

전압-전류 파형과 고속카메라 영상의 동기화

윤지호, 노충호, 박지훈, 박종화
LS산전(주)/전력시험기술센터(PT&T)

The synchronization of voltage-current waveform and high-speed camera image

Yun JiHo, Noh ChoongHo, Park JiHun, Park JongHwa

Power Testing & Technology Institute, LS Industrial Systems Co., Ltd

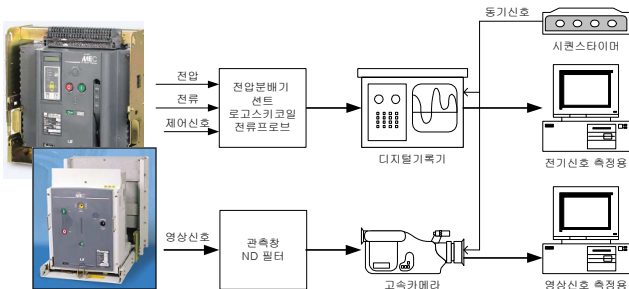
Abstract - 차단기, 개폐기, 배전반과 같은 전력기기에 대한 성능시험 시, 전압과 전류, 제어신호를 측정하고, 필요한 경우 고속카메라를 이용해 시험장면을 촬영한 다음, 이들을 종합적으로 분석하여 시험결과를 판정한다. 이때, 대부분 개별 시스템으로 전압-전류 시험파형과 시험영상을 측정하고 분석하기 때문에, 시간 동기화가 불가능하여 시험현상이나 시료동작특성 분석에 많은 어려움이 있다. 따라서 개별 시스템으로 측정된 신호를 동기 시켜 동시에 분석할 수 있는 프로그램이 있다면, 시험결과판정뿐만 아니라 시험 중에 발생하는 전기적 과도현상이나 시료의 동작특성분석에 많은 도움이 될 것이다. 이러한 목적을 위해, PT&T에서는 측정시스템과 고속카메라를 이용하여 측정된 전압-전류 시험파형과 시험영상을 동기 시켜 동시에 분석할 수 있는 프로그램인 DualViewer를 개발하였다. 본 논문에서는 DualViewer에 대한 기능과 특징에 대해 소개하고자 한다.

1. 서 론

규격에 따라 차단기, 개폐기, 배전반과 같은 전력기기에 대한 성능시험 시, 전압과 전류, 제어신호를 측정하고 이들을 분석하여 시험결과를 판정한다. 또한, 내아크 시험(internal arcing tests)과 같은 경우, 고속카메라를 이용해 시험장면을 촬영하고 시험결과판정에 활용한다. 고속카메라는 매우 빠른 프레임 속도로 촬영할 수 있으므로 시험 중에 발생하는 전기적 과도현상이나 시료동작특성 등을 시각적으로 관찰할 수 있으므로 시험 분야에서도 많이 활용하고 있다. 이때, 대부분 전압-전류 시험파형과 시험영상을 개별 시스템으로 측정하는 다음, 개별 프로그램을 이용하여 분석하고 있다.

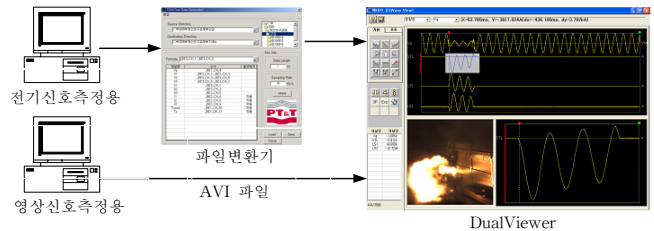
위와 같이 전압-전류 시험파형과 시험영상을 동시에 측정하고 분석할 필요가 있을 때, 개별 시스템 보다는 하나의 시스템을 이용하는 것이 효과적이다. 그리고 이러한 용도의 상용 프로그램이 이미 제공되고 있으므로, 상용 프로그램이 기존의 측정시스템과 고속카메라를 지원한다면, 이에 대한 구입도 고려해 볼만하다. 그러나 대부분의 시험소에서는, 기존 측정시스템을 이용하면서, 필요에 의해서 고속카메라를 추가로 구입해 활용하는 경우가 많으므로 상용 프로그램과 호환되지 않는 경우가 대부분이다. 또한, 하나의 시스템을 사용하는 경우 한꺼번에 측정해야 하는 데이터 양이 방대하므로 저장시간이나 시험 데이터의 안전성, 등을 고려할 때, 개별 시스템으로 측정하는 것도 나쁘지 않다. 이러한 관점에서 볼 때, 전압-전류 시험파형과 시험장면을 개별 시스템으로 측정하는 다음, 시간 동기화를 통해 이들을 동시에 분석할 수 있는 전용 프로그램을 개발하는 것이 더 효과적이다.

이러한 목적을 위해, PT&T에서는 전압-전류 시험파형과 시험장면을 개별적으로 측정하는 다음, 시간 동기화를 통해 이들을 동시에 분석할 수 있는 프로그램인 DualViewer를 개발하였다. 측정시스템 구성은 <그림 1>과 같으며, 시퀀스 타이머는 측정시스템과 고속카메라간 시간동기화를 위해 사용된다.



<그림 1> 측정시스템 구성

PT&T는 측정시스템용으로 Nicolet사의 TeamPro를 기본 프로그램으로 사용하고 있다. PT&T에서는 2006년부터 TeamPro 파일형식으로 저장된 파일을 배포용 파일로 변환하여 의뢰자가 직접 시험데이터를 분석할 수 있도록 분석용 프로그램인 DataViewer와 함께 제공하고 있다. DataViewer는 극값, 실효값, 에너지, 주파수, 등과 같은 각종 시험변수들을 계산할 수 있는 기능과 부분확대 분석기능, 등을 갖추고 있다. DualViewer는 DataViewer의 기능에 영상신호 분석기능을 새로 추가한 것으로, DataViewer가 가지고 있는 기능을 그대로 사용하면서 전압-전류 시험파형과 시험영상을 동시에 분석할 수도 있다. <그림 2>는 DualViewer 데이터로 제공되는 파일의 변환절차를 설명하고 있다.

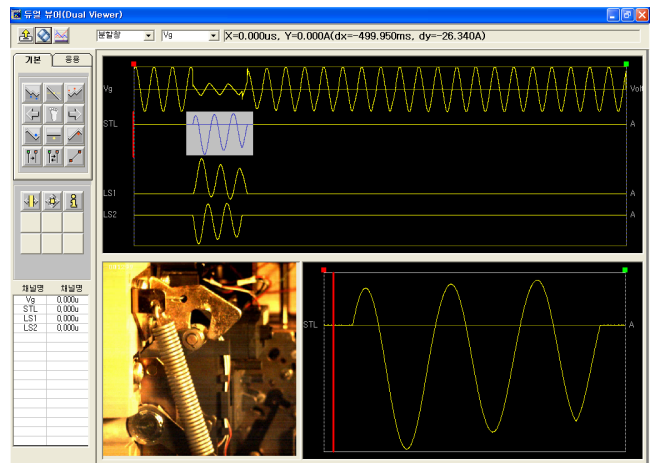


<그림 2> DualViewer용 파일변환절차

2. 본 론

2.1 DualViewer 개발

DualViewer는 PT&T 배포용 데이터 파일형식과 AVI 파일형식을 지원하므로 이들을 한꺼번에 불러와 동시에 분석할 수 있다. 또한, 시간 동기화 기능이 있어 커서 움직임에 따라 전압-전류 시험파형과 시험영상간 동기 되어 화면에 표시된다. <그림 3>은 DualViewer의 초기화면이다.



<그림 3> DualViewer 초기화면

2.2 DualViewer 주요 기능

2.2.1 시험변수계산기능

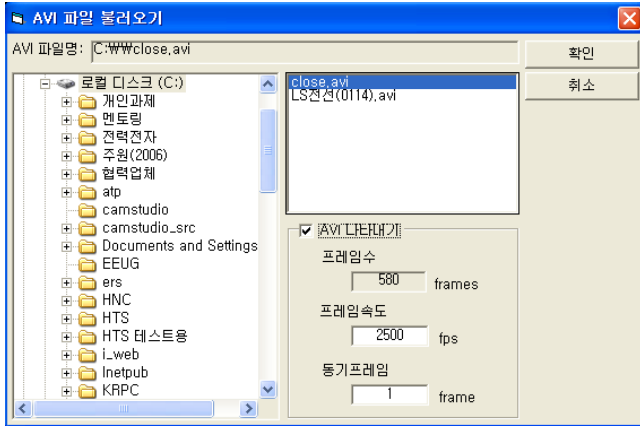
<표 1>과 같이 규격에서 요구하는 거의 모든 시험변수를 계산할 수 있다.

<표 1> 주요분석기능

	주요기능
기본분석기능	극대값 & 극소값, 레벨 크로싱, 최대값 & 최소값
응용분석기능	평균값, 표준편차, 실효값, 피크-피크, 에너지, 주파수, 면적, 펄스폭, 상승시간 & 하강시간

2.2.2 시간 동기화

일반적으로 측정시스템의 샘플링 속도와 고속카메라의 프레임 속도가 서로 다르기 때문에 이들간 시간 동기화가 필요하다. 이때, 트리거 신호에 대한 응답시간도 고려해야 한다.



<그림 4> 시작시간 및 샘플링 속도 동기화

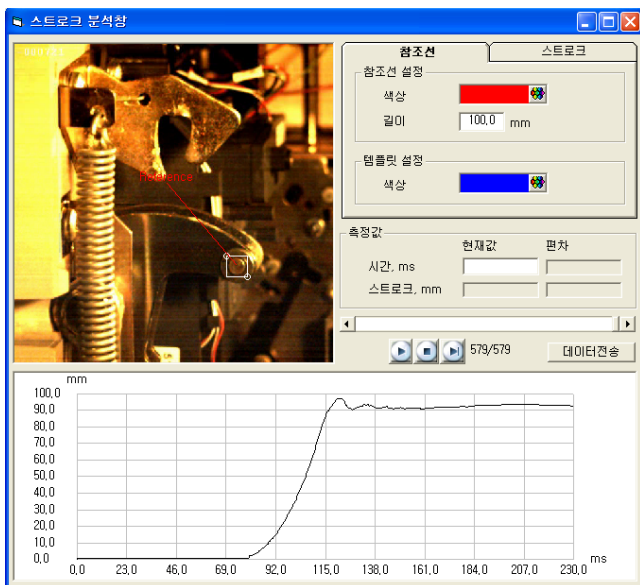
2.2.3 패턴인식을 이용한 스트로크 추적

메커니즘의 스트로크를 추적하기 위해서는, 메커니즘의 움직임에 따라 특정부분을 인식하면서 추적할 수 있는 기능이 필요하다. 본 논문에서는 조명의 영향을 고려하여 Intensity 변화에 강한 Normalized Correlation 기법을 적용하였으며, 스케일과 회전의 변화는 없는 것으로 가정했다.

$$R(i, j) = \frac{\sum_{x=0}^{L-1-K-1} \sum_{y=0}^{L-1-K-1} (w(x, y) - \bar{w})(f(x+i, y+j) - \bar{f}(i, j))}{\sqrt{\sum_{x=0}^{L-1-K-1} \sum_{y=0}^{L-1-K-1} (w(x, y) - \bar{w})^2} \sqrt{\sum_{x=0}^{L-1-K-1} \sum_{y=0}^{L-1-K-1} (f(x+i, y+j) - \bar{f}(i, j))^2}}$$

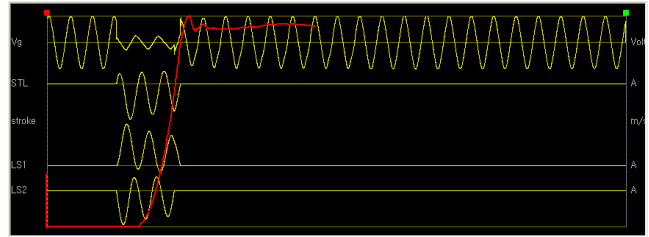
$f(x, y)$: 전체 이미지, $w(x, y)$: 인식하고자 하는 이미지
 $\bar{f}(x, y)$, \bar{w} : 평균값

만약 추적하고자 하는 메커니즘의 특정부분이 회전에 영향을 받는다면 (10도 이상), 회전에 영향을 받지 않는 템플릿(template)을 메커니즘에 부착하여 촬영할 수도 있다.



<그림 5> 패턴인식을 이용해 추적한 스트로크 파형

고속카메라 영상으로부터 산출한 스트로크 파형을 데이터 전송 기능을 이용해 전압-전류 시험파형에 중첩시켜 동시에 분석할 수 있다.



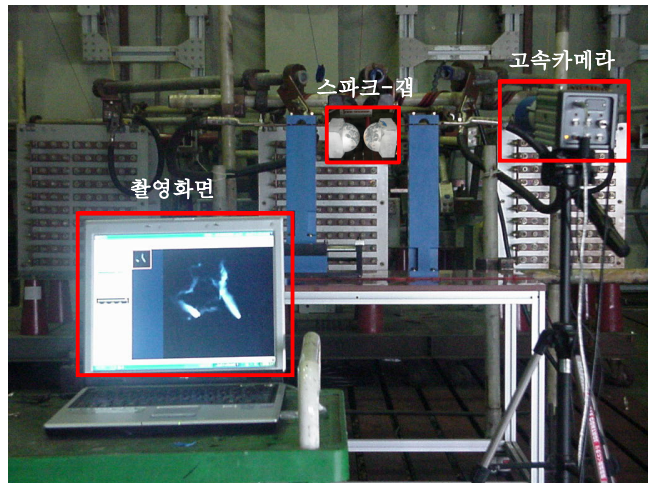
<그림 6> 전압-전류 시험파형에 중첩된 스트로크 파형

2.3 적용 사례

스파크-갭(spark-gap) 특성 시험 시, 측정된 전압-전류 시험파형과 시험영상을 소개하고자 한다.

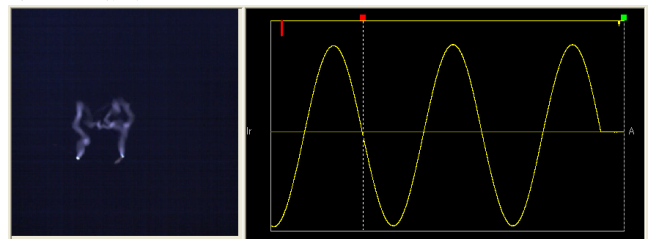
2.3.1 스파크-갭(Spark-Gap) 스위치 특성 시험

스파크-갭은 임펄스 시험이나 합성 시험에 사용되는 갭-스위치로, 이격거리에 대해 안정적인 트리거 특성을 가져야 한다.

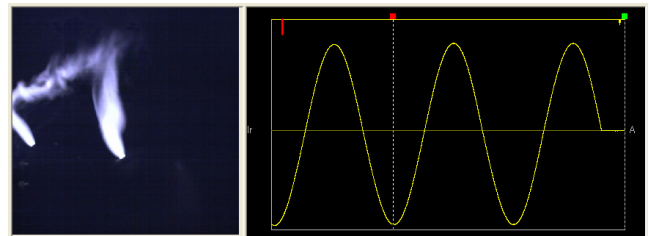


<그림 7> 스파크-갭 시험장면

<그림 8>과 <그림 9>에서 알 수 있듯이, 스파크-갭 간의 아크 현상이 전류 파형의 1/2 주기를 기준으로 생성과 소멸을 반복하고 있음을 확인할 수 있다.



<그림 8> 전류 영점 지점



<그림 9> 전류 피크 지점

3. 결 론

별도의 시스템으로 측정된 전압-전류 시험파형과 시험영상을 DualViewer를 이용하여 동기시켜 동시에 분석함으로써, 시험 중에 발생하는 전기적 현상 분석이나 메커니즘 특성 분석에 많은 도움이 되었다. 이번 개발한 DualViewer는 전기 이외의 분야에 적용해도 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.