

LabVIEW 기반의 적응제거기법을 활용한 철도전력설비 이벤트 분석 연구

유재호*, 조수환*, 신승권**, 김형철**
 상명대학교*, 한국철도기술연구원**

LabVIEW-based Event Analysis for Railway Power Installations by using Adaptive Cancellation Method

Je-Ho Yoo*, Soo-Hwan Cho*, Seung-Kwon Shin**, Hyeong-Cheol Kim**
 SangMyung University*, Korea Railroad Research Institute**

Abstract - 전기철도와 같이 순간적으로 대용량의 전류를 끌어 쓰는 부하들은 주변 전력설비에 큰 부담을 주게 된다. 그로 인해 설비의 노후화가 앞당겨져서 지속적인 모니터링을 통해 설비의 상태를 진단할 필요가 있다. 그러나 현재 상용화된 전력품질 해석용 장비들의 기능은 이러한 요구를 충족시키지 못하기 때문에 본 논문에서는 적응제거기법을 활용한 이벤트 감지 기법을 소개하고 이를 LabVIEW로 구현하여 철도 전력설비의 이벤트 분석 기법을 제시한다.

를 이산시간영역에서 정의하면 식(2)와 같다. TEO는 데이터 샘플 3개만 있으면 값이 연산되는 아주 빠른 이벤트 감지 기법이다. TEO는 깨끗한 정현파 신호에서는 값이 일정하게 계산되므로 약간의 이벤트만 발생해도 값이 변화하여 이벤트를 감지할 수 있다. TEO의 이러한 특성을 이용한 감지 기법은 미소 신호 검출에 뛰어난 성능을 보여주지만, 노이즈가 포함된 파형에서는 이벤트가 발생하지 않더라도 TEO 값의 변동이 심하기 때문에 단독으로 사용하기 어렵다는 단점이 있다[2].

1. 서 론

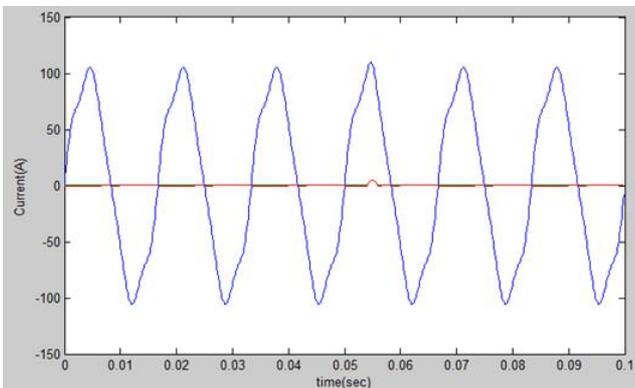
전기철도는 고속으로 이동하는 대용량 모터 부하이기 때문에 차량이 운행하는 동안 발생하는 아크와 고조파가 주변에 있는 선로와 변전소 등에 악영향을 끼친다. 또한 그것이 전력설비의 수명을 단축시키는 주요 원인으로 작용하기 때문에 전기철도 계통의 사고를 방지하기 위해서는 이벤트 감지를 통해 전력설비의 상태를 예측하고 미리 보수하는 것이 중요하다.

전기철도가 고속으로 지나간 후에 발생하는 순간적인 이벤트를 감지함으로써 전기적 스트레스로 인한 설비의 이상 유무를 파악하기 위해서는, 현재의 전력품질 모니터링 장비의 기능보다 더 고도의 테크닉이 필요하다. 현재 상용화된 전력품질 모니터링 장비는 12짜이클 윈도우 기반의 실효치 연산을 통해 상하한 트리거링 조건에 따라 이벤트를 감지한다. 이는 순시적인 고속 이벤트를 감지하기에는 부족한 기능이기 때문에 본 논문에서는 적응제거기법을 활용한 이벤트 감지기법을 LabVIEW로 구현하여 철도 전력설비의 이벤트 분석 기법을 연구하고자 한다.

2. 본 론

2.1 미소 신호 감지기법

미국 EPRI의 보고서에 의하면, 피뢰기가 고장 나기 전에 이상 신호가 감지되었다는 사례들이 있다[1]. 텍사스 A&M 대학의 시험 시설에서 피뢰기가 고장 나기 전에 계속된 파형들은 <그림 1>과 같은 패턴을 보여주었다. 중간에 포함된 이상 신호의 크기가 아주 작고 지속시간도 매우 짧기 때문에, 기존의 RMS값 상하한 트리거링 조건으로는 감지할 수 없었다. 이러한 미소 신호의 감지에 적합한 기법으로는 Teager Energy Operator(이하 TEO)와 적응제거기법 등이 있다. LabVIEW를 이용해 상기의 알고리즘을 구현하고 성능을 검토해 보도록 하겠다.



<그림 1> 피뢰기 고장 전의 파형

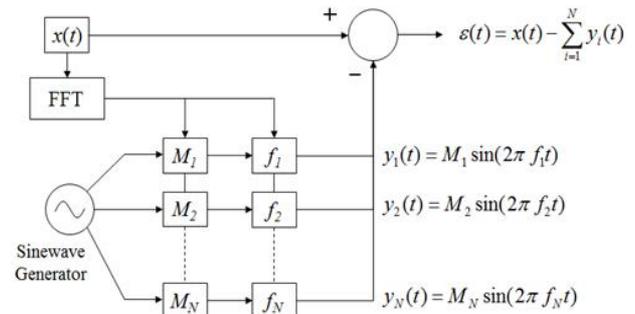
2.1.1 TEO

TEO의 수학적 원리는 식(1)과 같다. 연속시간영역에서 정의된 TEO

$$\begin{aligned}
 x(t) &= A \cos(\omega t + \theta) & \dots \dots \dots (1) \\
 \dot{x}(t) &= -A \omega \sin(\omega t + \theta) \\
 \ddot{x}(t) &= -A \omega^2 \cos(\omega t + \theta) \\
 \Psi[x(t)] &= [\dot{x}(t)]^2 - x(t)\ddot{x}(t) = A^2 \omega^2 \\
 \Psi[x[n]] &= (x[n])^2 - x[n-1]x[n+1] & \dots \dots \dots (2)
 \end{aligned}$$

2.1.2 적응제거기법

적응제거기법은 원 신호를 FFT로 분해하여 각 차수별 크기를 얻어낸 뒤에, 그 값을 이용해서 신호를 복원하고 원 신호와 복원된 신호의 차를 통해 이벤트 신호를 검출하는 것이다[1]. 주기적인 특성을 갖지 않는 미소 신호들은 주파수가 없기 때문에 FFT시 주파수 영역에서 나타나지 않으므로 원 신호와 FFT로 복원한 신호의 차를 구하면 미소 신호를 검출할 수 있다. 그러나 시간 영역에서의 에너지와 주파수 영역에서의 에너지는 같기 때문에 FFT시 미소 신호 신호가 주파수 영역에서 나타나지 않더라도, 이벤트가 포함되지 않은 원 신호의 FFT 결과값 보다 복원된 신호의 FFT 결과값이 조금 크다.



<그림 2> 적응제거기법

2.2 LabVIEW 시뮬레이션

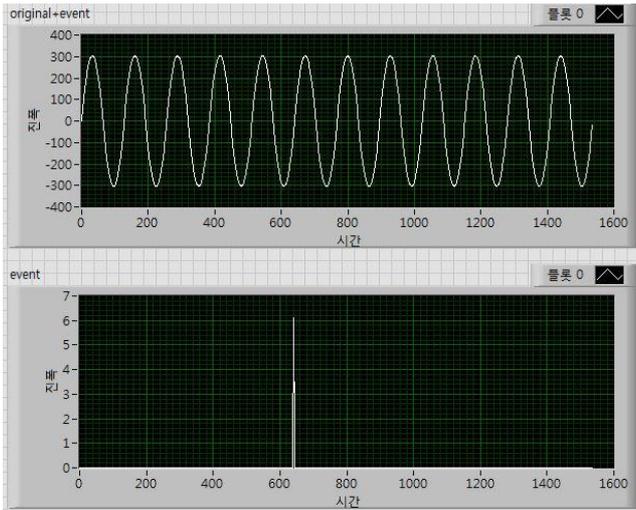
TEO와 적응제거기법을 LabVIEW로 구현하여 이벤트 검출 성능을 검토해보았다. <그림 3>의 첫 번째 그래프는 식(3)과 같은 고조파 신호에 약 0.52msec 동안 이벤트를 발생시키고 약간의 랜덤 노이즈를 포함시킨 것이다. <그림 3>의 두 번째 그래프가 이벤트 신호이다.

$$\begin{aligned}
 220 \sqrt{2} & (\sin(2\pi 60t) + 0.034 \sin(2\pi 180t) & \dots \dots \dots (3) \\
 & + 0.012(2\pi 300t) + 0.005 \sin(2\pi 420t))
 \end{aligned}$$

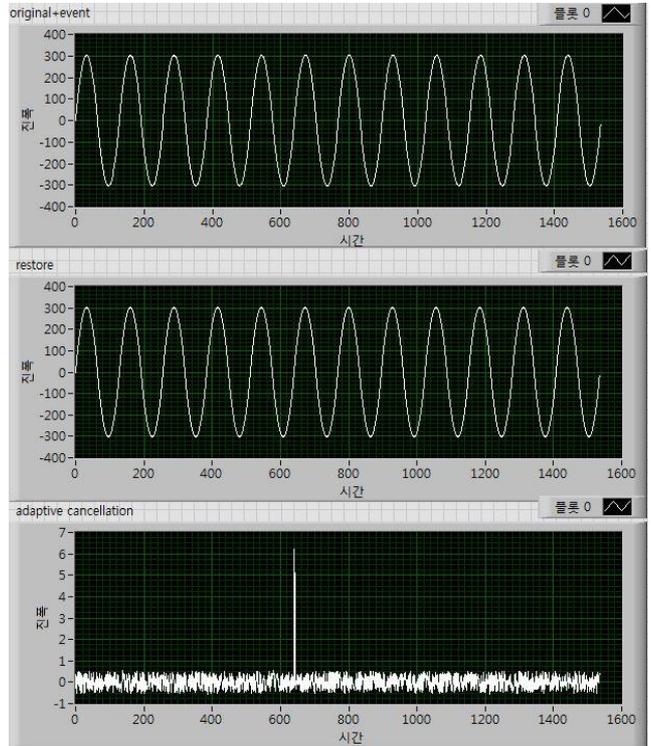
<그림 4>는 외란과 랜덤 노이즈가 포함된 고조파 신호에 TEO를 적용하여 이벤트 검출을 시뮬레이션 한 그래프이다. <그림 4>의 두 번째 그래프를 보면 외란이 발생한 시점을 전혀 알 수가 없다. 노이즈가 없는 순수한 정현파 신호에 대해서는 TEO가 일정한 값이 계산되기 때문에 순시적인 미소 신호 이벤트가 발생하더라도 좋은 감지 성능을 보여주지만, 노이즈가 포함된 신호에 대해서는 다음과 같이 TEO값이 요동치기

때문에 이벤트 감지가 어려워진다.

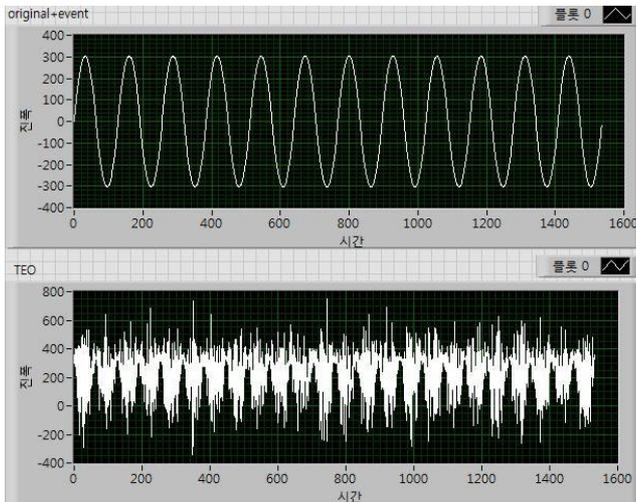
<그림 5>의 첫 번째 그래프는 고조파 신호와 이벤트 신호가 포함된 원신호이고, 두 번째 그래프는 FFT 연산을 통해 복원한 신호이다. 세 번째 그래프는 원 신호에서 복원된 신호의 차를 통해 구한, 즉 적응제거기법으로 구한 이벤트 신호와 비교하였을 때 발생시간과 크기가 일치함을 확인할 수 있다. 이처럼 적응제거기법은 노이즈가 포함되어 있어도 미소신호 검출에 탁월한 성능을 보여주었다.



<그림 3> 이벤트 신호와 이벤트가 포함된 신호



<그림 5> 적응제거기법을 이용한 이벤트 감지



<그림 4> TEO를 활용한 이벤트 감지

3. 결 론

철도전력설비의 전력품질 이벤트 감지에 맞는 적절한 기법을 제시하기 위해 TEO와 적응제거기법을 소개하고 LabVIEW로 구현하여 시뮬레이션 해 보았다. TEO는 실시간으로 모니터링이 가능한 고속 이벤트 감지 알고리즘이지만, 노이즈가 포함된 신호에 대해서는 이벤트 감지가 어렵다는 단점이 있다. 반면에, 적응제거기법은 FFT 연산 후 신호를 복원하는 과정으로 인하여 실시간 감지에는 적합하지 않으나 노이즈가 포함된 신호에 대해서도 뛰어난 감지 성능을 보여준다. 그러나 전력설비의 수명을 예측하고 유지 보수하기 위한 모니터링은 실시간으로 분석하지 않아도 되기 때문에 적응제거기법은 철도전력설비의 전력품질 이벤트 감지 기법으로 적절하다는 결론을 내릴 수 있었다.

적응제거기법은 미소신호검출에는 좋은 성능을 보여주었으나 순간전압강하/상승, 고조파/상호고조파 등과 같은 전력품질 이벤트에 대한 정보는 포함하고 있지 않으므로, 차후에는 이러한 점을 보완할 수 있는 방안에 대하여 연구할 예정이다.

감사의 글

이 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No.2012004701)

본 연구는 한국철도기술연구원 주요사업(과제번호: PK1503B)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] EPRI, "Power Quality Predictive Maintenance; Data Acquisition, Data Analysis and Database Integration Issues", Technical Report, Feb, 2002
- [2] 유제호, 신우영, 조수환, "LabVIEW를 활용한 전력품질 이벤트의 감지가능 고도화 구현", 2015년도 스마트그리드·전기자동차·청정에너지 학술회, Mar, 2015