

22.9 kV-y 배전선로 전선보호관을 이용한 에너지 절약기술

한국전기연구원
전 영 갑

1. 서론

가. 지금까지 22.9 KV-y 배전선로의 지지애자에 사용하는 바인드 방식은 전선과 애자를 직접 부착 시킴으로써 외부환경(염진애, 풍우, 까치 등)의 영향으로 많은 선로사고를 유발시켜 전력계통에 막대한 지장을 초래하고 있다.

나. 이러한 폐단을 없애고자 여러 방안이 모색될 수 있는 데 그 중 가장 이상적인 방법은 전선과 애자 사이에 발생하는 부분방전 발생원을 근본적으로 없애는 방법이나 현장의 작업 성질상 애자와 전선 사이에 바인딩 작업을 행하지 않으면 그 기능이 수행되지 않는다.

다. 본 배전선로 전선보호관은 전선과 애자 사이에 일정한 바인딩 감기용 수취홈에 의거 수취홈에 의거 바인딩 작업을 수행할 수 있도록 함으로써 써지 파형에 의한 진행파의 반사와 투과에 따른 집중 임피던스를 균형있게 해 줌으로써 그 진행파의 파

형을 약화시킬 수 있고,

라. 실제 22.9 KV-y 배전선에서 발생하는 RIV(통신선 유도장해전압)을 대폭적으로 감소시킬 수 있고, 인공염진해 실험 결과 그 내전압을 상승시킬 수 있을 뿐 만 아니라 전선과 지지애자 사이에 흐르는 누설전류를 감소시킬 수 있는 에너지 절약형 연구과제이다.

2. 국내 · 외 기술개발동향

국내, 미국, 캐나다 및 동남아시아의 직접접지 계통 배전선로에 전선보호용으로 여러 종류가 사용되고 있으나 그 사용되고 있는 개소가 한정되어 있어 실제 LP(Line Post)애자에는 전선과 애자를 Binding 시키는 작업으로 인하여 전선보호관을 사용할 수 없는 실정에 있어, 본 연구를 통하여 접지 계통의 배전선로상의 누설전류를 감소시킬 수 있는 방안을 모색하였다.

3. 기술개발내용

(2) 인공오손시험(Solt-fog Test)

가. 전선보호관의 전기적 성능시험

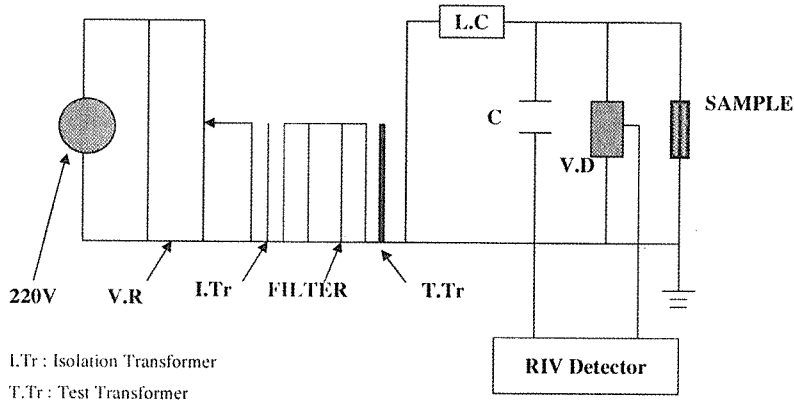
(1) RIV 실험 (Radio Interference Voltage)

본 시료에 대한 RIV(Radio interference Voltage)시험을 수행하였는데 그 시험회로는 그림 1과 같고 시험 결과는 표 1과 같다. 표 1에서 알 수 있듯이 기존 사용품은 시험전압 22(KV)를 인가하였을 때 RIV치가 39.8 (μV)인 반면 전선 보호관 체부품은 1(μV)이하로 현저하게 저하됨을 알 수 있었다.

(가) 염진에 시험은 인공오손시험장에서, 염도 160 (kg/cm^3), 밀도1104.5(kg/cm^3) 의 Salt-fog 상태에서 정격전압 이상을 인가하여 Flashover가 발생되어 단락될때 까지 전압을 인가하여 그 섬락 전압을 구한다.

(나) 표 2는 인공오손시험 결과를 나타낸 것으로 전선보호관을 삽입한 시료 5개를 실험한 결과 평균 섬락전압 35 (KV)이상임이 밝혀졌다. 이와 같은 섬락전압은 22 (KV) 정격전압을 60(%)까지 상회한 것으로 인공오손 실험 상태에서도 그 절연내력이 상당함을 알 수 있었다.

〈그림 1〉 RIV 시험회로



〈표 1〉 RIV 시험 결과표

시 료		시험전압(KV)	측정주파수(MHz)	규제치(μV)	결 과 (μV)
기존사용품	#1	22	1	100이하	39.8
전선보호관 체부품	#1				1이하
	#2				1이하

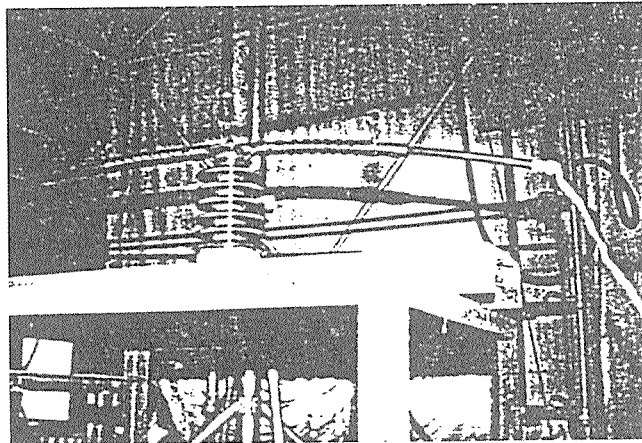
<표 2>

인공오손 시험 데이터

(시험조건 온도 : 220c, 습도 51 %, 1012 mbar)

시 료	섬락전압(KV)	염도(Kg/cm ³)	밀도(Kg/cm ³)
전선보호관	35.0 이상	160	1104.5
	33.9		
	31.7		
	35.0 이상		
	35.0 이상		

<그림 2> 인공 염진에 실험관경



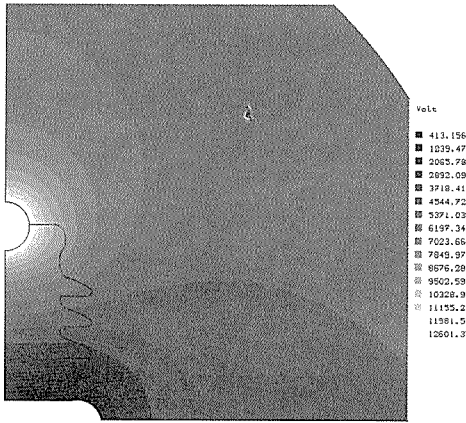
(다) 본 실험 중 참고시험으로 기존 사용되고 있는 바인드 법에서 인공오손 상태의 실험 결과 그 섬락전압이 12 ~ 15 (KV)에서 Flashover됨을 관찰 할 수 있어, 본 전선보호관 시료에 의한 바인딩 법이 그 절연내력에서 2배 이상의 강도를 가지고 있음을 알 수 있었다.

(3) 전계강도 시험
(Electric Field Strength)

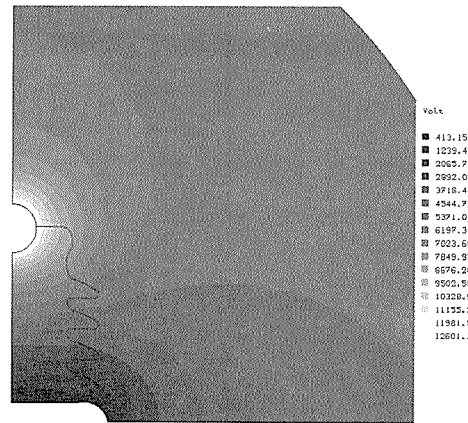
(가) 그림 4,5는 좌표 (r=26, z=223) -> (r=251, z=223)에서의 Linepost 애자에 설치된 전선보호관과 나전선의 전계강도를 비교 FD-2D법으로 비교 계산

(나) 전선보호관을 설치했을 때 Linepost 애자부근에서 전계강도가 많이 감소하는 것을 볼 수 있다. 이로 인하여 ACSR만 설치되어 있을 때 보다 corona가 발생하지 않게 되어 누설전류가 급격히 감소하는 것을 알 수 있다.

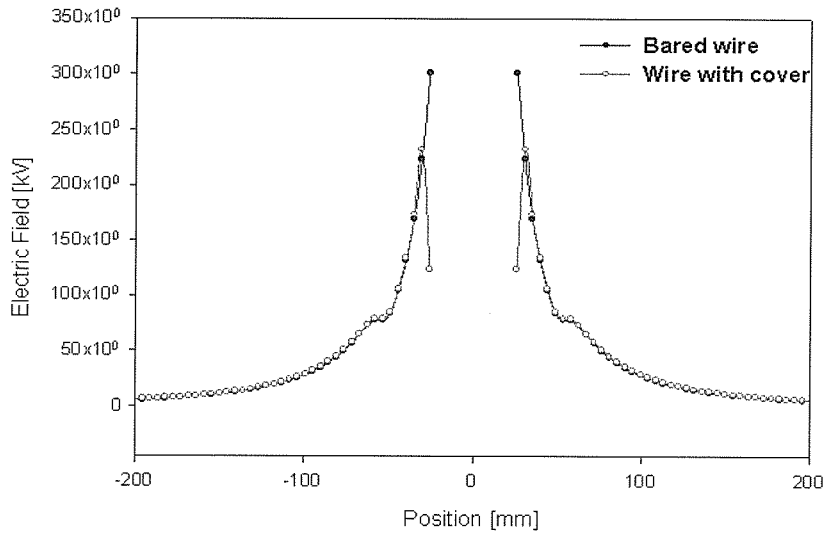
〈그림 3〉 전선보호관을 설치하지 않았을 때의 등전위 분포



〈그림 4〉 전선보호관을 설치했을 때의 등전위 분포



〈그림 5〉 Calculation curve of Electric Field Strength



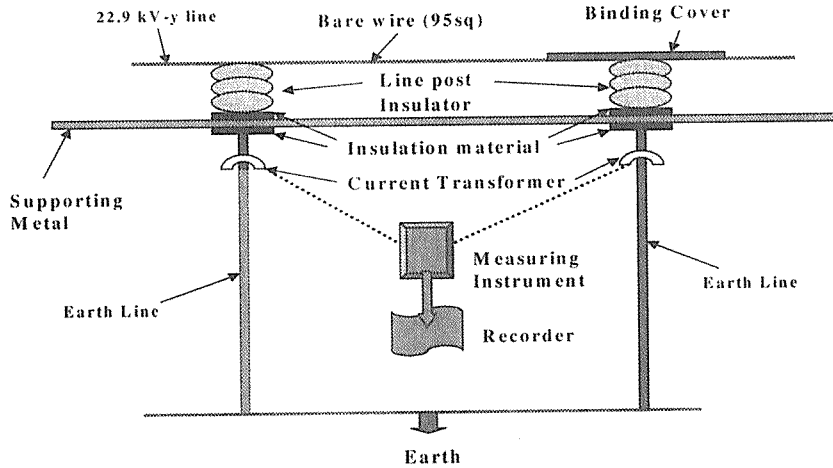
(4) 누설전류 측정

(가) 전선보호관을 삽입하여 바인딩 하였을 때와 기존 바인딩법과를 비교한 누설전류 크기를 측정하였다.

(나) 직접접지계통에서 발생되는 유도전류가 오손된 애자의 표면으로 흐르고 있다는 사실은 22.9 (KV-y) 직접접지 계통에서는 애자와 전선 자체의 절연내력을 강화시킴과 동시에 집중임피던스를 접지점을 중심으로 평형 되게 배치할 필요성이

〈그림 6〉 접지선 누설전류 측정회로도

Measuring Circuit for Leakage Current



(다) 그림 6은 측정회로도로서 두 애자의 핀 볼트에 서 접선을 공통선으로 묶은후 그 전단에 일정간격으로 HIOKI(3283)계 접지선 누설전류 측정기를 이용하여 그 전류크기를 Recorder(일본 Yokogawa 제)로 그 변화되는 전류치를 기록하였다.

가 0.14 ~ 0.15(mA) 변화되었을 때 보호관을 삽입한 나전선에는 0.08 ~ 0.09(mA)의 접지선 누설전류가 흘러, 약45~50(%)정도 감소됨을 알 수 있었다. (이때 주위온도 190C, 습도 41%)

(5) 측정결과 분석

(가) 그림 8은 경부하 (22.9kV-y Line current 2 Aampere) 및 중부하 부하시 (22.9 Kv-y Line 2 A)가 인가되었을때의 누설전류치를 나타낸 것으로 보호관이 있는 나선(95 sq)에서 흐르는 접지전류가 같은 전선에 보호관이 있는 경우의 누설전류치 보다 30~50(%) 정도 적게 나타남을 알 수 있었다.

(나) 선로에서 흐르는 전류가 1(A)정도의 경부하 전류가 흐르는 경우 나선 상태에서의 접지선 전류

4. 적용분야 및 기대효과

가. 적용 분야

22.9 kV-Y 직접접지 계통 배전선로 중 LP(Line Post)애자와 전선사이의 바인딩(Binding) 부분

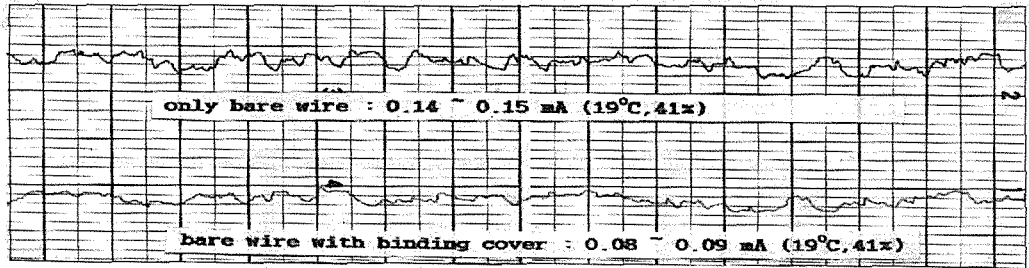
나. 기대효과

본 제품을 22.9 KV-y 배전선로의 지지애자와 전선 사이에 전선보호관을 삽입시켜 사용하므로써,

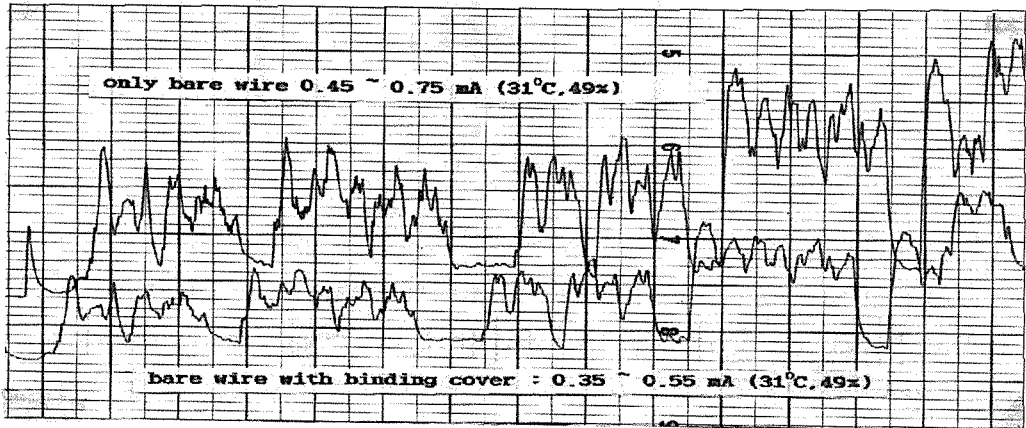
(1)통신선 유도장해전압을 기존 방식보다 40배 가량 줄일 수 있고,(한국전기연구소 실험 데이터임)

(2)염진애 내전압을 정격전압의 1.5배 이상 견딜 수 있다.(한국전기연구소 실험 데이터임)

〈그림 8〉 접지선 누설전류 측정 그래프



Leakage Current of Light-Load (Line current 2 Ampere)



Leakage Current of Heavy-Load (Line current 4 Ampere)

(3) 전선과 애자 사이의 누설전류를 60(%) 이상 줄일 수 있음이 실험결과 알 수 있었다. (22.9 KV 수전 공장실험)

(4) 전선보호관 취부시 전력량 절감 계산안
배전선로 손실량 통계조사

〈1999년판 통계분석 (한국전력공사 간행)〉

1. 1998년 배전손실량 : 3,417,718 MHW

$3,417,718 \text{ MHW} \times 60\% (*1) \times 60\% (*2) = 1,230,378 \text{ MHW}$

(*1) 전선보호관을 부착하지 않았을 때의 전류손실을 (실험 결과에 의함)

(*2) 전선로 중 고압편 애자 점유율 60%로 보았을

* 1998년도 판매단가 : 72.08원/KWH

$1,230,378,000 \text{ KWH} \times 72.08 \text{ 원/KWH} =$

88,685,675,000원

총 전력량 손실액 : 약 887억여원/년간

전선보호관을 부착하지 않았을 때 지장전력 손실

액을 연간 100억원 정도로 보았을 때

1년간 총 절감액 : 약 989 억원

2. *배전설비 지지물 개수 : 6,031,080 개

직선주 개수를 약 3,000,000개로 보고 1전주당

3개의 LP 애자에

전선보호관 설치비용 :

$3,000,000 \text{ 개} \times 3 \text{ 개} \times 20,000 \text{ 원/개당} =$

180,000,000,000 원
전체 설치비용 : 약 1800 억원

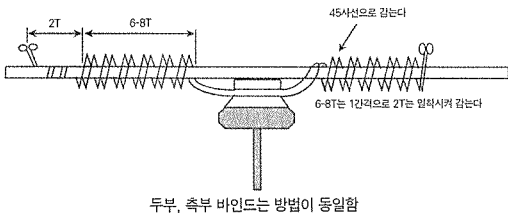
이상의 자료에 의한 손익분기점 년도는 전선 보호관 설치 후 2년 후 부터 연간 약 900억원 이상 전력손실량을 줄 일 수 있다.

5년간 총 절감액 : 약 4,500 억원

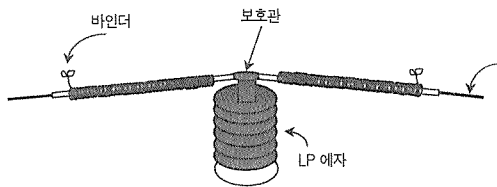
(주) 상기 직선주 개수는 설치된 수량에 따라 변동될 수 있음.

다. 기존 방식과 본 방식의 설치도면

(1) 기존 바인딩법



(2) 본 제품에 의한 바인딩법



5. 결론

본 연구 결과 다음과 같은 몇 가지 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 선로의 진행과에 대한 집중임피던스를 삽입

시켰을 때 접지점을 중심으로 평행상태를 유지시키는 전선보호관은, 선로의 반사파와 투과파를 감쇄시킬 수 있는 역할을 할 수 있다.

(2) RIV(Radio Interference Voltage) 실험 결과 기존의 바인딩 방식에서 측정된 RIV치가 39.8 (μV)인 반면 본 시료인 전선보호관을 사용하였을 때 1(μV)이하로 근 40배 이상의 감쇄효과를 가져올 수 있다.

(3) 본 시료에 대한 전계강도 계산 결과 애자를 중심으로 나선 자체의 전계강도가 300(KV/m)인 반면 전선보호관을 부착시켰을 때 100(KV/m)로 낮아진다는 사실을 알 수 있었다.

(4) 본 시료에 대한 인공염전해 시험 결과 선로정격전압인 22(KV)보다 60(%) 이상인 35(KV)까지 절연내력을 견딜 수 있으며, 기존 바인딩 방식보다 2배이상 절연내력 효과를 얻을 수 있었다.

(5) 본 시료를 사용하였을 때는 기존 바인딩 보다 LP 애자 1 포인트에서 30 ~ 50(%) 배의 접지선 누설전류를 감소시킬 수 있음을 알 수 있었다.

따라서 기존 사용되고 있는 바인딩 방법과 본 전선보호관 부착에 따른 비교실험을 실 배전선로의 실증실험을 통하여 확인할 필요가 있으며, 본 연구에 대한 경제성 평가가 면밀히 이루어지면 전력손실에 대한 막대한 에너지절약을 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

〈표 3〉

연구실험 결과표

실험항목	구분	기존 방법의 경우	보호관을 부착시킨경우
RIV 실험		39.8 (μ V)	1 (μ V)이하
누설전류실험		0.14~0.15(mA) (Line Current: 1A) 0.45~0.75(mA) (Line Current: 2A)	0.08~0.09(mA) (Line Current: 1A) 0.35~0.55mA) (Line Current: 2A)
인공오손실험		섬락전압 : 12~15(KV)	섬락전압 : 31~35(KV)
전계강도측정		300 KV/m (애자 중심축)	100 KV/m (애자 중심축)

〈별첨〉

기존 방식과 본 전선보호관 방식의 비교표

구분	방식	기존방식	새로운방식
작업 방식		1. 애자와 전선사이에 바로 바인드선을 감는다.	1. 애자와 전선사이에 보호관을 감은 후 바인드선을 감는다.
전력손실측면		2. 절연전선 자체의 노화로 인하여 애자와 전선 사이에 개당 50(%)이상의 전력손실을 일으킨다.	2. 절연전선 자체가 노화되지 않으므로 애자와 전선 사이에 개당 50(%)이상의 전력손실을 감소시킬 수 있다.
통신장애측면		3. RIV치가 높아 통신장애에 영향을 받는다. (RIV : 39.8 μ V 이하)	3. RIV치가 낮아 통신장애에 영향을 받지 않는다. (RIV : 1 μ V 이하)
선로사고 측면		4. 조류나 황사현상, 공기 중의 불순물 입자가 전선과 애자 표면에 부착되어 선로사고를 일으킨다. (내염진내압치:15KV 이하)	4. 조류나 황사현상, 공기 중의 불순물 입자가 전선과 보호관에만 주로 부착되어 선로사고를 일으키지 않는다. (내염진내압치:30KV 이하)
전선원가측면		5. 나전선 대신에 절연전선을 사용하면, 전선원가가 40(%)이상 상승된다.	5. 절연전선 대신에 나전선을 사용할 수 있으며, 이로 인해 전선원가를 40(%)이상 절감시킬 수 있다.
전력수송측면		6. 나전선 대신에 절연전선을 사용하면 전력 수송능력이 50(%)이상 감소된다.	6. 절연전선 대신에 나전선을 사용할 수 있으며, 이로 인해 전력수송 능력을 50(%)이상 증가시킬 수 있다.
(결론) 기대효과		-	· 애자사이에 흐르는 누설전류를 50 (%)이상 감소 · 나전선 사용시 - 전선원가 : 40(%)절감 - 전력수송능력 : 50(%)증가