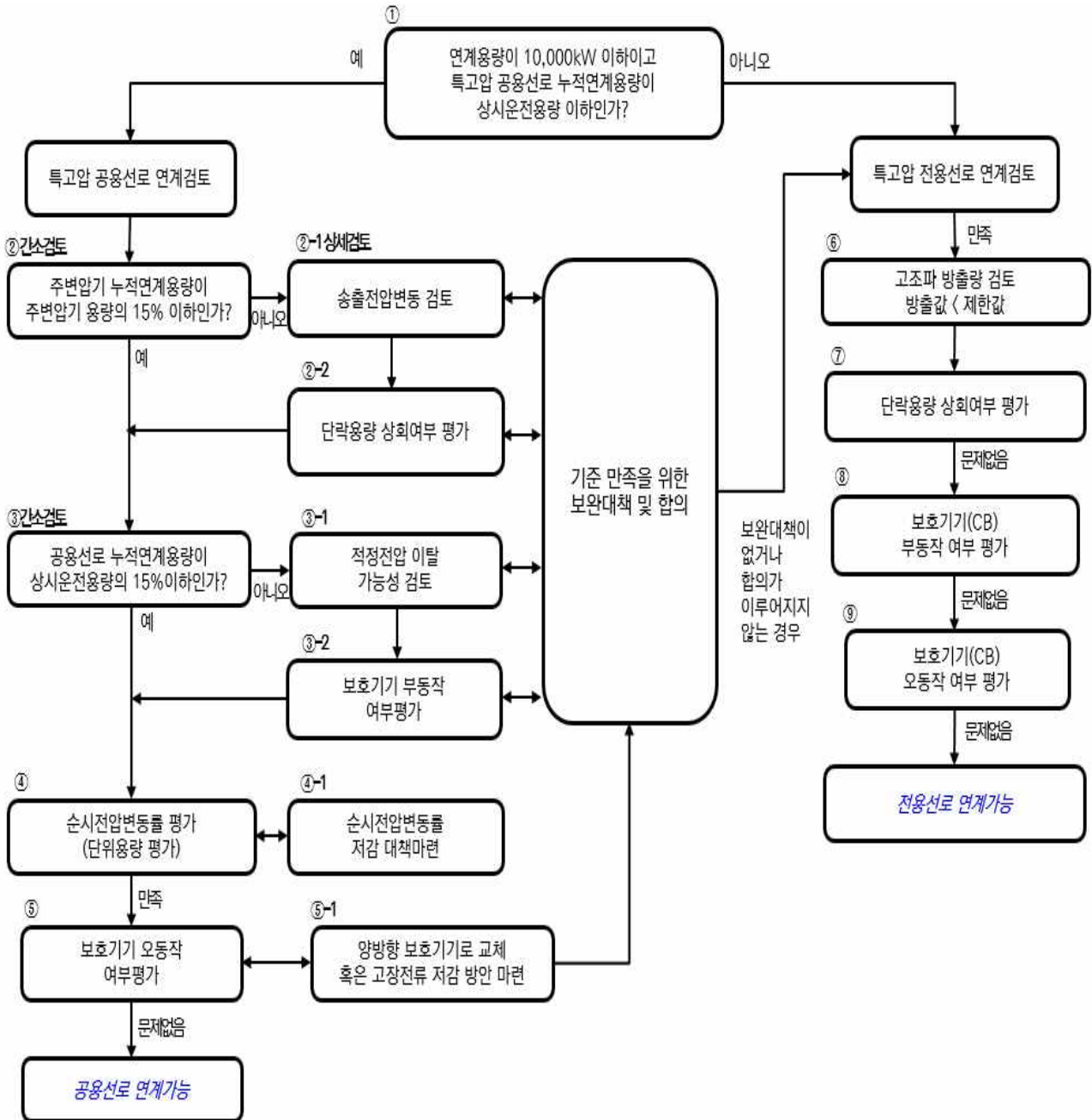


그림 1. 분산형전원의 특고압 연계 기술검토 절차

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	216 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

분산형전원이 연계하고자 하는 해당 주변압기 बैं크에서 주변압기 누적연계용량 (해당 주변압기에서 공급되고 특고압 일반선로 및 전용선로에 연계된 모든 기존 분산형전원의 누적용량과 신규 분산형전원 연계용량의 합)이 25,000kW 이하인 경우 그림 1의 특고압 연계 기술검토 절차에 따라 기술검토를 시행하며 세부 단계별 검토방법은 아래와 같다. 주변압기 누적연계용량이 25,000kW를 초과하는 경우 해당 주변압기에는 연계할 수 없다.

가. 특고압 일반선로 연계 간소검토 절차

신규 신청된 분산형전원의 특고압 일반선로 연계 검토에 있어서 간소검토 용량 기준을 만족하는 경우 아래와 같은 간소검토 절차로 검토한다.

- ① **특고압 일반선로/전용선로 결정 단계** : 분산형전원 연계용량이 10,000kW 이하이고 분산형전원이 연계하고자 하는 해당 특고압 일반선로에서 “특고압 일반선로 누적연계용량”이 해당 특고압 일반선로의 상시운전용량 이하이면 특고압 일반선로에 연계할 수 있고 두 가지 조건 중 하나라도 만족하지 못하는 경우 전용선로에 연계한다.
- ② **송출전압변동 측면에서 간소검토/상세검토 결정 단계** : 해당 주변압기 बैं크에 연계되는 “주변압기 누적연계용량”이 주변압기 बैं크 용량의 15% 이하인 경우 ②-1, ②-2의 상세평가를 생략할 수 있다.
- ③ **배전선로 적정전압 유지 측면에서 간소검토/상세검토 결정 단계** : 분산형전원이 연계하고자 하는 해당 특고압 일반선로에서 “특고압 일반선로 누적연계용량”이 해당 특고압 일반선로 상시운전용량의 15% 이내인 경우 ③-1, ③-2의 상세평가를 생략할 수 있다.

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	217 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

④ **순시전압변동 평가 (단위연계용량 평가)** : 신규 연계되는 분산형전원의 (단위)연계용량을 기준으로 분산형전원의 기동, 탈락 혹은 빈번한 출력변동으로 인해 발생하는 순시전압변동 영향을 평가하여 순시전압변동 허용기준의 초과 여부를 검토한다.

<분산형전원의 기동, 탈락, 출력변동 빈도에 따른 순시전압변동률>

- 변동횟수가 1시간에 2회 초과 10회 이하에 해당하는 경우 : 3%
 - ☞ 풍력발전 등 계통병입 및 출력변동 횟수가 빈번한 발전원
- 변동횟수가 1일 4회 초과 1시간에 2회 이하인 경우 : 4%
 - ☞ 태양광발전 등 계통병입 및 출력변동 횟수가 작은 발전원
- 변동횟수가 1일에 4회 이하인 경우 : 5%
 - ☞ 소수력발전 등 계통병입 및 출력변동 횟수가 매우 적은 발전원

※ 동기발전기 및 인버터 연계형 분산형전원은 기동에 의한 순시전압변동은 생략하고 출력변동 및 탈락에 의한 순시전압변동만을 평가한다.

※ 유도발전기 타입의 분산형전원은 기동 및 출력변동에 의한 순시전압변동을 모두 평가한다.

<특고압 순시전압변동 영향 평가>

(1) 기동전류에 의한 순시전압변동 영향 평가

계통병입에 의한 순시전압변동률은 분산형전원이 계통에 병입될 때 발생하는 기동전류(돌입전류)를 이용하여 아래 수식을 이용하여 평가한다.

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	218 / 247
개정 일자	2025.12.02	

$$\% U_{\max} = k_{imax} \frac{S_{unit}}{S_{SC}} \times 100\% \quad , \quad k_{imax} = \frac{I_s}{I_{nDG}}$$

여기서, k_{imax} : 기동에 의한 순시전압변동률 (%)

S_{unit} : 발전기의 용량 (kVA)

S_{SC} : 분산형전원 연계지점의 단락용량 (kVA)

k_{imax} : 기동계수(기동전류/정격전류)

I_s : 분산형전원의 기동전류 (A)

I_{nDG} : 분산형전원의 정격전류 (A)

해당 분산형전원의 기동전류를 정확히 파악하기가 곤란한 경우에는 아래 기동계수를 사용하여 평가할 수 있다. 다만, 아래에서 제시하는 기동계수를 이용한 대략적인 판단기준으로만 적용해야 한다. 즉, 아래 기동계수를 적용하여 순시전압변동률 계산 결과가 기준치 이내인 경우 순시전압변동률 허용기준을 만족하는 것으로 볼 수 있으나 만약 계산 결과가 기준치를 넘어서는 경우에는 기동에 의한 순시전압변동률 계산 수식을 이용하여 허용 가능한 기동전류를 계산하여 고객에게 제시하고 고객은 기동전류 저감 대책을 강구해야 한다.

※ 기동전류를 모르는 경우 기동계수 적용

- $k_{imax} = 1.5$: DFIG(Doubly -fed induction generator) 타입 풍력발전기
- $k_{imax} = 4$: 유도발전기 (동기속도의 95%~105%의 회전 속도에서 계통에 병입되는 경우 ⇨ 풍력, 소수력발전 등에 해당)
- $k_{imax} = 8$: 유도발전기 (정지상태에서 계통의 무효전력으로 기동을 시작하는 유도발전기 ⇨ 전통적인 유도발전기에 해당)

(2) 출력변동 및 탈락에 따른 순시전압변동 영향 평가

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	219 / 247
개정 일자	2025.12.02	

$$\%U_d = (\%R \cdot \cos\theta \pm \%X \cdot \sin\theta) \cdot \frac{S_{DG}}{100,000}$$

여기서, $\%U_d$: 출력변동 및 탈락에 의한 순시전압변동률 (%)

$\%R$: 분산형전원 연계점에서 전원측을 바라본 %임피던스의 저항분
(분산형전원 연계점에서 22.9kV 모선까지 배전선로 %임피던스
의 저항분+22.9kV 모선 %임피던스의 저항분)

$\%X$: 분산형전원 연계점에서 전원측을 바라본 %임피던스의 리액턴스분
(분산형전원 연계점에서 22.9kV 모선까지 배전선로 %임
피던스의 리액턴스분+22.9kV 모선 %임피던스의 리액턴스분)

S_{DG} : 분산형전원의 (단위)연계용량 (kVA)

$\cos\theta$: 분산형전원 운전 역률

(±) : (+)분산형전원이 계통으로 무효전력 공급

: (-)계통에서 분산형전원으로 무효전력 공급

※ 분산형전원의 기동에 의한 순시전압변동률 평가시 아래 그림에서와 같이 하나의 연계점에 연결된 단위 발전기 중 용량이 가장 큰 발전기가 기동하는 경우에 대한 순시전압변동률을 검토한다. 단, 모든 발전기는 순차적으로 기동해야 한다. 즉, 수식에 대입되는 발전기 용량(s_{unit})은 하나의 연계점에 연결된 단위 발전기 중 용량이 가장 큰 발전기의 용량으로 한다. 모든 발전기가 순차적으로 기동하지 않고 동시에 기동한다면 하나의 연계점에 연결된 모든 발전기가 동시에 계통에 병입되는 경우를 상정하여 평가한다. 즉, 수식에 적용되는 분산형전원의 용량(S_{DG})는 (단위)연계용량으로 할 수 있다.

※ 분산형전원의 출력변동 및 탈락에 의한 순시전압변동 평가시 아래 그림에서와 같이 하나의 연계점에 연결된 모든 발전기가 동시에 계통에서 탈락하

는 경우를 상정하여 평가한다. 즉, 수식에 적용되는 분산형전원의 용량 (S_{DG})는 (단위)연계용량으로 한다.

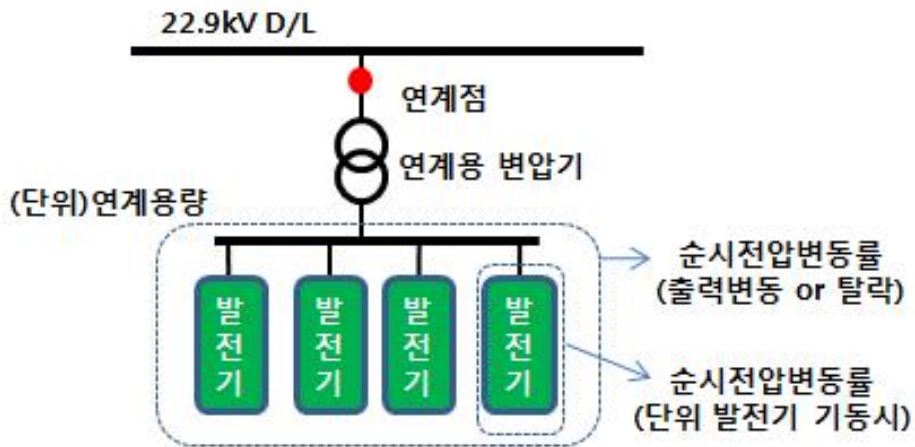


그림 2 기동 및 탈락에 따른 순시전압변동률 평가시 분산형전원의 용량 구분

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	221 / 247
			개정 일자	2025.12.02	

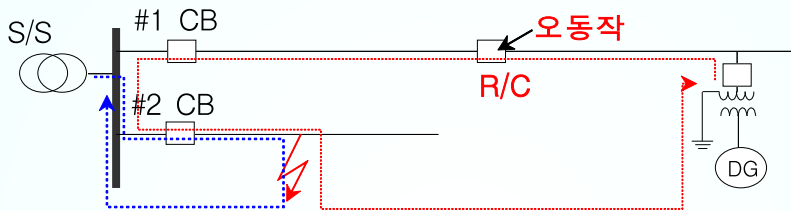
- ⑤ 보호기기 오동작 여부 평가 : 분산형전원의 연계로 인해 보호기기의 오동작 가능성을 평가한다. 상세 평가 방법 및 절차는 “분산형전원 연계 배전선로 보호업무 편람”을 따른다. (ADMS 계통관리시스템 사용)

<분산형전원 연계 배전선로 보호업무 편람>

제8조(보호기기의 오동작 여부 검토)

① 그림 2와 같이 동일 주변압기에서 인출된 인근 타 선로 측 또는 해당 연계선로 보호기기의 전원측에서 지락고장 발생시 분산형전원 연계 변압기의 접지를 통해 건전선로 또는 보호기기의 부하측으로 역방향 고장전류가 유입되어 보호기기가 오동작하는 사례가 발생할 수 있으므로 다음 각 호의 경우에 대하여 그 여부를 최악조건에서 검토한다

1. 분산형전원 연계 변압기의 결선방식이 GY-△인 경우
2. 분산형전원 연계 변압기의 결선방식이 GY-GY인 경우



[그림 2] 인근선로 지락고장시 보호기기 오동작 사례

② 제1항에 의한 검토를 위해 검토대상 보호기기에 대하여 다음 각 호와 같이 검토조건을 상정하고 해당 보호기기에 흐르는 역방향 고장전류를 산출한다.

1. 선로구성

- 가. 검토대상 보호기기의 전원측 모든 분산형전원 투입 및 정격출력
- 나. 검토대상 보호기기의 부하측 모든 분산형전원 투입 및 정격출력
- 다. 동일 주변압기에서 인출된 타 선로의 모든 분산형전원 투입 및 정격출력

2. 고장 : 타 선로 CB의 직하 또는 해당 연계선로 검토대상 보호기기의 전원측에 1선 지락고장(지락저항 0Ω) 상정

③ 제2항에 의해 산출된 역방향 지락 고장전류가 검토대상 보호기기의 지락 최소동작전류 이상일 경우, 분산형전원 측에 NGR을 시설하여 역방향 지락 고장전류를 제한하도록 한다.

④ 제3항에 의한 NGR은 분산형전원 연계 변압기 1차측 접지에 시설하며, 그 용량은 제10조에 의한 유효접지 기준에 따라 산출한다.

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	223 / 247
			개정 일자	2025.12.02	

나. 특고압 일반선로 연계 추가 상세검토 평가절차

②-1 송출전압변동 측면에서 상세검토 : 간소검토 평가절차 ②단계를 만족하지 않는 경우 해당 주변압기 OLTC의 실제 AVR 정정치를 반영하여 송출전압변동 영향 평가를 시행한다. 상세검토 방법으로 해당 주변압기뱅크에 연계되어 있는 분산형전원과 신규 연계되는 분산형전원에 의한 송출전압 및 송출기준전압의 변동이 주변압기 OLTC를 제어하는 LDC(AVR)의 Deadband 설정치를 초과하는지 여부를 평가한다.

<주변압기 송출전압 변동 평가>

$$\%U_{sending} = (\%R_{eq} \cdot \cos\theta \pm \%X_{eq} \cdot \sin\theta) \cdot \frac{S_{DG}}{100,000} < db(\%)$$

여기서, $\%U_{sending}$: 송출전압 변동 (%)

$db(\%)$: LDC(AVR)의 대역폭(deadband)

$\%R_{eq}$: %선로등가임피던스 저항성분

$\%X_{eq}$: %선로등가임피던스 리액턴스성분

S_{DG} : 주변압기 누적연계용량 (kVA)

(주변압기에 연계된 모든 분산형전원의 누적연계용량)

$\cos\theta$: 분산형전원 운전 역률

(±) : (+)분산형전원이 계통으로 무효전력 공급

주변압기 OLTC의 실제 AVR 정정치를 반영하여 검토한 결과 분산형전원의 연계로 인하여 OLTC 탭의 빈번한 동작 및 불필요한 동작 가능성이 있는 경우 배전선로 부하 및 전압관리 여건을 고려하여 AVR 정정치를 재조정하거나 AVR운전을 하지 않고 DVM만을 이용하여 해당 배전계통의 전압조정이 가능

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	224 / 247
			개정 일자	2025.12.02	

한지 여부를 검토하여 시행하여야 한다. 이로써도 해결이 안되는 경우 주변압기에 새로운 송출전압조정 기법 및 장치 등의 적용이 필요하다.

②-2 단락용량 상회 여부 평가 : 간소검토 평가절차인 ②단계를 만족하지 않는 경우 해당 주변압기 뱅크에 연계된 모든 분산형전원의 단락용량 기여도를 평가하여 배전선로에 기 설치된 차단기의 차단용량 상회 여부를 검토한다. 단락용량 상회 여부에 대한 상세 평가 방법 및 절차는 “분산형전원 연계 배전선로 보호업무 편람”을 따른다. (ADMS 계통관리시스템 사용)

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	225 / 247
개정 일자	2025.12.02	

<분산형전원 연계 배전선로 보호업무 편람>

제6조(보호기기의 차단용량 상회 여부 검토)

- ① 분산형전원 연계에 따른 고장전류 증가로 인해 계통의 단락용량이 보호기기의 차단용량을 초과하는지 여부를 최악조건에서 검토한다.
- ② 제1항에 의한 검토를 위해 연계선로의 검토대상 보호기기(CB, Recloser 또는 다회로차단기)에 대하여 다음 각 호와 같이 검토조건을 상정하고 고장전류를 산출한다.
 1. 선로구성
 - 가. 검토대상 보호기기의 한전계통 전원 측(이하 “전원측”이라 한다) 모든 분산형전원 투입 및 정격출력 발전
 - 나. 검토대상 보호기기의 한전계통 전원을 기준으로 한 부하 측(이하 “부하측”이라 한다) 모든 분산형전원 투입 및 정격출력 발전
 - 다. 동일 주변압기에서 인출된 타 선로의 모든 분산형전원 투입 및 정격출력 발전
 2. 고장 : 검토대상 보호기기의 직하에 3상 단락고장, 1선 지락고장(지락저항 0Ω) 상정
- ③ 제2항에 의해 산출된 고장전류는 해당 보호기기의 정격차단전류 이하이어야 한다.
- ④ 제2항에 의해 산출된 고장전류가 보호기기의 정격차단전류를 초과할 경우에는 분산형전원 측에 다음 각 호와 같이 고장전류를 제한할 수 있는 장치를 시설하도록 한다.
 1. 단락고장의 경우 : 한류 리액터
 2. 지락고장의 경우 : 중성점 접지 리액터(이하 “NGR”이라 한다)
- ⑤ 제4항 제2호에 의한 NGR은 분산형전원 연계 변압기 1차측 접지에 시설하며, 그 용량은 제10조에 의한 유효접지 기준에 따라 산출한다.

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	226 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

③-1 배전선로 적정전압 유지 측면에서 상세검토 : 간소검토 평가절차의 ③ 단계를 만족하지 않는 경우 해당 배전선로에서 분산형전원의 연계로 인한 적정전압 이탈 여부를 검토한다.

배전선로의 적정전압 유지 측면에서 분산형전원 연계 상세검토는 해당 배전선로의 운전실적(최소부하, 송출전압) 및 구간부하 데이터, 기설 분산형전원의 발전설적 데이터 등이 필요하여 상세검토가 다소 복잡하다. 따라서 복잡한 상세평가 이전에 간단하게 검토할 수 있는 방법을 전압강하 5% 이내 선로와 전압강하 5% 초과 선로로 구분하여 제시한다. 즉, 간략계산 방법은 상세검토에 앞서 대략적으로 연계 가능성을 평가하는 방법으로 간략계산 방법으로 검토한 결과가 해당 기준을 만족하면 상세검토를 생략할 수 있으나 해당 기준을 초과하는 경우에는 최종적으로 상세검토를 수행해야 한다.

③-1-1 전압강하 5% 이내 배전선로 간략계산 방법

전압강하 5% 이내 선로에서는 해당 배전선로에 연계된 모든 분산형전원(기설 분산형전원과 신규 분산형전원)이 선로 말단에 연계되어 있는 경우를 상정했을 때 선로 말단에서 전압변동이 1.5% 이하로 발생하는 경우 적정전압 유지 측면에서 문제가 없는 것으로 판단할 수 있다.

배전설계기준의 전압강하배분한도를 근거로 전압강하 5% 이내 배전선로에서는 선로말단에 최소전압여유도가 1.5%이다. 따라서 분산형전원의 연계로 인하여 선로말단에서 1.5% 이상 전압변동이 발생하지 않는다면 적정전압 유지 측면에서 문제가 없다고 판단할 수 있다. 단, 이때 해당 배전선로에 연계된 모든 분산형전원은 선로말단에 연계되어 있다고 상정하여 전압변동 영향 평가를 시행해야 한다. 즉, 배전선로에 산재해 있는 분산형전원이 모두 선로말단에 연계되어 있다고 가정한 전압변동 계산 결과가 1.5% 이하라면 분산형전원이 해당

배전선로의 어느 위치에 산재하여 연계되더라도 선로말단에서 전압변동이 1.5% 이상 발생하지 않는다고 볼 수 있다. 본 간략계산 단계는 비교적 용량이 적은 수준의 분산형전원이 연계되는 경우 기술 검토 단계를 단순하게 하기 위한 것이고 간략계산 결과 전압변동이 1.5% 이상 발생하는 경우 상세평가를 시행해야 한다.

○ 분산형전원 연계 위치 및 출력조건

- 시설 및 신설 분산형전원이 선로 말단에 모두 연계된 경우 상정
- 각 분산형전원이 최대출력으로 발전하는 경우 상정

○ 판정방법

- 선로말단에서 상시전압변동률 1.5% 초과 여부 검토
- 선로말단에서 상시전압변동률이 1.5% 이하인 경우 적정전압이탈이 되지 않는 것으로 볼 수 있으며 상세검토 불요
- 상시전압변동률이 1.5%를 초과하는 경우 상세검토 시행

○ 계산방법

- 아래 수식에 의한 수계산 혹은 ADMS 계통관리시스템을 이용한 상시전압 변동률 계산

$$%e = (%R \cdot \cos\theta \pm \%X \cdot \sin\theta) \cdot \frac{S_{DG}}{100,000} \leq 1.5\%$$

여기서, %e : 상시전압변동률 (%)

%R : %선로임피던스 저항성분 (변전소부터 말단까지 합)

%X : %선로임피던스 리액턴스성분 (변전소부터 말단까지 합)

S_{DG} : 주변압기 누적연계용량 (kVA)

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002		
			개정·페이지	15	228 / 247	
			개정 일자	2025.12.02		

(주변압기에 연계된 모든 분산형전원의 누적연계용량)

$\cos\theta$: 분산형전원 운전 역률

(±) : (+)분산형전원이 계통으로 무효전력 공급

③-1-2 전압강하 5% 초과 배전선로 간략계산 방법

전압강하 5% 초과 선로에서는 해당 배전선로에 기 연계되어 있는 분산형전원과 신규 연계되는 분산형전원에 의한 상시전압변동률이 1.5% 이상 변동(상승)시키는지 여부를 검토한다. 전압강하 5% 초과 선로라 하더라도 모든 저압용 변압기가 13200탭을 사용하는 경우 전압강하 5% 이내 선로와 동일한 방법으로 검토할 수 있다.

전압강하 5% 초과선로의 간략계산 기준이 되는 “상시전압변동률 1.5%”는 배전설계기준 및 배전 전압관리 지침에 의하여 산정된 최소전압여유도에 근거한다.

본 간략검토 결과 기준을 만족하지 못하는 경우 상세평가를 수행하여 연계 가능여부를 결정해야 한다.

○ 분산형전원 연계 위치 및 출력조건

- 시설 및 신설 분산형전원이 각각의 연계점에 연계되어 있는 경우 상정
- 각 분산형전원이 최대출력으로 발전하는 경우 상정

○ 판정방법

- 각 분산형전원 연계점에서 상시전압변동률 1.5% 초과 여부 검토
- 모든 분산형전원 연계점에서 상시전압변동률이 1.5% 이하인 경우 적정전압이탈이 되지 않는 것으로 볼 수 있으며 상세검토 불요
- 어느 하나의 분산형전원 연계점에서라도 상시전압변동률이 1.5%를 초과하

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	229 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

는 경우 상세검토 시행

- 단, 모든 분산형전원이 탭변경점(전압강하 5%지점) 이전에 연계되어 있고 탭변경점 이후 부하측에 연계된 분산형전원이 없는 경우 상세검토 시행할 필요 없이 적정전압 이탈 가능성이 있는 것으로 판단

○ 계산방법 : ADMS 계통관리시스템을 이용한 상시전압변동률 계산

③-1-3 전압강하 5% 이내 선로 적정전압 유지측면 상세검토 방법

간략계산 단계를 만족하지 못하는 경우 해당 배전선로의 최소부하량 및 송출전압 운전 실적을 고려하여 ADMS 계통관리시스템을 이용하여 조류계산을 통해 분산형전원 연계로 인해 배전선로의 전압이 적정 유지 범위를 초과하는지 여부를 검토한다.

(1) 해당 D/L의 최소 부하량 및 송출전압 산정

<최소 순부하량 산정 방법>

- 신규 분산형전원이 연계하고자 하는 대상 배전선로의 최소 순부하(순 부하 중 직전 1년, 태양광 발전시간대(9시~18시)를 조회하여 최솟값의 하위 5% 지점)를 ADMS 데이터로부터 자동 산정한다.
- 신규 분산형전원이 비태양광 발전인 경우 24시간으로 자동 산정된 값을 사용
- 계통이 변경되면 현재 계통으로 구간부하를 조합하여 자동 재산출

<송출전압 산정 방법>

- 송출전압은 신규로 연계되는 발전원이 주로 발전하는 시간대의 송출전압 데이터의 평균을 적용한다.

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	230 / 247
개정 일자	2025.12.02	

- 신규 분산형전원이 태양광발전인 경우 주로 발전하는 시간대가 9시~18시
이므로 해당 시간대에 SOMAS 송출전압을 추출하여 평균값을 적용한다.
- 신규 분산형전원이 태양광발전 이외에 기타발전원(발전시간대를 예측하기
어려운 경우)인 경우 전시간대(00시~24시)에서 SOMAS 송출전압을 추출하
여 평균값을 적용한다.

(가) 기설 분산형전원이 없는 경우 최소부하량 및 송출전압 데이터 조회

- 신설 분산형전원이 태양광인 경우
 - 데이터 조회기간 : 09시~18시(태양광 발전시간대), 1년간
 - 최소부하량 산정 : 조회기간 부하량 데이터 중 하위 5%에 해당하는 부하값
의 평균치
 - 송출기준전압 산정: 조회기간 송출전압 데이터의 평균값
- 신설 분산형전원이 태양광 이외의 발전원(풍력, 소수력 등)인 경우
 - 데이터 조회기간 : 00시~24시(전시간대), 1년간
 - 최소부하량 산정 : 조회기간 부하량 데이터 중 하위 5%에 해당하는 부하값
의 평균치
 - 송출기준전압 산정 : 조회기간 송출전압 데이터의 평균값

(나) 기설 분산형전원이 태양광만 있는 경우

- 신설 분산형전원이 태양광인 경우
 - 데이터 조회기간 : 00시~24시(전시간대), 1년간
 - 최소부하량 산정 : 조회기간의 부하량 데이터에서 기설 태양광의 발전시간
대(09시~18시)에 해당하는 부하량 데이터를 제외한 나머지 시간대의 부하

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	231 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

량 데이터 중 하위 5%에 해당하는 부하값의 평균치

- 송출기준전압 산정 : 조회기간의 송출전압 데이터에서 신설 태양광의 발전 시간대(09시~18시)에 해당하는 송출전압의 평균값

○ 신설 분산형전원이 태양광 이외의 기타발전원(풍력, 소수력 등)인 경우

- 데이터 조회기간 : 00시~24시(태양광 발전시간대), 1년간
- 최소부하량 산정 : 조회기간의 부하량 데이터에서 기설 태양광의 발전시간대(09시~18시)에 해당하는 부하량 데이터를 제외한 나머지 시간대의 부하량 데이터 중 하위 5%에 해당하는 부하값의 평균치
- 송출기준전압 산정 : 조회기간 송출전압 데이터의 평균값

(다) 기설 분산형전원이 태양광발전 이외 기타발전원이 있는 경우

(단, 기타발전원의 누적연계용량이 태양광발전의 누적연계용량보다 현저히 작은 경우 기설 분산형전원이 태양광발전만 있는 경우로 상정할 수 있다.)

○ 신설 분산형전원이 태양광인 경우

- 데이터 조회기간 : 00시~24시(태양광 발전시간대), 1년간
- 최소부하량 산정 : 조회기간의 부하량 데이터에서 기설 태양광의 발전시간대(09시~18시)와 기설 기타발전원의 발전시간대(PTS 계량데이터 활용)에 해당하는 부하량 데이터를 제외한 나머지 시간대의 부하량 데이터 중 하위 5%에 해당하는 부하값의 평균치

(단, 기타발전원이 시장거래 고객이 아니어서 PTS에 계량데이터가 없는 경우, 기타발전원이 주로 발전하는 시간대를 확인하여 최소부하량 산정 대상 데이터에서 제외한다.)

- 송출기준전압 산정 : 조회기간의 송출전압 데이터에서 신설 태양광의 발전 시간대(09시~18시)에 해당하는 송출전압의 평균값

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	232 / 247
개정 일자	2025.12.02	

- 신설 분산형전원이 태양광 이외의 기타발전원(풍력, 소수력 등)인 경우
 - 데이터 조회기간 : 00시~24시(태양광 발전시간대), 1년간
 - 최소부하량 산정 : 조회기간의 부하량 데이터에서 기설 태양광의 발전시간대(09시~18시)와 기설 기타발전원의 발전시간대(PTS 계량데이터 활용)에 해당하는 부하량 데이터를 제외한 나머지 시간대의 부하량 데이터 중 하위 5%에 해당하는 부하값의 평균치
(단, 기타발전원이 시장거래 고객이 아니어서 PTS에 계량데이터가 없는 경우, 기타발전원이 주로 발전하는 시간대를 확인하여 최소부하량 산정 대상 데이터에서 제외한다.)
 - 송출기준전압 산정 : 조회기간 송출전압 데이터의 평균값

표 2. 신설 분산형전원이 태양광인 경우 데이터 조회 시간대

기설 태양광 유·무	기설 기타발전원 유·무	부하량조회 시간대	최소부하산정 제외 시간대	송출전압 산정 시간대
×	×	09~18	×	09~18
○	×	전시간대	09~18	
×	○	전시간대	09~15	
○	○	전시간대	09~15 & 기타발전원 발전시간대	

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002		
			개정·페이지	15	233 / 247	
			개정 일자	2025.12.02		

표 3. 신설 분산형전원이 태양광이의 기타발전원인 경우 데이터 조회 시간대

기설 태양광 유·무	기설 기타발전원 유·무	부하량조회 시간대	최소부하산정 제외 시간대	송출전압 산정 시간대
×	×	전시간대	×	전시간대
○	×	전시간대	09~18	
×	○	전시간대	09~15	
○	○	전시간대	09~15 & 기타발전원 발전시간대	

(2) 구간 최소부하 산정

(가) 구간 부하 산정

- TDAS DB에 있는 구간 부하데이터를 이용한다.

(나) 구간 최소부하 할당 (Load allocation)

- 앞 단계에서 산정한 해당 D/L의 최소부하량을 해당 D/L의 각 구간의 구간 부하의 비율로 할당하여 배전선로 각 구간의 최소부하를 산정한다.

$$\text{구간최소부하량} = D/L\text{최소부하량} \times \frac{\text{해당구간부하량}}{\text{전구간부하량의합}}$$

(3) 조류계산 수행 및 공급전압 상한 이탈 여부 검토

(가) 특고압 전압 상한 설정

기준서 No	H0-배전-편람-0002	
개정·페이지	15	234 / 247
개정 일자	2025.12.02	

- 저압 공급전압 상한 : 220V+6% ⇨ 1.06 pu
- 경부하시 변압기 전압강하를 산정
 - : 0.5%=2%(배전설계기준 전압강하 한도)×25%
- 경부하시 인입선 전압강하를 산정
 - : 0.5%=2%(배전설계기준 전압강하 한도)×25%
- 경부하시 직하수용가의 공급전압이 규정전압 상한(1.06)을 벗어나지 않게 하기 위한 저압 공급 전압 상한 (220V Base) : 1.07 pu =1.06 + 0.005 + 0.005
- 저압 공급 전압 상한(1.07 pu, 220V Base)을 특고압 전압(22900V Base)으로 환산

$$1.02 = 1.07 \times 220 \times \frac{13200}{230} \times \frac{\sqrt{3}}{22900} \text{ (pu)} \quad (13200\text{탭 사용 구간})$$

(나) 조류계산 수행

- 송출전압 입력 (가-④에서 구한 송출전압값)
- 구간별 최소부하량 입력 (나-②에서 구한 구간별 최소부하량)
- 기설 분산형전원 최대출력 상정
- 신설 분산형전원 최대출력 상정
- 조류계산 수행 및 분산형전원 연계에 따른 특고압 전압상한 초과 여부검토

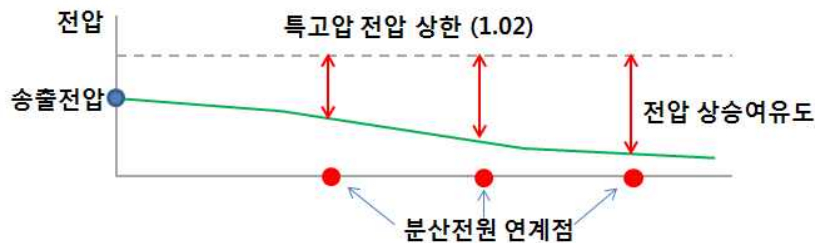


그림 3. 최소부하시 배전선로의 전압분포

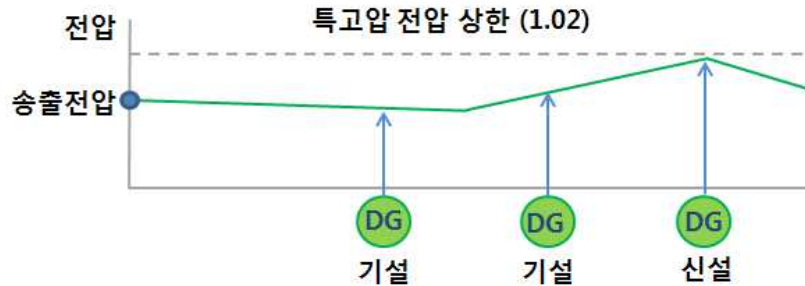


그림 4. 최소부하 및 분산형전원 최대출력시 전압분포 [조류계산]

조류계산 수행 결과 모든 분산형전원 연계점에서 특고압 전압 상한을 초과하지 않는다면 적정전압 유지 측면에서 문제가 없는 것으로 판단할 수 있다.

③-1-4 전압강하 5% 초과 선로 적정전압 유지측면 상세검토 방법

전압강하 5% 초과 선로의 경우 앞서 설명된 전압강하 5% 이내 선로의 상세 평가 방법과 유사하다. 다만, 전압강하 5% 초과선로는 SOMAS에서 송출전압을 산정하지 않고 대신 탭변경점에서 전압여유도 1.5%를 상정한 송출전압값을 사용하여 조류계산을 수행한다.

조류계산 수행 조건은 전압강하 5% 이내선로와 동일하게 최소부하조건과 분산전원이 최대출력 조건에서 계산한다.

조류계산 수행결과 탭변경점을 기준으로 13200탭구간(전압강하 5% 이내 구간)과 12600탭 구간(전압강하 5% 초과 구간)의 특고압 전압 상한을 아래와 같이 적용하여 분산전원 연계로 인해 각 분산전원 연계점과 탭변경점에서 특고압 전압 상한을 초과하는지 여부를 검토한다.

$$1.02 = 1.07 \times 220 \times \frac{13200}{230} \times \frac{\sqrt{3}}{22900} \text{ (pu)} \quad (13200\text{탭 사용 구간})$$

$$0.975 = 1.07 \times 220 \times \frac{12600}{230} \times \frac{\sqrt{3}}{22900} \text{ (pu)} \quad (12600\text{탭 사용 구간})$$

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	236 / 247
			개정 일자	2025.12.02	

조류계산 수행 결과 모든 분산형전원 연계점에서 특고압 전압 상한을 초과하지 않는다면 적정전압 유지 측면에서 문제가 없는 것으로 판단할 수 있다.

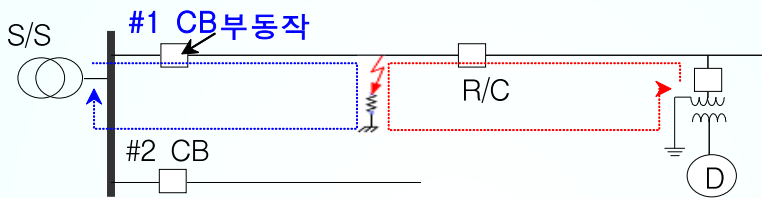
 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	237 / 247
			개정 일자	2025.12.02	

③-2 보호기기 부동작 여부 평가 : 간소검토 평가절차인 ③단계를 만족하지 않는 경우 해당 배전선로에 연계된 모든 분산형전원의 고장전류 기여 효과를 고려하여 보호기기의 부동작 가능성을 검토한다. 보호기기 부동작 여부에 대한 상세 평가 방법 및 절차는 “분산형전원 연계 배전선로 보호업무 편람”을 따른다.

<분산형전원 연계 배전선로 보호업무 편람>

제7조(보호기기의 부동작 여부 검토)

- ① 연계선로에서 고장이 발생할 경우, 고장점에서 바라본 등가 임피던스는 한 전계통과 분산형전원 임피던스의 병렬합으로 나타난다. 이로 인해, 그림 1 과 같이 고저항 지락고장시 고장전류가 분류·감소됨으로써 후비 보호기기에 서 고장전류를 인식하지 못하여 부동작하는 사례가 발생할 수 있으므로 그 여부를 최악조건에서 검토한다.



[그림 1] 고저항 지락고장시 보호기기 부동작 사례

- ② 제1항에 의한 검토를 위해 검토대상 보호기기에 대하여 다음 각 호와 같이 검토조건을 상정하고 지락 고장전류를 산출한다.

1. 선로구성

가. 검토대상 보호기기의 전원측 모든 분산형전원 투입 및 정격출력 발전
 나. 검토대상 보호기기의 부하측 모든 분산형전원 투입 및 정격출력 발전
 다. 동일 주변압기에서 인출된 타 선로의 모든 분산형전원 및 연계 변압기 개방

2. 고장 : 해당 연계선로 말단에 1선 지락고장(지락저항 30 Ω) 상정

- ③ 제2항에 의해 산출된 지락 고장전류가 해당 보호기기의 지락 최소동작전류 미만일 경우, 분산형전원 측에 NGR을 시설하여 고장전류 분류에 따른 감소 효과를 저감하도록 한다.
- ④ 제3항에 의한 NGR은 분산형전원 연계 변압기 1차측 접지에 시설하며, 그 용량은 제10조에 의한 유효접지 기준에 따라 산출한다.

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	239 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

다. 특고압 전용선로 연계 평가절차

분산형전원이 특고압 전용선로에 연계되는 경우 연계 평가 절차는 다음과 같다.

- ① **특고압 일반선로/전용선로 결정 단계** : 분산형전원이 연계하고자 하는 해당 특고압 일반선로에서 분산형전원의 누적용량이 해당 특고압 설비용량(설비용량은 일반적으로 특고압 일반선로의 정격용량을 의미함)을 초과하는 경우 전용선로로 연계한다.

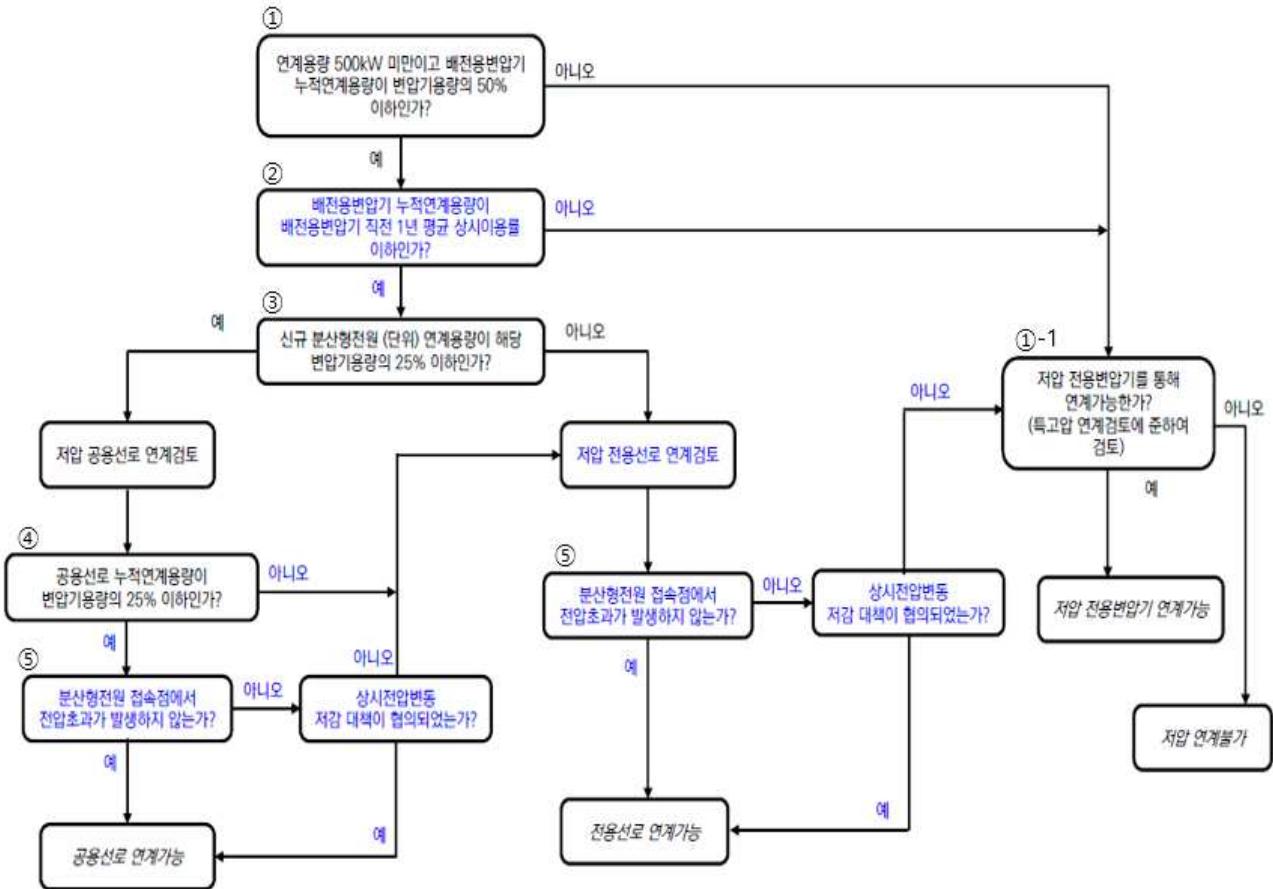
- ⑥ **고조파 방출량 검토** : 전용선로에 연계되는 분산형전원은 KEPCO의 “고조파 관리 기준”의 적용을 받는다. 분산형전원 고객으로부터 제출받은 고조파 발생기기 현황자료를 기초로 기기별 고조파 전류 발생률, 가동률, 계약전력 등을 고려하여 차수별 고조파 전류 방출값을 산출하고, 분산형전원의 용량에 따른 차수별 고조파 전류 제한값을 비교하여 고객측 고조파 저감대책 수립 필요여부를 판정한다.
 - 고조파 방출값 산정 : 고조파 전류 방출값 산출 프로그램(“Harmsol”)을 활용하여 산정
 - 고조파 제한값 산정 : 고조파 전류 제한값 산정 프로그램(“Harmonic Limit”)을 활용하여 산정

- ⑦ **단락용량 상회 여부 평가** : 전용선로에 연계되는 분산형전원이라 하더라도 동일 बैं크에서 공급되는 일반선로에서 고장이 발생하는 경우 고장전류를 공급하므로 특고압 일반선로 연계 평가 절차의 단락용량 상회 여부 평가 단계 ②-2에 따라 해당 주변압기 बैं크에 연계된 모든 분산형전원의 단락용량 기여도를 평가하여 배전선로에 기 설치된 차단기의 차단용량 상회 여부를 검토한다.

 KEPCO <small>KOREA ELECTRIC POWER CORPORATION</small> 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	240 / 247
			개정 일자	2025.12.02	

- ⑧ 보호기기 부동작 여부 평가 : 해당 전용선로에 연계된 모든 분산형전원의 고장전류 기여 효과를 고려하여 보호기기(일반적으로 변전소 CB)의 부동작 가능성을 검토한다. 상세 평가 방법은 특고압 일반선로 연계 평가 절차의 보호기기 부동작 평가 단계 ③-2와 동일하다.
- ⑨ 보호기기 오동작 여부 평가 : 분산형전원의 연계로 인해 보호기기(일반적으로 변전소 CB)의 오동작 가능성을 검토한다. 상세 평가 방법은 특고압 일반선로 연계 평가 절차의 보호기기 오동작 평가 단계 ⑤와 동일하다.

3. 저압 배전계통 연계용량 평가 절차



※ 유도발전기는 순시전압변동을 기준초과 여부 별도 검토

그림 5. 저압 배전계통 연계용량 평가 절차

분산형전원 연계용량이 500kW미만이고 연계하고자하는 해당 저압계통에서 분산형전원의 배전용변압기 누적용량(기존 분산형전원의 용량과 신규 분산형전원 용량의 누적 합)이 배전용변압기의 정격용량 이하인 경우 그림 5의 저압연계 검토절차에 따라 기술검토를 시행하며 세부 단계별 검토방법은 아래와 같다.

 KEPCO <small>KOREA ELECTRIC POWER CORPORATION</small> 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	242 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

가. 저압 일반선로 연계 평가절차

- ①,② **배전용변압기 최대 연계가능용량 결정 단계** : 분산형전원이 연계하고자 하는 해당 저압 배전용 변압기에 연계된 분산형전원의 누적용량(일반선로 및 전용선로에 연계된 기존 분산형전원의 용량과 신규 분산형전원 용량의 합)이 해당 저압 배전용 변압기 용량의 50% 이하이고 배전용변압기 직전 1년 평균 상시이용률 이하인 경우 저압 일반선로 혹은 전용선로를 구성하여 연계할 수 있다.
- ①-1 **전용변압기를 통한 연계 평가 단계** : 분산형전원이 연계하고자 하는 해당 저압 배전용 변압기에 연계된 분산형전원의 누적용량(일반선로 및 전용선로에 연계된 기존 분산형전원의 용량과 신규 분산형전원 용량의 합)이 해당 저압 배전용 변압기 용량의 50%를 초과하거나 배전용변압기 직전 1년 평균 상시이용률을 초과한 경우에는 특고압 연계검토에 준하여 검토하고 연계가 가능한 경우에 전용변압기를 통해 한전 저압계통에 연계할 수 있다.
- ③ **저압 일반선로/전용선로 결정 단계** : 신규 연계되는 분산형전원의 연계용량이(기존 연계된 분산형전원 연계 용량 제외) 연계하고자 하는 해당 저압 배전용 변압기 용량의 25% 이하이면 저압 일반선로에 연계하고 초과하면 전용선로로 연계한다.
- ④ **일반선로 연계용량 평가 단계** : 분산형전원이 연계하고자 하는 해당 저압 일반선로에서 분산형전원의 누적용량(해당 일반선로에 연계된 기존 분산형전원의 용량과 신규 분산형전원 용량의 합)이 해당 저압 배전용 변압기 용량의 25% 이하인 경우 ⑤의 적정전압 평가를 거쳐 저압 일반선로에 연계할 수 있다. 단, 해당 저압 일반선로에 연계되는 모든 분산형전원의 출력전류

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	243 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

의 합이 해당 저압 전선의 허용전류를 초과하지 않아야 한다.

⑤ **일반선로 적정전압 평가 단계** : 분산형전원의 접속점 전압이 전기사업법에
서 정한 표준전압 및 허용오차 범위를 초과하는지 여부를 평가한다. 허용
범위를 초과하는 경우 전용선로에 연계하는 것을 원칙으로 한다. 단, 상시
전압변동 저감대책이 있고 합의가 있는 경우 연계를 허용할 수 있다.

※ **순시전압변동 영향 평가** : 유도발전기 형태의 분산형전원에 대하여 계통
병입시 돌입전류에 의한 순시전압변동 영향을 평가하여 순시전압변동 허용
기준 6%의 초과 여부를 검토한다. 순시전압변동률이 허용 기준을 초과하는
경우 적절한 기동전류 저감대책을 강구하여 순시전압변동률이 허용기준 이
내를 만족하는 경우 일반선로에 연계할 수 있다. 그렇지 않은 경우 전용선
로로 연계한다. 단, 순시전압변동 저감대책이 있고 합의가 있는 경우 연계를
허용할 수 있다.

<저압 순시전압변동 영향 평가>

계통병입에 의한 순시전압변동률은 분산형전원이 계통에 병입될 때 발생하는
기동전류(돌입전류)를 이용하여 아래 수식을 이용하여 평가한다.

$$\% U_{\max} = k_{imax} \frac{S_{unit}}{S_{SC}} \times 100\% \quad , \quad k_{imax} = \frac{I_s}{I_{nDG}}$$

여기서, k_{imax} : 기동에 의한 순시전압변동률 (%)

S_{unit} : 발전기의 용량 (kVA)

S_{SC} : 분산형전원 연계지점의 단락용량 (kVA)

k_{imax} : 기동계수(기동전류/정격전류)

I_s : 분산형전원의 기동전류 (A)

I_{nDG} : 분산형전원의 정격전류 (A)

해당 분산형전원의 기동전류를 정확히 파악하기가 곤란한 경우에는 아래 기동계수를 사용하여 평가할 수 있다. 다만, 아래에서 제시하는 기동계수를 이용한 대략적인 판단기준으로만 적용해야 한다. 즉, 아래 기동계수를 적용하여 순시전압변동률 계산 결과가 기준치 이내인 경우 순시전압변동률 허용기준을 만족하는 것으로 볼 수 있으나 만약 계산 결과가 기준치를 넘어서는 경우에는 기동에 의한 순시전압변동률 계산 수식을 이용하여 허용 가능한 기동전류를 계산하여 고객에게 제시하고 고객은 기동전류 저감 대책을 강구해야 한다.

※ 기동전류를 모르는 경우 기동계수 적용

- $k_{imax} = 1.5$: DFIG(Doubly -fed induction generator) 타입 풍력발전기
- $k_{imax} = 4$: 유도발전기 (동기속도의 95%~105%의 회전 속도에서 계통에 병입되는 경우 ⇨ 풍력, 소수력발전 등에 해당)
- $k_{imax} = 8$: 유도발전기 (정지상태에서 계통의 무효전력으로 기동을 시작하는 유도발전기 ⇨ 전통적인 유도발전기에 해당)

※ 분산형전원의 기동에 의한 순시전압변동률 평가시 특고압 계통에서의 순시전압변동률 평가 방법과 같이 하나의 연계점에 연결된 단위 발전기 중 용량이 가장 큰 발전기가 기동하는 경우에 대한 순시전압변동률을 검토한다. 단, 모든 발전기는 순차적으로 기동해야 한다. 즉, 수식에 대입되는 발전기 용량(S_{unit})은 하나의 연계점에 연결된 단위 발전기 중 용량이 가장 큰 발전기의 용량으로 한다. 모든 발전기가 순차적으로 기동하지 않고 동시에 기동한다면 하나의 연계점에 연결된 모든 발전기가 동시에 계통에 병입되는 경우를 상정하여 평가한다. 즉, 수식에 적용되는 분산형전원의 용량(S_{DG})은 (단위)연계용량으로 할 수 있다.

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	245 / 247
			개정 일자	2025.12.02	

[참고문헌]

- (1) IEEE 1547-2003(R2008), IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems
- (2) IEEE 1547.2-2008, IEEE Application Guide for IEEE Std 1547, IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems
- (3) IEEE 100-2000, The Authoritative Dictionary of IEEE Standards Terms, Seventh Edition
- (4) IEC 60050, International Electrotechnical Vocabulary, Chapter 161 : Electromagnetic compatibility, First edition, 1990
- (5) IEC 61000-3-3, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-3: Limits - Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current ≤ 16 A per phase and not subject to conditional connection, Edition 2.0, 2008
- (6) IEC/TR 61000-3-6, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-6: Limits - Assessment of emission limits for the connection of distorting installations to MV, HV and EHV power systems, Edition 2.0, 2008
- (7) IEC/TR 61000-3-7, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-7: Limits - Assessment of emission limits for the connection of fluctuating installations to MV, HV and EHV power systems, Edition 2.0, 2008
- (8) Phil Barker, "Overvoltage considerations in applying distributed resources on power systems", in proceedings, IEEE Power Engineering Society Summer Meeting, July, 2002
- (9) R.F. Attitt and R.C. Dugan, "Distributed generation interconnection transformer and grounding selection", in proceedings, IEEE Power and Energy Society General Meeting, July, 2008

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	246 / 247
			개정 일자	2025.12.02	

- (10) JEAG 9701-2001, 分散型電源系統連系技術指針, 일본전기협회
- (11) 분산형전원 배전계통 연계기술 해설서, 한국전력공사 배전처, 2006. 9
- (12) “풍력발전 계통연계 기술지침 및 연계선로 운영기준 제정에 관한 연구”, 전력연구원, 2004.8
- (13) “분산전원 계통연계 실증시험 및 기술지침 수립 연구”, 전력연구원, 2007. 2
- (14) 문서번호 배전(계)84303-1043(2005.04.19) “분산형전원 배전계통 연계 기술기준 제정”, 한국전력공사 배전처
- (15) 문서번호 배전(계)84302-300(2006.02.13) “분산형전원 배전계통연계 관련 회신”, 한국전력공사 배전처
- (16) 문서번호 배전(계)84302-372(2006.02.24) “자가용 태양광 분산형전원의 계통연계 관련 알림”, 한국전력공사 배전처
- (17) 문서번호 배전(계)84203-653(2007.04.10) “배전선로 연계 분산형전원 발전용량 확대검토”, 한국전력공사 배전처
- (18) 문서번호 배전(전)84203-487(2008.04.02) “동일지면에 복수의 발전사업자가 허가되는 경우 배전계통 연계방안 알림”, 한국전력공사 배전계획처
- (19) 문서번호 배전(전)84307-950(2008.06.03) “분산형전원 연계 기술기준 관련 질의사항 회신”, 한국전력공사 배전계획처
- (20) 문서번호 배전(전)88409-1089(2008.06.25) “태양광발전설비 배전계통 연계시 발생민원에 대한 적용기준 알림”, 한국전력공사 배전계획처
- (21) 문서번호 배전(계)84302-380(2009.03.30) “소규모 단순병렬 신재생에너지 분산형전원 계통연계 검토시 유의사항 강조 알림”, 한국전력공사 배전계획처
- (22) 문서번호 배전(계)84302-1670(2009.12.15) “분산형전원 배전계통 연계 기술기준 개정”, 한국전력공사 배전계획처

 KEPCO <small>KOREA ELECTRIC POWER CORPORATION</small> 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	247 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

- (23) “분산전원의 연계용량 기술기준 보완 연구”, 전력연구원, 2012.1
- (24) 문서번호 배계(연계)-498(2015.03.26) “배전계통 저압 분산형전원 연계범위 확대 관련 기술기준 개정”, 한국전력공사 배전계획처
- (25) 문서번호 배계(연계)-521(2015.03.27) “수전/발전 전기방식이 상이한 분산형전원 연계기준 개정 알림”, 한국전력공사 배전계획처
- (26) 문서번호 배계(연계)-1665(2015.08.25) “분산형전원 분리장치 설치 관련 업무처리방안 알림”, 한국전력공사 배전계획처
- (27) 문서번호 배계(연계)-2100(2015.10.20) “Hybrid 분산형전원 적용 배전계통 연계 기술기준 개정 알림”, 한국전력공사 배전계획처
- (28) 문서번호 배계(연계)-2418(2015.11.25) “『태양광발전 분산형전원 전용변압기 설계용량 산정기준』 개선 알림”, 한국전력공사 배전계획처
- (29) 문서번호 배계(연계)-2272(2016.10.17) “상계거래 연계용량 확대에 따른 배전선로 연계방안 알림”, 한국전력공사 배전계획처
- (29) 문서번호 배계(연계)-1594(2017.08.29) “4kW 이하 저압 상계거래 연계방안 개선 알림”, 한국전력공사 배전계획처
- (30) 문서번호 배계(연계)-405(2018.03.15) “단상 인버터 활용 연계신청 시 업무처리방안 알림”, 한국전력공사 배전계획처
- (31) 문서번호 배계(연계)-1379(2018.09.06) “고장구간 차단기(EFI) 설치기준 잠정 변경 알림”, 한국전력공사 배전계획처
- (32) 문서번호 배계(연계)-1739(2019.12.09) “저압 분산형전원 주상변압기 연계용량 확대 알림”, 한국전력공사 배전계획처
- (33) “배전선로의 분산전원 연계용량 기준 상향 타당성 연구”, 전력연구원, 2020.1
- (34) 문서번호 배계(연계)-659(2020.05.28) “분산형전원 배전계통 연계 기술기준 관련 업무처리방안 알림”, 한국전력공사 배전계획처

 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	248 / 247
			개정 일자	2025.12.02	

- (35) 문서번호 배계(연계)-853(2020.06.30) “분산형전원 배전계통 연계 기술기준 및 기술 Guideline 개정 알림”, 한국전력공사 배전계획처
- (36) 문서번호 배계(연계)-1120(2020.08.31) “태양광인버터 설정치 변경 현장조치 안내 시행 알림”, 한국전력공사 배전계획처
- (37) 문서번호 배계(연계)-1449(2020.11.11) “저압 공용변압기 연계 분산형전원 전압초과 관련 업무처리 방안 안내”, 한국전력공사 배전계획처
- (38) 문서번호 배계(연계)-109(2021.02.04) “태양광인버터 설정치 변경 현장조치 추가 안내 시행 및 실적관리 강조”, 한국전력공사 배전계획처
- (39) 문서번호 배계(연계)-152(2021.02.16) “분산형전원 배전계통 연계 기술기준 및 Guideline 개정 알림”, 한국전력공사 배전계획처
- (40) 문서번호 배계(연계)-637(2021.06.03) “분산형전원 배전계통 연계기술기준 및 Guideline 개정 알림”, 한국전력공사 배전계획처
- (41) 문서번호 배계(연계)-898(2021.07.15) “분산형전원 분리장치 운영방안 변경 알림”, 한국전력공사 배전계획처
- (42) 문서번호 배계(연계)-965(2021.07.29) “분산형전원 연계배전선로 방향성 기기 보강 및 관리절차 안내”, 한국전력공사 배전계획처
- (43) 문서번호 배계(연계)-1168(2021.09.14) “송배전설비 신재생 접속허용용량 확대 시행 알림”, 한국전력공사 배전계획처
- (44) 문서번호 배계(연계)-1234(2021.10.06) “변전소 접속용량 상향 업무절차 알림”, 한국전력공사 배전계획처
- (45) 문서번호 배계(연계)-1340(2021.10.27) “제주계통 분산형전원 LVRT 의무화 시행 알림”, 한국전력공사 배전계획처
- (46) 문서번호 배계(연계)-2(2022.01.03) “분산형전원 배전계통 연계기술기준 및 기술 Guideline 개정 알림”, 한국전력공사 배전계획처

 KEPCO <small>KOREA ELECTRIC POWER CORPORATION</small> 배전계획처	분산형전원 배전계통 연계 기술 Guideline		기준서 No	H0-배전-편람-0002	
			개정·페이지	15	249 / 247
	개정 일자	2025.12.02			

- (47) 문서번호 배계(연계)-1028(2022.07.25) "분산형전원 전용변압기 탭변경 업무처리 기준 개선 알림", 한국전력공사 배전계획처
- (48) 문서번호 배계(연계)-1321(2022.09.27) "분산형전원 계통연계 유지기능 성능확인 절차 시행 알림", 한국전력공사 배전계획처
- (49) 문서번호 배계(연계)-215(2023.02.14) "분산형전원 계통연계 유지기능 성능확인 관련 유의사항 알림", 한국전력공사 배전계획처
- (50) 문서번호 배계(연계)-851(2023.06.19) "분산형전원 저압 배전계통 연계 기준 개선알림", 한국전력공사 배전계획처
- (51) 문서번호 배계(연계)-1623(2023.12.07) "분산형전원 배전계통 연계기술기준 및 기술 Guideline 개정 알림", 한국전력공사 배전계획처
- (52) 문서번호 계통(연계)-536(2024.06.11) "계통관리변전소 시행 알림", 한국전력공사 계통계획처
- (53) 문서번호 배계(연계)-1154(2024.09.02) "분산형전원 배전계통 연계 기술기준 및 업무처리 절차서 개정 알림", 한국전력공사 배전계획처