

풍력발전기의 과전류 보호설비 특성 분석

옥연호*, 최재호**, 정한상***
 파워21*, 충북대학교**, 한국수자원공사***

The Analysis of Over Current Relay in Wind Power Generator

Yeon Ho OK*, Jaeho Choi**, Han Sang Jeong***
 Power 21*, Chungbuk National University**, Korea Water Resources Corporation***

ABSTRACT

신재생에너지원은 수력·태양광·풍력등 여러 가지가 있으나 보호계전기 정정은 신재생에너지원의 특성과 관계없이 시행되고 있다. 본 논문에서는 풍력발전기에 대해 기존 시행한 과전류 계전기(50/51)의 Pick-Up, 한시, 순시에 대하여 정정 값을 검토하고 신재생에너지원과 상관없이 동일하게 적용하고 있는 과전류 계전기에 대해 문제가 없는지 분석하고 그 대안을 제안하고자 한다. 본 논문에서 사용된 정정은 송전회사인 한국전력공사의 기준으로 하였으며 실제 설치된 보호계전기의 제작자 특성 곡선을 적용하였다.

1. 서 론

발전설비의 보호설비 정정 절차는 송전회사인 한전으로부터 22.9kV 계통 임피던스 값과 제작사에서 실시하는 설비들의 공장시험 결과로부터 임피던스 값을 취득한 후 고장 계산 등을 통하여 여러 가지 요소를 정정하나 본 논문에서는 그 중 단락사고 및 과부하 발생시 동작하는 과전류 계전기에 한하여 검토한다. 또한, 신재생에너지원은 일반적으로 한전의 배전선로(이하 DL)에 연결하여 송전하기 때문에 발전기 측 고장으로 인한 DL에 미치는 과급을 최소화하고 DL의 전력 품질 상태에 따른 오동작 등을 충분히 고려하여 정정하여야 한다.^[1] 특히, DL의 불평형 부하에 의한 과전류계전기의 오동작을 방지하여 안정적인 전력 공급에 이바지하며, Site 별로 구분하는 보호설비는 크게 2가지로 구분되는데 발전기와 계통(22.9kV Line)으로 구분할 수 있다. 본 논문은 풍력에 대한 과전류 보호설비 정정검토를 분석하고 문제점을 분석하며 문제점 해결을 위한 대안을 제시하며 이를 현장 적용해 실증하고자한다.^[2]

2. 본 론

2.1 기존 정정

풍력발전기의 과전류 계전기는 그림1의 단선도와 같이 발전기 계통에 2개의 보호계전기로 구성되어 있다. 하나는 제작자 측에서 발전기 자체 특성 보호를 위해서 차단기 내부(MCB)에 있고 또 다른 하나는 690V 계통 보호를 위해 설치된 GIPAM 2200DG 가 있다.

2.1.1 22.9kV 측 50/51

변압기 보호가 주목적이며 Pick UP 전류의 정정 기준은 변압기 정격전류의 130~150%에 정정하나 변압기 용량이 발전기 용량의 약 1.1배 정도이므로 발전기 용량 기준으로는 143~165%에 정정된다. 한시 특성의 정정기준은 변압기 2차측 3상 단락사고시 0.6sec이하에 동작하도록 정정하며 순시 요소는 변압기 2차 3상 단락 사고시 전류의 150%가 기준이다. 그러나 발전기 계통 단락사고시 즉 변압기 2차측 사고시에 발전기보다 늦게 동작하도록 정정한다.

2.1.2 발전기 측 50/51

발전기 및 690V 계통 보호가 주목적이며 GIPAM 2200 DG의 과전류 계전기 Pick UP 값은 발전기의 정격전류의 15배로 한다. 한시 특성은 주 변압기 보호용 과전류계전기와 보호협조를 취하며 발전기의 과전류 내량은 일반적으로 정격전류의 300[%]에서 4~5sec(또는 $I^2t=41+t$) 이므로, 이것을 고려하여 Decrement Curve 와 Damage Point(SC) 사이에 정정하면서 Extremely Inverse(초반한시) 곡선을 적용하며 순시의 경우 전위보호계전기(22.9kV측 OCR)과 보호협조를 고려하고, 발전기 기동전류(정격전류×500~800%)에 오동작 하지 않는 범위 내에서 최소값으로 정정이 기준이며 기존 33.45A 로 정정되었다. 상기 기술한 정정곡선은 그림 2와 같다.

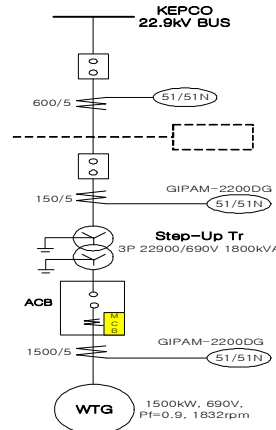


그림 1 단선도
 Fig. 1 Single line diagram

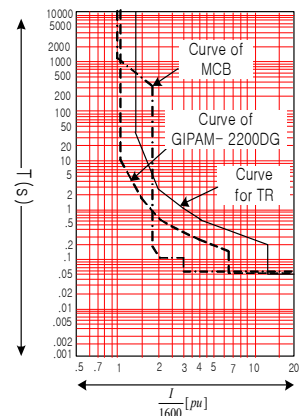


그림 2 기존의 정정곡선
 Fig. 2 Previous coordination curve

2.2 정정 문제점 분석

표1은 2011년10월19일부터 2013년12월29일까지 1대의 풍력

발전기에서 동작한 과전류 계전기 동작사례로서 R, S, T 상 동시 동작으로 판단컨대 돌풍에 의한 동작으로 판단되고 계통의 풍평형에 의한 동작은 없으므로 본 논문에서는 논외로 하며 MCB 동작없이 GIPAM 2200DG 만 동작한 최소 동작점은 1788.5A, 최대 동작점은 2316A를 곡선에 나타내면 그림 3의 음영부분이고 정상적인 동작이지만 개선이 필요하다.

표 1 과전류 계전기의 동작

Table 1 Operation of over-current relay

	Fault	I _r	I _s	I _t		Fault	I _r	I _s	I _t
1	R,S,T	1788.5	1863.8	1928.2	21	R,S,T	2123.1	2184.0	2257.7
2	R,S,T	1792.3	1874.0	1953.8	22	R,S,T	1920.5	1974.0	2057.7
3	R,S,T	2216.7	2263.5	2316.7	23	R,S,T	2002.6	2053.4	2155.1
4	R,S,T	2214.1	2283.9	2285.9	24	R,S,T	2000.0	2025.2	2100.0
5	R,S,T	2034.6	2091.8	2125.6	25	R,S,T	1944.9	2000.9	2073.1
6	R,S,T	2210.3	2250.6	2285.9	26	R,S,T	2030.8	2081.6	2137.2
7	R,S,T	2132.1	2189.2	2205.1	27	R,S,T	1985.9	2026.5	2091.0
8	R,S,T	2052.6	2117.4	2146.2	28	R,S,T	2023.1	2045.7	2093.6
9	R,S,T	1878.2	1924.0	1998.7	29	R,S,T	1925.6	1944.5	1997.4
10	R,S,T	2133.3	2208.4	2288.5	30	R,S,T	1970.5	1995.7	2059.0
11	R,S,T	2091.0	2144.3	2188.5	31	R,S,T	2042.3	2061.1	2123.1
12	R,S,T	1928.2	1997.0	2057.7	32	R,S,T	1974.4	1984.2	2080.8
13	R,S,T	1941.0	1985.5	2057.7	33	R,S,T	2069.2	2095.6	2189.7
14	R,S,T	1984.6	2035.4	2057.7	34	R,S,T	1909.0	1930.4	2028.2
15	R,S,T	1964.1	2016.2	2070.5	35	R,S,T	2223.1	2223.7	2294.9
16	R,S,T	2053.8	2116.1	2167.9	36	R,S,T	1997.4	2000.9	2062.8
17	R,S,T	2039.7	2080.3	2109.0	37	R,S,T	2029.5	2025.2	2091.0
18	R,S,T	2048.7	2085.4	2120.5	38	R,S,T	2026.9	2053.4	2155.1
19	R,S,T	2025.6	2068.7	2098.7	39	R,S,T	2059.0	2072.6	2125.6
20	R,S,T	2259.0	2308.3	2326.9					

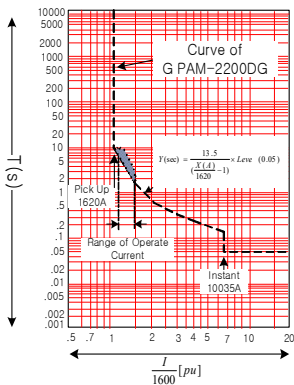


그림 3 GIPAM-2200DG 동작 점
Fig. 3 Operating point of GIPAM-2200DG

2.3 재 정정(GIPAM-2200DG)

일반적으로 정정의 기준이 되는 발전기 정격전류를 계산할 때 역율을 산입하지 않는데 이는 소수력 발전기나 태양광의 경우는 과부하가 될 경우가 없기 때문이지만 풍력 발전기의 경우에는 순간적인 돌풍에 의한 과부하 가능성이 있기 때문에 역율 산입이 필수적이다. 그러므로 정격전류는 기존 식1에서 식2로 변경해야만 한다.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V} = \frac{1500kW}{\sqrt{3} \times 690V} = 1620A \quad (1)$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos\theta} = \frac{1500kW}{\sqrt{3} \times 690V \times 0.9} = 1812A \quad (2)$$

또한 한시 정정의 경우 2.1.2에서 Extremely Inverse(초반한시) 곡선을 적용하나 풍력의 경우 순간적인 돌풍에 동작하지 않고 Blade 각도 조정시간이 필요하므로 Very Inverse(강반한시)에 가깝게 Lever를 0.05(식3)에서 0.15(식4)로의 변화가 필요하다.

$$Y(\text{sec}) = \frac{13.5}{\left(\frac{I}{1620} - 1\right)} \times \leq \text{ver}(0.05) \quad (3)$$

$$Y(\text{sec}) = \frac{13.5}{\left(\frac{I}{1812} - 1\right)} \times \leq \text{ver}(0.15) \quad (4)$$

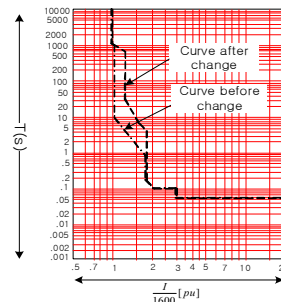


그림 4 정정 변경 전후 곡선
Fig. 4 Before and after coordination curve

그림4 는 정정 변경 전후의 그래프이며, 정정 후 그래프에서는 Pick Up 전류 조정으로 표1 의 최소 동작 점 1788.5A 에는 동작하지 않고 한시 특성 조정으로 최대 동작 점 2316.7A 에는 기존 157sec에서 7.27sec 로 변경되어 Blade 각도 조정을 위한 5.7초 시간의 여유를 가져 Trip 이 감소할 것으로 판단된다.

3. 결 론

신재생에너지원 중에서 풍력 발전소의 과전류 계전기 정정에 대하여 분석한 결과, 재정정이 필요하다. 이는 풍력 발전소의 경우 돌풍으로 인한 과부하 현상이 발생하기 쉬워 과전류 계전기 동작 사례가 표1과 같이 약2년2개월간 총 39회로 반복되었다. 이는 풍력의 특성상 과전류 계전기가 제작자(MCB) 및 운용사(GIPAM 2200DG)의 이중으로 설치되어 있는 중 운용사에서 설치한 계전기만 동작한 사례이다. 운용사에서 설치한 계전기의 Pick Up 전류 및 한시특성을 초반한시에서 강반한시로 조정하여 과전류 계전기 동작 빈도를 줄여 불필요한 Trip을 방지하며 지금까지 돌풍에 대비해 출력을 줄여 운영하는 방식을 탈피하여 전력 생산 증대를 기할 수 있다. 또한 이 한시 정정의 변화에도 불구하고 제작자 측에서 설치한 과전류 계전기는 기존대로 둬므로서 제작자측에서 보충한 과부하 요소를 충족했고 혹 발생할 수 있는 제작자측 계전기의 오부동작에 대비할 수 있게 되었다.

참 고 문 헌

- [1] Yaow Ming Chen, Yuan Chuan Liu, Shih Chieh Hung, and Chung Sheng Cheng "Multi Input Inverter for Grid Connected Hybrid PV/Wind Power System", IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, pp. 1070 1077, 2007.
- [2] Slavomir Seman, Jouko Niiranen, and Antero Arkkio "Ride Through Analysis of Doubly Fed Induction Wind Power Generator Under Unsymmetrical Network Disturbance" IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS, 2006.