저주파수 부하차단 국내외 규정 비교 및 분석

최미곤*, 안선주*, 최준호*, 고석일*
전남대학교*

UnderFrequency Load Shedding Standards Comparison and Analysis

Mi-Gon Choi*, Seon-Ju Ahn*, Joon-Ho Choi*, Seok-il Go*
Chonnam National University*

Abstract - 전력계통의 주파수 변화는 부하와 발전력 간 불균형에 의해 발생한다. 발전력 부족에 의해 수급 불균형이 발생한다면 계통 주파수는 부하와 발전력 간의 균형이 다시 이루어지는 점까지 저하하게 되며, 부하와 발전력 간의 수급균형이 이루어지지 않으면 계통은 붕괴된다. 저주파수 부하차단은 일정 시간 내에 부하와 발전력의 균형을 맞춤으로써 계통 붕괴를 방지하기 위한 것이다. 국내의 전력계통은 시간이 지날수록 점점 변화되고 있다. 예를 들어 태양광, 풍력 등의 신재생 에너지인 분산전원, 전력저장 장치 등이 계통의 한 부분이 되고 있는 것이 그 예이다. 이런 변화에 따라 저주파수 부하차단의 방식도 이런 변화를 염두에 두고 적용돼야 한다. 따라서 계통 변화에 따른 저주파수 부하차단 관련 규정 또한 변화가 필요하다.

1. 서 론

저주파수 부하차단에 대한 규정들을 비교하기 위해서 먼저 국내 규정과 국외 규정들의 특징들을 알아야 할 것이다. 국내 규정인 [1], [2], [3]의 경우 저주파수 계전기의 운영 방법과 지침 등에 대해 언급하고 있고 [4]에서는 차단 단계, 차단부하 확보량 그리고 계전기의 세팅 값 등의 상세한 기준을 제시하고 있다. 국외 규정 중 북미 신뢰도 기구인 NERC의 [5]의 경우는 저주파수 부하차단에 대한 기준들을 Requirements로 표현하여 나열하고 있고 Requirement에 대한 증거 보유 사항을 Measures로 그리고 이를 잘 수행하고 있는지를 Compliance 내에서 몇 가지 기준을 두어 평가하고 있다. 또한 유럽 신뢰도 기구인 ENTSO-E의 ENTSO-E Code는 마찬가지로 저주파수 부하차단에 대한 기준들을 [6]에서 다루고 있다. 추가적으로 저주파수 부하차단에 필요한 파라미터인 최초 차단 주파수, 최대 상정 차단 부하 등의 상세한 사항들을 [7]에서 제시하고 있다. 본 논문에서는 위에서 언급한 국내외 규정들을 비교하여 국내 기준을 중심으로 상충하는 부분들을 묶어 제시하고 비교 분석할 것이고 추가적으로 공통된 사항이라 볼 수 없지만 국외 규정에서 살펴봐야 하는 사항을 검토할 것이다.

2. 본 론

2.1 저주파수 부하차단 국내외 규정 비교 및 분석

분석 내용을 언급하기 전에 국내 규정들을 살펴보면 국외 규정과 비교 가능한 부분이 있는 반면 그렇지 않은 부분도 존재했다. 예를 들어 하나의 계통만을 가진 국내와 여러 계통이 연계되어 있는 국외의 특징에서 나오는 규정과 같은 국내 규정에 필요 없는 부분이라 생각되면 본문에 포함시키지 않았다. 또한 규정 내용들을 본문에 전부 포함 시킬 수는 없으므로 상대적으로 긴 규정들은 요약했다. 또한 국내 규정을 기준으로 삼고 이와 상충되는 국외 규정들을 표에 담았고 비교 분석한 내용을 언급했다.

2.1.1 저주파수 부하차단 시스템의 필요성

〈표 1〉 저주파수 부하차단 시스템 필요성에 대한 국내외 규정 비교

기준		기준 내용
기준종류	자료 및 번호	
국내기준	[1] 1, 2	- 전력거래소는 저주파수 시 회복을 위해 저주파수계전기에 의한 부하차단 계획 수립함 - 전력거래소는 다음과 같은 상황 발생 시 부하차단용 저주파수계전기의 부하 차단계획 검토해야 함
NERC	[5] R3	- Planning Coordinator는 저주파수 부하차단 프로그램을 개발해야 함
ENTSO-E	[6] 1. a, b, c	- 배전계통 운영자 및 송전망 연계 부하소유자는 해당 부하의 일정비율을 저주파수 시에 자동 차단할 수 있어야 함 - 저주파수 부하차단 scheme은 정해진 주파수 범위 내 단계별로 부하차단 할 수 있어야 함. 이 때 기준은 TSO가 정함 - 각 주파수 단계별 차단할 부하의 비율은 TSO가 정의함

이 사항의 차이점이라면 저주파수 부하차단 계획을 수립하는 대상에 대한 것이다. 하지만 대상은 각 나라의 차이로 표현만 다를 뿐 저주파수 부하차단 계획을 정의하고 수립해야 한다는 내용은 같다는 것을 알 수 있다.

2.1.2 저주파수 차단 부하량 확보

〈표 2〉 저주파수 차단 부하량 확보에 대한 국내외 규정 비교

기준		기준 내용
기준종류	자료 및 번호	
국내기준	[1] 3, 4 [3] 1	- 각 전기사업자는 매 분기마다 주파수 단계별 차단부하 확보량 및 운영관련 사항을 조사하여 전력거래소에 통보해야 함 - 전력거래소는 각 전기사업자로부터 통보 답은 차단부하 확보량을 검하고 적합하지 않은 경우 각 전기사업자게에 개선 요구
NERC	[5] R9	- 저주파수 부하차단 entity는 해당 Planning Coordinator의 저주파수 부하차단 프로그램의 요구조건에 부합하는 자동부하 차단량을 제공해야 함
ENTSO-E	[6] 1. d, e	- 배전계통운영자와 송전망연계 부하소유자는 해당계통에서 차단할 부하의 지역적 배분을 결정하고 TSO에게 승인을 받아야 함 - 배전계통운영자와 송전망연계 부하소유자는 해당 계통의 저주파수 부하차단에 관한 상세사항을 TSO에게 매년 서면보고 해야 함

위와 마찬가지로 저주파수 차단 부하량 확보에 대한 사항 또한 부하량 확보 수치를 제공하거나 보고해야 하는 대상자의 차이점이 있으며 보고 횟수에 대한 것으로 국내는 매 분기, ENTSO-E는 매년으로 정하고 있다.

2.1.3 저주파수 부하차단 시스템 (계전기) 성능

<표 3> 저주파수 부하차단 시스템 성능에 대한 국내외 규정 비교

기준		기준 내용
기준종류	자료 및 번호	
국내기준	[2] 3	- 부하차단용 저주파수계전기는 주파수 저하 정도에 관계없이 일정한 응동시간을 갖음 - AC 입력전원 Failure에 의한 UFR 동작방지를 위해 AC 입력전압이 일정전압 이하로 저하 시 UFR 동작을 방지 할 수 있는 기능 구비 - 주파수 분해도는 0.01Hz, 정확도는 ±5Hz의 성능을 구비
NERC		
ENTSO-E	[6] 1. f	- 배전계통운영자와 송전망연계 부하소유자는 해당계통의 저주파수 부하차단에 관한 상세사항을 TSO에 매년 서면보고 해야 함 - 저주파수 부하차단 scheme은 다음의 기능을 갖추어야 함 i) 최소한 47-50Hz 범위에서 동작해야 하며 0.05Hz 단위로 설정 가능해야 함 ii) 주파수 설정치 도달 후 150ms 이내에 동작해야 함 iii)전압 30-90% 범위에서는 부하차단 동작이 lock-out 되어야 함 iv) 부하차단 지점에서의 유효전력의 방향을 고려할 수 있어야 함

이 사항에서는 저주파수 부하차단 계전기의 구체적 요구 성능을 제시하고 있다. 최소 주파수 범위, 150ms의 time delay등의 국내와 ENTSO-E 규정의 요구 성능의 차이를 볼 수 있다.

2.1.4 저주파수 부하차단 추가 고려 사항

<표 4> 저주파수 부하차단 추가 고려 사항에 대한 국내외 규정 비교

기준		기준 내용
기준종류	자료 및 번호	
국내기준	[4] 2	- 저주파수계전기 시설 계획 수립 시 다음 사항을 고려 i) 부하차단시간 : 계통주파수가 UFR Setting Tap 이 하로 저하 후 12Cycle 내에 부하 차단 완료 ii) 저주파수계전기 동작시간 : 위상급변에 의한 이상데이터에 대한 오동작 방지를 위해 UFR동작 시간은 4Cycle 이상으로 함
NERC		
ENTSO-E	[7] 8	저주파수부하차단 시행 시 TSO/DSO는 다음 사항을 고려해야 함 i) Relay와 차단기의 동작시간 외에 추가적인 time delay를 두지 말 것 ii) 배전계통에 연계된 발전기(분산전원)의 탈락을 최소화 할 것 iii) 조류나 전압이 Operational Security Limits을 벗어나지 않도록 할 것

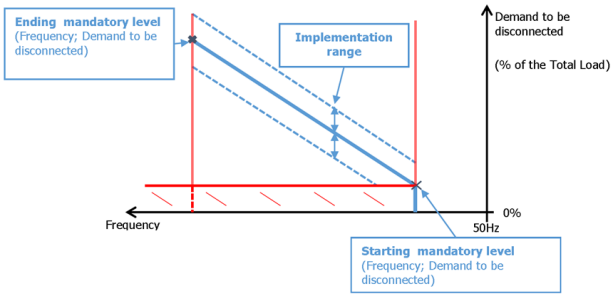
이 항목은 ENTSO-E에서 분산전원에 대한 내용을 제시한다는 것이 특징이다. 저주파수 부하차단의 목적은 발전력과 부하량을 맞추는 것에 있기 때문에 분산전원과 같은 발전력은 탈락을 최소화해야 하는 것이다.

2.2 이 외의 규정

<표 5> 저주파수 부하차단 관련 그 외 규정

기준		기준 내용
기준종류	자료 및 번호	
ENTSO-E	[7] 5	- TSO는 주파수 변화율(기울기)을 고려한 저주파수 부하차단을 포함할 수 있음
	[7] 6, 7	- TSO는 표1에 정의된 ending mandatory level 이하의 주파수에서 추가적인 부하차단 계획을 포함할 수 있음 - TSO는 보다 빠른 계통 복구를 위해 ending mandatory level 이하의 주파수에서 동작하는 Special Protection Scheme (SPS)을 시행할 수 있음

ENTSO-E는 계획된 주파수에 따른 단계적 부하차단 외에도 주파수의 기울기에 비례하는 부하차단과 같은 추가적인 대응 방안을 제시하고 있다. 또한 최초 차단 주파수, 최대 상정 부하량 등의 의무 수치 사항을 그래프로 제시하고 있다. 그래프는 아래와 같다.



<그림 1> Frequency mandatory level graph

3. 결 론

국내 기준과 NERC, ENTSO-E의 저주파수 부하차단 관련 규정에 대해 각각의 공통된 항목으로 잡아 비교하고 분석해 보았다. 각 항목마다 기존 규정을 그대로 사용할 수 있는 항목이 있었고 분산전원의 대한 내용 같이 추가해야 하는 항목도 존재했다. 또한 국내 기준에서 볼 수 없었던 주파수 기울기에 따른 부하차단, 최종 부하차단 주파수 이하의 상황에서의 대응 방안에 대한 규정도 존재했다. 국내와 국외의 계통에는 차이가 존재하기 때문에 부하차단 주파수와 최종 부하차단 주파수, 주파수 기울기등과 같은 수치가 달라야 한다. 따라서 이에 대한 실증적인 연구가 필요할 것이다.

[참 고 문 헌]

[1] 전력시장운영규칙 - [별표16] 계통보호 절차. 10.0 부하차단용 저주파수계전기 적용 및 운영절차
[2] 보호방식 적용방안 V. 저주파수계전기 부하차단방식.
[3] 계통보호업무처리지침 제 7장 저주파수계전기 관리업무.
[4] 계통보호업무편람 제8장 저주파수계전기 관리업무.
[5] Reliability Standards for the Bulk Electric Systems of North America PRC-006-1 Automatic Underfrequency Load Shedding.
[6] ENTSO-E CODE Connection Code - Network Connection on Demand Connection Article 20.
[7] ENTSO-E CODE - Network Connection on Emergency and Restoration Draft Article 13.