

PSCAD를 이용한 분산전원 배전계통 연계시 고조파 영향 분석

박재균*, 김진성*, 안종현*, 김레오*, 오용택*

*한국기술교육대학교 전기공학과

e-mail:sonic85@kut.ac.kr

Harmonics Analysis for Interconnecting Distributed Resource with Power System Based on PSCAD

Jae-Gyun Park*, Sung-Jin Kim*, Jong-Hyun Ahn*, Re-O Kim*
, Yong-Taek Oh*

*Dept of Electrical Engineering, Korea University of
Technology and Education

요 약

본 논문에서는 PSCAD 시뮬레이션을 이용하여 실제통도와 유사한 배전계통 분산전원 연계 시스템을 모델링하였다. 모델링한 계통도의 연계지점에 따른 THD와 TDD를 시뮬레이션하고, 고조파 연계기준(IEEE Std 1547와 IEEE Std 519)을 적용하여 기존의 전력계통에 태양광발전 시스템 연계시 발생하는 고조파를 평가하였고 평가결과를 분석하였다.

1. 서론

최근 이산화탄소로 인한 온난화현상이 지구 환경문제로 심각하게 대두되고 있다. 이산화탄소 배출감소를 의무화 하는 교토의정서 준수와 화석연료의 고갈로 인해 발생할 수 있는 문제점에 대응하고자 정부에서는 녹색에너지정책을 실시하여 풍력, 태양광, 연료전지 등으로 대표할 수 있는 신·재생 에너지가 주목받고 있다. [1]

본 연구에서는 PSCAD 시뮬레이션으로 모델링한 배전계통에 분산전원 연계 시 발생하는 고조파를 연계지점별로 데이터를 취득하여, 연계 전의 값을 비교하여 연계지점에 따른 고조파 변화에 대해 분석하였다.

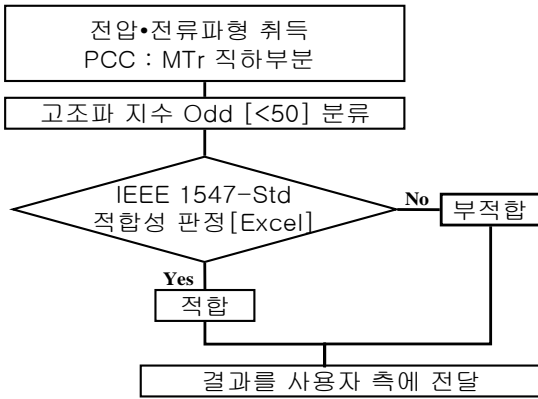
분산전원의 형태는 태양광발전으로서 30kW를 연계하였으며, 선로의 길이는 총 12km로 한 개의 구간에 4km씩 3개의 구간으로 나누어 구성하였다. 배전계통 연계 기준은 IEEE-1547 Std와 IEEE-519 Std의 기준을 근거로 하여 고조파를 분석하고, 계통에

약 영향을 미치지 않는 적절한 레벨의 고조파 수준을 산정하고 연계지점에 따른 고조파 변화에 대한 비교·분석하였다.[2], [3]

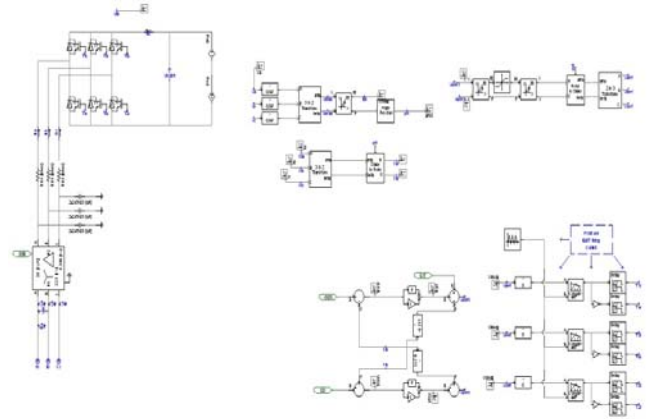
2. 고조파 평가 방법

분산전원의 배전계통 연계시의 고조파 연계 적합여부를 판단하기 위해서 평가하는 알고리즘은 IEEE Std 1547를 적용하도록 그림 1과 같은 방법으로 평가하였다. 전압의 고조파 걱정여부는 THD(Total Harmonic Distortion)를 적용하여 판단하였으며, 전류의 고조파는 TDD(Total Demand Distortion)를 적용하여 판단하였다.

고조파 평가방법으로는 먼저 전압과 전류 데이터를 취득하여 고조파를 50차까지 취득하였다. 이를 각 단계별로 적합과 부적합으로 구분, 최종적으로는 모든 단계에서 적합일 경우에만 현재 사용 중인 전압과 전류가 사용하기에 적합하다고 판단하였다. [4]



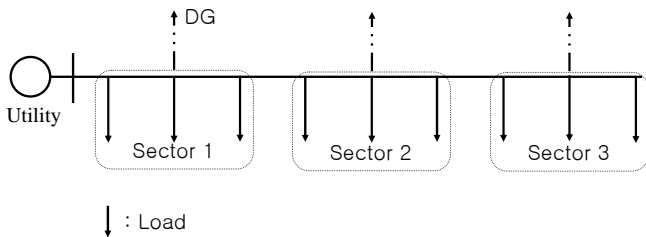
[그림 1] 고조파 취득 및 평가 알고리즘



[그림 4] 태양광발전 모델링

3. PSCAD 시뮬레이션

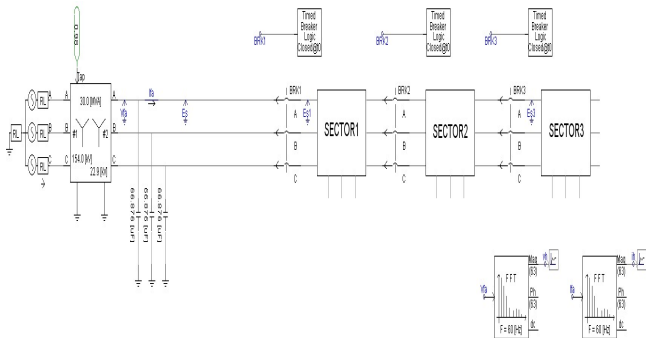
그림 3은 Data 취득을 위해 PSCAD 시뮬레이션을 한 것이며, 그림 4는 태양광발전 모델링을 나타낸 것이다. 그림 2는 전체 계통도를 간략하게 나타낸 것이다. 표 1은 PSCAD를 이용하여 모델링한 계통도의 회로구성파라메타를 표로 나타낸 것이다.



[그림 2] 계통도

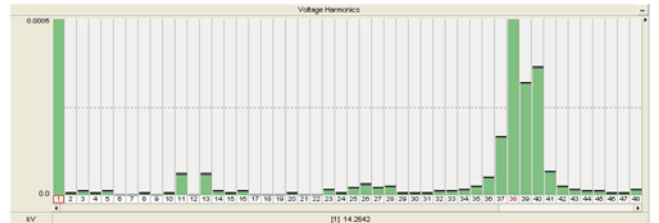
[표 1] 회로 구성 파라메타

Main Transformer	용량	45MVA
	탭 설정	0.98
	% 임피던스	15
	RL 부하	0.32+j2.314(정상분 %임피던스) j17.3(영상분 %임피던스)
부하 구간	4km/Sector	0.5km, 1km, 1km, 1km, 0.5km
부하 설정	Sector 부하	0.235MW, 0.145MW, 500KVA(유도 모터)

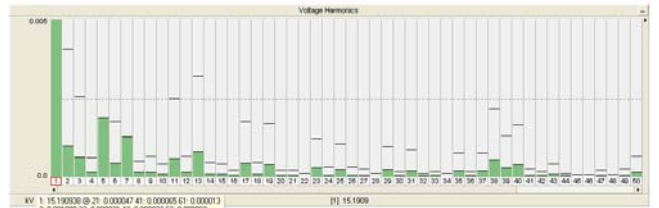


[그림 3] Pscad를 이용한 계통도

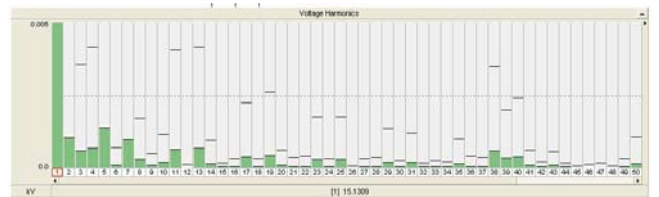
데이터 취득과정은 Mtr 직하부분을 PCC지점으로 하여 출력되는 파형을 FFT로 변환하여 히스토그램을 나타내었다.



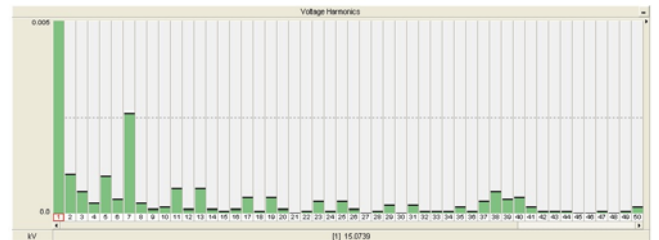
(a) 태양광발전 연계 전 전압 FFT



(b) Sector 1에 태양광발전 연계 시 전압 FFT

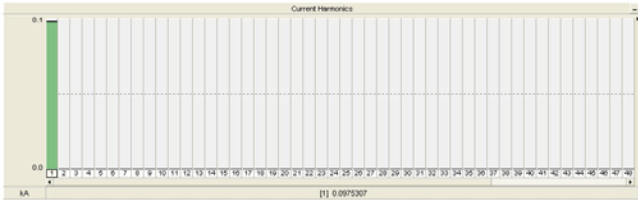


(c) Sector 2에 태양광발전 연계 시 전압 FFT

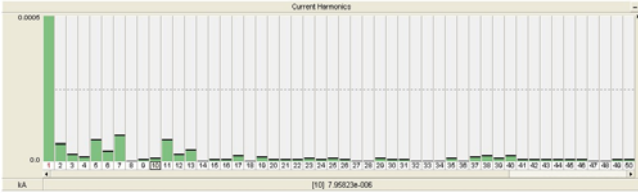


(d) Sector 2에 태양광발전 연계 시 전압 FFT

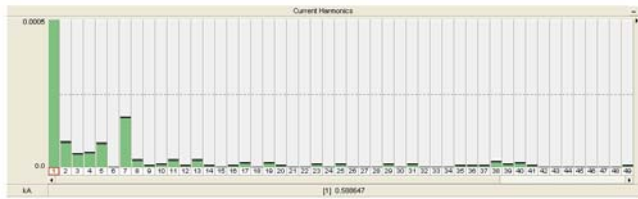
[그림 4] 연계지점별 전압 FFT 변환



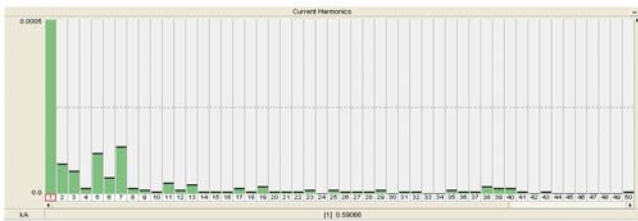
(a) 태양광발전 연계 전 전류 FFT



(b) Sector 1에 태양광발전 연계 전 전류 FFT



(c) Sector 3에 태양광발전 연계 전 전류 FFT



(d) Sector 4에 태양광발전 연계 전 전류 FFT

[그림 5] 연계지점별 전류 FFT 변환

4. 결과분석

전압과 전류의 고조파 성분을 IEEE 1547-Std(분산전원 배전계통 연계 표준안)에 적용하여 분석한 결과, 표 2와 표 3과 같다. 표 2와 표 3에서와 같이 연계지점별 THD와 TDD는 적합하다는 판단을 할 수 있었다. 분산전원의 경우 변압기의 용량의 20%이하의 용량을 연계할 수 있다. 하지만 이번에 연계한 태양광 발전설비의 경우 30kW로 변압기의 용량의 약 6%정도 밖에 되지 않아 고조파 성분이 적게 검출되었다.

본 연구를 통해 알 수 있었던 것은 비록 고조파의 값은 적게 나왔지만, 연계지점에 따른 전압 및 전류의 고조파 성분의 변화는 충분히 알 수 있었다.

[표 2] THD 판단 기준 비교표(연계 전)

	h < 11	11 ≤ h < 17	17 ≤ h < 23	23 ≤ h < 35	35 ≤ h	THD
기준 수치[%]	4.00000	2.00000	1.50000	0.60000	0.30000	5.00000
계산 수치[%]	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000010	0.000000010
적합성 판단	적합	적합	적합	적합	적합	적합

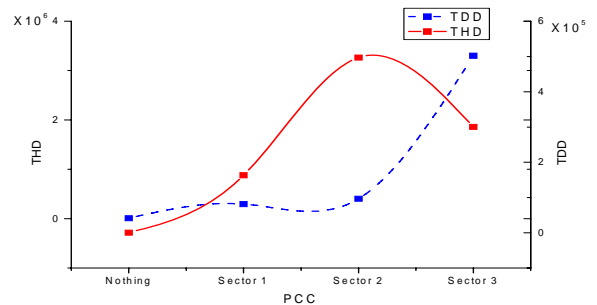
적합성 여부	적합
--------	----

[표 3] TDD 판단 기준 비교표(연계 전)

	h < 11	11 ≤ h < 17	17 ≤ h < 23	23 ≤ h < 35	35 ≤ h	TDD
기준 수치[%]	4.00000	2.00000	1.50000	0.60000	0.30000	5.00000
계산 수치[%]	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000031	0.000000031
적합성 판단	적합	적합	적합	적합	적합	적합

적합성 여부	적합
--------	----

Sector 1, Sector 2, Sector 3에서 취득한 THD와 TDD의 결과는 그림 6과 같다. 그림 6은 표 2와 표 3처럼 각 연계지점에서 취득한 THD와 TDD의 결과를 연계지점별로 비교하기 위하여 그래프로 나타낸 것이며, 결과값이 적기 때문에 각 결과값에 THD는 10^6 , TDD는 10^5 을 곱하여 나타내었다. 그래프에 사용된 값은 연계지점별 THD와 TDD를 이용하여 작성하였다. 그래프에서 THD의 값이 Sector 2에서 증가하는 것을 볼 수 있는데 부하로 연결되어있는 유도전동기에 의해 THD가 증가하였다고 할 수 있다. 모델링한 계통도의 유도전동기는 용량은 같지만 설정값을 슬립조정과 출력, Tin 조정을 할 수 있게 구성하였다. slip의 조건은 0.992로 설정하였고, 출력은 0.9923, 토크값은 0.4로 설정하여 구성하였다. 따라서 Sector 2에 구성한 유도전동기의 특성에 의해 TDD의 값이 증가했다는 결론을 얻을 수 있었다.



[그림 6] 연계지점별 전압 전류 변화 그래프

5. 결론

본 연구에서는 PSCAD 시뮬레이션을 이용하여 구성한 계통에 연계된 전압 및 전류를 취득하여 기술적 검토사항인 고조파의 적정성 여부를 판단하는 방법을 제한하였다. IEEE Std 1547의 기준에 부합하는 알고리즘을 작성하였고, 모델링한 계통도를 바탕으로 취득한 전압과 전류 파형을 알고리즘 순서에 따라 결과를 분석하였다. 분석결과, 전압의 고조파와 전류의 고조파 모두 IEEE Std 1547의 기준에 적합하였다.

본 연구에서는 변압기의 용량에 비해 태양광발전설

비의 용량이 작았기 때문에 전압과 전류의 고조파가 크게 나타나지는 않았다. 하지만 연계지점에 따른 고조파의 변화를 알 수 있었다. 그리고 부하로 구성된 유도전동기의 설정에 의해 THD보다는 TDD의 값에 영향을 많이 받는다는 것을 알 수 있었다. 또한 이번에 취득한 고조파들은 일반적으로 취득하는 순시값이 아닌 일정시간동안의 고조파를 시간에 따라 취득을 하여 확률적인 통계로 나타낼 수 있었다.[5] 향후에는 태양광발전설비의 용량을 변압기 용량의 20%에 가까운 것을 연계하여 좀 더 정확한 THD와 TDD의 값을 취득할 예정이다.

참고문헌

- [1] 오시덕, “분산전원 기술의 현황과 미래”, 전력전자학회지, 제8권, 제6호, pp. 11-15, 12월, 2003.
- [2] Alejandro R. Oliva and Juan Carlos Balda, “A PV Dispersed Generator : A Power Quality Analysis Within the IEEE 519”, IEEE, 03, pp. 525-530, 2003.
- [3] IEEE-SA Standards Board, “IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resource with Electric Power Systems”, IEEE, June, 2003.
- [4] 박재균, “분산전원 배전 계통 연계시 고조파 영향 분석”, 대한전기학회 하계학술대회, 7월, 2008.
- [5] Paulo F. Ribeiro, Guido Carpinelli, “IEEE Std 519 Revision(The Need For Probabilistic Limits of Harmonics)”, IEEE, 01, pp. 809-812, 2001.