신에너지전원용 수배전반 시뮬레이터(S/W) 제작에 관한 연구

송 방운*, 이 헌태*, 노 대석*, 장 세우**
*한국기술교육대학교
e-mail:islwoon@kut.ac.kr

Development of Simulator Algorithm for Switchgear of New Energy Sources

Bang-Woon Song*, Heon-Tae Lee*, Dea-Seok Rho*, Se-Woo Jang**
*Korea University of Technology and Education, **Korea Polytechnic Ⅶ

요 약

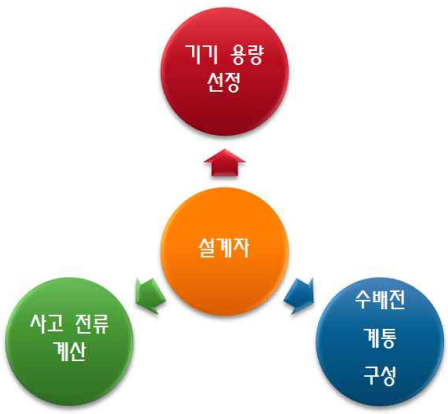
신에너지원의 도입증가에 따라 수·배전설비에서도 각종 계전기의 보호협조 및 기기의 구성이 필요하고, 또한 사고에 따른 문제점 및 배전계통에서 수용가에 이르기까지의 설비들의 용량의 변화가 시급한 상황이다. 이에 따라 본 논문에서 제시한 신에너지용 수배전반 시뮬레이터는 사용 용량에 맞는 수배전반을 구성, 계통에 필요한 보호 지점과 보호 방식을 구성하는 등 수배전 계통의 구성를 편리하게 시뮬레이션 할 수 있도록 하였다. 그리고 기기의 정격전류, 사고전류를 계산하여 동작 특성에 따른 보호 방식을 선택하여 수배전 기기를 선정할 수 있도록 제작하였다.

1. 서론

지식경제부는 태양광, 풍력 등 신재생에너지산업을 신성장 동력산업으로 보다 강력하게 육성하기 위해 2015년까지 세계5대 신재생에너지 강국으로 도약하기 위해 민·관 합동으로 향후 5년간 총 40조원(정부 7조원, 민간 33조원)을 투자하는 발전전략을 발표했다. 하지만 기존의 부하만이 존재하는 배전계통과는 달리, 소규모로써 소비자 근방에 분산배치가 가능한 전원으로 부하와 전원이 혼재되어 운용되는 형태로 되기 때문에 분산전원의 연계에 따라 많은 문제점(사고전류의 증가, 보호협조의 문제, 전압제어에 대한 문제, 고조파 발생 등)이 발생하므로 이에 대한 적절한 대책이 요구되고 있다. 이에 본 논문에서는 신에너지용 수배전반 시뮬레이터를 사용하여 용량에 맞는 수전 계통과 목적에 맞는 배전 계통을 구성하기위한 알고리즘을 제시하고, 수전 계통에 필요한 보호 지점과 보호 방식을 구성하는 등 수배전 계통의 구성을 편리하게 시뮬레이션 할 수 있도록 하였다. 또한 기기의 정격전류, 사고전류를 계산 그리고 기기의 동작 특성에 따른 보호 방식을 선택하여 수배전 기기를 선정할 수 있도록 제작하였다.

2. 신에너지전원용 수배전반 시뮬레이터의 필요성

지구의 온실가스 증가로 인한 신에너지전원의 비중은 증가하는 추세에 있다. 하지만 기존의 다른 수배전설비 용량을 계산할 수 있는 시뮬레이터는 존재하지만 신에너지전원이 연계되었을 경우 수배전설비 용량 계산 시뮬레이터는 아직 없는 실정이다. 이에 따라 비전문가도 쉽게 사용할 수 있도록 그림 1과 같이 설계자 중심에서 기기용량을 산정하고 사고전류를 계산하여 수·배전 설비를 구성할 수 있도록 제작하였다.



[그림 1] 설계자 중심의 수배전반 구성도

3. 신에너지전원용 수배전반 시뮬레이터 제작

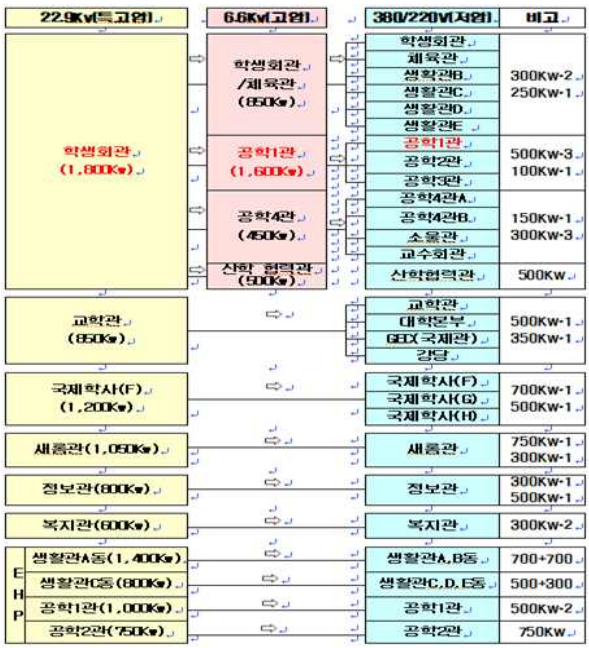
신에너지전원용 수배전반 시뮬레이터 제작은 수배전반용 기기의 설정과 전기설비 수배전반의 내선규정을 적용하여 이론적인 계산식을 통해 시뮬레이터를 제작하였다. 신에너지전원용 수·배전반 시뮬레이터를 제작하기 위해 수배전반의 내선규정은 표 1과 같다.

[표 1] 수배전반의 내선규정

차단기용량	1차측정격전류	150%
	2차측정격전류	125%
CT 용량선정	전등부하정격전류	125~150%
	모터성부하 정격전류	200~300%
	동력부하 정격전류	200~300%

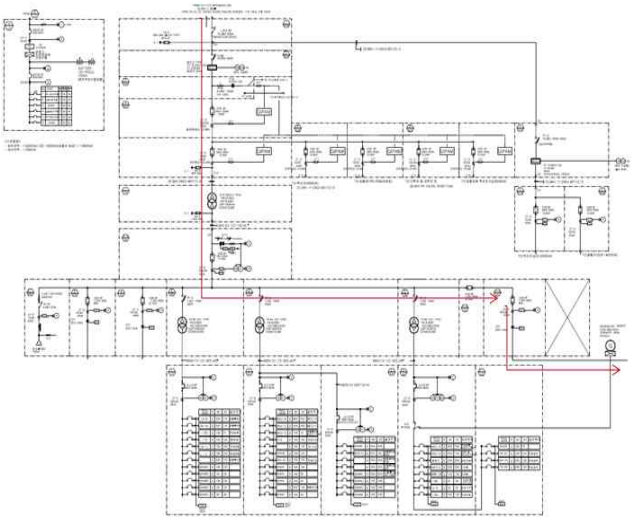
3.1 신에너지전원용 수배전반 시뮬레이터 구성

내선규정을 기준으로 먼저 한국기술교육대학교의 수배전 설비를 모델링을 하여 신에너지전원용 수배전반의 유용성을 검증하고자 하였다. 한국기술교육대학교 설비용량은 그림 2와 같이 구성되어져 있으며 이를 이용하여 신에너지전원용 수배전반 시뮬레이터를 제작하였다.

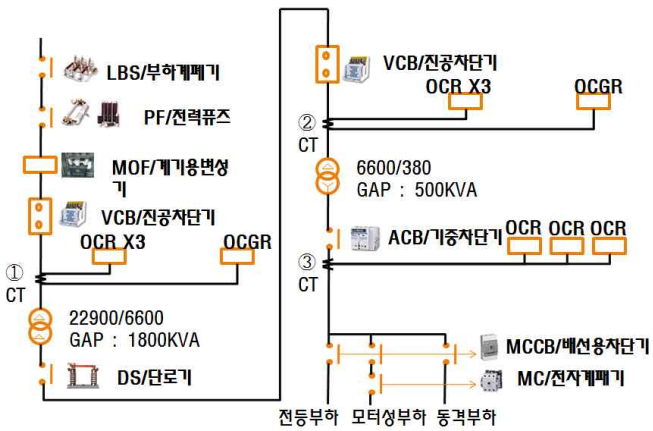


[그림 2] KUT(Korea University of Technology and Education)설비용량 구성도

신에너지전원용 수배전반은 한전의 책임분기점을 기준으로22900/6600V로 전압을 강하한 후 최종수용가에게 6600/380V로 공급되도록 구성하였다. 그림3의 도면을 기준으로 그림 4와 같이 고압측은 LBS(부하개폐기), PF(전력퓨즈), MOF(계기용변성기)와 사고발생시 VCB(진공차단기)로 차단할 수 있도록 시뮬레이션을 제작하였다. 마찬가지로 6600V측과 380V측도 VCB(진공차단기)와 ACB(기중차단기) 를 이용하여 각종 사고전류를 차단할 수 있도록 시뮬레이션을 제작하였다.



[그림 3] KUT(Korea University of Technology and Education) 전기설비 도면



[그림 4] 수변전 설비 구성도

3.2 신에너지전원용 수배전반 시뮬레이터 알고리즘

신에너지전원용 수배전반 시뮬레이터는 각각의 위치점에서 고장계산을 하기 위해 식(1)를 이용하여 선로임피던스 및 변압기 임피던스와 모선임피던스를 고려한 정격전류, 3상단락전류와 계산을 실시하였다.

$$I_n = \frac{P(VA)}{\sqrt{3} \times V_n}$$

$$I_s = \frac{100}{\%Z} \times I_n \qquad (1)$$

22900/6600V 1차변압기 1차측 및 2차측의 기준데이터를 알아보면 변압기용량은 1.8MVA, 임피던스를 5%, 수용가측의 신에너지전원(태양광)을 50KVA로 기준하였을 때 단락전류는 신에너지전원의 기여분을 합쳐 식(3),(4)과 같이 1차측 단락전류는 909.49A 2차측은 3155.76A 로 계산된다.

사고시 22900V와 6600V측의 태양광전원의 기여분은 식(2)와 같다.

$$I_{INV1} = \frac{50000}{\sqrt{3} \times 22900} \times 1.5 = 1.89A \qquad (2)$$

$$I_{INV2} = \frac{50000}{\sqrt{3} \times 6600} \times 1.5 = 6.56A$$

22900/6600V 변압기 1차측의 사고전류는 식(3)과 같다.

$$I_{n1} = \frac{P(VA)}{\sqrt{3} \times V_1(V)} = \frac{1800000}{\sqrt{3} \times 22900} = 45.38A \qquad (3)$$

$$I_{s1} = \frac{100}{\%Z} \times I_{n1} = \frac{100}{5} \times 45.4 = 907.6A$$

$$I_{s1}' = I_{s1} + I_{INV1} = 907.6 + 1.89 = 909.49A$$

22900/6600V 변압기 2차측 사고전류는 식(4)와 같다.

$$I_{n2} = \frac{P(VA)}{\sqrt{3} \times V_2(V)} = \frac{1800000}{\sqrt{3} \times 6600} = 157.46A \qquad (4)$$

$$I_{s2} = \frac{100}{\%Z} \times I_{n2} = \frac{100}{5} \times 157.46 = 3149.2A$$

$$I_{s2}' = I_{s2} + I_{INV2} = 3149.2 + 6.56 = 3155.76A$$

상기 식(2)의 계산식을 기준으로 1차측 전력 FUSE 선정은 정격전류의 1.5~2.0배를 연속 통전할 수 있도록 선정하여야 한다. 즉 정격전류 45.38의 1.5~2.0배인 68.07~90.76[A] 중 표 2와 같이 제조되는 규격을 기준으로 하여 1차측에 전력 FUSE를 80[A]를 선정한다.

[표 2] FUSE의 용량 산정표

정격전압 [kV]	모델명	정격전류 In [A]
24	VTHF24001	1
	VTHF24005	5
	VTHF24010	10
	VTHF24016	16
	VTHF24020	20
	VTHF24025	25
	VTHF24032	31.5
	VTHF24040	40
	VTHF24050	50
	VTHF24063	63
	VTHF24080	80

CT(계기용변류)용량은 정격전류의 1.25~1.5배로 변압기 2차측 정격전류를 기준으로 CT비를 산출하면 157.46 × (1.25 ~1.5)= 196.825~236.19[A] 로 표 3과 같이 250/5로 산정한다.

[표 3] CT 용량 산정표

CT 용량 산출 표				
5/5	40/5	120/5	400/5	2000/5
10/5	50/5	150/5	500/5	2500/5
15/5	60/5	220/5	750/5	3200/5
20/5	75/5	250/5	1000/5	
30/5	100/5	300/5	1250/5	

6600/380V 2차변압기 1차측 및 2차측의 기준데이터를 알아보면 변압기용량은 500KVA, 임피던스를 5%, 수용가측의 신에너지전원(태양광)을 50KVA로 기준하였을 때 단락전류는 신에너지전원의 기여분을 합쳐 식(6),(7)과 같이 1차측 단락전류는 918.33A 2차측은 15193.4A로 계산된다.

사고시 6600V와 380V측의 태양광전원의 기여분은 식(5)와 같다.

$$I_{INV1} = \frac{50000}{\sqrt{3} \times 6600} \times 1.5 = 6.56A \qquad (5)$$

$$I_{INV2} = \frac{50000}{\sqrt{3} \times 380} \times 1.5 = 113A$$

6600/380V 변압기 1차측 사고전류는 식(6)과 같다.

$$I_{n1} = \frac{P(VA)}{\sqrt{3} \times V_1(V)} = \frac{500000}{\sqrt{3} \times 6600} = 43.73A \qquad (6)$$

$$I_{s1} = \frac{100}{\%Z} \times I_{n1} = \frac{100}{5} \times 43.73 = 874.6A$$

$$I_{s1}' = I_{s1} + I_{INV1} = 874.6 + 6.56 = 881.16A$$

6600/380V 변압기 2차측 사고전류는 식(7)과 같다.

$$I_{n2} = \frac{P(VA)}{\sqrt{3} \times V_2(V)} = \frac{500000}{\sqrt{3} \times 380} = 759.67A \qquad (7)$$

$$I_{s2} = \frac{100}{\%Z} \times I_{n2} = \frac{100}{5} \times 759.67 = 15193.4A$$

$$I_{s2}' = I_{s2} + I_{INV2} = 15193.4 + 113 = 15306.4A$$

변압기 2차측 CT(계기용변류)용량은 정격전류의 1.25~1.5배로 변압기 2차측 정격전류를 기준으로 CT비를 산출하면 759.67 × (1.25 ~1.5)= 949.58 ~ 1139[A] 로 표 3과 같이 1250/5로 산정한다.

또한 VCB(진공차단기)의 차단용량은 식(8)를 이용하여 계산하였다

$$\text{차단용량}[MVA] = \sqrt{3} \times \text{정격전압}[kV] \times \text{정격차단전류}[kA] \qquad (8)$$

1800kVA변압기 1차측 VCB(진공차단기)의 차단용량은 식(3)으로부터

$$P_s = \sqrt{3} \times V_n \times I_{s1}' = \sqrt{3} \times 25.8 \times 0.909 = 40.62MVA \qquad (9)$$

500kVA변압기 1차측 VCB(진공차단기)의 차단용량은 식(6)으로부터

$$P_s = \sqrt{3} \times V_n \times I_{s1}' = \sqrt{3} \times 7.2 \times 0.881 = 10.98MVA \qquad (10)$$

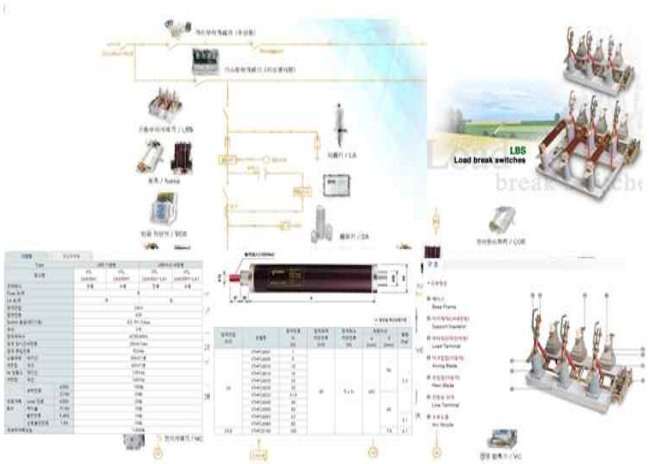
그리고 각 차단기의 선정은 표 4와 같이 제조사에서 제공하는 기준표를 참고하여 계산한 정격차단전류 및 정격전류보다 큰 기기로 선정한다.

[표 4] 한국전력 표준으로 적용하는 차단기의 정격

정격 전압 (kV)	정격차단 전류 (kA rms)	정 격 전 류 (A rms)			
7.2	12.5	600			
	25	600	1200	2000	
	31.5		1200	2000	3000
	40		1200	2000	3000
25.8	25	600	1200	2000	3000
	30				3000

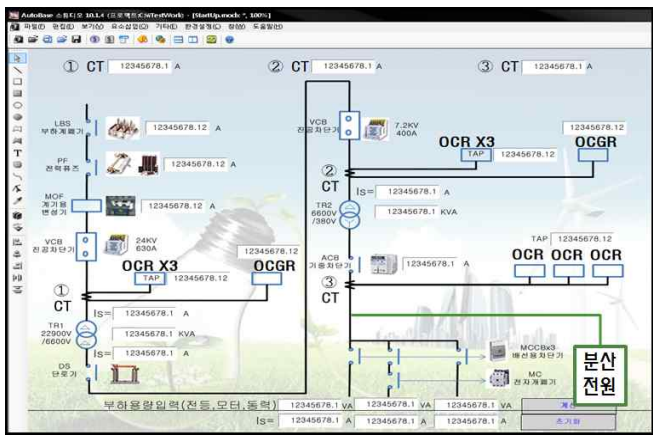
3.3 시뮬레이터의 제작

시뮬레이터를 시행하기 위해서 그림 5와 같이 각 종기기들의 용량 및 규격을 선택할 수 있도록 AUTOBASE를 이용해 제작하였다.



[그림 5] 신에너지전원 수배전반 설비기기의 선택

입력창에는 CT비, 퓨즈용량 등을 산정할 수 있도록 하였다. 또한 사용자가 쉽게 접근할 수 있도록 수식을 입력할 수 있도록 하였으며 이에 따라 각종 계산값이 나타낼 수 있도록 하였다. 그림5는 AUTOBASE 화면으로 사용자들이 편리하게 볼 수 있도록 제작 하였다.



[그림 6] 신에너지전원 수배전반 화면

4. 결 론

본 논문에서는 신에너지전원 수배전반 시뮬레이터 장치를 제작하여 각종 사고전류계산 및 기기용량을 산정할 수 있도록 시뮬레이션으로 수행하고 유용성을 확인하였다. 이에 상기의 시뮬레이터 장점은 다음과 같다.

(1) 신에너지전원에 투입에 따라 변화되는 사고전류 및 계통의 기기용량을 산정할 수 있도록 제작하였다. 이에 따라 사용자가 신에너지전원에 따른 영향 평가를 할 수 있음을 확인하였다.

(2) 신에너지전원 수배전반 시뮬레이터에서는 팝업창을 사용하여 기기의 명칭 및 용도를 설명함에 따라 수배전반에 대해서 이해가 쉽게 구성되어 사용자가 이해하기 편리하게 제작하였다.

참 고 문 헌

[1] 노대석 외 4인, “저압 배전계통에 있어서 태양광 연계시의 전력품질특성에 관한 연구”, 대한전기학회 춘계학술대회논문집

[2] 노 대석 외 3인, “저압 배전선로에 연계된 태양광발전의 정상상태 특성연구”, 대한전기학회 전력기술부문회 전력계통연구회 춘계학술대회 논문집, 2010.5