

# 고급 테스트 도구를 사용한 저조파 보호 IED 커미셔닝

R. Midence, A. Oliveira, N. Perera - ERLPhase Power Technologies Ltd

E. Carvalheira, K. Donaldson - OMICRON electronics

## 요약

최근 몇 년 사이에 SSR(Sub-Synchronous Resonance) 조건을 탐지할 수 있는 보호 장치의 적용이 더욱 보편화되었습니다. 이러한 보호 장치의 등장으로 이러한 장치를 테스트하고 커미셔닝해야 하는 새로운 과제가 생겨났습니다. 저조파 보호 장치를 커미셔닝하려면 마이크로프로세서 장치에 대한 기존 테스트 및 시운전 프로세스와는 다른 프로세스를 따라야 합니다. 이 문서에서는 저조파 보호계전기를 커미셔닝하는 동안 저자의 경험을 제공하고 고급 계전기 테스트 시스템(OMICRON CMC 356, Test Universe 모듈 Ramping 및 PQ 신호발생기, 그리고 OCC 템플릿)을 사용하는 프로세스, 그리고 현장 방문 전과 계전기의 실제 커미셔닝 중에 따라야 할 권장 프로세스를 설명합니다.

이 문서에서는 다음 주제를 살펴 봅니다.

- 저조파 보호계전기의 특성
- 설정을 결정하기 위한 엔지니어링 프로세스
- 계전기의 모든 기능이 제대로 테스트되었는지 확인하기 위한 테스트 케이스 판정

- 계전기 테스트 중에 사용할 테스트 계획의 준비 과정으로 고급 계전기 테스트 시스템 사용
- 현장에서 이 프로세스에 따라 고급 계전기 테스트 소프트웨어 및 설비를 사용하여 계전기를 커미셔닝 했습니다.

저조파 보호계전기의 커미셔닝 과정에서 저자는 SSR 및 SSCI 현상, 저조파 보호 IED의 설정을 선택할 때의 엔지니어링 측면 및 이러한 IED를 테스트하고 시운전하는 과정에 대한 이해가 거의 없음을 알게 되었습니다. 따라서 보호 및 제어 커뮤니티에 이에 대한 학습이 요구되고 있습니다.

이 백서에서는 고급 계전기 테스트 시스템의 사용에 대해 설명하며, 여기에는 모든 계전기 기능 및 설정 검증을 테스트하는 데 사용할 스크립트를 작성할 수 있는 소프트웨어가 포함됩니다. 테스트 스크립트를 작성하기 전에 이 프로세스의 진행을 위해서는 계전기가 예상대로 응답하는지 확인하는 테스트 케이스를 생성하기 위해 계전기 설정을 결정하는 데 사용된 전력 시스템 시뮬레이션 케이스를 검토해야 합니다. 이 프로세스에는 다음에 대한 테스트가 필요합니다.

- 저조파 주파수 범위 - 원하는 주파수 범위를 벗어난 주파수에서

계전기가 오작동하지 않는 것을 확인

- 저조파 크기 - 설정된 임계값 미만의 크기를 가진 저조파에서 계전기가 오작동하지 않는 것을 확인
- 지속 기간별 작동, 총 저조파 왜곡, 2차 및 5차 고조파 차단 등과 같은 모든 관련 기능 테스트
  - 기본주파수에서 보호 기능

**키워드:** SSR(Sub-synchronous resonance), 부동기화 상호 작용, 송전선, 직렬 캐패시터, 저조파, 고급 계전기 테스트 시스템

## 소개

최근 몇 년 동안 전력 시스템 요소, 특히 대형 증기 발전기, 풍력 발전 단지, HVDC 및 직렬 보상 송전선과 관련된 요소 간에 다양한 유형의 부동기화 상호 작용을 다룬 몇 편의 논문이 발표되었습니다.

SSI(Sub-synchronous Interactions)는 시스템 공칭 주파수 미만의 AC 주파수에서 발전기와 송전 시스템 간의 에너지 교환을 포함하는 물리적 상호 작용을 통칭하는 개념으로, 여기에는 SSR, SSTI 및 SSCI가 포함됩니다. SSR(Sub-Synchronous Resonance), SSTI(Sub-Synchronous Torsional Interactions) 및 SSCI(Sub-Synchronous Control Interactions)를 비롯한 여러 형태의 부동기화 상호 작용이 가능합니다. 특히 SSR과 SSTI는 잘 정립되어 있으며 [1]에서 Andrew L. Isaacs, Garth D. Irwin 및 Amit K. Jindal이 상세하게 기술했습니다.

IEEE는 SSR 및 장치 종속적 부동기화 발전의 가장 기본적인 측면을 검토하고 이러한 검토를 뒷받침하는 관련 참고문헌을 인용한 부동기화 공진[2]에 대한 가이드를 발표했습니다.

NERC는 2011년 7월 26일, 'Lesson Learned - 직렬 보상 송전선과 발전 시스템 사이의 부동기화 상호 작용'을 발표했습니다. 이 Lessons Learned에서는 풍력 터빈과 송전망의 직렬 캐패시터 사이에 최근에 발생한 부동기화 발전으로 인해 풍력 터빈이 크게 손상된 사례를 언급하고 있습니다. 345kV 송전선에서 정상적으로 제거된 오류로 인해, 두 개의 풍력 발전 단지가 직렬 보상된 345kV 송전선에 방사상으로 연결된 사후 비상 시스템이 구성되었습니다. 이 구성은 풍력 터빈과 직렬 보상 송전선 사이에 부동기화 제어 불안정(SSCI)을 유발하여 심각한 과전압, 전류 왜곡, 추가적인 송전 설비의 트립, 및 풍력 발전 단지의 제어 회로 손상을 일으켰습니다. 이 문서에서는 대규모 풍력 발전 단지의 통합을 연구할 때 적절한 송전 시스템 설계 개선을 고려해야 한다는 결론에 도달합니다. 고려할 수 있는 몇 가지 조치에는 SSR을 탐지하고 시정 조치를 취하기 위한 추가 보호 시스템의 설치와 시스템 토폴로지 기반 SSR을 방지하기 위한 추가 보호 시스템 설치가 포함됩니다.

NERC에서는 계전기 공급업체가 부동기화 상호 작용을 탐지할 수 있는

저조파 보호계전기를 개발하여 시정 또는 예방 조치를 취할 것을 권장하고 있습니다.

K. Narendra 등은 [3]에서 부동기화 상호 작용을 탐지하고 보호하도록 특별히 설계된 마이크로프로세서 기반 계전기에 대해 상세히 기술했습니다. [4][5][6]에는 저조파 보호계전기의 적용, 설정을 계산하기 위한 엔지니어링 프로세스에 대한 상세 정보가 나와 있으며 계전기의 성능을 검증하는 프로세스가 제안되어 있습니다.

이 백서에서는 저조파 탐지 기능과 기본주파수 보호 기능 모두의 측면에서 저조파 보호계전기의 현장 승인 테스트 프로세스에 중점을 둡니다.

### 저조파 보호 설정 설명

[6] 저조파 보호계전기는 50Hz 시스템의 경우 5-45Hz 범위, 60Hz 시스템의 경우 5-55Hz 범위의 주파수를 가진 저조파의 전압 및 전류 크기를 측정하여 저조파 발진으로부터 보호를 제공합니다. 이 계전기는 4세트의 전류 및 2세트의 3상 전압 입력으로 구성됩니다. 각 입력은 50Hz 시스템의 경우 5-

45Hz, 60Hz 시스템의 경우 5-55Hz에서 개별 주파수를 탐지하도록 설정할 수 있으며 두 가지 수준의 감지가 가능합니다. 이 장치는 또한 어느 두 전류 입력으로부터 수치를 합산하는 기능도 있는데, 두 개의 차단기에 연결된 라인에서 전류를 모니터링하고 이러한 합산된 수치에 레벨 탐지를 적용할 수 있는 유용한 기능입니다.

각 전류 또는 전압 탐지기에는 다음과 같은 저조파 탐지 설정이 있습니다.

- 주파수 범위는 50Hz 시스템의 경우 5 ~ 45Hz 또는 60Hz 시스템의 경우 5 ~ 55Hz 사이에서 선택 가능
- 저조파 레벨 픽업 값
  - 공칭 비율
  - 기본과 비율
- 시간 지연
- 총 저조파 왜곡
- 분당 동작 횟수 설정
- 2 차 고조파 차단 - 전류 탐지기 전용
- 5 차 고조파 차단 - 전류 탐지기 전용

설정 형식은 아래 그림 1과 2에 나와 있습니다.

그림 1- 전류 탐지기 설정

그림 2- 전압 탐지기 설정

다음 섹션에서는 그림 1과 2에 표시된 보호 기능에 대해 설명합니다.

### 주파수 범위

주파수 범위는 계전기가 모니터링 할 저조파의 주파수 범위입니다. 주파수 범위의 경계는 그림 1과 2에서와 같이 최소 주파수와 최대 주파수로 정의됩니다. 주파수 범위를 벗어난 주파

수를 가진 저조파는 TSHD를 제외하고 설정 적용에 고려되지 않습니다.

[3] 저조파 탐지에 사용되는 기본적인 원리는 사용자 정의 주파수 범위의 최소 및 최대 주파수 사이에서 각 저조파의 크기를 비교한 다음, 이를 사용자가 정의한 크기 임계값 수준과 비교하는 것입니다.

계전기 테스트와 관련하여 계전기가 주파수 범위 내외의 저조파 주파수를 구분한다는 것을 입증할 필요가 있습니다.

### 저조파 레벨 픽업 값

저조파 레벨 픽업은 공칭 및 기본 비율 설정과 연관시킬 수 있습니다.

[3] 공칭 저조파 기능은 픽업 레벨 설정을 계전기의 공칭 전류 또는 전압 입력에서의 저조파 크기 비율과 비교합니다. 마찬가지로, 기본 저조파 탐지기는 픽업 레벨 설정을 기본 수치

에서의 저조파 크기 비율과 비교합니다. 계전기는 주파수 범위 내에서 저조파의 공칭 또는 기본 비율이 픽업 레벨 설정을 초과하는 경우에 픽업을 발생시킵니다. [3]그림 3은 그래픽 해석을 제공합니다.

테스트하는 동안 계전기가 공칭 및 기본 비율 크기를 정확하게 계산할 수 있고 지정된 정확도 내에서 해당 설정에서 픽업된다는 것을 입증하는 것이 필요합니다.

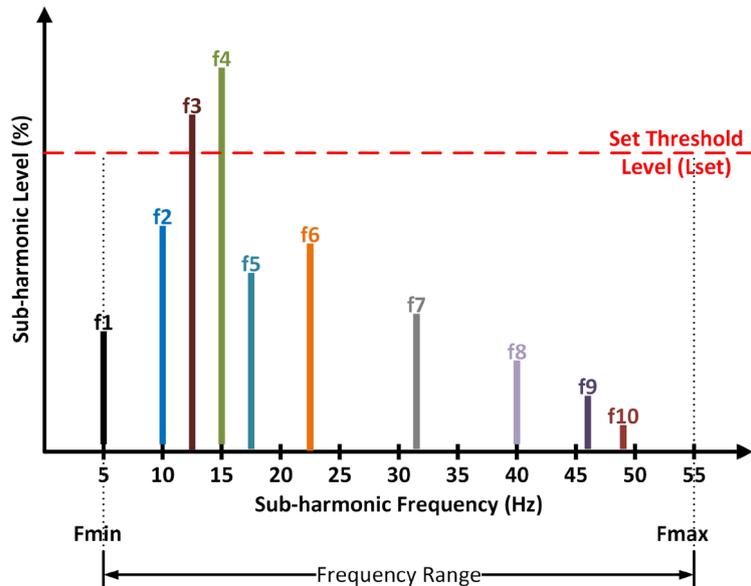


그림 3 - 60Hz 시스템의 공칭 및 기본 비율에 대한 저조파 레벨

### 총 저조파 왜곡

[3] 총 저조파 왜곡(TSHD, Total Sub-Harmonic Distortion) 탐지기는 다음과 같이 왜곡 수준을 계산합니다.

$$TSHD(\%) = \frac{\sqrt{f_{5Hz}^2 + f_{6Hz}^2 + f_{7Hz}^2 + \dots + f_{55Hz}^2}}{f_{60Hz}^3} \quad (1)$$

[3] 위의 수식에서 볼 수 있듯이

60Hz 기본 전압, 전류 또는 가상 유도 패널과 관련한 TSHD 평가를 위해 50Hz 시스템의 경우 5-45Hz 또는 60Hz 시스템의 경우 5-55Hz의 모든 저조파 크기가 고려됩니다. 50Hz 시스템에도 동일한 정의가 적용됩니다.

이 기능을 테스트하면 계전기가 TSHD를 올바르게 계산하고 지정된 정

확도 내에서 설정값을 픽업한다는 사실을 확인할 수 있습니다.

### 분당 동작 횟수

[3] 이 기능은 구성된 시간 지연보다 짧은 지속 시간 동안 임계값 설정 한계를 초과하는 저조파 발진을 계수하는 목적을 가지고 있으며, 이는 위에서 설명한 바와 같이 기존의 탐지기로는 탐지되지 않을 수 있습니다. 구성

된 시간보다 짧은 기간 동안이기는 하지만 이 이벤트가 주기적으로 발생하면 전력 시스템 네트워크와 그 구성요소, 특히 대형 열 발전기 또는 풍력 터빈 발전기에 부정적인 영향을 미칠 수 있습니다. 이러한 이벤트를 캡처하기 위해 그림 4와 같이 작동하는 특수한 분당 동작 횟수 탐지기가 설계되었습니다.

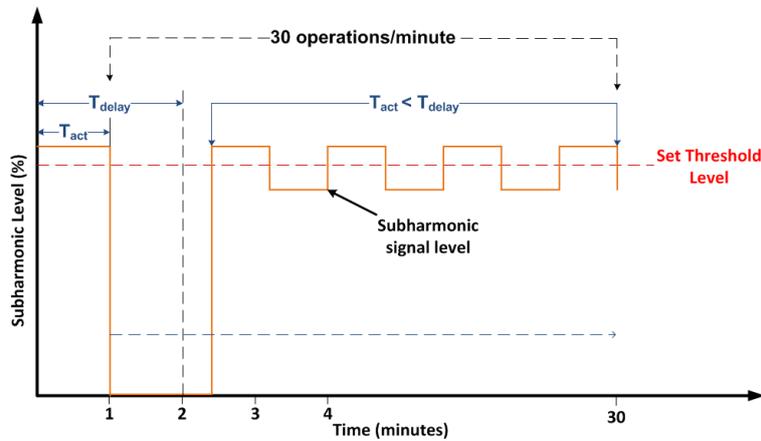


그림 4 - 분당 동작 횟수 원리

[3] 위의 예에는 분당 30회 동작을 가진 이벤트를 표시했습니다(확장되지 않음).  $T_{act}$  시간은 제시되는 저조파 신호의 실제 지속 시간에 해당합니다. 이 이벤트는 이전 섹션에서 언급한 기존 탐지기로는 포착되지 않는데, 픽업 지연  $T_{delay}$ 가 초과되지 않아 이벤트가 드러나지 않기 때문입니다. 30회의 동작(설정 한계 이상)이 내부적으로 계수되고 모니터링됩니다. 설정된 분당 동작 횟수가 계산된 횟수를 초과하면 이 특수 탐지기가 구성에 따라 트립 또는 알람을 발생시킵니다. 이러한 방식으로 구성된 제한 시간보다 짧은 지속 기간

의 주기적 교란을 캡처할 수 있습니다.

이 기능을 테스트하면 계전기가 각 이벤트의 지속 시간을 정확하게 측정하고,  $T_{delay}$ 보다 짧은 지속 시간의 발생 수를 올바르게 식별하며, 단기간 발생 수를 정확하게 측정하는지 등이 확인됩니다.

### 2차 및 5차 고조파 차단

계전기가 변압기 또는 피더 픽업 돌입 전류를 포함한 과도 전류에 노출되거나 변압기의 1차 권선에 과도 플럭스를 유발하므로, 계전기는 고조파 차단을 통해 전류파의 2차 및 5차 고

조파 성분을 측정하고 계전기 작동을 차단하여 잘못된 트립(돌입 전류에는 과도 플럭싱을 일으키는 2차 고조파 성분과 5차 고조파가 많을 수 있음)을 방지합니다.

이러한 기능을 테스트하면 계전기가 저조파도 포함할 수 있는 전류파에서 2차 및 5차 고조파를 적절하게 추

출하는지, 그리고 2차 및 5차 고조파 성분이 임계값 설정을 초과하는 경우에 트립 출력을 적절히 차단하는지가 확인됩니다.

## 계전기 기능 테스트

### 테스트 설정

그림 5는 테스트를 위한 설비 설정을 보여줍니다.

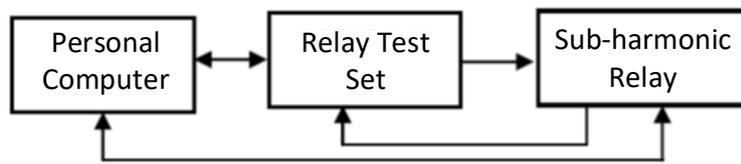


그림 5 - 테스트를 위한 설비 구성

계전기 테스트 시스템은 계전기의 기능을 테스트하고 계전기 설정을 검증하기 위해 기본주파수와 중첩된 다양한 성분의 저조파 신호를 생성할 수 있어야 합니다.

### 임계값 및 픽업 값 테스트

저조파 탐지기, 전압 및 전류 설정에 대해 '최소 주파수' 및 '최대 주파수'를 선택하여 저조파 주파수 범위를 설정할 수 있습니다. 최소 및 최대 주파수 설정은 '공칭 비율', '기본 비율' 및 이와 관련된 요소에서 사용됩니다. 임계값은 다음 두 가지 방법으로 각 요소에 대해 개별적으로 설정할 수 있습니다. (a) '공칭 비율'의 경우, 요소의 임계값은 저조파 성분 크기와 공칭 수치 크기의 비율로 정의됩니다. (b) '기본 비율'의 경우, 요소의 임계값은 전압 및 전류에 대한 저조파 성분 크기와

기본 성분 크기의 비율로 정의됩니다.

'공칭 비율' 및 '기본 비율' 요소를 픽업하려면 두 가지 조건이 충족되어야 합니다. 저조파 성분의 크기는 각각 요소의 설정 임계값보다 큰 비율을 생성하고, 저조파 성분의 주파수가 주파수 범위 설정 내에 있어야 합니다.

주파수 범위 및 픽업 임계값의 경계 테스트는 특정 저조파 주파수에서 전압 및 전류 크기를 램핑할 수 있는 소프트웨어 도구를 사용하여 수행됩니다. 아래 설명된 테스트에서 주파수 범위는 5Hz 및 45Hz로 설정되었고 전류 픽업 임계값은 100mA로 설정되었습니다.

Figure 6에 이 테스트를 위해 구성된 테스트 모듈의 스크린샷이 나와 있습니다. 전체 테스트 시퀀스는 공칭 주

파수에서 각 위상에 공칭 전압과 2.5A의 부하 전류를 적용하여 수행되었습니다(Figure 6에서 {1} 참조). 테스트하려는 다음 조건을 시뮬레이션하기 위해 5개의 램프 세그먼트가 생성되었습니다.

- 램프 1: 이 상태는 계전기가 최소 주파수 범위보다 낮은 저조파 주파수에서 오작동하지 않는지 확인하기 위해 도입되었습니다. 4Hz의 저조파 주파수와 픽업 값보다 큰 크기의 정전류가 신호에 중첩됩니다({2} 참조). 시간 신호 보기({3} 참조)에서 계전기에 트립이 없음을 확인할 수 있습니다.
- 램프 2: 범위 내의 저조파에 대해 충분한 저조파 성분이 측정될 때 계전기 트립을 확인합니다. 5Hz의 전류 크기는 계전기가 트립될 때까지 증가합니다. 램프의 각 단계에서 요소 트립 지연 시간보다

긴 5 초간 지속됩니다. 평가 창({4} 참조)에 측정된 픽업 값 102mA에서 계전기 트립이 표시됩니다.

- 램프 3: 램프 1과 동일하지만 이번에는 46Hz의 저조파를 사용합니다. 주파수 범위 기준이 충족되지 않으므로 트립이 기록되지 않습니다.
- 램프 4: 램프 2와 동일하지만 이번에는 45Hz의 저조파가 사용됩니다. 평가 창({4} 참조)에 전류 크기가 102mA에 도달할 때의 계전기 트립이 표시됩니다.
- 램프 5: 공칭 주파수에서만 신호를 적용합니다. 계전기가 재설정됩니다.

전압 탐지기 요소가 활성화된 경우 이 요소에 대해 동일한 절차를 반복하여 주파수 경계와 픽업 값을 테스트할 수 있습니다.

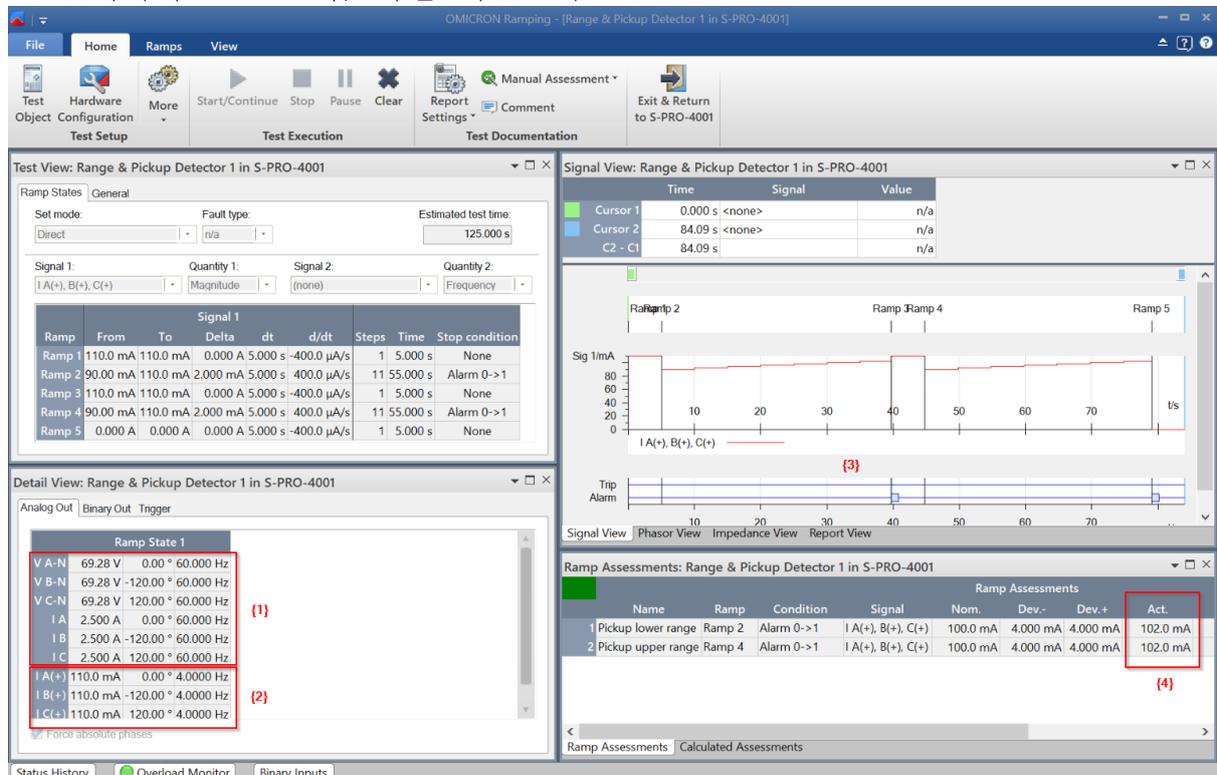


그림 6 - 주파수 경계 및 픽업 값에 대한 테스트 구성

## 총 저조파 왜곡(TSHD) 요소 테스트

'총 저조파 왜곡(TSHD)'의 경우, 요소의 임계값은 50Hz 시스템의 경우 5Hz-45Hz 또는 60Hz 시스템의 경우 5Hz-55Hz 내에서 모든 성분 크기의 합과 기본 수치 크기의 비율로 정의됩니다. 'TSHD' 요소를 픽업하려면 모든 저조파 크기의 합이 TSHD 요소의 임계값(이 테스트 동안 5%로 설정됨)보다 커야 합니다.

이 테스트를 수행하기 위해 공칭

전압과 공칭 주파수에서 1A 전류가 적용되었습니다. 5, 25 및 45Hz의 저조파 주파수가 전류 신호에 추가되었습니다. 다음과 같은 저조파 성분으로 두 신호를 시뮬레이션했습니다.

- 설정된 임계값(Figure 7)보다 높은 값에서 트립을 입증하기 위한 6.93%의 THD.
- 계전기가 설정된 임계값 미만의 값에서 오작동하지 않음을 입증하기 위한 4.92%의 THD.

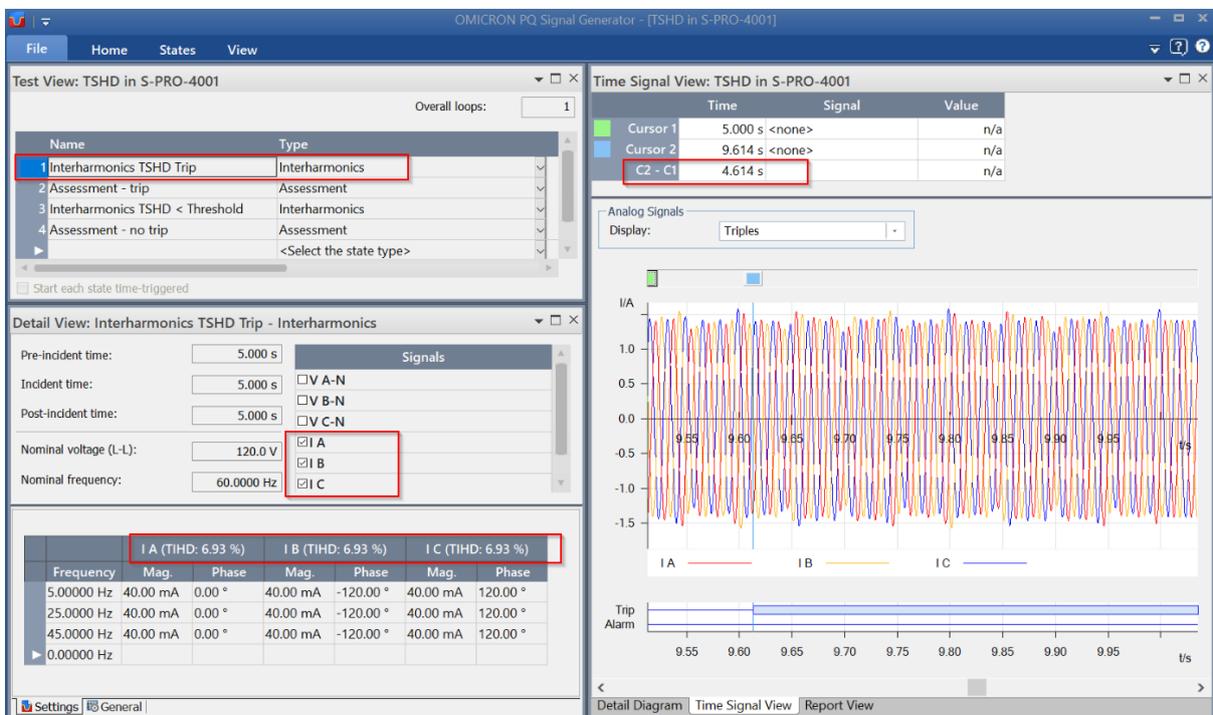


그림 7. 총 저조파 왜곡(TSHD) 트립을 테스트하는 데 사용되는 전류 파형

## 지속 기간당 동작 횟수 테스트

'지속 기간당 동작 횟수' 요소, 전압 및 전류의 설정에 대해 특정 지속 시간(분 단위로 정의됨) 동안 발생 횟수를 설정할 수 있습니다. 발생은 '공칭 비율', '기본 비율' 또는 'TSHD' 요

소 중 하나가 픽업되지만 S-PRO가 트립되도록 하는 '픽업 지연'보다 오래 지속되지 않는 이벤트입니다. '지속 기간당 동작 횟수' 요소는 연결된 저조파 요소 중 하나가 이미 활성화된 경우에만 사용할 수 있습니다.

‘지속 기간당 동작 횟수’ 요소를 픽업하려면 분당 발생 횟수가 임계값보다 커야 합니다.

Figure 8에 이 테스트의 구성이 나와 있습니다. 신호는 픽업 값보다 25Hz 더 높은 저조파 주파수의 크기로 사용자 정의되었지만 기간은 설정된 픽업 지연인 4초보다 짧은 3초에 불과합니다.

Figure 8에 나타낸 바와 같이 테스트 도구를 통해 “루프 수” 매개 변수를 정의하여 동일한 신호를 반복할 수 있

습니다. 요소는 2분당 25회 동작으로 설정되었으므로 신호는 25회 반복되도록 구성되었습니다. 각 반복의 지속 시간은 4초(발생 전의 1초 + 사고발생 시간 3초)이므로 전체 테스트 시간은 약 1분 40초입니다. 25번째 반복이 끝나면 계전기 트립을 관찰할 수 있습니다. Figure 9는 25번째 동작 종료 후, 그리고 2분 간격 내에 요소의 동작이 시험 셋에 의해 감지되었음을 검증하는 내용을 포함한 테스트 보고서를 보여줍니다.

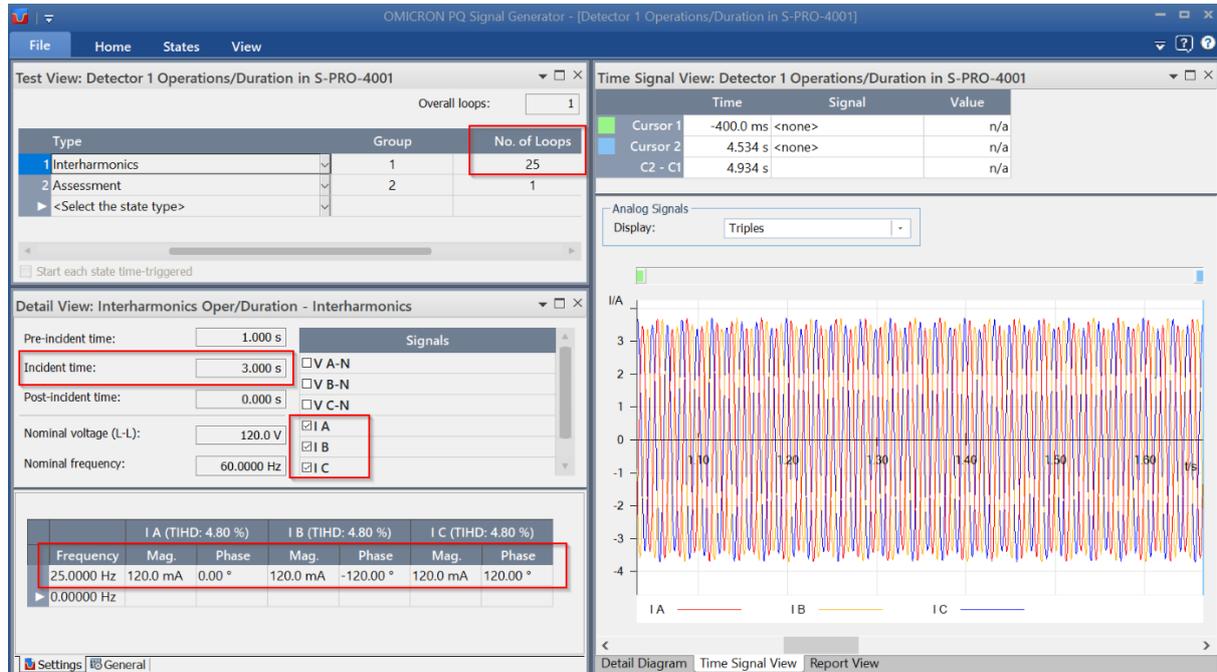


그림 8 - 분당 동작 횟수를 테스트하는 데 사용되는 파형

OMICRON PQ Signal Generator - [Detector 1 Operations/Duration in S-PRO-4001]

File Home States View

Report View: Detector 1 Operations/Duration in S-PRO-4001

Interharmonics Oper/Duration	Interharmonics	23	Not Assessed	1' 31.60 s	1' 32.60 s	1' 35.60 s
Interharmonics Oper/Duration	Interharmonics	24	Not Assessed	1' 35.72 s	1' 36.72 s	1' 39.72 s
Interharmonics Oper/Duration	Interharmonics	25	Not Assessed	1' 39.85 s	1' 40.85 s	1' 43.85 s
Assessment	Assessment	1	Passed	1' 43.94 s	1' 43.94 s	2' 14.78 s

**Assessment**

Overall Loop 1

State Name	Loop	Assessment	Comment	Original Assessment
Assessment	1	Passed	Relay tripped after 25 operations	-

**Binary Events**

Binary Event	Since State Start	Since Incident	Since Seq. Start	Date/Time
Alarm 0>1	32.30 ms	32.20 ms	1' 43.97 s	29-Jul-2018 23:56:51
Alarm 1>0	1.123 s	1.123 s	1' 45.06 s	29-Jul-2018 23:56:52

Detail Diagram Time Signal View Report View

그림 9. 이진 이벤트 기록이 포함된 분당 동작 횟수 테스트 보고서

### 동작 시간 테스트

계전기의 픽업 지연 시간을 확인하기 위해 기본 성분과 25Hz의 저조파 성분으로 신호가 생성됩니다. 기본 및 저조파 전류 성분은 고정되어 있으며

그 크기는 S-PRO 저조파 탐지기가 픽업하기에 충분합니다. 계전기의 지연 시간은 Figure 10에 나타낸 바와 같이 바이너리 이벤트를 추적하여 시간 신호 오실로스코프 보기에서 관찰할 수 있습니다.

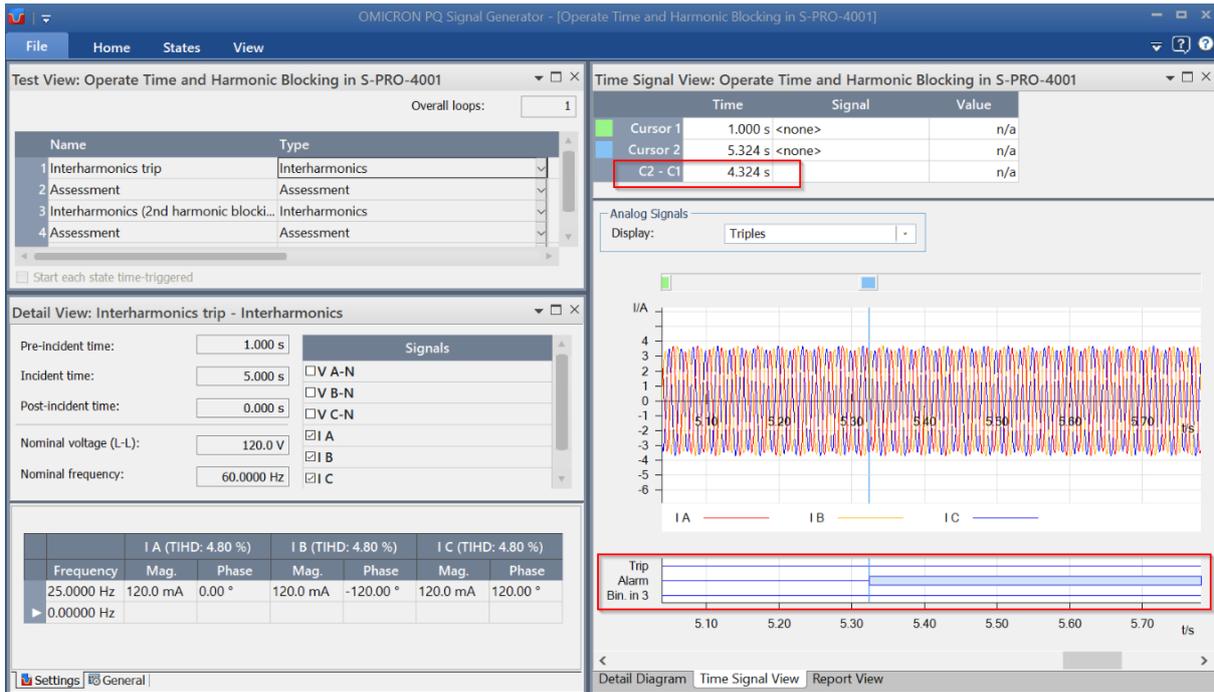


그림 10 - 픽업 지연 시간 테스트

## 2차 고조파 차단 테스트

'2차 및 5차 고조파 차단' 요소, 전류 전용 설정의 경우, 요소의 임계값은 2차 고조파 성분 크기 또는 5차 고조파 성분 크기와 공칭 전류 크기 5A 또는 1A의 비율로 개별적으로 정의됩니다.

'2차 고조파 차단' 및 '5차 고조파 차단' 요소가 저조파 탐지기를 차단하려면 2차 고조파 및/또는 5차 고조파의 성분 크기와 공칭 전류 성분 크기의

비율이 해당 임계값보다 커야 합니다.

이 테스트는 작동 시간에 대해 Figure 10에서와 같은 방식으로 수행되지만 Figure 11에서와 같이 신호에 두 번째 고조파 성분을 추가합니다. 2차 고조파의 크기는 '2차 고조파 차단' 요소 임계값보다 크게 설정되어 저조파 요소의 동작을 차단합니다.

'5차 고조파 차단' 요소는 '2차 고조파 차단' 요소와 동일한 방식으로 테스트할 수 있습니다.

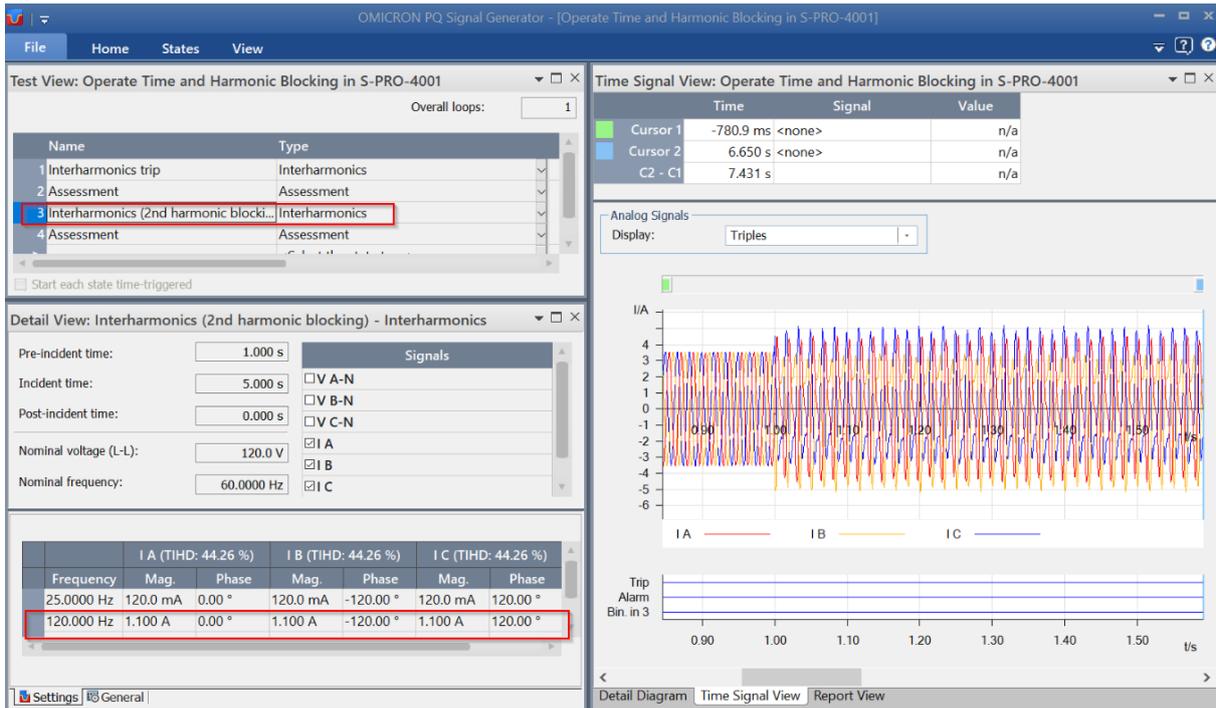


그림 11 - 2차 고조파 차단 테스트를 위한 파형

## 결론

이 백서의 목적은 적합한 테스트 사례를 시뮬레이션하는 데 필요한 파형을 생성할 수 있는 고급 계전기 테스트 시스템을 통해 저조파 보호계전기의 시운전을 위한 테스트 절차를 설명하는 것입니다.

테스트 프로세스에 대한 전체적인 설명과 더불어 각 기능을 테스트하는 데 사용되는 일반적인 파형을 보여주는 예를 제공했습니다.

각 테스트에 기본 신호와 저조파 성분의 특정한 조합이 필요하기 때문에 간단한 전류 및 전압 인가로 저조파 보호계전기를 테스트할 수 없다는 점에 유의하는 것이 중요합니다.

이 문서는 다음과 같은 저조파 탐

지 설정에서 전류 또는 전압 탐지기를 테스트하는 프로세스를 보여주었습니다.

- 5~55Hz 사이에서 주파수 범위 선택 가능
- 저조파 레벨 픽업 값
  - 공칭 비율
  - 기본 비율
- 시간 지연
- 총 저조파 왜곡
- 분당 동작 횟수 설정
- 2차 고조파 차단
- 5차 고조파 차단

## 1. 참고문헌

- [1] "Sub-Synchronous Control Interactions between Type 3 Wind Turbines and Series Compensated AC Transmission Systems", Andrew L. Isaacs, *Member, IEEE*, Garth D. Irwin, *Member, IEEE* and Amit K. Jindal, *Member, IEEE*
- [2] "Reader's Guide to Sub-Synchronous Resonance" and IEEE Committee Report by Sub-Synchronous Resonance Working Group of the System Dynamic Performance Subcommittee, Transactions on Power Systems, Vol. 7, No. 1, February 1992
- [3] "A Microprocessor-Based Sub-Harmonic Protection Technique for Wind Farms", Krish Narendra, Dave Fedirchuk, Adi Mulawarman, Pratap Mysore, IEEE EPEC Conference 2011
- [4] "New Microprocessor Based Relay to Monitor and Protect Power Systems against Sub-Harmonics", K. Narendra, D. Fedirchuk, R. Midence, N. Zhang, A. Mulawarman, P. Mysore, V. Sood., IEEE EPEC Conference 2011
- [5] "Performance Evaluation of a Sub-Harmonic Protection Relay Using Practical Waveforms" N. Perera, K. Narendra, D. Fedirchuk, R. Midence, V. Sood, IEEE EPEC Conference 2012
- [6] "Sub-harmonic protection application for interconnections of series compensated lines and wind farms", René Midence, Joe Perez, P.E., Adi Mulawarman, Western Protection Relay Conference 2012, Pullman, Washington.

OMICRON은 혁신적인 테스트 및 진단 솔루션으로 전력 산업에 서비스를 제공하는 국제 기업입니다. OMICRON 제품의 적용으로 사용자는 시스템에 있는 고전압/저전압 설비의 상태를 완벽하게 평가할 수 있습니다. 컨설팅, 커미셔닝, 테스트, 진단 및 교육분야에서 제공되는 서비스는 제품을 보다 완벽하게 만듭니다.

160여 개국의 고객들은 이미 OMICRON의 우수한 품질과 첨단 기술 제품을 선택하였습니다. 모든 대륙에 있는 서비스 센터는 폭넓은 지식 기반과 함께 고객 지원을 제공합니다. 이 모든 것들이 OMICRON을 전력 산업에서 시장 선두주자로 만들었습니다.

자세한 정보, 추가 자료 및 전 세계 사무실의 연락처 정보는 당사 웹사이트를 방문하십시오.