

TDR 기술을 이용한 케이블 고장 종류, 위치 검출 기술 개발

유재근*, 전정채*, 김택희*
* 한국전기안전공사 부설 전기안전연구원

Detection Technology Development of Cable fault Types and Location by using TDR Techniques

Jae Geun Yoo, Jeong Chay Jeon, Taek Hee Kim
ESLRI of KESCO

ABSTRACT

The applicability of TDR technique that can detect cable fault type and position was confirmed by the tests.

1. 서론

케이블은 부적절한 설치, 사용 환경 및 기간 등에 의해 절연 열화, 접속불량, 반단선 등의 결함 현상이 발생하며 절연파괴, 단선, 합선 등에 의해 케이블을 이용하는 전기설비의 동작불능, 고장, 전기 화재, 감전 등의 사고를 발생시킨다. 2014년 전체 화재 중 전기화재는 19.1[%]를 점유하고 있으며, 배선/배전기구에서 전기화재의 20.2[%], 발화원인 중 케이블 관련 점유율은 20.9 ~ 71.8[%]를 점유하고 있다.^[1] 따라서 케이블 고장의 원인과 위치를 검출하는 기술은 전기화재를 감소할 수 있는 중요하고 구체적인 수단에 포함된다. 본 논문에서는 저압 전력용 케이블을 대상으로 TDR(Time Domain Reflectometry) 기술을 이용하여 고장 종류와 위치를 검출할 수 있는 다양한 알고리즘을 시험하여 케이블 결함진단 기술로의 적용 가능성을 실험하였다.^[2]

2. 본론

2.1 TDR 기술 개요

TDR 기술은 케이블에 특정 신호를 주입하고, 고장점에서 반사되는 신호를 측정·분석하여 케이블 고장의 종류와 위치를 추정하는 기술이다. 그림 1과 같이 케이블의 말단에서 합선이 발생된 경우, 케이블의 임피던스(Z_0) 보다 고장점의 임피던스(Z_T)가 적으므로($Z_0 > Z_T$), 입력신호와 반대위상의 파형이 측정된다. 또한 그림 2와 같이 케이블의 말단에서 단선이 발생된 경우, 케이블의 임피던스(Z_0) 보다 고장점의 임피던스(Z_T)가 커지므로($Z_0 < Z_T$), 입력신호와 같은 위상의 파형이 측정된다.

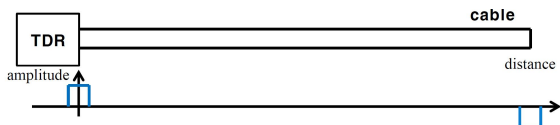


그림 1 TDR 측정 개념(cable short)
Fig.1 TDR measurement(cable short)

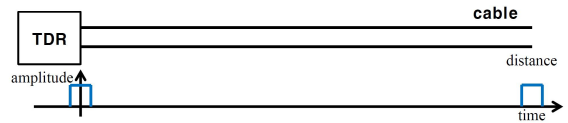


그림 2 TDR 측정 개념(cable open)
Fig.2 TDR measurement(cable open)

이 때 케이블 고장점의 거리(D)는 식(1)과 같이 반사시간(T)과 전파속도(VOP; velocity of propagation)에 의해 추정할 수 있다. 전파속도는 케이블 종류마다 상이한 값을 가지며, 케이블 제조회사 또는 측정에 의해 값을 구할 수 있다.

$$D = \frac{T}{2} \times VOP \quad (1)$$

2.2 시험 방법

시험에 사용된 장비 구성도는 그림 3과 같이 PC, AWG(arbitrary waveform generator/ NI PXI 5422/ 16bit, 200MS/s), DOS(digital oscilloscope/ NI PXIe 5162/ 2ch, 5GS/s) 등이며, LabVIEW를 이용하여 NI 모듈을 제어하였다.

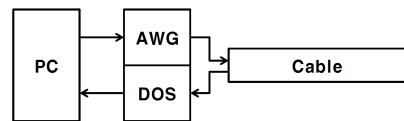


그림 3 시험 구성도
Fig.3 Test configuration

시험에 사용한 케이블은 CV2C6SQ로서 케이블 말단을 개방하여 단선 시험을 하였으며, 케이블 말단을 접속하여 합선 시험을 하였다. 시험에 사용한 케이블은 18, 60, 120, 152.5[m]를 종류별로 시험하였으며, 정전 상태와 상용 220V/ 60Hz를 무부하 상태로 케이블에 인가하였으며, VOP는 1.905×10^8 [m/s]로 측정되었다.

2.3 시험 결과

TFDR(Time Frequency Domain Reflectometry) 시험 결과 케이블 고장 종류를 약 2[%]의 위치 정확도로 검출하였음을

확인하였다. 다만 활선상태 18.0[m] 케이블의 경우, 약 21[%]의 오차가 발생하였으며, 다른 시험으로 확인 한 결과 단거리 고장 케이블의 경우 TDR 알고리즘이 적합한 것으로 판단된다.

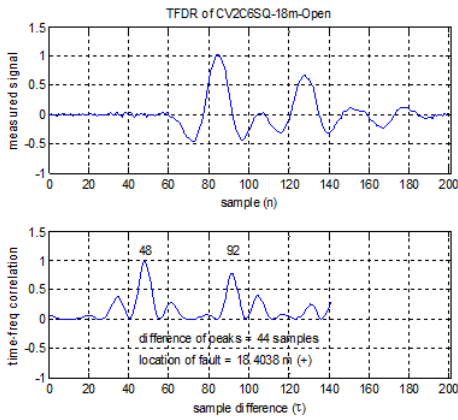


그림 4 단선 케이블, 18m(정전)
Fig.4 Open cable, 18m(power off)

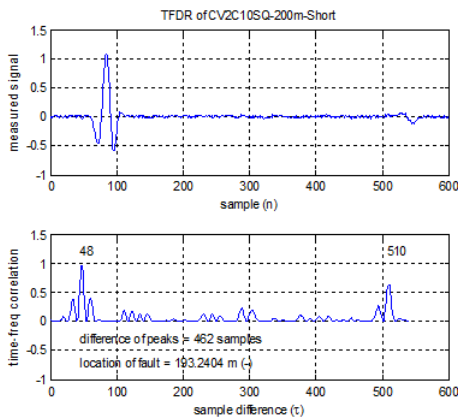


그림 5 합선 케이블, 200m(정전)
Fig. 5 Short cable, 200m(power on)

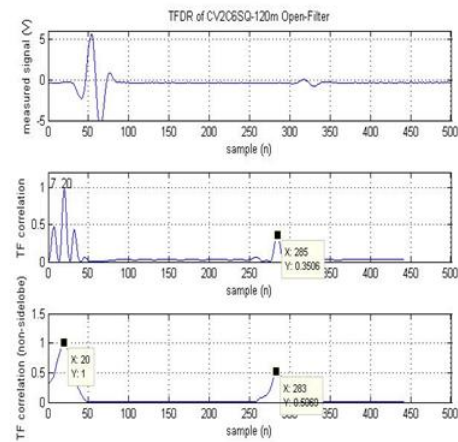


그림 6 단선 케이블, 120m(무정전)
Fig.6 Open cable, 120m(power on)

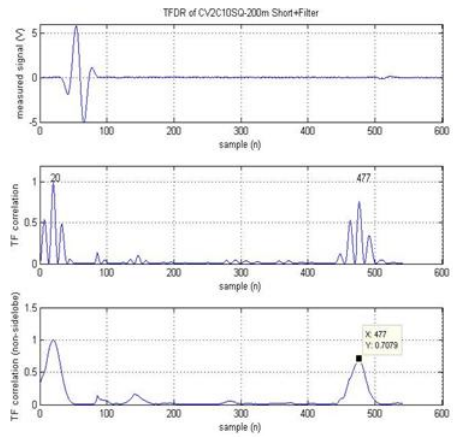


그림 7 합선 케이블, 200m(무정전)
Fig.7 Short cable, 200m(power on)

표 1 단선 케이블 시험결과
Table 1 Cable open

길이[m]	정전 상태		무정전 상태	
	추정거리[m]	오차[%]	추정거리[m]	오차[%]
18.0	18.117	0.649	21.874	21.525
60.0	59.265	1.225	59.822	0.297
120.0	120.073	0.061	119.258	0.618
152.5	153.950	0.921	154.005	0.987

표 2 합선 케이블 시험결과
Table 1 Cable short

길이[m]	정전 상태		무정전 상태	
	추정거리[m]	오차[%]	추정거리[m]	오차[%]
18.0	17.660	1.891	21.874	21.525
60.0	59.265	1.225	60.279	0.465
120.0	120.073	0.061	120.173	0.144
152.5	153.905	0.921	153.548	0.687

3. 결론

케이블 고장 종류와 위치를 추정하는 TDR 기반 기술의 적합성을 파악하기 위해 저압 케이블을 대상으로 시험하였으며. 향후 고장 종류, 위치, 케이블 상태 등의 다양한 조건에서 케이블 고장 종류와 위치를 검출할 수 있는 다양한 알고리즘을 개발하여 시험을 통해 적용 가능성을 입증할 필요성이 있다.

이 논문은 민군기술협력센터의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참고 문헌

- [1] 한국전기안전공사, “전기재해통계분석 2014”, 산업통상자원부, 2015
- [2] 진정채, 김택희, 유재근, “SSTDR에서 시간 주파수 상관을 활용한 저압 케이블의 고장 검출”, 전기학회논문지, 제64권, 제3호, pp. 498-503, 2015.