스마트그리드 수배전반용 보호협조 제어장치 설계

김 찬혁*, 왕 용필*, 노 대석**
*한국전기산업연구원
**한국기술교육대학교
e-mail:redkg123@erik.ac.kr

Design of Control Device of Protective Coordination in the Smart-Grid Switchgear

Chan-Hyeok Kim*, Yong-Peel Wang*, Dae-Seok Rho**
*Electrical Industry Research Institute of Korea
**Korea University of Technology and Education

요 약

최근 이산화탄소 배출권 문제 등 에너지와 환경문제가 대두됨에 따라 신재생에너지의 도입이 증가하고 있다. 신재생에너지전원은 전력 수급 측면에서 부하 증가에 따른 공급을 가능하여 신뢰성 확보할 수 있다. 그러나 고장 전류 측면에서 고장전류가 증가하여 기존의 보호협조 및 차단기 동작에 악영향을 미칠 수 있다. 특히, 신재생에너지전원의 연계용 변압기 결선방식으로 인해 보호기기가 오동작이 발생 할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 보호기기의 오동작을 해결하기 위하여 신재생에너지전원이 연계된 스마트 그리드 수용가 설비의 양방향 보호협조 제어장치(영상지락전류(NGR) 제어장치) 설계하고자 시뮬레이션 분석을 수행하였다.

1. 서 론

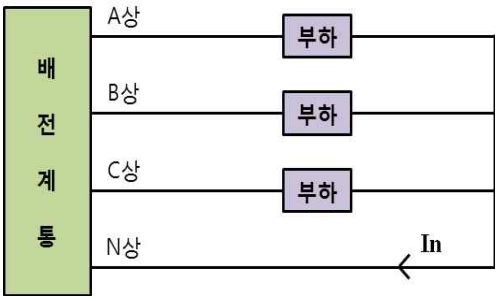
최근 정부의 녹색성장 정책에 의하여 태양광, 풍력전원 등 신재생에너지전원의 설치가 급증하고 있다. 하지만 신재생에너지전원이 배전계통에 연계시, 연계용 변압기 결선방식에 의한 고장전류 파급으로 다양한 형태의 보호기기 오동작이 발생할 가능성이 존재한다. 특히, 신재생에너지전원 연계된 선로의 동일 뱅크의 타 선로에서 지락사고가 발생할 경우 신재생에너지전원 연계용 변압기의 Yg-Delta 결선 방식에 의한 역조류 현상으로 보호기기가 오동작하는 문제점은 실제 계통에서 발생하고 하고 있다. 따라서 본 논문에서는 보호기기의 오동작을 해결하기 위하여 신재생에너지전원이 연계된 스마트 그리드 수용가 설비의 양방향 보호협조 제어장치(영상지락전류(NGR) 제어장치) 설계하고자 시뮬레이션 및 분석을 수행하였다.

2. 스마트 그리드 수용가 설비 양방향 보호협조 시험장치 이용한 비교·분석

영상지락전류(NGR) 제어장치 설계안을 제시하기 위하여 실 시험 장치를 이용하여 비교·분석하였다. 그림 1은 스마트 그리드 수용가 설비 양방향 보호협조 시험장치(H/W)이다. 또한 지락사고를 모의하기 어려움으로 부하 불평형으로 만들어 시험하였다.

[그림 1] 스마트 그리드 수용가 설비 양방향 보호협조 시험장치

그림 2는 영상지락전류(NGR) 제어장치 설치 전의 배전계통 구성도이다. 여기서 불평형율, 기준전류 및 불평형 전류를 다음 식과 같이 구할 수 있다.



[그림 2] NGR 설치 전 배전계통 구성도

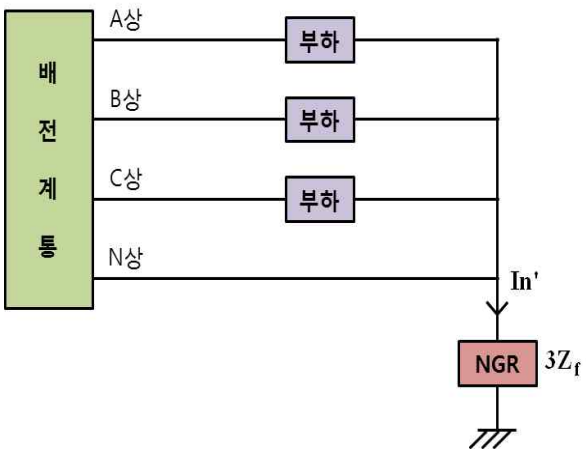
$$\text{불평형율}[\%] = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{\left(\frac{P_a + P_b + P_c}{3}\right)} \times 100 \qquad (1)$$

$$\text{기준전류}[A] = \frac{\text{3상 평균 전력}[W]}{\text{상 전압}[V]} \qquad (2)$$

$$\text{불평형 전류 } I_n[A] = \frac{\text{불평형율}}{100} \times \text{기준전류} \qquad (3)$$

그림 3은 영상지락전류(NGR) 제어장치 설치 후의 배전계통 구성도이다. 여기서 불평형율, 기준전류 및 불평형 전류를 구하고 식 (4)와 같이 영상지락전류(NGR) 제어장치 흐르는 전류를 구할 수 있다. 따라서 영상지락전류(NGR) 제어장치 설치 전·후에 불평형 전류를 비교하여 영상지락전류(NGR) 제어장치의 필요성을 알 수 있다.

$$\text{불평형 전류 } {}_{NGR}I_n'[A] = \frac{1}{3Z_f} \times I_n \qquad (4)$$



[그림 3] NGR 설치 후 배전계통 구성도

[표 1]과 같이 각 부하조건을 상정하여 영상지락전류(NGR) 제어장치의 설치 전과 후의 불평형 전류와 감소율을 비교·분석하고자 한다.

[표 1] 부하조건

	A상[W]	B상[W]	C상[W]
조건 1)	800	400	400
조건 2)	1,000	400	400
조건 3)	1,500	400	400

각 부하조건에 따라 영상지락전류(NGR) 제어장치 설치 전·후의 각 측정 데이트를 [표 2]와 같이 종합하였다. 이상의 결과에서 불평형율이 발생시 영상지락전류(NGR) 제어장치 설치가 유효함을 확인 할 수 있었다.

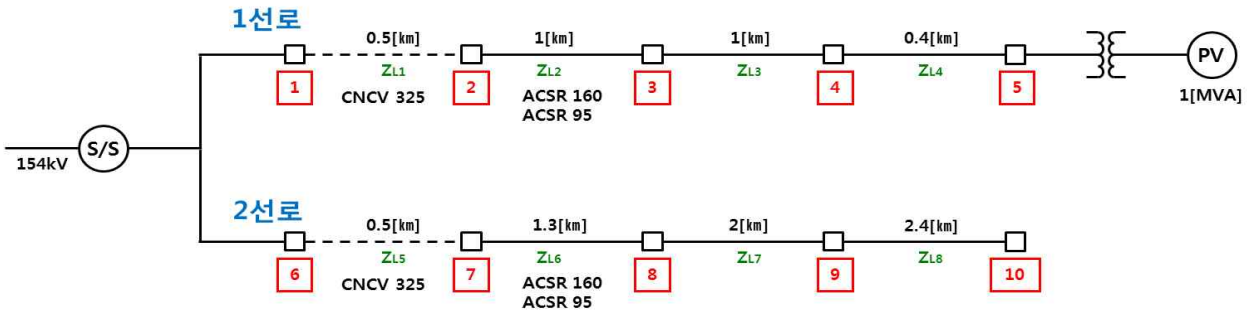
[표 2] NGR 설치 전·후의 불평형 전류 측정 데이터

		NGR 무	NGR 2[Ω]	NGR 4[Ω]
1)	불평형율[%]	67.67	73.45	73.45
	기준전류[A]	2.07	2.12	2.12
	불평형 전류 In[A]	1.4	1.55	1.55
	불평형 전류 In'[A]	-	0.226	0.13
	감소율	-	83.33	91.69
2)	불평형율[%]	90.69	95.76	95.76
	기준전류[A]	2.33	2.33	2.38
	불평형 전류 In[A]	2.11	2.27	2.31
	불평형 전류 In'[A]	-	0.38	0.19
	감소율	-	83.34	87.45
3)	불평형율[%]	126.87	129.75	132.23
	기준전류[A]	2.82	2.86	2.90
	불평형 전류 In[A]	3.57	3.71	3.83
	불평형 전류 In'[A]	-	0.62	0.32
	감소율	-	81.02	90.18

3. PSCAD/EMTDC를 이용한 영상지락전류(NGR) 제어장치 설계

스마트 그리드 수용가 설비 양방향 보호협조 시험장치의 시험결과로 통해 실 계통에 적용하기 위해 PSCAD/EMTDC에 이용하여 영상지락전류(NGR) 제어장치의 모델링 기법을 개발하고 시뮬레이션을 통해 검증을 하였다.

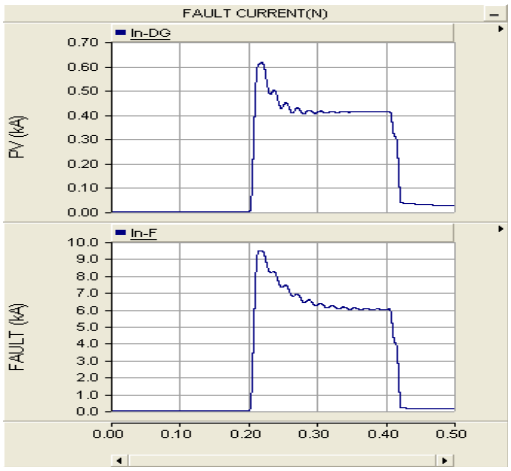
그림 4은 태양광 전원 1[MVA] 연계시 배전계통을 모델링하였으며, 선로 부하 모델링(정전력 부하)을 하여 시뮬레이션을 하였다.



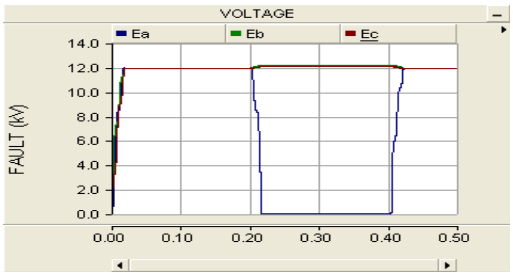
[그림 4] 배전계통 모델링

3.1. 직하사고(2선로 6지점)

지락사고가 2선로 6지점(직하사고)에 발생할 경우 그림 5와 같이 신재생에너지 전원 연계용 변압기 중성선에 410[A]가 흘러 보호기기(리클로저 OCGR : 70[A])의 세팅치보다 높아 오동작 현상을 확인하였다. 또한 정상시에는 11.94[kV]에서 사고발생 후 12.11[kV]까지 상승하였다. 따라서 보호기기의 오동작을 방지하기 위해 영상지락전류(NGR) 제어장치를 설치해야 한다.



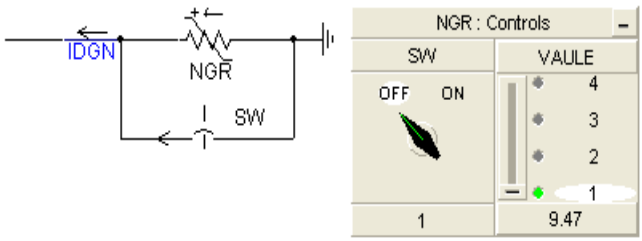
(a) 사고전류



(b) 전압

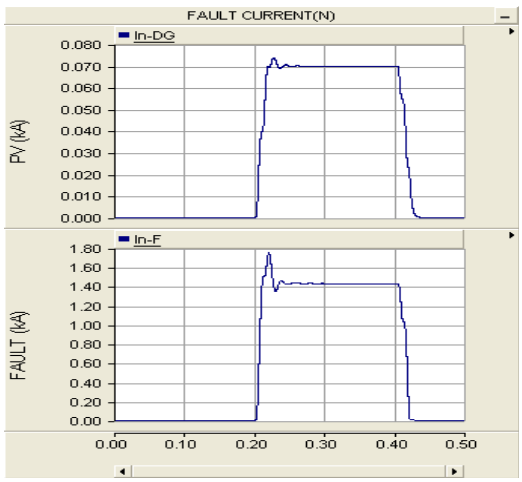
[그림 5] 영상지락전류(NGR) 제어장치 설치 전(직하사고)

그림 6과 같이 영상지락전류(NGR) 제어장치를 모델링을 하였다. 또한 영상지락전류(NGR) 제어장치의 설치 전과 후의 전류를 비교하기 위해 스위치를 설치하였고, 적정한 NGR(Neutral Grounding Resistor)값을 쉽게 바꿀 수 있도록 모델링하였다.

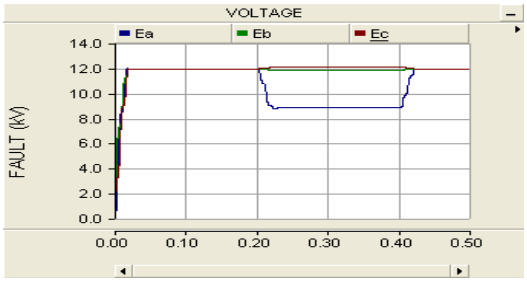


[그림 6] 영상지락전류(NGR) 제어장치 모델링

신재생에너지전원 수용가 연계용 변압기 1차측 중성선에 영상지락전류(NGR) 제어장치의 설치 후 그림 7과 같이 70[A]으로 줄어 오동작 방지함을 확인할 수 있었다. 또한 설치후 사고지점의 전압은 정상에는 11.93[kV]에서 사고발생 후 12.05[kV]까지 상승하였다.



(a) 사고전류

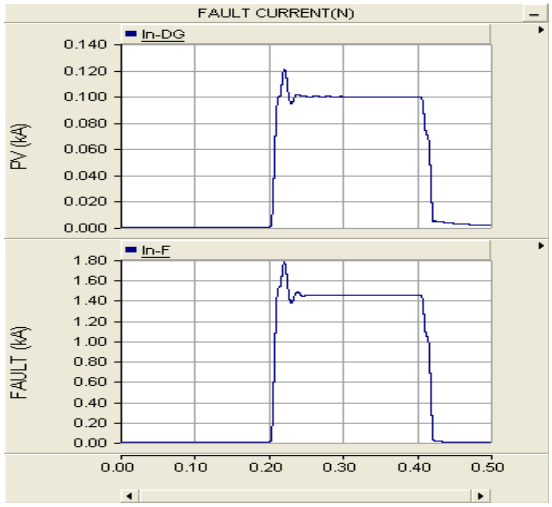


(b) 전압

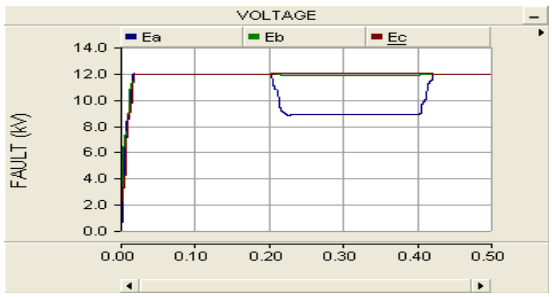
[그림 6] 영상지락전류(NGR) 제어장치 설치 후(직하사고)

3.2. 말단사고(2선로 10지점)

지락사고가 2선로 10지점(말단사고)에 발생할 경우 그림 7와 같이 신재생에너지 전원 연계용 변압기 중성선에 99[A]가 흘러 보호기기(리클로저 OCGR : 70[A])의 세팅치보다 높아 오동작 현상을 확인하였다. 또한 정상시에는 11.93[kV]에서 사고발생 후 12.01[kV]까지 상승하였다. 따라서 보호기기의 오동작을 방지하기 위해 영상지락전류(NGR) 제어장치를 설치해야 한다.



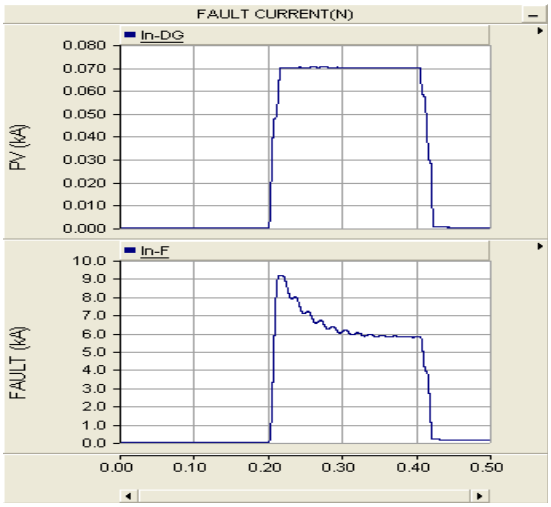
(a) 사고전류



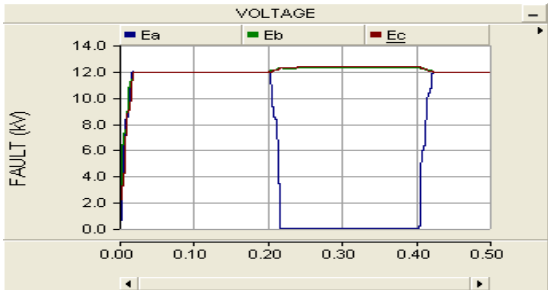
(b) 전압

[그림 7] 영상지락전류(NGR) 제어장치 설치 전(말단사고)

신재생에너지전원 수용가 연계용 변압기 1차측 중성선에 영상지락전류(NGR) 제어장치의 설치 후 그림 8과 같이 70[A]으로 줄어 오동작 방지함을 확인할 수 있었다. 또한 설치후 사고지점의 전압은 정상에는 11.94[kV]에서 사고발생 후 12.31[kV]까지 상승하였다.



(a) 사고전류



(b) 전압

[그림 8] 영상지락전류(NGR) 제어장치 설치 후(말단사고)

4. 결 론

스마트 그리드 수용가 설비 양방향 보호협조 시험장치 통한 시뮬레이션 결과와 PSCAD/EMTDC을 이용하여 영상지락전류(NGR) 제어장치 모델링 기법을 개발과 시뮬레이션 결과를 통해 신재생에너지전원의 수용가에게 발생하는 보호기기 오동작을 해결하기 위해 영상지락전류(NGR) 제어장치의 기본적인 설계안을 제시하였다. 향후에는 PSCAD/EMTDC의 양방향 보호협조 영상지락전류(NGR) 제어장치의 설계 바탕으로 NGR의 값을 탭 형태로 만들 예정이다.

신재생에너지전원과 관련된 수용가 전기설비를 시공하는 공사업체와 발전사업자들은 신재생에너지전

원이 계통에 연계시 발생할 수 있는 보호기기 오동작을 사전에 해결할 수 있는 대책을 마련할 수 있다.

참고문헌

[1] 김소희 외3, “PSCAD/EMTDC에 의한 보호기기 오동작 특성해석”, 대한전기학회 전력기술부문회 추계학술대회, pp. 226-228, 11월, 2011.
[2] 지성호 외3, “양방향보호협조평가시스템을 이용한 분산전원 연계선로의 보호기기 오동작 특성”, 대한전기학회 전력기술부문회 추계학술대회, pp. 44-46, 11월, 2011.
[3] 한국전력공사 배전처, “분산형전원 배전계통 연계기술 해설서”, 한국전력공사, 2006
[4] 한국전력공사 배전처, “분산형전원 배전계통 연계기술 Guideline”, 2010
[5] 한국전력공사 배전계획처, “배전보호기술서”, 2008

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (*No. 20101020300430*)