

박전극을 이용한 고주파 부분방전 측정 연구

김충식*, 신두성, 이창영, 김정년, 백주홍, 김동욱, 박완기
(LG전선 전력연구소)

High frequency partial discharge measurement by metal foil electrode

C.S.KIM*, D.S.SHIN, C.Y.LEE, J.N.KIM, J.H.BAEK, D.W.KIM, W.K.PARK
(Electric Power Research & Technology Center, LG Cable)

Abstract - The capacitive coupling technique has been used as conventional method for PD detection on the power cable line. Recently, however PD measurement using by high frequency is known to have an excellent sensitivity comparison with low frequency on-site.

In this paper, the high frequency characteristic of two type of metal foil sensor was studied and the technique was proved to be more effective diagnostic method than conventional method for qualification of EHV cable and accessories.

1. 서 론

지금까지 전력케이블의 부분방전 측정은 수십 kHz에서 수백 kHz의 저주파 대역에서 이루어져 왔다. 그러나 저주파 대역에서 PD측정은 수십 미터 이하의 단거리 선로에서는 문제가 없었으나 장거리 선로 즉, 실제 선로에서는 많은 외부 잡음으로 인해 측정이 불가능하였다.

이러한 문제점을 해결하고자 본 논문에서는 박전극을 이용하여 고주파 대역의 부분방전 특성을 시험하였다. 고주파 대역의 측정 기술은 일본, 유럽 등 유명 시험기관이나 전선업체에서 근래 활발하게 연구되어 지고 있으나, 우리나라에서는 아직 이 기술에 대한 연구가 미진한 상태이다.

전력 시스템이 초고압화 될수록 사고로 인한 파급효과가 크기 때문에 기존 선로에 대한 진단 요구가 점점 증가 되고 있다. 또한 초고압 전력 케이블 준공시험에도 사전에 결함 요소를 검출하여 파괴로 인한 손실을 줄이고자 고주파를 이용한 부분방전 측정 기술을 활용하고 있다. 본 논문에서는, 내,외장형 박전극의 주파수 특성에 대한 시험을 실시하고 실제 부분방전 측정 시험을 통해 그 유효성에 대해서 검토 해보았다.

2. 본 론

2.1 고주파에서의 PD특성

고주파에서의 PD펄스 특성은 저주파와는 달리 진행파라는 것이다. PD 발생부에서 발생한 펄스 신호는 진행하면서 감쇄와 분산이 일어나게 된다. 따라서 PD 발생부의 PD는 원래 신호에 비하여 진행 경로가 길수록, 측정 주파수가 고주파 대역으로 올라갈수록 펄스크기는 감쇄하여 작아지고, 펄스 폭은 분산에 의해 증가하여 중심주파수가 저주파 대역으로 이동한다. 따라서 PD 발생부와 측정부까지 거리에 의한 영향으로, 측정된 신호는 원래 발생량과 차이가 발생하게 되고 이것이 PD 측정 오차로 작용하게 된다.

고주파 측정에서는 케이블을 단일 분포정수로 등가

할 수 없으며, 분포정수 회로로 등가 하여야 한다. 또한 측정 주파수가 높으면 높을수록 분포정수로 다루어야 할 케이블의 길이가 짧아진다.

2.2 박전극 설치

고주파 캘리브레이션 실험을 하기 위해, 아래 그림 1과 같이 실내가 아닌 실외 시험장에 모의 선로를 만들고, 접속함 내부와 외부에 절연통을 중심으로 박전극을 설치하였다.

그리고 기존의 저주파 PD측정과 비교하기 위해, 직선 절연접속함(PJB)의 우측부에 검출 임피던스 Zs를 설치하였다. 절연통을 중심으로 좌측과 우측의 케이블 길이는 동일하며, PJB를 중심으로 우측의 차폐층이 분리된 케이블은 커플링커패시터의 역할을 하므로 Zs를 통해 PD 측정이 가능하다.

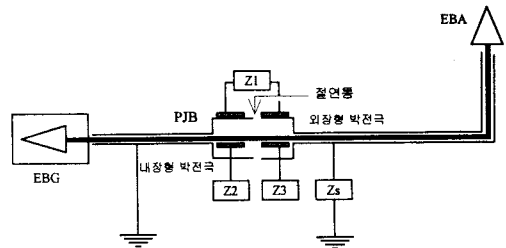


그림 1. 모의선로에서 박전극 설치 모습
(154kV 600SQ, 전 선로 길이 45m)

2.3 외장형 박전극의 캘리브레이션 주파수 특성

그림 2와 같은 외장형 박전극에 캘리브레이션 펄스를 주입해 주파수에 따라 나타나는 감도를 측정하였다. 기존의 방법인 저주파 대역에서의 감도와 고주파 대역에서의 감도를 스펙트럼 아날라이저를 이용하여 측정하였다.

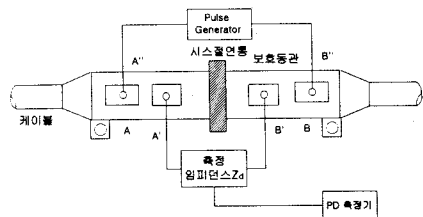


그림 2. 외장형 박전극 설치

2.3.1 저주파 대역에서의 캘리브레이션 펄스 측정
 캘리브레이션 박전극과 측정용 박전극의 크기는 같게 하고 박전극과 동관 사이의 정전용량은 1400pF 가량 되었다. 앰프의 증폭주파수 대역은 40kHz~800kHz로 기존 부분방전 측정 주파수 대역을 사용하였다.

캘리브레이션 펄스 크기는 약 500pC 정도로 주입하여 그림 3과 같은 펄스 크기가 측정되었으며 노이즈가 350pC로 나타나 고감도의 PD 측정이 불가능함을 알 수 있다.

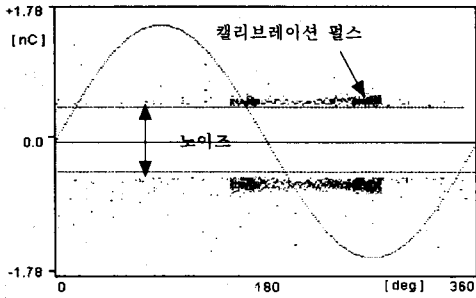


그림 3. 저주파에 의한 캘리브레이션 펄스 측정

2.3.2 고주파 대역에서의 캘리브레이션 펄스 측정
 그림 2와 같이 측정 임피던스에 스펙트럼 아날라이저를 연결하고 주파수 대역폭 300kHz로 튜닝하여 주파수 대역별 검출감도를 측정하였다.

캘리브레이션 박전극에 100pC를 주입하여 각 주파수 대역별로 측정한 결과 그림 4와 같이 약 11MHz 부근에서 S/N가 가장 높게 나타났다. 부분방전 측정을 위해 대략 S/N가 2배 이상 되어야 신호의 구별이 가능하므로 약 11MHz 부근의 S/N가 6으로, 고감도의 부분방전 측정이 가능하다.

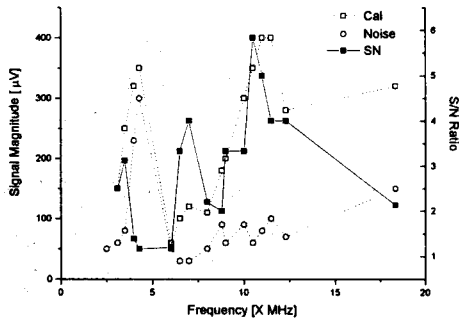


그림 4. 외장형 박전극의 고주파 특성

2.4 내장형 박전극의 캘리브레이션 주파수 특성

그림 5는 내장형 박전극이 케이블 외부 반도체 층 위에 설치된 모습이다. 박전극과 알루미늄 차폐층 사이에는 반도체로 연결되어 있어 이 거리를 적절하게 조절하면 원하는 저항값을 얻을 수 있다. 이 실험에서는 약 200Ω 정도로 되게 하였다.

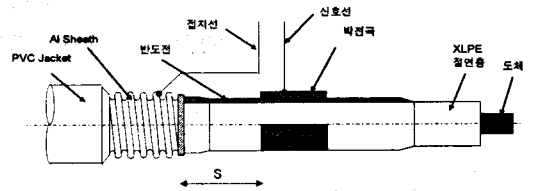


그림 5. 내장형 박전극 설치

박전극의 크기와 알루미늄 차폐층과 사이의 저항이 동일하게 한 박전극을 그림 1과 같이 절연통을 경계로 두 개를 만들어, 한쪽 박전극에서 캘리브레이션 펄스를 주입하고 다른 쪽 박전극에서 측정한다.

그림 6은 스펙트럼 아날라이저를 이용하여 각 주파수 대별로 S/N를 측정 한 결과이다.

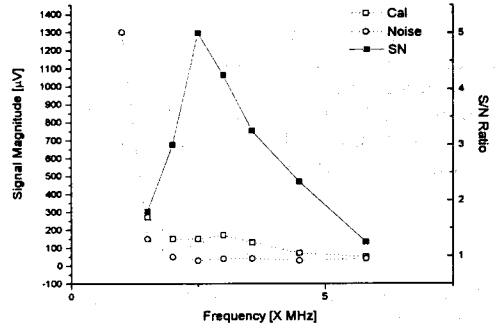


그림 6. 내장형 박전극의 고주파 특성

그림 6과 같이 주파수가 약 2.5MHz 대역에서 S/N비가 가장 크게 나타났다. 그리고 지금까지 주로 부분방전 시험에 사용해 왔던 1MHz이하의 주파수 대역에서는 S/N비가 1이하로 부분방전 검출이 거의 불가능하였다.

내장형 박전극의 경우 그림 5와 같이 도체와 박전극 센서 사이에 커패시턴스를 형성하여 HPF(High Pass Filter) 역할을 하고 케이블은 LPF(Low Pass Filter) 역할을 하여 전체적으로 BPF(Band Pass Filter)를 형성하였다. 그래서 그림 6과 같이 대역폭이 노이즈가 적은 고주파 대역에 제한되어 S/N비가 높게 나타났다.

2.5 내·외장형 박전극의 부분방전 측정 비교

그림 1의 모의 선로에 실제 과전을 하여 내·외장형 박전극에서 측정되어지는 부분방전의 감도를 비교하였다.

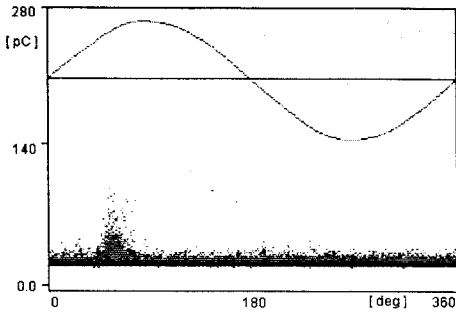
방전은 케이블 기중 중단 접속함(EBA)측 고압부에 임의로 코로나를 발생시키고 PJB에 설치된 두 종류의 박전극에서 각각 측정하였다. 증폭기의 주파수 대역은 2MHz에서 20MHz 사이로 고주파 대역의 신호를 측정 한 결과를 그림 7에 나타내었다.

그림 7의 (a)과 같이 외장형 박전극에서 측정한 PD 패턴은 노이즈가 약 30pC정도이고 방전크기는 최대가 70pC이었다. 그리고 그림 7의 (b)의 내장형 박전극의 경우, 노이즈가 약 10pC이고 방전 최대 크기가 50pC이었다. 두 박전극에서 부분방전 최대값이 다르게 나타

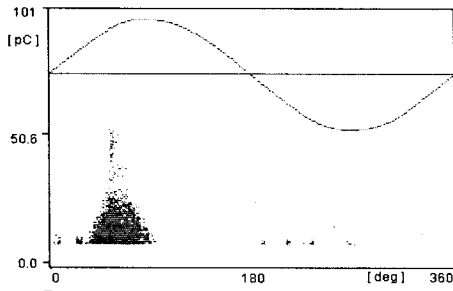
함 외부를 싸고 있는 동관이 노이즈 차폐 역할하여 감도가 상대적으로 높은 것으로 사료된다.

(참 고 문 헌)

- [1] Gross D.W. "On-site partial discharge diagnosis and monitoring on HV power cable", Jicable, Vol2, pp509-514, '99
- [2] 勝田 銀造 "超高壓長尺 CV 케이블線路の活線部分放電檢出法の開發", 電學論B, 111권 11호, pp1223-1232, 平成3年
- [3] G.Mole, K.Kreuger "Discharge measurement in long long lengths of cable", ELECTRA, No.8, pp53-82, '69



(a) 외장형 박전극으로 측정된 PD 패턴



(b) 내장형 박전극으로 측정된 PD 패턴

그림 7. 내,외장 박전극에서의 PD 측정 패턴

난 것은 내,외장형 박전극의 캘리브레이션 방식이 서로 달라서 나타난 것으로 추정된다.

이 비교시험에서 내장형 박전극이 외장형 박전극보다 노이즈가 적게 나타났다. 이것은 내장형 박전극이 접속함 내부에 설치되어 있어 접속함의 외부 동관이 노이즈를 차폐하는 역할을 함으로써 외장형 박전극에 비하여 노이즈에 의한 영향이 적은 것으로 사료된다.

그러나, 그림 1의 Zs를 통해 기존의 방법인 저주파로 측정하였을 경우, 노이즈가 약 200pC 정도로 부분방전 측정이 거의 불가능하였으나 박전극을 이용하여 고주파 부분방전을 측정하였을 경우, 노이즈의 영향을 쉽게 받는 실외에서도 고감도의 측정 감도를 얻을 수 있었다.

3. 결 론

초고압 모의 선로를 옥외 시험장에 만들고 2종의 박전극을 접속함에 설치하여 고주파 대역에서의 측정 감도를 서로 비교하였다.

1) 외장형 박전극은 기존 부분방전 측정 주파수 대역인 약 40kHz~800kHz에서는 500pC의 펄스 신호에 대해 약 350pC 정도의 노이즈가 측정되어 노이즈의 영향이 큰 것으로 나타났다. 그러나, 고주파 대역에서 측정 감도를 측정해 본 결과, 5MHz에서 15MHz사이에서 S/N비가 2배 이상으로 고감도 측정이 가능하였다.

2) 내장형 박전극의 고주파 특성은 2MHz~5MHz 사이에서 S/N비가 2배 이상으로 나타났다. 그리고 내장형 박전극과 케이블이 BPF(Band Pass Filter) 역할을 하여 측정 대역폭을 수 MHz대역으로 제한하였다.

3) 2종의 박전극에서 부분방전 신호를 검출한 결과 내장형 박전극이 측정감도가 더 좋게 나타났다. 이것은 내장형의 박전극의 경우 접속함 내부에 설치되어, 접속