

저용량 태양광 발전기의 전기품질 측정 및 THD/TDD를 이용한 고조파 비교분석

채우규*, 박창호*, 윤기갑*, 서정출*
*한전 전력연구원

The power quality measurement of photovoltaic generator and harmonic analysis using THD and TDD

Woo-kyu Chae*, Chang-ho Park*, Gi-gab Yoon*, Jung-chul Seo*
*Korea Electric Power Research Institute

Abstract - 최근 들어 태양광, 풍력발전 등과 같은 분산전원이 배전계통 곳곳에 연계됨에 따라 전기품질이 저하될 것이라는 우려가 있다. 본 논문에서는 현재 가장 높은 보급률을 보이고 있는 저용량 태양광 발전기가 설치된 수용가를 대상으로 전기품질을 측정하고 '분산형 전원 배전계통연계 기술기준'의 전력품질 만족여부를 분석하였다. 또한 기술기준에서 정한 TDD 뿐만 아니라 THD까지 측정하여 해당 지수들의 특성을 비교분석하였다. 저용량 태양광 발전기가 저압에 연계 되었을 경우 Inverter 제작기술의 발달로 전기품질에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으며 THD보다는 TDD가 분산전원 설치자 측면에서 좀더 여유를 제공함을 알 수 있었다.

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1} \times 100 [\%] \quad \text{[수식.2]}$$

I_h : 각 차수의 고조파 전류 크기
 h : 고조파 차수, I_1 : 기본파 전류

2.1.3 전압변동

(1) 분산형 전원 발전설비의 연계로 인한 저압계통의 상시 전압변동(10분 평균값)은 3% 이하, 순시 전압변동(2초 이하)은 4% 이하로 한다.

$$\% \epsilon = \frac{V_s - V_p}{V_s} \times 100 [\%] \quad \text{[수식.3]}$$

($\because V_s$ =한전의 공급전압, V_p =분산전원의 발전전압)

(2) 역조류를 허용하는 발전설비를 저압배전선과 연계시 전압변동이 적정치를 초과하는 경우 전용변압기를 통하여 배전계통에 연계하며, 역조류를 발생하는 최대 발전용량은 변압기 용량을 초과하지 않도록 한다.

(3) 분산형 전원 발전설비의 출력변동 및 빈번한 병렬분리에 의한 전압변동으로 저압계통의 상시전압이 적정치(220 ± 13V, 380 ± 38V)를 벗어날 우려가 있을 때는 분산형 전원 발전설비의 설치자가 출력전압을 조정하고 출력전압의 변동을 억제하며 병렬분리의 빈도를 저감하는 등 전압변동 대책을 실시한다.

1. 서 론

화석연료의 과다한 사용으로 인한 고갈과 환경파괴 등으로 인하여 태양광 발전, 풍력발전, 매립가스 발전 등과 같은 신·재생에너지에 대한 관심이 높아졌고 실제로 우리나라의 배전계통 곳곳에 분산전원의 형태로 연계되어 있다. 그러나 이러한 분산전원의 배전계통에 대한 연계가 환경보호 및 에너지 절감이라는 측면에서는 긍정적인 효과를 나타내고 있지만 전력공급자 측면에서는 그것으로 인한 전기품질 저하 등의 심각한 문제를 안고 있다. 따라서 본 논문에서는 최근 정부의 보조금 정책 때문에 급격하게 증가하고 있는 저용량(3kW 내외) 태양광 발전기가 설치된 수용가를 대상으로 전기품질을 측정하고 분석하였다.

2. 본 론

2.1 분산형 전원 배전계통 연계 기술기준

분산형 전원 배전계통 연계 기술기준은 크게 '공동사항', '저압 배전선로 연계', '특고압 배전선로 연계' 등 3가지로 나뉘고 본 논문에서 측정된 태양광 발전기의 용량은 3kW이므로 '공동사항' 및 '저압 배전선로 연계' 기준을 만족해야 한다. 기준은 다시 전력품질, 단독운전 방지, 전압변동, 보호계전 장치 설치 등으로 세분되어 있고 본 논문에서는 전력품질 및 전압변동에 중점을 두고 측정 및 분석하였다.

2.1.1 플리커

분산형 전원 발전설비의 빈번한 출력변동 및 병렬분리에 의한 플리커가 속도 지수는 특고압 계통 연계지점에서 단시간(10분) Epsti는 0.35 이하로, 장시간(2시간) Eplti는 0.25 이하로 제한하여야 하며, 저압계통 연계는 이에 준한다.

$$Epsti \leq 0.35 \text{ (단시간 : 10분)}$$

$$Eplti \leq 0.25 \text{ (장시간 : 2시간)}$$

현재 한국전력에서 관리하고 있는 플리커 방해지수는 일본 전력중앙연구소에서 개발한 ΔV10이지만, 국제화 시대에 맞추어 IEC규격을 도입하고 있다. 전력계통 전체로 관리해야 하는 플리커 방해지수는 Pst와 Plt값으로 관리하고 전력계통에 연계하는 지점에서 제한하여야 하는 플리커 방해지수는 분산형 전원 설비별로 Epsti와 Eplti로 구분하여 사용하도록 기술기준에 명시하고 있다. IEC1000-3-7의 계통에서의 플리커 기준은 다음과 같다.

$$Pst \leq 1.0 \text{ (단시간 : 10분)}$$

$$Plt \leq 0.8 \text{ (장시간 : 2시간)}$$

2.1.2 고조파 전류

분산형 전원으로 부터 계통에 유입되는 고조파 전류는 10분 평균한 40차까지의 종합 전류 왜형률(TDD)이 5%를 초과하지 않도록 각 차수별로 제어하여야 한다. 이때 종합 전류 왜형률은 다음과 같이 정의한다.

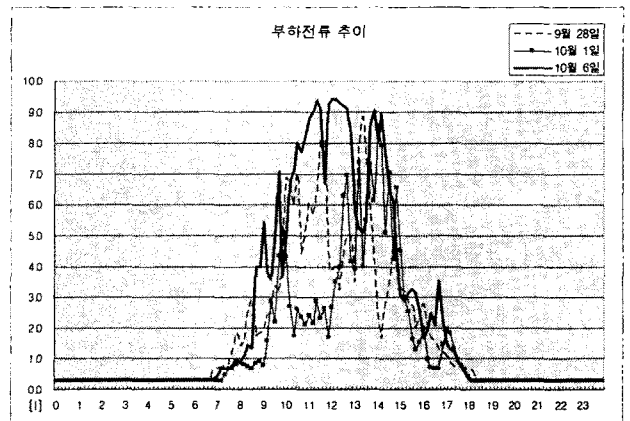
$$TDD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_L} \times 100 [\%] \quad \text{[수식.1]}$$

I_h : 각 차수의 고조파 전류 크기
 I_L : 고조파 차수, I_L : 평균 최대 부하 전류

2.2 측정 및 분석 결과

2.2.1 측정 개요

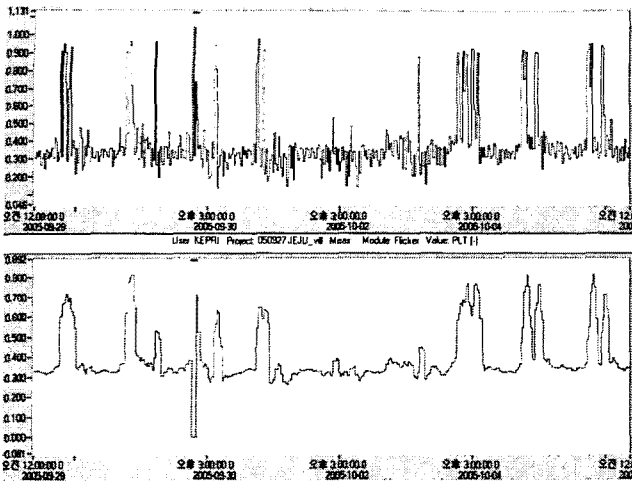
- (1) 측정 기간 : 2005년 9월 27일 ~ 10월 7일(11일간)
- (2) 측정 대상 : 한국전력공사 제주지사 직할 관내(한경면 고산1리사무소) (태양전지 모듈 및 인버터 3kW 1식)
- (3) 측정 장소 : 태양광 발전기 및 수용가 전원의 연계점
- (4) 측정 장비 : PNA600K(제조사:Dewetron)
- (5) 주요 부하 : PC, 냉장고, TV
- (6) 최대 부하 : 약 2kW(측정 기간중)



<그림 1> 측정지점의 부하전류 추이

2.2.2 플리커

분산형 전원의 플리커는 Epsti, Eplti를 통하여 방출량을 제한한다. 현장에서 측정을 통하여 Epsti, Eplti를 파악하는 것은 불가능하므로 Pst 및 Plt의 측정을 통하여 간접적으로 플리커 방출량을 알아보았다. 그림2를 보면 주로 낮시간에 플리커 변동이 심한 것을 알 수 있는데 이것은 주로 태양광 발전에 기인한 것으로 생각된다. 하지만 한전에서 공급하는 전력의 품질 또한 무시할 수 없으므로 본 측정대상의 플리커 크기는 비교적 안정적이라



〈그림 2〉 측정기간 동안의 Pst 및 Pit

할 수 있다.

2.2.2 고조파 전류

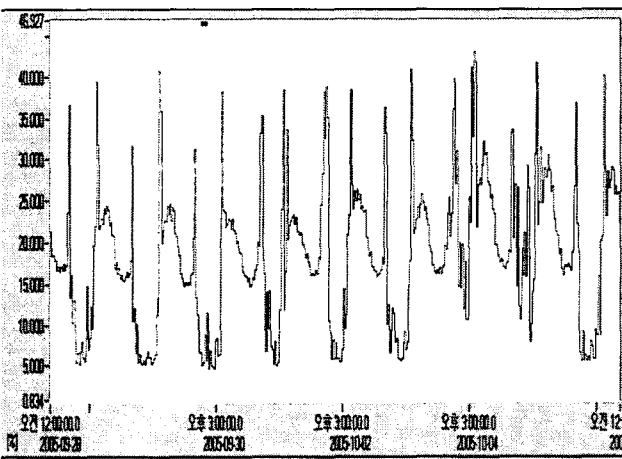
태양광 발전기의 인버터는 그 특성상 전압변동 보다는 고조파 전류가 전력회사의 전력품질 및 고객측에 많은 영향을 줄 수 있다. 따라서 측정의 정확도를 높이고 결과의 신뢰성을 보장하기 위하여 11일간에 걸쳐서 태양광 발전기의 전력 품질을 측정하였다. 태양광 발전기에 의한 영향을 알아보기 위하여 태양광 발전기를 계통으로부터 분리 후 측정한다면 좀더 정확한 결과를 얻을 수 있겠지만 현장 여건상 불가능하므로 계통에 의한 영향은 적다는 가정 아래 고조파 전류를 계통과 연계된 상태에서 측정하였다.

〈표 1〉 시간대별 TDD [단위 : %]

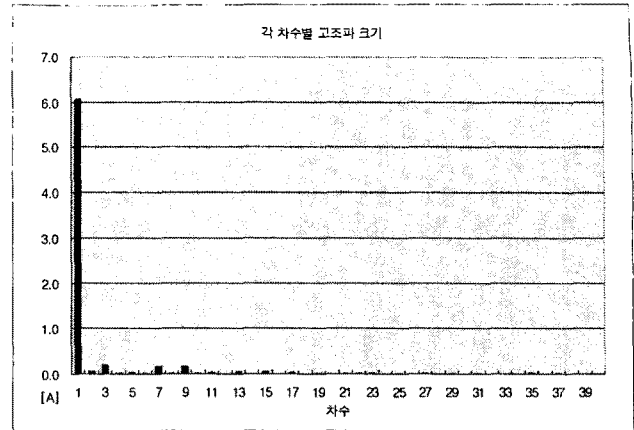
	0:00	4:00	7:00	10:00	12:00	14:00	18:00	21:00
9월 28일	0.433	0.350	1.533	2.832	1.772	1.702	1.485	0.479
10월 1일	0.386	0.308	0.393	1.973	1.766	3.123	0.604	0.462
10월 6일	0.436	0.354	0.645	2.258	3.833	3.503	0.568	0.560

측정에 사용한 PNA-600K는 측정데이터를 기반으로 PNAPOST(데이터 분석 프로그램)를 이용하여 다양한 형태의 레포트를 제공한다. 그러나 아직까지 TDD가 일반적으로 쓰이지 않고 있기 때문에 THD만을 레포트 형태로 제공하고 있다. 따라서 측정된 고조파 전류로부터 [수식.1]을 이용하여 TDD를 시간대별로 계산하였으며 그 결과는 <표1>과 같다. 측정기간 동안의 최대 전류가 약 10A이므로 하계 부하를 고려하여 $I_L=15A$ 로 가정하였다. OA기기의 영향 및 한전측의 전력 품질을 고려하더라도 측정개소의 고조파는 연계기준을 만족하는 것으로 나타났다. 측정기간 동안의 THD(그림3)와 비교해 보면 TDD가 분산전원 설치자의 입장에서 좀더 여유있는 기준을 제공함을 알 수 있다.

User: KEPR1 Project: 050327 JEJU_vill Meter Module: FFT Value: THD (%)



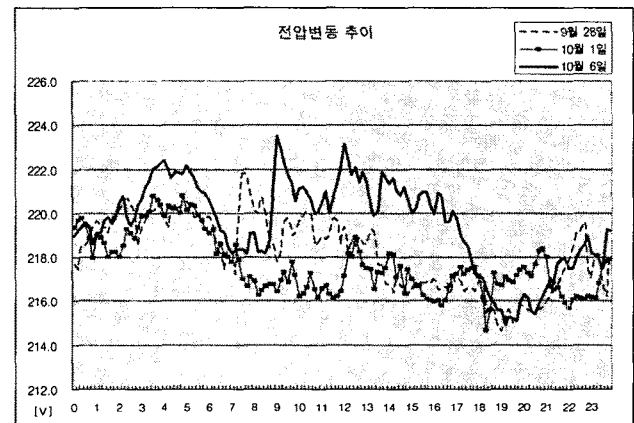
〈그림 3〉 측정기간 동안의 THD



〈그림 4〉 측정 지점의 각 차수별 고조파 크기(9월 28일 11시)

2.2.3 전압변동

[수식.3]은 분산형 전원이 도입되기 전에 이론적 계산을 통하여 상시 전압변동률의 크기를 알아보기 위한 것으로서 태양광 발전기를 계통으로부터 분리하기가 어렵기 때문에 실제 측정에 적용하기는 어렵다. 따라서 본 논문에서는 태양광 발전기 및 수용가 전원의 연계점에서 전압을 측정하여 한전의 공급기준인 $220\pm 13[V]$ 를 만족하는지 알아보았다. 측정결과는 <그림 5>와 같으며 측정 시기의 최대 전압은 231[V], 최저 전압은 214[V]로서 한전의 공급기준을 만족하는 것을 알 수 있다.



〈그림 5〉 측정 지점의 전압변동 추이

3. 결 론

본 논문에서는 저압계통에 저용량 태양광 발전기 설치된 수용가의 전기 품질을 측정하고 '분산형 전원 배전계통 연계 기술기준'의 만족 여부를 분석하였다. 플리커는 Pst 및 Pit 측면에서 검토해 보았을 때 비교적 만족하는 것으로 나타났으며 고조파 전류 또한 인버터 제작 기술의 발달로 TDD 기준을 만족하였다. 전압변동 역시 한전의 공급기준을 만족하였다.

전체적으로 볼 때 적은 수의 저용량 태양광 발전기의 저압계통 연계는 전력계통에 커다란 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 하지만 일본의 경우 우처리 다수의 태양광 발전기가 한대의 변압기에 연계된다면 수용가의 전압상승과 같은 심각한 현상이 일어날 수 있으므로 적절한 배분을 통하여 분산형 전원을 도입해야 할 것으로 사료된다.

〈참 고 문 헌〉

- [1] IEC, 1000-3-7, Technical Report, 1996
- [2] 한국전력공사, 분산형 전원 배전계통 연계 기술기준, 2005
- [3] 산업자원부, 공공 저전압 전력 공급시스템의 기준 임퍼던스 설정 및 플리커 측정기술 표준화 기술개발, 28-36, 2004