
『미국, 대형전력시스템에 적용되는 주파수 및 전압보호 설정과 라이드스루에 대한 NERC의 신뢰성 표준 승인 제안』

심층분석 보고서

2024. 03.

TBT 통보 여부	통보	HS Code	8501
통보국	미국	전년도 수출규모 (천불)	456,939 (2024)
작성기관	한국기계전기전자시험연구원	문의처	tbt@kotica.or.kr

[목 차]

1. 규제 개요	1
2. 제정 세부내용	3
3. 관련 법령 및 표준	9
불임. 규제 참고자료	9

1

규제 개요

- (도입배경 및 목적) 미국 에너지부의 연방에너지규제위원회는 대형 전력 시스템(이하, BPS)에 적용되는 북미전력신뢰성공사*(이하, NERC)에서 제출한 신뢰성 표준 2종** 승인을 제안하는 NPRM***을 통보하고 이에 대한 의견을 수렴중

* North American Electric Reliability Corporation : NERC는 미국과 캐나다, 멕시코 북부의 전력망의 신뢰성과 보안과 관련된 위험을 규제하는 비영리 국제기관으로, 신뢰성 표준의 개발 및 시행 대형 전력 시스템(BPS, Bulk Power System)의 감시 등 역할을 수행하고 있음

** PRC-024-4, PRC-029-1 (※ 세부내용 3 page 참조)

*** NPRM(Notice of Proposed Rulemaking, 규칙 제정 예고 공지) 미국 연방 기관이 새로운 규칙을 추가하거나 기존 규정을 변경 또는 삭제하려고 할 때, 공공 및 이해관계자에게 이를 알리고 의견을 수렴하기 위해 발행하는 공식 문서

- (규제요지) NERC는 NERC 용어집에 Ride-through에 대한 신규 용어 및 정의를 추가하고, 신뢰성 표준 PRC-024-4와 PRC-029-1을 승인하는 것을 제안하였으며, 미국 연방에너지규제위원회는 본 NPRM에서 신뢰성 표준 2종에 대한 승인에 대해 공개의견수렴을 요청함

TBT 통보번호	▪ USA/2186	통보일	▪ 2025-01-27
		고시일	▪ 해당 없음
규제명	▪ IBR용 주파수 및 전압 보호 설정 및 라이드 스루에 대한 신뢰성 표준 ▪ Reliability Standards for Frequency and Voltage Protection Settings and Ride-Through for Inverter-Based Resources		
규제부처	▪ 연방 에너지 규제위원회 ▪ Federal Energy Regulatory Commission		
요구사항 유형	▪ 적합성 평가		
제정 상태	▪ 제정 초안		
채택일	▪ 추후 결정		
의견수렴 마감일	▪ 2025년 03월 24일		
발효일	▪ 추후 결정		
준수기한	▪ 발효 후 12개월 이내(PRC-029-1 이전부터 운영중인 IBR 발전기 소유자의 주파수 및 전압 Ride-through 요구사항에 대한 면제의 허용 기간)		

□ 적용대상 및 수출규모

적용대상	<ul style="list-style-type: none">동기식 발전기, 유형 1 및 유형 2 풍력 자원, 동기식 콘덴서에 대한 주파수 및 전압 보호 설정; 태양 에너지 공학 (ICS 코드: 27.160); 풍력 터빈 에너지 시스템 (ICS 코드: 27.180); 퓨즈 및 기타 과전류 보호 장치 (ICS 코드: 29.120.50); 스위치기어 및 제어기어 (ICS 코드: 29.130); 정류기, 변환기, 안정화된 전원공급장치 (ICS 코드: 29.200); 전력 시스템 제어 장비 (ICS 코드: 29.240.30)Frequency and voltage protection settings for synchronous generators, type 1 and type 2 wind resources, and synchronous condensers; Solar energy engineering (ICS code(s): 27.160); Wind turbine energy systems (ICS code(s): 27.180); Fuses and other overcurrent protection devices (ICS code(s): 29.120.50); Switchgear and controlgear (ICS code(s): 29.130); Rectifiers, Converters, Stabilized power supply (ICS code(s): 29.200); Control equipment for electric power systems (ICS code(s): 29.240.30)		
적용범위	<ul style="list-style-type: none">대형 전력 시스템(BPS)<ul style="list-style-type: none">- 구체적인 시설 범위는 개정 세부내용 항목 참조		
對 발행국 수출액 (전년기준, 천불)	▪ 456,939	HS Code	▪ 8501

□ 개정안의 목적 및 적용 대상 범위

- 본 NPRM은 BPS 발전 설비의 보호 장치 및 운영 방식과 관련한 신뢰성 표준을 승인하는 것으로, PRC-024-4*와 PRC-029-1** 신뢰성 표준의 목적과 적용 대상 범위는 다음과 [표 1]을 참조

* Frequency and Voltage Protection Settings for Synchronous Generators, Type 1 and Type 2 Wind Resources, and Synchronous Condensers (동기식 발전기, Type 1 및 Type 2 풍력 전력, 동기식 콘덴서에 대한 및 전압 보호 설정)

** Frequency and Voltage Ride-through Requirements for Inverter-based Resources (인버터 기반 리소스에 대한 주파수 및 전압 Ride-through 요구사항)

[표 1] PRC-024-4 및 PRC-029-1 신뢰성 표준의 목적과 시설의 범위

	PRC-024-4	PRC-029-1
표준의 목적 ¹⁾	<ul style="list-style-type: none"> • 전력망에서 순간적으로 주파수나 전압이 변동할 때 불필요하게 차단되는 것을 방지하기 위함 	<ul style="list-style-type: none"> • 인버터 기반 발전 설비(IBR) 전력망의 주파수나 전압이 변동할 때 정상적으로 운영하기 위함
시설의 범위	<ul style="list-style-type: none"> • (릴레이 또는 관련 제어 시스템 내 기능을 통해 제공되며) 주파수, 전압, 및 볼트/헤르츠 보호 전기 신호에 반응하여 : <ul style="list-style-type: none"> (i) 발전 자원(Generating Resource)을 직접 차단(trip)하거나, (ii) 발전 자원에 차단 신호를 제공하며, 다음과 같은 경우에 적용됨 : <ul style="list-style-type: none"> - 북미 대형 전력 시스템(BES) 동기 발전기 - BES 동기 발전기의 GSU 변압기 - BES 발전 자원에 설치된 동기 발전기 연결 유닛 보조 변압기(UAT)의 고압측 - BES 정의, 포함 항목 14에서 식별된 공통 버스에 연결된 다수의 동기 발전기로부터 용량을 전달하는 주요 요소, 해당 자원의 총 용량이 75MVA를 초과하는 지점까지 	<ul style="list-style-type: none"> • 대형 전력 시스템(BPS) 인버터 기반 발전(IBRs) • 인버터 기반 발전(IBR) 등록 기준 (IBR Registration Criteria)

	PRC-024-4	PRC-029-1
	<ul style="list-style-type: none"> - BES 정의, 포함 항목 14에서 식별된 공통 버스에 연결된 다수의 동기 발전기의 MPT(Main Power Transformer, 주 전력 변압기) • (릴레이 또는 관련 제어 시스템 내 기능을 통해 제공되며) 주파수, 전압, 및 볼트/헤르츠 보호 전기 신호에 반응하여 : <ul style="list-style-type: none"> (i) 송전망에 연결된 동기 콘덴서(Synchronous Condenser) 를 직접 차단(trip)하거나, (ii) 송전망에 연결된 동기 콘덴서에 차단 신호를 제공하며, 다음과 같은 경우에 적용됨: <ul style="list-style-type: none"> - BES 동기 콘덴서 - BES 동기 콘덴서의 승압 변압기 (스텝업 변압기, Step-up Transformer) - 동기 콘덴서에 연결된 유닛 보조 변압기(UAT)의 고압측 • 제외 대상 <ul style="list-style-type: none"> - 동기 발전기 또는 동기 콘덴서 시설 내 모든 보조 장비 (Auxiliary Equipment)에 대한 보호 장치 	

¹⁾ : 동기 발전기·동기 콘덴서는 기존 발전기의 교류 전력망의 구성요소이며, IBR(Inverter - Based Resources)은 직류로 생성된 전력을 교류로 변환하여 전력망에 공급함. PRC-024-4와 PRC-029-1은 적용 대상과 기술 방식은 다르지만, 두 표준의 목적은 동일하며, BPS에서 주파수나 전압이 변동할 때 전력망을 안정적으로 유지하는 데 있음

□ 제정 주요 내용

- 미국 연방에너지규제위원회는 본 NPRM에서 신뢰성 표준 개정 등에 대한 NERC의 설명을 수록하고, 이에 대한 공개의견수렴을 요청
- NERC가 설명한 PRC-024-4와 PRC-029-1, 그리고 NERC 용어집의 변경 사항은 다음과 같음

- ① NERC의 용어집에 Ride-through에 대한 용어 및 정의를 추가
- ② 신뢰성 표준 PRC-024-4 요구사항 변경 및/또는 유지
- ③ 신뢰성 표준 PRC-029-1의 요구사항 변경

□ NERC가 제안한 신뢰성 표준의 주요 내용

- Ride-through에 대한 용어 및 정의 추가
 - NERC는 Ride-through에 대한 용어 및 정의를 다음과 같이 설명하였음

Ride-through : 발전소/시설이 전압 또는 주파수 시스템 장애 발생 시에도 연결을 유지하고 계속 운영되는 것 (The plant/facility remains connected and continues to operate through voltage or frequency system disturbances)

- PRC-024-4의 주요 변경 사항

- NERC는 신뢰성 표준 PRC-024-4에서 변경(또는 유지)된 항목을 다음과 같이 설명하였음

[표 2] PRC-024-4의 주요 변경(유지) 사항과 이유

	변경 사항	이유
1	◦ 요구사항 R1, R2, R3, 및 R4에 포함된 인버터 기반 발전(IBR) 기능 관련 내용을 삭제함	• 제안된 신뢰성 표준 PRC-029-1에 포함되어 있음
2	◦ 1형 및 2형 풍력 발전은 IBR로 간주 되지 않음	• 비동기 방식으로 운영되며, 전력 전자 장치를 포함하지 않아 Ride-through를 견딜 수 있는 최신 컨트롤러를 갖추고 있지 않기 때문
3	◦ 동기 발전기, 동기 콘덴서 및 1형 및 2형 풍력 발전의 Ride-through 호환 주파수 및 전압 보호 설정 범위는 유지함	• 동기 발전 설비(Synchronous Units)는 시스템 장애 시 Ride-through 성능 기반 요구사항이 필요하지 않기 때문
4.	◦ 동기 발전기, 동기 콘덴서, 및 1형 및 2형 풍력 발전에 대한 capability 기반 요구사항을 유지	-
5	◦ 동기 발전의 주파수 및 전압 보호에 대한 capability 기반 요구사항을 유지 <ul style="list-style-type: none"> - PRC-024-4의 적용 대상을 동기 발전기 및 1형 및 2형 풍력 발전으로 제한 - 동기 콘덴서 및 관련 장비를 적용 시설에 포함함 - 동기 콘덴서에 대한 주파수, 전압 및 볼트/헤르츠 보호 기능을 적용하는 송전 	-

	변경 사항	이유
	사업자가 적용되도록 요구사항 R1, R2, R3, 및 R4를 수정함	

○ PRC-029-1의 주요 변경 사항

- NERC는 신뢰성 표준 PRC-029-1이 인버터 기반 발전(IGBT)의 발전기 소유자에 대해 주파수 및 전압 Ride-through 성능 요구사항을 수립하도록 개정함

(A) 요구사항 R1의 변경 사항

[표 3] PRC-029-1의 주요 변경 사항 - 요구사항 R1

	변경 사항
1	<ul style="list-style-type: none"> ◦ IGBT 발전기 소유자는 각 IGBT의 설계 및 운영이 must Ride-through zone (PRC-029-1의 Attachment 1에 명시)을 충족하거나 초과하도록 보장해야 함 ◦ 상기 요구사항의 면제 요건은 다음과 같음 <ul style="list-style-type: none"> - IGBT가 고장을 제거하기 위해 전기적으로 차단될 필요가 있는 경우 - 주 전력 변압기(Main Power Transformer)의 고압측 전압이 요구사항 R4에 따른 허용 가능한 하드웨어 한계를 벗어난 경우 - 송전망 내 비고장(non-fault) 스위칭 이벤트로 인해 주 전력 변압기 고압측의 순간적인 정상 순서 전압 위상각 변화(instantaneous positive sequence voltage phase angle change)가 25 전기 각도(electrical degrees)를 초과하는 경우 - 주 전력 변압기 고압측에서 볼트/헤르츠(V/Hz)가 1.1 PU(Per Unit)를 45초 이상 초과하거나, 1.18 PU를 2초 이상 초과하는 경우
2	<ul style="list-style-type: none"> ◦ IEEE 표준 2800-2022(IEEE 2800-2022)의 must Ride-through zones 용어를 채택함
3	<ul style="list-style-type: none"> ◦ IGBT가 전압 변동 시 Ride-through하고, 사고 이후(post-disturbance) 램프율(ramp rate)을 사고 이전(pre-disturbance) 수준으로 복귀하도록 요구함 <ul style="list-style-type: none"> - 성능 기반 신뢰성 표준을 개발하도록 한 지침을 반영하기 위함
4	<ul style="list-style-type: none"> ◦ IGBT가 시스템 장애(system disturbance) 동안 연결을 유지하고, 제어 및 조절 기능을 수행하면서 Ride-through하도록 요구함 <ul style="list-style-type: none"> - 사고 발생 시 전류를 주입하고 주파수 지원을 수행하도록 요구하는 지침을 반영하기 위함
5	<ul style="list-style-type: none"> ◦ IGBT가 PRC-029-1의 Attachment 1의 Ride-through 요구사항을 충족하거나 초과하도록 요구함 <ul style="list-style-type: none"> - 장애 발생 시 차단 금지 구역(no-trip zone)에서 순간 정지(momentary cessation)를 금지하도록 한 지침을 준수하기 위함

(B) 요구사항 R2의 변경 사항

[표 4] PRC-029-1의 주요 변경 사항 - 요구사항 R2

변경사항	
1	<ul style="list-style-type: none"> ◦ NERC에 등록된 IBR의 발전기 소유자는 시스템 장애(system disturbances) 동안 전압 Ride-through 성능 기준을 준수해야 함 <ul style="list-style-type: none"> - 요구사항 R4에 따라 문서화된 하드웨어 제한이 존재하는 경우에는 예외로 인정됨

(C) 요구사항 R3의 변경 사항

[표 5] PRC-029-1의 주요 변경 사항 - 요구사항 R3

변경사항	
1	<ul style="list-style-type: none"> ◦ NERC에 등록된 IBR 발전기 소유자는 IBR이 주파수 변동(frequency excursion) 이벤트 동안 Ride-through 요구사항을 준수하도록 보장해야 함 <ul style="list-style-type: none"> - IBR은 전류를 지속적으로 교환하며 전기적으로 연결된 상태를 유지해야 하고, 이 과정은 PRC-029-1의 Attachment 2에 명시된 must Ride-through zone 내에서 이루어져야 하며, 절대 주파수 변화율(Rate of Change of Frequency, RoCoF)이 5Hz/초 이하인 경우에 적용됨 <ul style="list-style-type: none"> - 요구사항 R4에 따라 문서화된 하드웨어 제한이 존재하는 경우에는 예외로 인정됨
2	<ul style="list-style-type: none"> ◦ IBR은 전력망과 연결을 유지하며, 제어 및 조절 기능을 수행하여 시스템 장애를 Ride-through해야 함

(D) 요구사항 R4의 변경 사항

- 요구사항 R4는 기존 레거시 IBR*의 발전기 소유자가 요구사항 R1 ~ R3을 준수하기 위해 하드웨어를 교체해야 하는 경우, 주파수 및 전압 Ride-through 요구사항에 대한 면제를 받을 수 있도록 허용하며, 주요 내용은 다음과 같음

* 제안된 PRC-029-1의 발효일 이전부터 운영 중인 IBR

[표 6] PRC-029-1의 주요 변경 사항 - 요구사항 R4

변경사항	
1	<ul style="list-style-type: none"> ◦ PRC-029-1 발효일 이전부터 운영 중인 IBR을 보유한 발전기 소유자는, 해당 IBR이 요구사항 R1 ~ R3에서 명시된 Ride-through 기준을 충족할 수 없게 만드는 하드웨어 제한이 존재하며, 특정 Ride-through 기준에 대한 면제가 필요할 경우, 해당 하드웨어 제한을 뒷받침하는 정보를 문서화해야 함 ◦ 모든 IBR 발전기 소유자는 다음 기관에 해당 정보를 제공해야 함 <ul style="list-style-type: none"> - 계획 조정자(Planning Coordinator), 송전 계획 담당자(Transmission Planner), 송전 운영자(Transmission Operator), 신뢰성 조정자(Reliability Coordinator)

변경사항	
	<ul style="list-style-type: none"> 발전기 소유자는 관련된 준수 집행 기관(Compliance Enforcement Authority)에 문서를 제출해야 하며, 일반적으로 이는 지역 기관(Regional Entity)이 담당함. 이 기관은 요구사항 R4에서 지정된 모든 문서가 발전기 소유자로부터 제출되었음을 확인한 후에만 면제를 승인할 수 있음
2	<ul style="list-style-type: none"> PRC-029-1이 발효된 후, 발전기 소유자는 <u>12개월 이내에 면제를 요청할 수 있으며, 이 기간이 지나면 추가 면제 요청을 받지 않음</u> 면제된 하드웨어가 이후 교체될 경우, 발전기 소유자는 90일 이내에 해당 정보를 계획 조정자, 송전 계획 담당자, 신뢰성 조정자, 송전 운영자에게 통보해야 하며, R1 ~ R3 요구사항을 준수해야 함 면제가 인정되는 특정 조건은 다음과 같음 <ul style="list-style-type: none"> - Ride-through할 수 없는 전압 또는 주파수 대역 및 해당 지속 시간 - 누적 전압 변동 횟수(설비가 10초 동안 4회 미만의 전압 변동을 Ride-through할 수 있는 경우)

3

관련 법령 및 표준

□ 관련 법령 및 표준

- NERC의 신뢰성 표준 목록은 [다음 URL](#)을 참조
 - 기존(현행) PRC-024-4 표준의 문서 : [다음 URL](#) 참조
 - 기존(현행) PRC-029-1 표준의 문서 : [다음 URL](#) 참조

불임

규제 참고자료

□ 규제원문 출처

- WTO TBT : [다음 URL](#)을 참조