

LPATS를 이용한 배전설비 뇌해예측 및 보수운용

김태익* 최동호* 김세호** 안진오**
 * 한국전력공사 제주지사 ** 제주대학교 전기공학과, 산업기술 연구소

Prediction of Lightning Damages and
 Maintenance of Distribution Line Equipments Using LPATS

Tae-Ik Kim* Dong-Ho Choi* Se-Ho Kim** Jin-Oh An**
 *KEPCO Cheju District **Dept. of Electrical Eng. Cheju Univ., Research Institute of Indu

Abstract - In the calculation of lightning-induced voltage, it is used the various parameters obtained by LPATS being operated in KEPCO from 1995. Based on the lightning-induced voltage and the exact lightning position acquired by the developed program, we can predict the extent of damages in distribution systems. The result in this paper is very useful in finding fault location by lightning and performing rapid outage recovery and maintenance of distribution line equipments.

유도뢰전압을 계산하기 위해서는 배전선과 뇌격점과의 거리를 확인해야 하는데, LPATS에서의 뇌격위치(위도, 경도)는 100분도로 표현되고 지도나 배전선로 경과도(1/25000)에서는 60분도로 표시되어 있어 배전선로 경과도상에서 뇌격지점을 확인하기 위해서는 별도의 복잡한 계산이 필요하였다. 따라서 배전선로 경과도상에서 손쉽게 뇌격지점을 선정하기 위하여 그림 1과 같이 뇌격점 선정 프로그램을 개발하였다.

1. 서론

한국전력에서는 전력계통 운용과 송변전설비의 내뢰설계에 필요한 낙뢰자료를 얻기 위해 1995년부터 미국 ARSI가 개발한 도달시간차 방식의 낙뢰감지기인 LPATS(Lightning Position And Tracking System)를 도입하여 운용하고 있으며, 1998년부터 송전선로 뇌격시 사고점 추정에 활용되고 있다.[5]

그러나, 배전선로의 경우에는 뇌격이 미치는 영향에 대한 실측자료가 없어 외국의 자료에 의존하고 있으며, 국내 여건에 적합한 실측을 위하여 유도뢰 측정설비인 낙뢰유도철탐과 유도뢰 실험 배전선로를 전라북도 고창에 최근 시설하여, 가공배전계통의 절연협조 및 내뢰대책 수립에 활용될 것으로 기대되지만 배전선로 보수 운영부서에서의 고장 신속복구를 위한 방안의 활용으로는 미흡하다.

본 논문에서는 제주지역에서 발생한 배전설비의 고장과 LPATS에서 얻은 각종 파라메타를 기초로, 새롭게 개발한 뇌격점선정 프로그램을 이용하여 배전선로 경과도상의 뇌격점을 손쉽게 선정하고 유도뢰전압 계산프로그램을 구동시켜, 그 결과로서 얻어진 유도뢰전압의 크기와 실제 뇌격에 의한 배전선로 피해와의 상관관계를 분석하였으며 분석결과를 이용하여 뇌격고장시 뇌피해 범위의 추정과 조기복구 및 배전선로 유지보수 운용방안을 제시하고자 한다.

2. 뇌격점선정 및 유도뢰전압 표본계산

2.1 뇌격점선정 프로그램

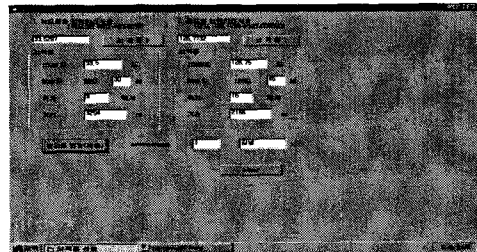


그림 1. 뇌격점 선정 프로그램

2.2 유도뢰전압 표본계산

유도뢰전압의 계산조건은 배전설계 기준 및 가공지선, 피뢰기 유무를 적용하여 다음과 같이 설정하였다.[4]

- 중성선 접지간격 : 200m
- 중성선 접지저항 : 5Ω/km
- 가공지선 : 매 전주마다 중성선과 접속
- LA 시설 간격 : 500m (접지저항 25Ω)
- 뇌격거리 : 100m
- 뇌격전류 : 2/70μs (파두장/파미장) 100kA

뇌격전류의 침입경로를 여러 조건으로 분류하여 급장에 따른 유도뢰전압의 크기를 표 1에 수록하였다.

표 1에서 살펴보면 조건 1과 3, 조건 2와 4에서 가공지선의 유도뢰에 대한 억제효과는 대략 30% 정도임을 알 수 있고, 조건 1과 조건 5, 7 그리고 조건 2와 조건 6, 8을 비교하면 피뢰기 설치점에서 유도뢰전압이 급격히 떨어짐을 알 수 있다.

배전선로에 가공지선만 설치된 것으로 가정하면 변압기등 배전기기의 BIL(125kV)을 고려할때 뇌격지점에서 좌우 양방향 400m이내에서 섬락 및 절연 파괴에 의한 설비피해가 예상되며, 조건 6과 조건 8에서의 결과에서 보면 피뢰기 설치점 사이에는 전선흔을 설치하는 것이 바람직함을 알 수 있다.

표 1. 표본 계산 결과

구분	조건 1	조건 2	조건 3	조건 4	조건 5	조건 6	조건 7	조건 8	
뇌격지점	중심지선 설치점	중심지선 설치점	중심지선 설치점	중심지선 설치점	LA 시설점	LA 설치점	LA 설치점	LA 설치점	
가공지선 유	무	무	유	유	무	무	유	유	
L A	무	무	무	무	유	유	유	유	
유도회전압 [kV]	0m	228.9	249.3	172.8	203.6	70.6	192	69.8	151.7
	200m	183.7	186	129.2	135.2	34	59.2	26.3	45
	400m	162.1	161.3	111.4	110.8	28.8	24.9	20.5	16.2
	600m	153	152.3	105.3	104.1	10.5	18.1	8.6	9.9
	800m	147.9	149.2	101.9	101.1	9.8	17.7	8.5	1
	1000 m	139.9	142.6	94.3	97.5	8.1	17.9	7	1.2

표 2. 파라미터 변경시의 유도회 전압

파라미터	유도회전압 [kV]						
	0m	200m	400m	600m	800m	1000m	
뇌격류 [kA]	100	172.8	129.2	111.4	105.3	101.9	94.3
	20	34.6	25.8	22.3	21.1	20.4	18.9
파두장 [μs]	1	229.4	162.8	139.4	132.4	128.9	120.8
	3	140.9	107.7	93.2	88.1	84.0	77.3
파미장 [μs]	50	172.8	129.2	111.4	105.3	101.8	94.3
	100	172.8	129.2	111.4	105.3	101.9	94.3
도체반경 [mm]	9	172.8	129.2	111.4	105.3	101.9	94.3
	7	172.8	129.2	111.4	105.3	101.9	94.3
뇌격지점 [m]	50	248.7	162.8	145.4	140.0	135.9	128.2
	150	133.7	108.9	92.5	86.0	82.5	75.1
	300	80.0	72.9	62.9	56.8	53.5	46.9
지상고 [m]	11.6	195.5	145.6	125.5	118.7	114.8	106.1
	13.5	221.4	164.5	141.7	134.0	129.7	119.6

유도회전압 계산조건인 각종 파라미터를 변경한 결과를 표 2에 수록하였으며 다음의 결과를 얻을 수 있다.

- ① 파두장이 짧으면 유도회전압이 커지고 반대로 파두장이 길면 유도회전압 파고치가 작아진다.
- ② 파미장의 변화에는 영향이 거의 없다.
- ③ 도체 반경에 따른 변화가 없다.
- ④ 유도회 전압은 선로와 뇌격지점과의 거리에 따라 변한다.
- ⑤ 선로 지상고가 높을수록 뇌격지 영향이 크다.

3. 배전설비 뇌해분석 시물레이션 및 결과고찰

3.1 배전설비 뇌해분석 시물레이션

배전설비의 뇌해를 분석하기 위한 시물레이션 흐름도를 그림 2에 표시하였으며, 제주지역의 낙뢰에 대한 배전선로 고장건을 발취하여 표 3에 수록하였다. 표 3을 분석해보면 유형 1의 경우 고장당시는 뇌격에 의한 고장을 인지하지 못하여 고장원인을 원인불명으로 하였다. 유형 2~10은 일정지역에 동시다발적 뇌격에 의해 설비피해가 극심하였음을 알 수 있다.

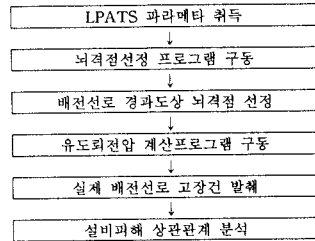


그림 2. 뇌해 분석 시물레이션 흐름도

표 3. 제주 지역의 뇌격점 및 뇌해의 예

유형	일시	위도	경도	뇌전류 (kA)	유도회 전압 (kV)	발생소	동작 기기	기 타
1	97.7.16 16:24	33.5295	126.6041	-33.4	-137.3	조선	OCGR	원인불명 설비특종
2	98.7.15 03:30	33.289	126.7461	-20.9	-85.9	민속 취미	R/C 주정	-내역- P.Tr소순 : 21개 류즈물크 : 303개소 전원양계 소순 : 207대
3	98.7.15 03:43	33.2851	126.6475	29.7	122.1	"	"	
4	98.7.15 04:17	33.3662	126.749	-27	-111.0	"	"	
5	98.7.15 04:20	33.29	126.7402	-21.7	-89.2	"	"	
6	98.7.15 04:31	33.3222	126.7041	-23.2	-95.4	"	"	
7	98.7.15 04:46	33.2695	126.6533	-25.1	-103.2	민속 취미	OCR OCGR	
8	98.7.15 04:46	33.3095	126.708	-17.5	-71.9	"	"	
9	98.7.15 04:48	33.3007	126.6943	-19.5	-80.1	민속 취미 D/L	R/C 주정	
10	98.7.15 05:46	33.2832	126.7402	-18.4	-75.6	"	"	

표 3의 10개 유형중 유형 1에 대한 뇌격점선정과정 유도회전압 계산 및 상관관계 분석의 과정을 표 4에 소개하였으며, 표 4에서 보는 바와 같이 유형 1에 대해서 1997.7.16 16:24에 계측된 LPATS의 자료(위도 33.5297도, 경도 126.773도, 뇌격전류 33.4kA)를 이용하여 당시 김녕D/L 원인불명 고장건을 분석하였다.

뇌격점은 배전선로 경과도 3(김녕)상의 김녕D/L 418R35~40호간에서 약 100m지점임을 알 수 있다. 유도회전압은 유도회전압 계산프로그램을 구동, 지물 높이·전선규격·뇌격전류 등의 파라미터를 입력하면 표 4와 같이 뇌격점에서 배전선로를 따라 가장 가까운 지점(0m)은 88.5kV, 전원·부하측 양단의 200m지점은 62.7kV, 1000m지점은 46.5kV의 결과치가 나온다.

당시의 뇌격고장은 충격내전압 125kV이하에서의 고장으로 애자 또는 붓시류의 오염·자연열화 등에

의한 순간섬락 고장으로 추정되며, 현장을 확인하였다면 전주나 완급·전선 등에 아크의 흔적을 발견할 수 있었을 것으로 여겨진다.

표 4. 유형 1에 대한 뇌격점과 유도된 전압

현상	일시	위도	경도	뇌격류 (kA)	발생 장소	동작 기기	기 타
	97.7.16 16:24	33.5297	126.7732	-33.4	김녕D/ L	OCGR	원인불명 섬락추정
뇌격지점	김녕D/L 418R35 - 40호간에서 폭속 100m 직경 ※배전선로 경파도번호 3(김녕)에서 위도 33.5287 ◀ 위도위치번호 9(33' 30')에서 3294m지점 경도 126.7732 ◀ 경도위치번호 16(126' 45')에서 2156m지점						
유도된 전압계산	공장(m)	0	200	400	600	800	1,000
	전압(kV)	88.5	62.7	53.7	51.0	49.7	46.5
분석	중력내전압(BIL) 125kV 이하에서의 고장으로 예자 또는 붓싱의 오염, 자연열화 등에 의한 순간 섬락, 고장 추정						

3.2 결과고찰

배전선로의 14M전주에 가공지선이 시설되고 피뢰기는 없는 경우를 기본조건으로 한 시뮬레이션 과정에서 배전선로와 뇌격점과의 이격거리 그리고 뇌격전류 크기의 변화에 따라 유도된전압 계산 프로그램을 구동시킨 결과 이격거리에 따라 0m지점에서의 계산된 유도된전압의 값은 뇌격전류×일정계수(30m이격시 5.316, 50m이격시 4.112, 70m이격시 3.328, 100m이격시 2.649)값과 거의 일치하였으며 이를 이용하여 유도된전압 계산프로그램 구동없이 약식계산에 의해 배전설비에의 영향을 간단히 유추해 볼 수 있다.

뇌해대책으로는 가공지선과 피뢰기를 겸용으로한 내뢰설비가 주종을 이루고 있으며, 최근 전선흔이 개발되어 시험단계에 있다.

따라서 배전선의 절연열화로 뇌에 의한 전선용단이 많아짐에 따라 이에 대한 대책으로 전선흔을 가공지선, 피뢰기와 병행하여 뇌서지 전류를 흡수하고 방전시켜 절연전선의 섬락단선을 방지하는 것이 바람직함을 유도된전압 표본계산 결과에서 알 수 있었다.

4. 뇌해예측 및 보수운영에의 활용방안

본 논문에서는 뇌 진로예측과 신속복구체제를 마련하고자 뇌해예측·보수시스템의 활용방안을 그림 3과 같이 제시하였다.

그림 3에서 보는 바와 같이 뇌격으로 인한 고장시 LPATS에서 얻은 뇌격지점과 각종 파라메타를 활용하여 새로이 개발한 뇌격점 선정 프로그램을 이용, 신속 정확한 뇌격지점 파악과 유도된전압 계산프로그램에 의한 유도된전압의 크기를 계산하여 배전선로 설비피해의 정도, 범위 등의 정보를 추정 제공함으로써 해당선로 전체에 대한 순시와 복구에서 탈피하여 과학적근거에 의한 순시와 고장점의 조기발견으로 인력은 물론 고장복구시간을 축소시킬 수 있다.

또한 배전설비 피해와 유도된전압과의 상관관계를 분석함으로써 앞으로 현행 배전선로 내뢰설계기준의 평가·보완과 동시에 뇌사고 감소방안을 마련하고 배전선로의 유지보수 및 운용에 활용을 기대

할 수 있다.

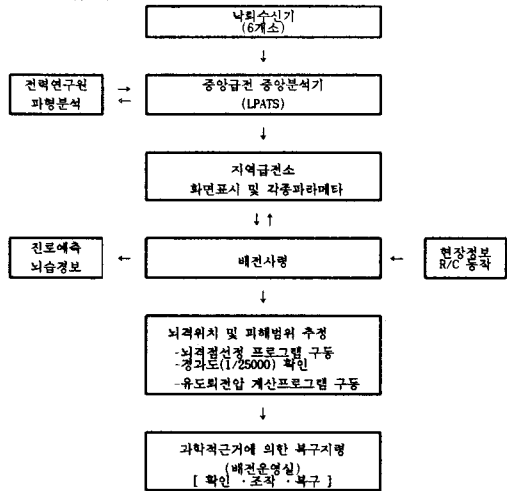


그림 3. 뇌해예측·보수 활용 시스템

5. 결론

유도된전압 표본계산결과 전선흔을 가공지선, 피뢰기와 병행하여 절연전선 섬락단선의 예방이 가능함을 알 수 있었고, 시뮬레이션 구동결과 원인불명의 고장이 뇌격에 의한 고장으로 확인되었으며, 뇌격류의 크기 그리고 뇌격위치와 배전선로의 이격에 따라 피해범위에 대한 추정이 가능하고 설비피해의 양상이 다름을 알 수 있었다. 한편, 유도된전압 계산프로그램의 구동없이 뇌격전류×일정계수의 약식계산에 의해 배전설비의 영향을 간단히 유추해 볼 수 있었다.

본 논문에서 제시한 뇌해예측·보수시스템의 활용은 과학적 근거에 의한 뇌 피해 범위의 추정이 가능함에 따라 선순순시와 신속한 복구로 인력과 정전시간의 단축 및 배전선로 예방정비 보수자료로 활용할 수 있을 뿐만 아니라, 향후 더 많은 사례를 검토함으로써 내뢰설계기준의 평가 보완과 각종 신개발기자재 연구개발의 기초자료로도 활용할 수 있다고 확실한다.

[참고 문헌]

- [1] 일본전기협동연구회, 배전선 뇌해대책, 1988, 제40권 제6호
- [2] 전력연구원, LPATS를 이용한 뇌격 누적 분포 곡선 작성에 관한 연구, 1998. 5.
- [3] 전력연구원, 전선흔 개발 연구, 1996. 9.
- [4] 한국전력공사, IKL도 작성 및 배전선 내뇌설계, 1988. 7.
- [5] 한국전력공사, 전력계통 낙뢰감지 및 진로예측 시스템 개발에 관한 연구, 1995. 6.