

최근 전력케이블 시스템의 부분방전 진단 동향

■ 김정태 / 대진대학교 전기공학과
■ 구자윤 / 한양대학교 전기공학과

들어가기

계측기술의 발달로 인해 MHz 이상의 대역 뿐 아니라 GHz 대역에서까지 부분방전 측정이 가능해짐에 따라 기존에 사용하던 IEC 60270에 나타난 수십 ~ 수백 kHz 대역에서의 측정 방법을 현장에 적용하는 것은 더 이상 고려되지 않고 있다. 종래의 검출법으로 현장에서 PD를 측정하는 것은 주변 노이즈의 레벨이 높은 문제 뿐 아니라 시험장치가 상당히 크기 때문에 상당히 어렵다. 따라서, 전력케이블과 같은 경우에도 수 ~ 수백 MHz의 상당히 높은 주파수 대역에서 측정하는 방법(고주파 부분방전(HFPD : High Frequency Partial Discharge) 측정방법)이 1990년대 초부터 제기되었다.

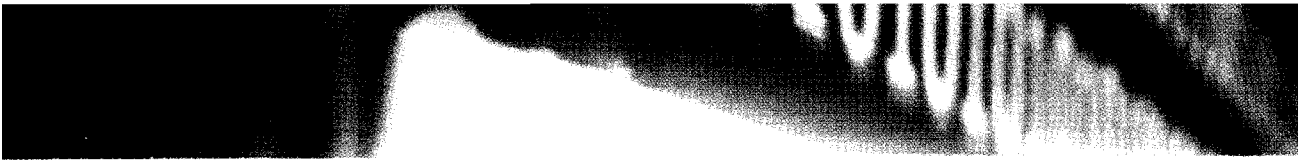
HFPD 측정방법은 높은 주파수에서는 상대적으로

노이즈 레벨이 낮기 때문에 현장에서 케이블이나 액세서리 등 국부적인 부분에 대한 측정으로 적합하다. 방전펄스의 고주파 성분이 케이블을 따라 전파해 나가면서 빠르게 감쇠되는 점은 전체 케이블 시스템을 측정하는 데에는 단점이 될 수 있지만, 주된 관심사가 액세서리에서 발생하는 부분방전이라면 HFPD 신호가 검출될 수 있는 짧은 길이에서는 장점이 될 수 있다. 즉, 접속부위나 종단 근처에서 검출하고 방전이 측정된다면, 이러한 방전은 액세서리에 기인하는 것일 것이다.

이러한 점에 입각하여 그동안 액세서리에 적용할 수 있는 다양한 형태의 센서가 개발되었으며, 대표적인 센서의 원리와 특징을 표 1에 나타내었다.[1] 이들의 주요원리는 유도성, 용량성 또는 저항성 센서를 이용하고 이로부터 얻은 신호와 안테나 등에 의해 주

표 1 주요 HFPD 센서의 원리와 특징

종류	원리	특징 및 측정주파수	측정 감도[pC]	적용 범위
용량성 센서	접속재에서 용량성 분압 원리 이용	광범위한 적용, 20 MHz까지	5~10	신설 케이블 접속재(내장형)
방향성 센서 (directional coupler)	접속재에서 용량성 방향성 이용	노이즈 구분 확실, 500 MHz까지	1~10	신설 케이블 접속재(내장형)
절연접속재 금속 포일 센서	절연접속재에서 용량성 분압 원리 및 한 쪽을 커플링으로 이용	종단 및 크로스본드에 적용, 50 MHz까지	1~10	신설/기설 케이블 절연접속재(외장형)
코일 센서 (one-turn coil)	PD 펄스 전류의 유도	고감도, 이동 가능, 500 MHz까지	1~7	나선형 금속 스크린 케이블 자체(외장형)
시스 분리 센서 (sheath interruption)	시스 분리에서의 표피효과 이용	종단 및 크로스본드에 적용, 20 MHz까지	30~40	신설/기설 케이블 자체 및 절연접속재(외장형)



위 노이즈 신호 또는 신호의 전파 방향을 고려하고 부분방전의 패턴을 컴퓨터를 이용 분석하여 순수한 부분방전 신호를 추출하는 것이다.

그러나, 표 1과 같은 센서를 적용한다 하여도 측정에 노이즈가 많이 포함되어 있다든가 현장 적용성이 떨어지는 방법이라면 실제적인 사용은 어려운 문제가 있다. 따라서, 여기에서는 전력케이블 시스템에 대한 부분방전 측정 관련하여 최근 세계적으로 연구된 새로운 내용들에 대해 소개하고자 한다. 먼저 노이즈 제거기법으로 상당한 효과가 예상되는 T-F(Time-Frequency) Map에 대해 언급하고, 접속재에서 발생된 부분방전이라는 것을 보다 정확히 측정할 수 있는 방향성 센서를 개량한 유도성 방향성 센서에 대해 설명하도록 한다.

T-F Map을 이용한 노이즈 제거 [2~4]

현장 노이즈 저감은 전력케이블 시스템에 대한 실제적인 PD 측정을 위해서는 필수적이다. 지금까지 연구 및 적용되어온 노이즈 제거 기법으로 예전에는 IEC 270에 의거하는 브리지 회로가 사용되었고, 발전기 시험을 위해 방향성 커플러가 자주 사용되었으며, 라디오 간섭 제거를 위해 외부 안테나 측정 신호를 PD 측정 신호에서 빼는 방법이 효과적으로 적용되었고, PD 측정 감도의 향상을 위한 H/W적인 임피던스 선택이나, S/N 비가 높은 주파수 대역의 선정, 그리고 신경회로망, 웨이블렛 및 디지털 필터를 사용한 S/W적인 노이즈 제거방안 등이 있어 왔다. 각 방법들은 장단점을 갖고 있다. 예로, 브리지 회로의 경우 시험대상물이나 측정 주파수 대역에 따라 사용이 제한되는데 PD 신호의 고주파 성분에 대해서는 순수한 커패시턴스로 작동되지 않는 경우가 있다. 아울러, 이 방법들은 다중 PD 발생의 경우에는 완벽한 노이즈 제거를 하지 못하는 실정이다. 이러한 경우에는 기본 패턴의 중첩이 일어나 아주 해석이 어려워지는 복잡성을 띄고 있다. 따라서, 여러 PD 발생원에 의한 PD

패턴의 분리가 현상 해석의 관건이 된다.

이러한 문제는 최근 디지털이저를 이용하여 광대역에서 측정 한 데이터의 분석을 통해 가능하게 되었다. 노이즈와 실제 PD와는 다른 파형을 나타내므로 파형 분석을 통해 구분이 가능해진다.

T-F Map 구성을 위한 PD 펄스 신호 검출

GHz 정도까지의 주파수 성분 분석에서 여러 PD 발생원에서 발생하는 PD 펄스 신호는 nsec 수준의 펄스 상승시간과 다양한 펄스 파형을 나타내고 있는 것이 파악되었다. 이 매우 빠른 신호에 대해 정확한 디지털 신호를 얻기 위해서는 Nyquist criterion에 따라 샘플링 율이 최대 차단주파수의 2배는 되어야 하므로 수 GS/sec에 이르게 된다. 이에 따라 측정되는 각 PD 펄스 신호마다 수 많은 샘플링 데이터가 존재하게 되며, PD 현상의 통계적인 처리를 위해서 수 많은 PD 펄스 신호가 필요하다. 일정한 샘플링 율과 연속적인 시간 샘플링을 할 경우에는 PD 펄스들을 기록하기 위해 매우 큰 메모리 버퍼가 필요하게 되지만, 수 백 MB에 이르는 크기의 메모리 버퍼는 현재로는 적용이 어려운 문제가 있다.

주파수 알리아싱을 피하도록 충분히 높은 샘플링 율로 수행되어야 하고 통계적 분석이 가능한 정도로 충분한 펄스 수를 수집하여야 하는 PD 신호의 디지털 데이터 획득 문제는 트리거 가능한 온라인 메모리 버퍼가 구축된 장치를 사용하면 해결될 수 있다. 단일 펄스의 디지털 데이터 획득은 PD 신호가 미리 설정한 레벨을 초과할 때에만 시작된다. 프로세싱 유닛은 아날로그 신호의 샘플링을 컨트롤하고 고유한 시간 지시기를 이용하여 개시시간을 규정하며 데이터 기록을 위해 메모리 블록을 선정하게 된다. 획득된 펄스 열은 시간 지시기의 시퀀스에 입각하여 추가적인 프로세싱을 위해 재구성된다.

이상의 특성을 지니는 새로운 PD 장치는 광대역(0~1 GHz)으로 빠른 샘플링 율(2 GS/sec 까지)로서 수많은 트리거 가능한 메모리 슬롯을 가지도록 구성되었다. IEEE-488이나 이더넷 버스를 통해 PC에서

원격 컨트롤하도록 되어 있다. 이 장치는 신뢰성있는 PD 추론을 수행하기 위해 충분한 많은 수의 PD 펄스들을 수집할 수 있는 성능을 지니고 있다. 그리고 CT나 용량성 커플러 등의 센서에 연결하도록 되어 있다.

T-F Map을 이용한 신호 분리

펄스가 노이즈인지 아니면 PD 발생원에 의한 것인지를 구분하는 것은 펄스의 파형이 다르다는 측면을 고려하여 해결할 수 있다. 예로서, 예전에도 PD 펄스를 펄스 폭을 측정함으로써 노이즈와 구분할 수 있었다. 여기서는 더 개선된 방법에 대해 설명하도록 한다.

신호의 분리는 시간적인 순서로서 측정된 데이터를 Fourier 변환을 통해 주파수 영역으로 변환시킴으로써 가능해지는데, 파형과 같은 펄스의 정보를 통신이론으로 펄스 해석에 자주 사용되는 시간-주파수 평면(T-F Map)에 사상시키게 되면 신호의 분리가 가능해진다. 이를 요약하면 다음과 같다. 먼저 PD 신호 $s(t)$ 를 다음과 같이 규격화시키고(단, t 는 시간임),

$$\tilde{s}(t) = \frac{s(t)}{\sqrt{\int_0^T s(t)^2 dt}} \quad (1)$$

규격화 신호에 대한 표준편차를 시간 영역과 주파수 영역에서 다음과 같이 계산한다.

$$\sigma_T = \sqrt{\int_0^T (t - t_0)^2 \tilde{s}(t)^2 dt} \quad (2)$$

$$\sigma_f = \sqrt{\int_0^\infty f^2 |\tilde{s}(f)|^2 df} \quad (3)$$

여기서, f 는 주파수이고, $\tilde{s}(f)$ 는 $\tilde{s}(t)$ 의 Fourier 변환 그리고 t_0 는 규격화 신호의 “무게 중심”으로

$$t_0 = \int_0^T t \tilde{s}(t)^2 dt \quad (4)$$

이다.

결국 변환 후에는 PD 신호는 주파수와 시간의 형상에 대한 정보를 갖고 있는 숫자 한 쌍으로 바뀌게 된다. 그 뒤에, T-F Map에 대해 퍼지 분류를 통해 PD 펄스의 분류를 수행하게 된다.

그림 1에 분리 과정의 사례를 나타내었다. 8kV의 전압으로 고전압 고주파 변압기의 단자에서 기록된 PD 펄스를 전형적인 3D PD 패턴(방전 크기, 위상 및 방전수)으로 그림 1.(a)에 나타내었다. 그림 1.(b)에는 T-F 평면에 각 펄스의 형태를 mapping 하였다. 펄스의 형태에 입각하여 퍼지 분류를 통해 2개의 그룹(#1 및 #2)으로 분리하였다. 각각에 해당하는 3D 부패턴과 전형적인 펄스 형태를 그림 1.(c), 1.(d), 1.(e) 및 1.(f)에 나타내었다. 이미 언급한 바와 같이 펄스 형태들 간에 상당한 차이를 보이고 있어, 그림 1.(b)의 T-F Map에서 명확히 나타난 분리의 결과라는 것을 알 수 있다.

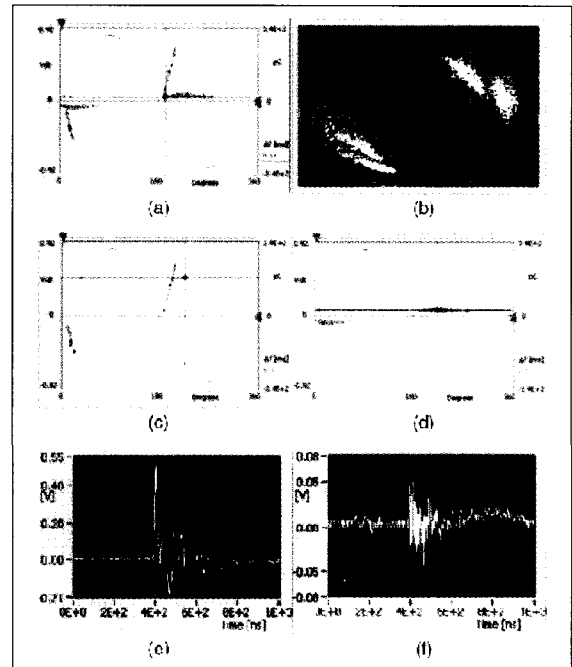


그림 1 8kV의 전압으로 HV HF 변압기의 단자에서 측정된 데이터에 적용한 분리과정의 예
(a) 펄스 분리 이전의 3D PD 패턴 (b) T-F Map에서 분리된 형태 (c) 및 (d) 분리 이후에 (e) 및 (f)로 대별되는 파형에 대한 3D PD 패턴

케이블 시스템에 대한 적용

그림 2에 케이블 접속재에서의 PD 측정 시험회로

의 개략도를 나타내었다. 시험대상물은 새로 개발한 프리몰드 접속재이다. 전원으로는 기존의 50Hz HVAC 상용전원 시스템으로 적용하였다. 품질 관리 측면에서 실험 제조한 절연시스템에 대해 PD 측정을 실시하는 것이기 때문에, 사전에 정해놓은 전압에서 최대 PD 레벨에 따라 개발품을 취할 것인지 아니면 버릴 것인지를 결정하기 위한 시험 과정이었다. 여러 PD 발생원에 따라 PD 레벨을 결정할 필요가 있으므로, 이러한 품질 관리 과정의 성공은 기본적으로 패턴 인식과 노이즈 제거가 가장 중요한 관건이었다. 전압을 증가시키면서 PD를 측정하였는데, 이 때 시험 대상물의 종류와 시험 과정에 따라 전압 상승의 폭과 횟수를 달리 하였다.

그림 3.(a)는 PDIV(약 100kV 정도) 이상의 전압인 110kV에서 수행한 PD 측정 패턴의 예를 나타낸 것으로, 360의 전체 위상에 걸쳐있는 상당히 큰 노이즈로 인해 PD 패턴이 묻혀 있는 것을 볼 수 있다. 하지만 이미 언급한 기술(PDSolver)을 적용하자 노이즈가 제거되어 PD를 구분해낼 수 있었다. 실제로 그림 3.(b)에 나타낸 T-F Map에서 2 가지 다른 그룹을 인식할 수 있다. 이를 다시 PD 패턴으로 나타낸 것이 그림 3.(c) 및 (e)이다. 먼저 그림 3.(d)의 패턴인식에서 노이즈로 판단된 그림 3.(c)는 전압 인가 위상에 무관한 노이즈와 외부에서 유입된 방전의 패턴이 같

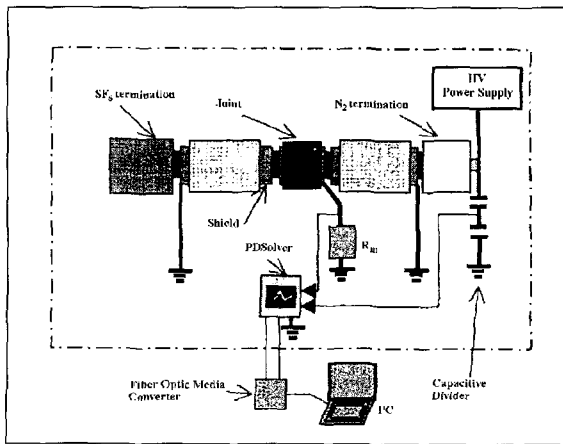


그림 2 케이블 접속재에 대한 PD 측정 시험회로의 개략도

이 존재하는 것으로 판단된다. 외부 유입된 방전은 PRPD 패턴에서 인가전압에 따른 결과와는 정 반대로 나타나며 케이블 양단에 사용한 SF6 단말이나 N2 단말에서 발생한 것으로 추정된다. 끝으로 그림 3.(e)에 나타난 서브-패턴은 인가전압의 위상에 잘 맞아 있어 시험대상물에서 발생한 방전임을 알 수 있다. 시험 대상물의 품질관리 측면에서 노이즈와 외부 방전은 제외되어야 하므로 그림 3.(c)의 데이터는 버리고 그림 3.(e)를 더욱 조사한 결과 이 패턴에 적용한 패턴인식으로부터 그림 3.(f)에 나타낸 바와 같이 내부 방전인 것으로 판단되었다.

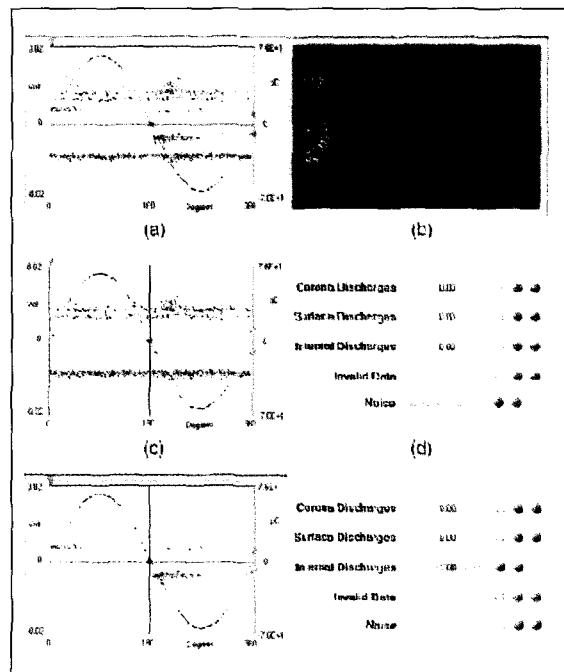


그림 3 HV 케이블 접속재에 대한 PD 측정 결과
(a) 전체 PDPD 패턴 (b) T-F map (c) 노이즈에 대한 PRPD 패턴
(d) 노이즈 판단 (e) 구분된 PRPD 패턴 (f) 내부방전 판단

PD 결과에 대해 신호 분리하고 패턴인식을 수행하여 내부 방전으로 판단된 것은 치명적인 결함이므로 시험 대상물은 버리게 된다. 하지만, PD가 잘못된 셋업이나 오점속과 같이 피상적인 것에 의해 발생된 것으로 판단되면 PD가 상당히 크더라도 피시품을 버리

지 않으며, 이에 대해서는 다른 시험을 수행하여 표면 방전의 원인을 제거하게 된다.

이상 2가지 케이블 시스템에 대한 실험을 통해 T-F Map을 이용한 시스템이 여러 PD를 구분할 수 있고 노이즈를 제거할 수 있으며 결함의 인식에 효과적임을 알 수 있었다. 사실 노이즈나 외부 방전 등이 PD 패턴에 큰 영향을 미치며 나아가 이들이 내부 방전보다 큰 경우에는 PD 측정 자체의 효용성 문제가 제기될 수 있다. 따라서, T-F Map을 이용한 노이즈 제거를 통해 공장에서 프리몰드 접속재에 대한 품질 관리 뿐 아니라 현장에서의 준공시험 및 진단 시험으로 PD 측정이 한층 더 효과적인 방법이 될 것이라 판단된다.

방향성 유도성 센서[5]

유도성 방향성 센서(inductive directional coupler sensor : iDCS)의 동작원리는 기존의 방향성 센서와 유사하다. 이해를 위해 기존의 방향성 센서(DCS)의 원리를 살펴보면 다음과 같다.

그림 4와 같이 접속재 주위의 케이블 외부 반도체층 위에 둥근 판형의 구리판 센서를 장착하며, 기본적으로 이들 구리판 센서의 원리는 용량성 센서이다. 각 센서에는 2개의 출력단자가 있어, 2개의 센서에 총 4개(A, B, C, D)의 출력단자가 있게 된다. 즉, 케이블의 금속 시스를 벗기고 반도체층 위에 장착한 하나의 구리판 센서에는 2개의 단자가 있고 이들은 동축케이블의 도체부분에 각각 연결되며, 동축케이블의 쉬ilded 부분은 케이블의 금속 시스에 연결시킨다.

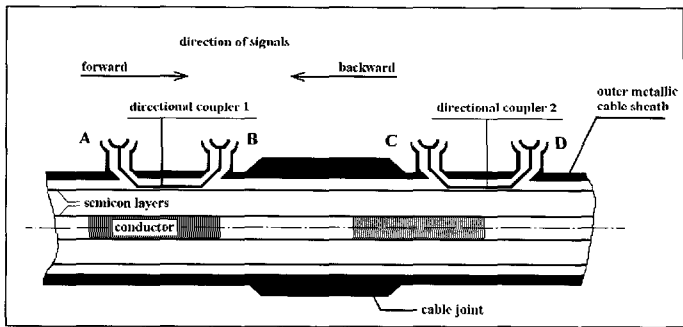


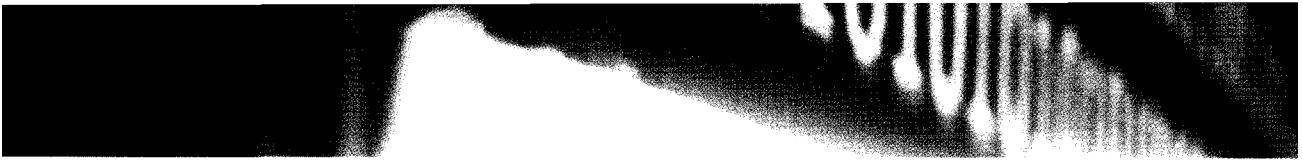
그림 4 방향성 센서(DCS)의 원리

이들 방향성 센서는 특정한 방향으로 신호가 전달될 때 검출하게 된다. 표 2에 나타낸 바와 같이 신호가 접속재 부분에서 발생하였다면 즉, 접속재에서의 PD라면, B와 C에서 검출될 것이며, 신호가 외부에서 유입된 것이라면, 즉, 종단에서의 외부 노이즈라면, 왼쪽에서 들어올 경우에는 A와 C가, 오른쪽에서 들어올 때에는 B와 D가 검출된다. 이러한 방법으로 접속재에서 발생하는 부분방전인지 외부에서 유입되는 노이즈인지를 판별할 수 있다. 측정 주파수 대역은 200~500 MHz의 상당한 고주파로서, 외부 노이즈가 1,000 pC 이상이더라도 측정감도 1 pC 이하의 정밀한 측정이 가능하다. 이 방향성 센서는 독일의 전력회사인 BEWAG에서 베를린에 포설한 400 kV급 XLPE 케이블 시스템의 준공시험과 진단시험으로 현장에 적용한 최초의 사례이다.

유도성 방향성 센서(iDCS)의 기본적인 원리 역시 표 2에 나타낸 논리에 의한 것이다. 다른 점은 사용한 센서가 기존의 용량성 센서(동판)가 아니라 유도성 센서(로고스키 코일)를 적용하였다는 점이다. iDCS는 상호 인덕턴스를 갖는 2개의 평행한 도체로 구성

표 2 방향성 센서에서의 부분방전 판별 방법

	센서 A	센서 B	센서 C	센서 D
접속재 내부에서 발생하는 신호 (부분방전)	×	○	○	×
왼쪽에서 유입된 노이즈	○	×	○	×
오른쪽에서 유입된 노이즈	×	○	×	○



되어 있다. 상호 커패시턴스는 고려되지 않는다. 도체 하나는 고전압 케이블의 도체로서, 유도성 방향성 커플러의 직접적인 경로가 된다. 두 번째 도체는 HV 케이블의 외부 반도전층에 장착된다.

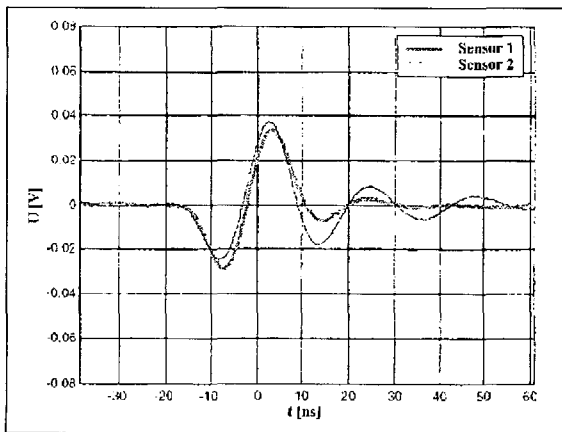
iDCS는 단지 하나의 출력단자만을 갖는데, 이것으로도 충분한 정보가 제공되므로 방향성 센서의 두 번째 출력단자는 생략될 수 있다. 접속재로부터의 PD와 외부 노이즈의 신뢰성있는 구분을 위해 두 개의 센서가 필요하다. 접속재로부터 기인된 신호는 그림 5.(a)와 같이 같은 극성을 갖는다. 그림의 경우 신호들 간에 거의 시간 차이를 보이지 않고 있는데 이것은 모의 결합을 접속재 중간에 설치하였기 때문이다. 접속재에서 실제 결합의 경우에는 위치에 따라 수 nsec 정도의 시간 차이를 보이게 되며 크기에도 차이를 나타내게 된다. 그림 5.(b)는 외부로부터 유입되는 왜란에 대한 출력신호를 나타낸 것으로 두 센서의 신호는 반대 극성을 보이고 있다. 두 신호의 시간 차이는 센서 간의 거리에 일치하고 있다.

측정 시스템은 3 부분으로 구성되는데, 접속재에 장착하는 센서에 대해 배터리로 구동하는 2개의 PD 검출 유닛과 광신호 리시버, 피크 검출기 및 컴퓨터로 구성되는 PD 평가 장치이다. 각 PD 검출 유닛과 PD 평가 장치 사이에는 2개의 광섬유 링크가 있게 된

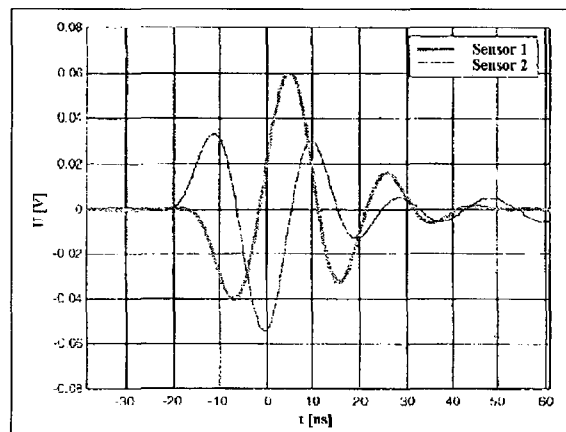
다. 이 광섬유 링크 중 하나는 PD 신호를 광대역으로 왜란없이 전송 가능하게 하며, 다른 광섬유 링크는 PD 검출 유닛의 대기 모드 또는 입력 크기조절 등의 원격 제어용이다. 따라서, 크로스본드 접속재에 대해서도 측정 시스템을 사용할 수 있으며 안전한 운전을 보장한다.

측정 시스템의 작동과 PD 측정 결과의 가시화를 위해 그래픽 사용자 인터페이스 S/W가 제공된다. 각 센서에서 측정된 신호를 디스플레이하고 PD의 원인을 자동적으로 결정한다. 이 S/W 솔루션은 광대역 신호에 대해 상당히 안정적이는데, 이는 로고스키 코일로부터 얻어진 H/W 솔루션만으로는 구현되기 어려운 것이다.

유도성 방향성 센서(iDCS)는 기존의 방향성 센서와 유사하게 매우 높은 측정의 신뢰성을 가질 것으로 판단한다. 특히, iDCS는 고전압 케이블의 특성을 전혀 손대지 않고 센서를 장착한다는 장점이 있다. 즉, 기존 DCS는 케이블 시스템을 제거하고 동판의 방향성 센서를 장착하여야 하는 내장형 센서인 반면 iDCS는 로고스키 코일을 케이블 시스템 외부에 장착하는 외장형 타입인 만큼 이미 포설된 케이블에도 적용이 가능하다는 장점이 있다. 아울러, 출력단자 숫자가 줄어든 만큼 측정 준비도 간단해 진다.



(a) 접속재 내부에서 발생한 PD에 의한 출력 신호



(b) 접속재 외부에서 유입된 왜란에 의한 출력 신호

그림 5 유도성 방향성 센서(iDCS)의 측정 사례

그러나, 현장에서의 측정 감도는 센서 뿐 아니라 측정 장치의 주파수 대역에도 의존하게 된다. 신호에 대해 저주파 필터링을 하는 경우에는 측정장치의 주파수 대역과 측정 감도가 둘 다 저하하게 된다. 1 pC 이하의 측정감도를 얻기 위해서는 100MHz 정도의 주파수 대역이 요구된다. iDCS에 로고스키 코일을 이용하는 이유 역시 높은 주파수 대역의 신호를 계속하기 위한 것이라 할 수 있다.

기존 DCS에 비해 한 가지 단점이라면 접속재 외부에서 유입되는 신호가 오른쪽에서 온 것인지 아니면 왼쪽에서 온 것인지 판단할 수 없다는 점이다. 유입되는 신호가 노이즈가 아니라 PD라면 이에 대한 정보 역시 유용하기 때문이다.

맺음말

여기에서는 1990년대에 주로 개발된 전력케이블의 고주파 부분방전 측정 센서 및 시스템 이후로 연구 개발된 관련 테마 중 노이즈 제거에 유용한 T-F Map 과 외장형인 유도성 방향성 센서에 대해 소개하였다.

특히 T-F Map은 실제 PD 보다도 크게 측정되는 노이즈까지 제거될 수 있다는 측면에서 매우 효과적이라 할 수 있다. 다만, 개개의 PD 펄스 파형을 측정하기 때문에 데이터 처리능력이 높은 장치를 사용하여야 하므로 가격적인 부담이 될 수 있다. 아울러, 한 주기에 수 많은 데이터가 유입된다면 처리에도 문제를 일으킬 수 있는 단점이 있다. 또한, 기본적으로 S/N 비가 낮아 측정된 펄스와 background 노이즈와의 구별이 어렵다면 상기한 표준편차들을 산출하기 어려운 문제가 있다. 따라서, 이러한 문제들에 대한 개선을 통해 경제적이면서도 성능 높은 장치의 개발이 필요하다고 생각된다.

iDCS의 경우에는 DCS 자체가 높은 신뢰성을 가지므로 이의 장점에 외장형이라는 장점을 추가하였으므로 상당히 효과적인 센서로 생각된다. 그러나, S/N 비 문제가 존재하며 높은 주파수 대역의 사용이라는 측면에서 경제성 또한 문제가 될 수 있고 현장 검증

문제가 남아있다. 따라서, 앞으로의 추가 연구 결과를 주목할 필요가 있다.

끝으로 여기서는 언급하지 않았으나, 전력케이블의 온라인 모니터링 측면에서 적용할 수 있는 시스템들에 대한 연구들도 상당부분 진척되고 있다. 대체로 기존의 센서에 광케이블을 이용한 신호전송으로 모니터링 센터로 데이터를 전송하고 분석하는 시스템으로 구성되어 있다. 어차피 전력케이블에 적용하는 고주파 부분방전 센서는 접속재에 장착되어 있는 만큼 이러한 광전송 시스템의 적용은 불가피하다고 할 수 있어 경제성에 대한 검토가 필요하다고 본다.

[참고문헌]

- [1] 한국전력공사, "지중 송전 케이블 시스템", 2002.12
- [2] A.Cavallini et al, "Advanced PD Interference in On field Measurements. Part 1 : Noise Rejection", IEEE Trans on DEI, Vol.10, No.2, pp.216~224, 2003
- [3] A.Cavallini et al, "A New Approach to the Dianosis of Solid Insulation Systems Based on PD Signal Inference", IEEE Electrical Insulation Magazine, Vol.19, No.2, pp.23~30, 2003
- [4] A.Cavallini et al, "Applications to cable diagnosis of new methodology for partial discharge inference", 6th Int'l Conf. on Insulated Power Cables(JICABLE 2003), C.8.2.2, pp.659~664, Versailles, France, June, 2003
- [5] R.Heinrich et al, "Inductive directional couplers as a new sensors for PD detection and localization on HV XLPE cable accessories", 6th Int'l Conf. on Insulated Power Cables(JICABLE 2003), C.8.2.5, pp.672~675, Versailles, France, June, 2003