

Power Tools와 Ground MAT을 활용한 태양광발전소의 보호계전기 Setting 및 접지 분석

정수영*, 정미란*, 윤용태**

한미이앤씨 주식회사* 서울대학교 전력연구소**

Protection Relays Setting and Ground Analysis of in Photovoltaic Station using Power Tools and Ground MAT

Sooyoung Jung*, Miran Jung*, Yongtae Yoon**

Hanmienc Inc.*, Electric Power Research Institute, Seoul National University**

Abstract - 이 논문은 Power Tools 11과 Ground MAT 2.0을 이용하여 태양광 발전소의 안전성을 향상시키는 방안을 제시합니다. 전력계통의 정보를 활용하여 태양광발전소의 보호계통의 적합성을 평가하고, 전원을 고려한 보호계전기의 정정을 통해 설비 사고로부터 보호하고 정전을 최소화합니다. Power Tools를 사용하여 지락전류 값을 예측하고, Ground MAT을 활용하여 접지 분석을 통해 전기 사고 및 화재 등으로부터 기기와 인체를 보호하는 설계 방식을 제안합니다. 이러한 방법을 통해 태양광 발전소의 안전성을 증진시킬 수 있습니다.

1. 서 론

전원의 연계지점 및 단락지점에 따라 단락전류의 크기와 방향이 변화함에 따라 보호계전기의 정정값도 달라지는 것은 매우 중요한 고려 사항입니다. 태양광 발전소를 안전하게 운영하기 위해서는 설계 과정에서 전기계통의 안정성을 강화하는 것이 핵심입니다. 사고를 예방하기 위해서는 보호계전기 시스템이 적절한 동작치와 동작시간으로 설정되어야 합니다. 이를 통해 사고의 파급을 최소화할 수 있습니다. 값이 선정된 후 시뮬레이션을 통해 계통의 보호협조를 예측할 수 있습니다. 또한 Power Tools를 활용한 계통해석 결과를 Ground MAT에 적용하여 설계 과정에서 접지설비의 안정성을 확인할 수 있습니다. 이를 통해 본 논문에서는 태양광 발전소 전기계통의 안정성을 높이고 운영을 안전하게 보장할 수 있도록 설계 방법을 제시합니다.

2. 본 론

2.1 보호계전기 정정

태양광 발전소에서 보호계전기를 적절하게 설정하는 데에는 몇 가지 특별한 고려 사항이 필요합니다. 먼저, 태양광 전원의 용량이 증가하면 전력계통에 주입되는 전류량도 상당히 증가할 수 있습니다. 이로 인해 보호 기기가 작동하는 시간이 단축될 수 있습니다. 따라서, 태양광 전원의 용량이 클수록 보호 협조 시간을 더 짧게 설정해야 할 수 있습니다[1]. 보호 협조 시간은 보호 기기 간의 시간차를 나타내며, 사고 발생 시 어떤 보호 기기가 먼저 작동할지 결정합니다. 태양광 전원의 용량이 클수록 보호 기기가 빠르게 작동해야 하므로 보호 협조 시간을 짧게 설정해야 합니다. 따라서, 태양광 전원의 용량과 보호 협조 시간은 서로 밀접한 관련이 있습니다. 용량이 증가하면 보호 협조 시간을 짧게 설정해야 하며, 이는 보호 기기의 빠른 작동을 요구합니다. 이러한 고려 사항을 잘 이해하고 적절히 설정하는 것이 전력계통의 안정성을 유지하는 데에 매우 중요합니다.

2.1.1 태양광발전소 보호계전계 정정 방법

태양광발전소의 계통 연계 또는 가압된 구내 계통의 가압된 한전 계통에 대한 연계에 대하여 병렬 연계 장치의 투입 순간에 <표 1>의 모든 동기화 변수들이 제시된 제한 범위 이내에 있어야 한다[2]. 태양광발전소의 보호계전기 정정은 전기 설비의 제품 카탈로그를 통하여 값을 <표2>를 대입하여 정정 기준을 계산 후 Power tools 단선 결선도를 작성하도록 합니다[3].

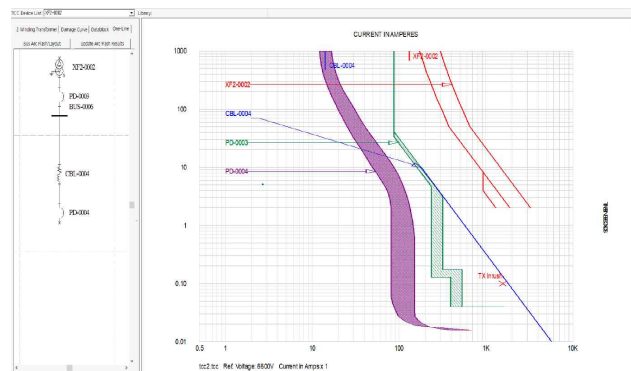
<표 1> 태양광발전소의 동기화

분산형전원 정격용량 합계(kW)	주파수 차 (Δf , Hz)	전압 차 (ΔV , %)	위상각 차 ($\Delta \Phi$, °)
0 ~ 500	0.3	10	20
500초과 ~1,500	0.2	5	15
1,500초과 ~20,000미만	0.1	3	10

<표 2> 태양광발전소의 보호계전기 정정 기준

보호구간	기호	정정기준
분산전원 계통연계	51	Pickup : 계약최대전력의 150~170%에 설정 Time Lever : TR LV side 단락고장에 0.6s 이하
	50	Pickup : TR LV side 단락고장전류의 125~200% Delay Time : 순시 or Load Side Relay와 보호협조
	51N	Pickup : TR 정격전류의 30%이하에 설정 Time Lever : 최대 1선지락전류에 0.2s 이하
	50N	Pickup : TR 정격전류의 300%이하에 설정 Delay Time : 순시 or Load Side Relay와 보호협조
	27	Pickup : 계통전압의 80%, DT : 순시 or 2.0s 이하
	59	한시 Pickup : 계통전압의 115% 반한시 Trip : 정정치의 120%에서 2.0s에 동작 정한시 Trip : 2.0s 이하에 동작하도록 설정 순시 Pickup : 계통전압의 150% 순시 DT : 순시 or 2.0s 이하
	81U	Pickup : 정격주파수의 95%에 설정, DT : 0.2~0.5s
	81O	Pickup : 정격주파수의 105%에 설정, DT : 0.2~0.5s
	81R (df/dt)	Pickup : 1.0~1.5Hz/s에 설정, DT : 0.3~0.5s 이하

아래 <그림 1>은 <표 2>의 보호계전기 정정 기준으로 값을 선정 후 Power tools를 통해 보호 협조 분석 및 검토가 가능하도록 작성한 것이다. <그림 1>처럼 Power tools를 이용한 계통 해석을 통해 태양광 발전소의 보호계전기간의 협조가 적합하게 작성되었는지 분석 및 검토하여 문제시 정정 값을 정정하도록 한다.



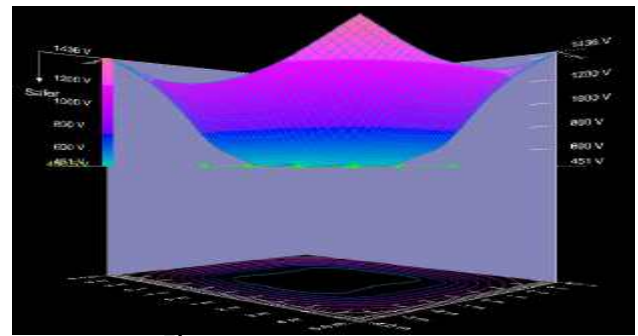
<그림 1> 보호협조 분석

2.2 접지의 역할

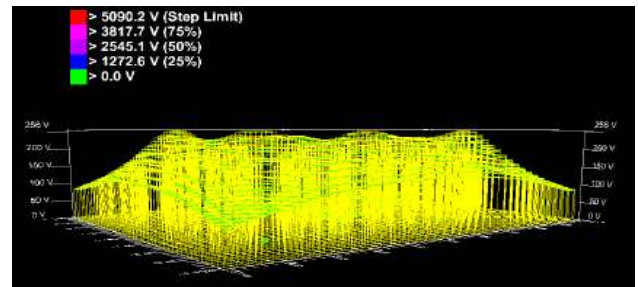
전기 설비의 접지는 인체 안전과 장비 보호, 전기 시스템의 안정성 유지, 그리고 노이즈 제거를 목적으로 합니다. 인체 안전을 위해 전기적으로 중립 된 지면과의 연결을 통해 감전 위험을 최소화하여 전압의 차이를 안전하게 흘려보냅니다. 장비 보호를 위해서는 전기적 과전압이나 전압 스파이크로부터 장비를 보호하여 과전류에 의한 손상을 방지합니다. 전기 시스템 안정성은 전기적 중립을 유지하여 전압과 전류의 안정성을 보장하고, 시스템의 안정성을 유지합니다. 또한, 노이즈 제거는 전기 시스템에서 발생하는 노이즈나 전기적 잡음을 지면으로 방출하여 시스템의 안정성을 향상시킵니다. 이러한 목적을 달성하기 위해 토양의 대지 고유저항을 분석하고, Ground MAT 프로그램을 사용하여 접촉전압과 보폭전압을 해석합니다.

2.2.1 Ground MAT 2.0을 이용한 접지 분석

접지설계의 기본 순서는 기준 접지저항의 결정, 접지형태의 선정, 접지전극 설계의 기본 순서를 정리한 <그림2>의 접지 설계 흐름도에 맞추어서 접지 설계 시뮬레이션을 수행하였습니다 [4]. 이를 바탕으로 접지계산 조건 및 안전평가 기준을 고려하여 Mesh 도체와 봉상전극을 병용한 경우를 시뮬레이션하였습니다. 이에 대한 결과는 <그림3>, <그림4>, <그림5>에서 확인할 수 있습니다. 시뮬레이션 결과, Mesh 전압과 접촉전압의 한계값을 비교하여 판정하고, 보폭전압과 보폭전압의 안전 한계값과 크기를 비교하여 설계 과정에서 접지설비 안정성을 확인하였습니다.



<그림 4> Touch Voltage Graphic



<그림 5> Step Voltage Graphic

3. 결 론

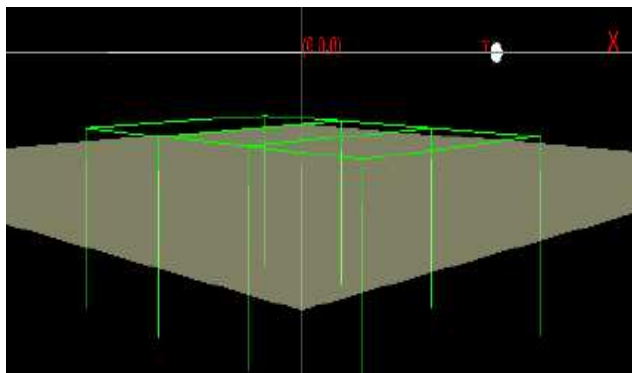
이 연구를 통해 Power Tools 11과 Ground MAT 2.0을 활용하여 태양광 발전소의 안전성을 향상시키는 방안을 제시했습니다. 전력계통 정보를 기반으로 보호계통의 적합성을 평가하고, 보호계통의 설정을 최적화하여 설비 사고 및 정전을 최소화했습니다. 또한, 접지 분석을 통해 전기 사고 및 화재로부터 보호하는 설계 방식을 제안했습니다.

이를 통해 태양광 발전소의 안전성을 증진시킬 수 있었습니다. 따라서, 이러한 연구결과는 태양광 발전소의 안전운영과 전력 시스템의 안정성을 향상시키는 데 기여할 것으로 기대됩니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 권순환, 이후동, 남양현, 노대석, “대용량 태양광전원이 연계된 배전선로에 있어서 보호협조기기의 최적 운용알고리즘”, 한국과학기술학회논문지, 제19권 제5호, 2018
- [2] 한국전력공사, “분산형전원 배전계통 연계 기술기준”, 2023
- [3] 손이조, “Power Tools를 이용한 전력계통해석 및 최적설계 기술”, 문운당, p.523-555, 2022
- [4] IEEE Std. 80-2013, “IEEE Guide for safety in AC Substation Grounding”, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York

<그림 2> 접지 설계 흐름도



<그림 3> Grund Grid Study Graphic Result