

어플리케이션 노트

EV 충전설비의 정밀도 높은 전력 측정

시장 : 자동차·운송기기

고정밀 파워 아날라이저 WT5000



1. 배경

SDGs를 달성하기 위해서 그리고 환경 보전의 관점에서 자동차의 전동화(EV화)가 가속화 되고 있으며 이에 따라 급속 충전기 설치가 급증하고 있습니다. EV 충전기는 크게 완속 충전과 급속 충전 2가지가 있습니다. 완속 충전은 가정 등의 단상 AC 100V ~ 240V로 충전하는 방식이며 교류는 EV 내부의 AC/DC 변환기(OBC*)에서 직류로 변환하여 차량에 탑재된 배터리를 충전합니다. 일반적으로 충전 시간이 길고 완충되기까지 몇시간 이상이 필요합니다. 한편 급속 충전은 충전기 내부에 설치된 충전 스테이션(OBC**)에서 대전류 출력이 가능해 짧은 시간에 차량용 배터리를 충전 할 수 있습니다. 현재 EV용 배터리는 대용량화가 진행되고 있기 때문에 완속 충전할 경우 완충까지 보다 긴 시간이 필요합니다.

따라서 짧은 시간에 완충전할 수 있는 급속 충전기의 설치 수요가 높아짐에 따라 충전 스테이션의 설치 대수도 급증하고 있으며 충전 시간의 단축을 위해 고전압, 대전류 제품이 개발되고 있습니다.

* On Board Charger (OBC): AC전원에서 배터리를 충전하기 위해 xEV에 탑재되어 있는 시스템

** Off Board Charger: 충전 스테이션. EVSE(Electric Vehicle Service Equipment) 라고도 함.

2. 요구 사항

완속 충전기는 단상 AC100V~240V 타입으로 최대 전류·전력이 비교적 작습니다.

반면, 최근 급속 충전기는 전압 500Vdc ~ 1000 Vdc, 전류 100Adc ~ 수백 Adc급이 개발되고 있어 그 능력을 평가하기 위해서는 고전압·대전류를 정밀도 높게 측정해야 합니다. 이는 EV용 배터리에 대한 공급 전력이 전기요금과 관련된 것이 배경이라고 생각됩니다.

전력을 효율적으로 공급하기 위해 급속 충전기에는 역률 개선 회로(Power Factor Correction, PFC)가 탑재되어 있습니다. 역률을 좋게 함으로써 EV에 효율적으로 전력을 공급할 수 있습니다. 또한 충전기 내부에는 변환 회로가 있기 때문에 변화에 따른 손실을 억제하는 것도 중요합니다. 계통의 대전류를 급속 충전기 내에 입력하기 때문에 전류의 고조파 성분도 억제해야 합니다. 따라서 고조파 차수별 왜형률이나 전고조파 왜형률(THD)을 확인 하는 것도 필요합니다.

EV 충전기의 수요는 그 보급에 따라 증가하고 있으며 개발 현장에서는 정밀도 높은 전력과 전류 측정이 필수적입니다.

3. WT5000을 통한 요구 사항 해결

- 전력기본확도 ±0.03%의 고정밀 전력 측정
- 1500Vdc, 2000Arms까지의 고전압·대전류측정
- 역률 및 기타 전력 항목의 고정밀 측정
- AC/DC변환, DC/AC변환의 고정밀 효율 측정
- 적산 전력량, 적산 전류량 측정
- 차수별 고조파 데이터와 THD 측정
- 전력값과 파형 데이터의 연속 측정에 따른 이상 현상 확인
- WT5000과 스코프코더, 오실로스코프 조합

4. WT5000의 제안

4.1 전력 기본 확보 ±0.03%의 고정밀 전력 측정

WT5000은 세계 최고 등급의 측정 정밀도 ±0.03%(50/60 Hz)를 보증하기 때문에 충전기의 변환 효율을 고정밀로 측정할 수 있습니다.

전력 측정 입력 엘리먼트는 모듈 타입이며 최대 7개 까지 사용할 수 있습니다. YOKOGAWA가 오랜 세월 축적 해 온 설계 기술로 매우 높은 정밀도의 측정 회로를 모듈에 적용하였습니다. 또한 3가지 종류의 엘리먼트(정격입력 30A, 정격 입력 5A, 전류센서 입력 전용)중 용도에 맞게 선택할 수 있으며 고객이 직접 모듈을 교체할 수 있습니다.



그림 1 고정밀 파워 아날라이저 WT5000



그림2 WT5000과 AC/DC전류 센서 CT1000A



4.2 1500Vdc, 2000Arms 까지 고전압·대전류 측정

EV용 급속 충전기는 짧은 시간에 충전을 하기 때문에 충전 전력이 계속 높아지고 있습니다. 최근에는 수백 kW급 모델도 나오고 있어 고전압화 및 대전류화가 빠르게 진행되고 있습니다. WT5000에서 AC/DC 전류 센서를 이용하면 최대 2000Arms (3000Apk) 까지 전류를 측정할 수 있습니다. 최대 7개의 모듈을 사용할 수 있어 단상 x7 시스템 또는 단상·삼상 전력을 혼합한 시스템을 구성하여 직류 전압, 교류 전압, 역률, THD, 입출력간 효율 등을 고정밀로 측정할 수 있습니다.



그림 3 AC/DC 전류 센서 CT1000A과 CT2000A

4.3 역률 및 기타 전력 항목의 고정밀 측정

EV용 급속 충전기는 전력 계통의 50Hz/60Hz의 교류 전력을 직류로 변환하여 EV 배터리에 전력을 공급합니다. 교류 전력은 전압과 전류 및 위상차에 따라 전력값이 변하므로 전력 공급량을 증가시키기 위해서는 위상차를 최대한 없애고 또한 고조파를 억제함으로써 역률을 1에 가깝게 하는 것이 중요합니다.

WT5000은 PFC회로를 통해 전력값을 측정하여 역률을 연산합니다. 역률 이외의 항목인 전압·전류·유효전력·피상전력·무효전력도 동시에 측정 및 표시할 수 있으므로 각 항목의 변화를 동시에 확인할 수 있습니다.

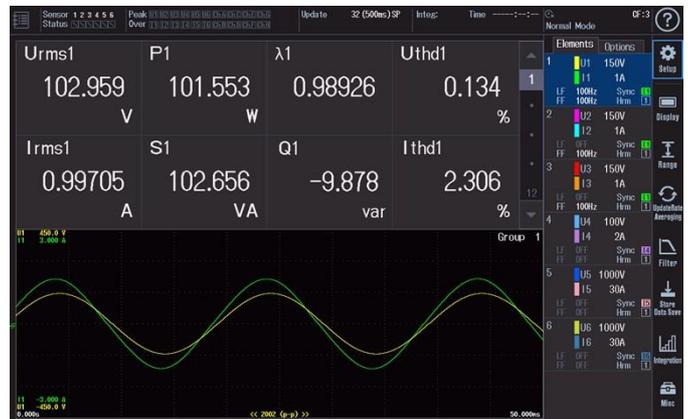
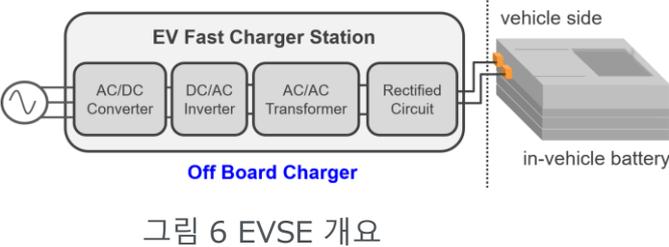
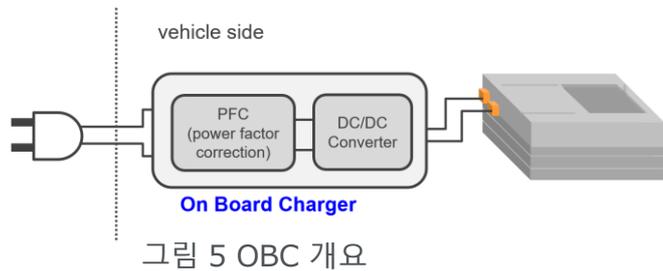


그림 4 전압, 전류, 역률, THD 표시

4.4 AC/DC변환, DC/AC변환의 고정밀 효율 측정

EV용 완속 충전기는 내부에 몇 개의 변환회로가 탑재되어 있습니다. OBC는 상용전원에 접속되기 때문에 고조파 억제가 중요하여 PFC회로가 탑재되어 있습니다. 또한 DC전압 레벨을 제어하는 DC/DC 컨버터 등이 내장 되어 있습니다. 충전 스테이션의 급속 충전기의 경우 AC/DC 변환 등 여러 변환회로를 거쳐 직류 전력을 배터리에 공급합니다. 이들 회로에 관해서는 전력 손실을 최대한으로 줄이기 위한 설계가 매우 중요합니다.



4.5 차수별 고조파 데이터와 THD 측정

WT5000은 차수별 고조파를 최대 500차까지 측정할 수 있으며 THD도 측정할 수 있어 규격 등에서 정해진 한계값 충족 여부를 간단하게 확인할 수 있습니다. 왜형률의 상한(13차, 40차, 100차 등)도 설정할 수 있어 규격 시험에 대응 가능합니다.

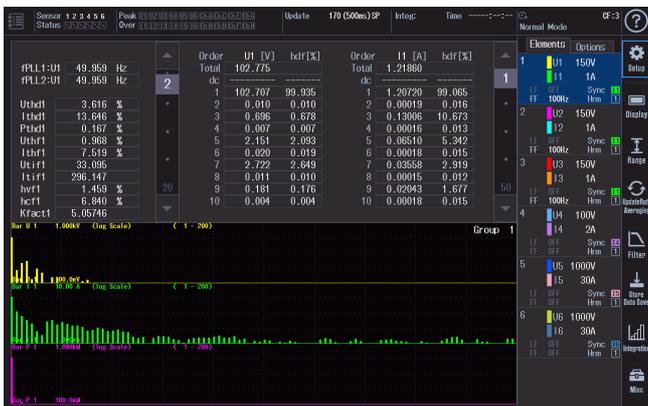


그림 7 차수별 고조파와 THD 측정

4.6 적산 전력량, 적산 전류량 측정

WT5000은 장시간 소비 전력량(Wh)과 소비 전류량(Ah)을 측정하는 적산 기능을 탑재했습니다.

적산 기능은 유효전력의 적산(전력량), 전류의 적산(전류량), 피상 전력의 적산(피상 전력량) 및 무효 전력의 적산(무효 전력량)이 있습니다.

또한 적산 기능에는 2종류의 모드가 탑재되어 있는데, 배터리 등의 충방전을 측정하는 모드와 교류 전력의 매전(賣電),매전(買電)을 측정하기 위한 모드도 있습니다.



그림 8 적산전력, 적산 전류의 측정 화면

【적산기능 해설】

충방전 모드 (Charge/Discharge)

직류(샘플 데이터별) 극성별 전력량 측정

매매전(賣買電) 모드 (Sold/Bought)

교류(데이터 갱신 주기별) 극성별 전력량 측정

적산 기능에 관계된 측정항목

- ITime 적산 시간
- WP 정부 양방향 전력량의 합
- WP+ 정방향 P의 합(소비한 전력량)
- WP- 부방향 P의 합(전원측으로 돌아간 전력량)
- q 정부 양방향 전류량의 합
- q+ 정방향 I의 합(전류량)
- q- 부방향 I의 합(전류량)
- WS 피상전력량
- WQ 무효전력량

4.7 측정된 수치 전력값과 연속 측정한 파형 데이터를 비교를 통한 이상 현상 확인

전압·전류·전력 등의 데이터를 장시간 연속으로 측정해야 할 경우 통합 측정 소프트웨어 IS8000을 이용하면 실시간 전력 파라미터 트렌드를 확인하고 저장할 수 있습니다. 또한 WT5000의 /DS(Data Streaming) 옵션을 사용 하면 전력 수치 데이터 뿐만 아니라 파형 데이터도 동시에 관측하고 저장할 수 있습니다. 예를 들어 전력값이 이상하게 측정된 곳을 확대하면 그 시점의 파형 데이터를 확인할 수 있어 원인을 파악할 수 있습니다.



그림 9 IS8000에서 전압·전류·전력 트렌드 표시 (확대 파형은 그림 10에서 확인)

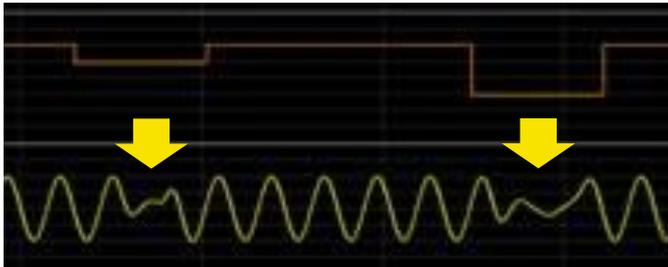


그림 10 전력값이 낮게 측정된 부분을 확대하여 이상 파형 확인

4.8 WT5000과 다른 계측기의 조합

DL950 장시간 데이터 저장 및 이상 신호 고속 측정

다채널 절연 스코프코더 DL950의 듀얼 캡처 기능을 사용하면 서로 다른 샘플링 속도로 파형을 측정할 수 있습니다. 장시간 트렌드를 파악하기 위해 저속 샘플링으로 데이터를 측정하다가 돌발적인 과도 현상이 나타나면 고속 샘플링으로 파형을 저장할 수 있습니다. 또한 IS8000을 사용하면 DL950 측정 데이터와 WT5000의 측정 데이터를 IEEE1588로 동기화 시켜 표시할 수 있어 전력 변동 시의 보다 상세한 파형을 볼 수 있습니다.

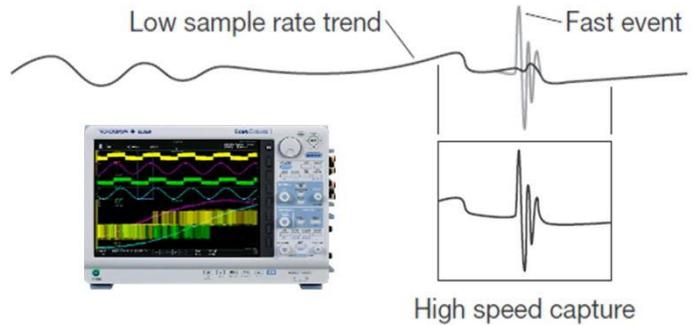


그림 11 DL950 듀얼 캡처 기능

DLM3000/DLM5000 PFC회로의 파형 측정

PFC회로의 동작 확인에는 파형 관측용으로의 성능과 조작성이 우수한 DLM3000이나 8채널 입력의 DLM5000을 활용할 수 있습니다.



YOKOGAWA

한국요꼬가와전기

한국요꼬가와전기 계측 영업 본부
경기도 용인시 기흥구 기흥로 58-1 기흥 ICT밸리
SK V1 A동 407호
TEL : 02-2628-3813
FAX : 02-2628-3899
Homepage : www.koreayokogawa.com

