

제철소 154KV계통 고조파해석

*김정하 *민호준 **강영갑 ***한무호
 (*포스코개발, **포항제철, ***포항산업과학연구원)

Harmonic Analysis of 154KV System in Kwangyang Steel Works

*J.H. Kim, *H.J. Min, **Y.G. Kang, ***M.H. Han
 (*POSEC, **POSCO, ***RIST)

Abstract - This paper discussed for harmonic analysis of 154kv system in Kwangyang steel works. The harmonic modelings are developed by harmonic measurement for scores of days in a 154kv substation at a same time. In this paper, the measurement values of harmonic are compared to the analysis results in incoming line. Case studies are presented to predict harmonic distortion of the future system.

1. 서 론

제철소와 같은 큰 설비에서는 대용량의 Thyristor 응용 기기가 많이 사용되고 있으며 미니밀에 의한 대형 ARC 로 및 열연, 냉연 변동부하로부터 발생되는 고조파는 타 기기에 악영향을 끼치게 되며 이러한 고조파 장애가 점점 증가할 것으로 예상되고 있어 고조파 해석을 통하여 제철소내 각 공장별 고조파 발생원을 규명하고 계통 및 부하기기에 미치는 영향을 체계적으로 검토하여 고조파 발생을 억제하며 각종 사고를 미연에 예방하고 전력품질의 신뢰도를 향상시키고자 한다.

따라서 본 논문에서는 먼저 계통 임피던스를 계산하기 위하여 각 Case별 조류계산을 수행하였으며 고조파원은 이론 고조파외에 비이론적인 고조파가 발생됨으로 광양 제철소의 154KV 계통에서 공장별 20-30일 24시간 고조파를 측정 한 광범위한 Data를 기준으로 공장별 일평균 고조파원 모델링을 하였다.

또한 모델링된 고조파원을 검증하기 위하여 현계통에 대한 고조파 분포 계산을 수행하여 수전선로에서 실측한 전압 및 전류왜형율과 계산된 전압 및 전류 왜형율을 비교 검토하였다. 그리고 상기 계산결과를 근거로 리액터가 있는 경우와 없는 경우의 345KV 수전이후 계통에 대한 고조파 분포 계산을 수행하였다.

본 논문의 Simulation은 Cyme사의 PSAF-HARMO를 이용하여 고조파 해석을 수행하였다.

2. 고조파 분석 대상계통 및 해석방법

2.1 고조파 분석 대상계통

고조파 분석 대상계통은 그림 1에 현계통도가 그려져 있으며 그림 2는 향후 계통 구성도이다. 향후 계통 구성도는 N변전소와 R변전소 사이에 단락용량 저감용 154KV 한류리액터(CLR:Current Limiting Reactor)가 있는 경우와 없는 경우 두가지 경우로 나누어서 Simulation을 수행하였다.

2.1.1 현계통도

현계통 구성은 154KV 변전소가 5개로 그림 1과 같이 LOOP 운전되고있다.

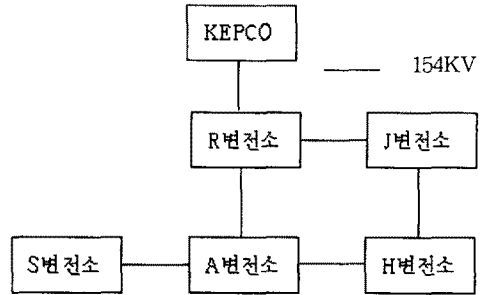


그림 1 현 계통도

2.1.2 향후 계통도

향후 계통 구성은 345KV 변전소 1개, 154KV 변전소가 5개로 N변전소 154KV 모선을 분리하여 그림 2와 같이 2계통으로 분리 운전된다.

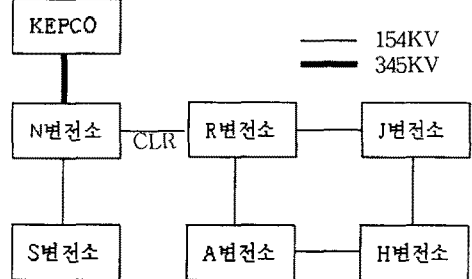


그림 2 345KV 수전이후 계통도

2.2 해석방법

고조파 해석을 하기 위하여 먼저 고조파를 분석하는 방법에는 실측에 의한 Data를 기본으로 하는 방법과 실측에 의하지 않고 System내의 고조파 발생을 해석하는 방법이 있으나 고조파 발생기기가 불특정 다수이며 시간에 따라 변화하고 제철소 특성상 부하상태에 의한 변동이 크며 운전형태도 복잡하며, 일반적인 고조파원과는 상당히 차이가 있는 전기로동에 의하여 고조파는 이론적으로 발생하는 고조파외에 비이론적인 고조파가 다량 발생하므로 본 논문에서는 실측을 이용하여 고조파원을 모델링하여 현계통에서 Simulation을 수행하여 실측치와 비교 검토를 통하여 모델링을 수정하고 이 모델링을 기초로 하여 그림 3과 같이 계통구성조건 및 발전기 가동조건을 변경시켜 가며 조류계산과 고조파 해석을 수행하여 향후 계통에 대한 고조파 분포 예측 계산을 하였다.

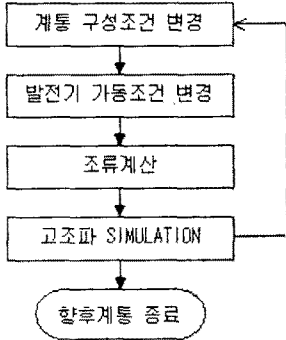


그림 3 Simulation 순서도

3. 실측결과

3.1 미니밀 1L 2 고조파

고조파원은 시변 특성을 가지고 있으므로 정확한 측정을 위하여 한 변전소를 동시에 154KV 모선에서 변전소별로 20일-30일 정도를 24시간 실측을 하였으며 그 중 고조파원이 가장 많이 발생하는 것을 기준으로 일평균 모델링을 하였다. 실측한 고조파원중 고조파가 가장 많이 발생하는 설비는 미니밀이었으며 2,3,4,5,6,7,11,12,13등 다량, 다종의 고조파가 발생하였고 2고조파가 그림 4에 나타나 있다.

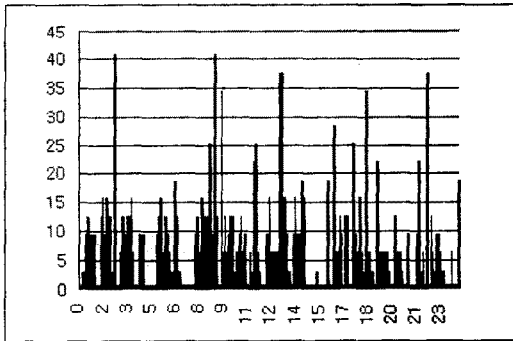


그림4 미니밀 1L 24시간 실측 Data(2고조파)

3.2 S변전소 전압왜형률

S변전소의 24시간 실측 전압왜형률은 그림 5와 같으며 1시간 평균 Data로써 24시간 기준으로 볼 때 전압왜형률의 크기가 변화함을 알 수 있다.

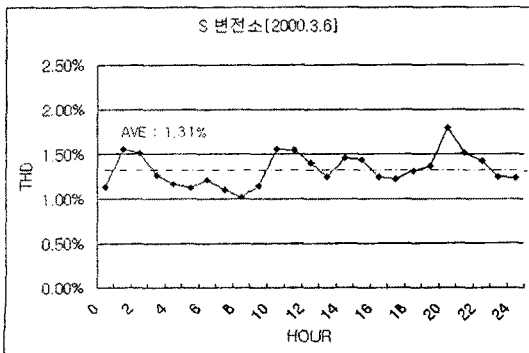


그림5 S변전소 24시간 실측 전압왜형률

3.3 R변전소 전압왜형률

R변전소의 24시간 실측 전압왜형률은 그림 6과 같다.

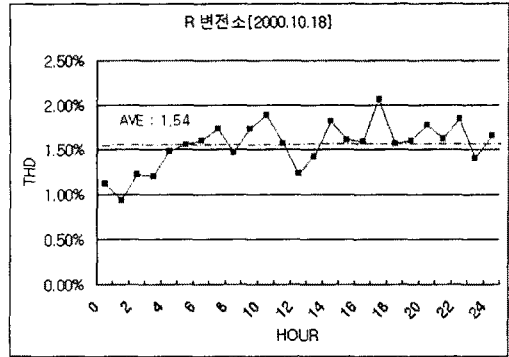


그림6 R변전소 24시간 실측 전압왜형률

4. 고조파 실측 및 해석결과 비교

그림 7은 수전 Line에서 측정된 고조파 차수별 Graph이며 그림 8은 현계통 Simulation후 계산된 고조파 차수별 Graph이다. 3조파가 차이나는 것은 내부 흡수분도 일부 고조파원으로 표현되어 크게 반영된 것으로 생각되며 5고조파는 제철소 내에서 공급하는 것은 1.13A정도로 작으며 수전 Line에 10.74A정도로 나타나는 것은 한전에서 공급된 것으로 추측되며 R변전소 실측 전압왜형률에 5고조파가 나타나지 않은 것으로 보아 R변전소내에서 흡수된 것으로 추측된다.

또한 11고조파는 실측전류와 계산된 결과가 거의 유사함을 알 수 있다.

4.1 수전 Line 고조파 차수별 실측전류

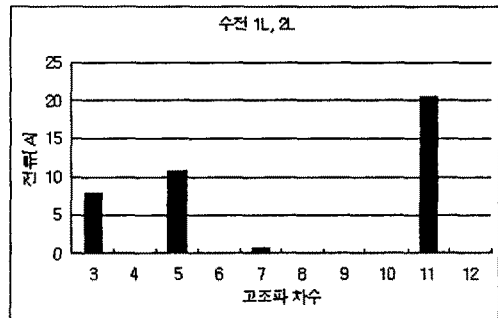


그림7 수전 Line 고조파 차수별 실측 전류

4.2 수전 Line 고조파 차수별 Simulation 전류

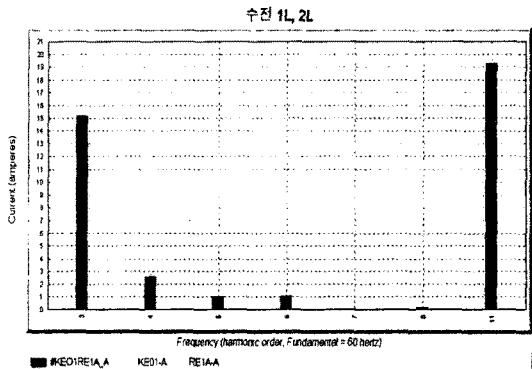


그림8 수전 Line 고조파 차수별 Simulation 전류

5. Simulation

Case별 전압 Spectrum은 아래그림과 같으며 제철소 전압왜형은 3고조파와 11고조파에 기인한다.

5.1 현계통 전압 Spectrum 19AA

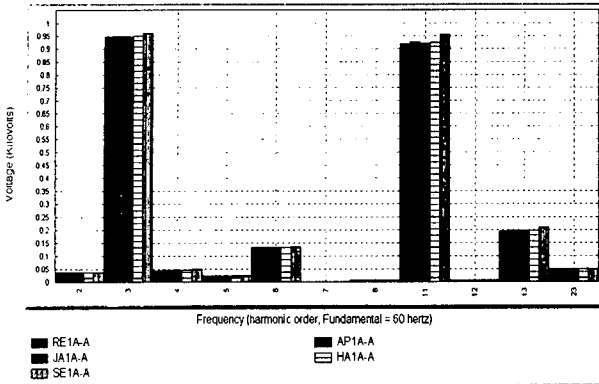


그림9 현계통 전압 Spectrum

5.2 345KV 수전이후(한류리액터 무) 전압 Spectrum 39AA

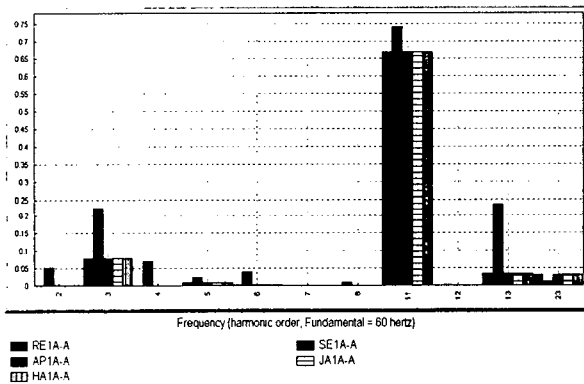


그림10 345KV 수전이후(한류리액터무) 전압Spectrum

5.3 345KV 수전이후(한류리액터 유) 전압 Spectrum 39CAA

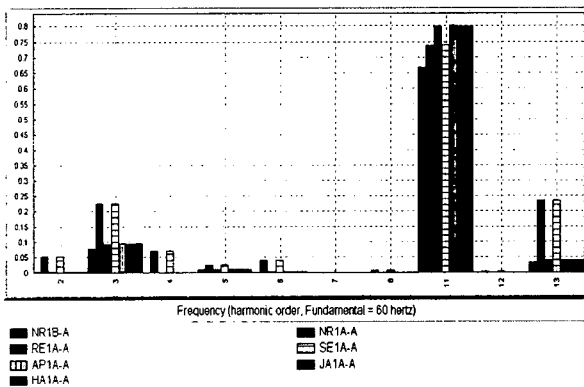


그림11 345KV 수전이후(한류리액터유) 전압Spectrum

6. Simulation 결과

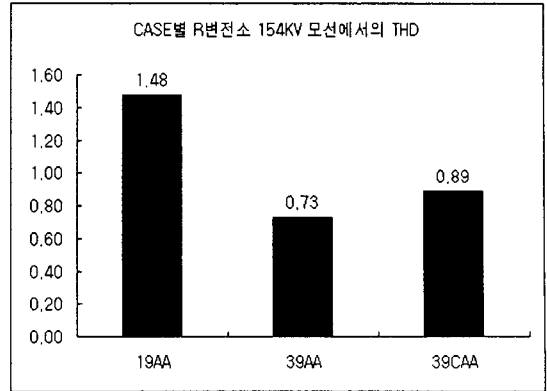


그림12 CASE별 R변전소 154KV모선에서의 THD

R변전소 기준으로 고조파 분포 예측 계산결과 현계통에서는 1.48% 정도의 전압왜형률이 나타나고 345KV 이후 계통에서 한류리액터가 없는 경우는 0.73%, 한류리액터가 있는 경우는 계통 임피던스가 커지므로 0.89%로 증가한다.

7. 결 론

측정 결과 및 Simulation 결과 현계통에서는 공장별 운전조건 및 고조파원 중첩형태에 따라 규제치인 1.5%에 거의 근접할 수도 있으며 주된 원인은 3,11고조파이며 3고조파는 발생후 일부 변압기 Delta 권선에서 흡수되므로 특히 11고조파이다. 따라서 계통분리 운전전까지는 11고조파를 감소시킬 것을 제안하며 11고조파 발생원은 미니밀, 열연, 냉연설비이며 그 중 미니밀이 가장 크므로 미니밀의 11고조파 전류를 감소 시켜야 한다.

계통분리후 단락용량이 감소되어 고조파면에서는 불리하나 고조파원이 분리되므로 현계통보다 전압왜형률이 작게 나타난다. 따라서 고조파에서 보면 계통분리가 바람직한 계통구성이며 한류리액터 설치로 인한 증가분은 수전변전소 기준으로 한류리액터가 없는 경우는 전압왜형률이 0.73%에서 한류리액터가 있는 경우는 0.89%로 증가되므로 0.16%정도이다.

고조파 발생원은 고조파 발생기의 특성, 운전조건등에 따라 변동하므로 고조파원 신, 증설시 고조파 검토를 수행하여 고조파에 의한 제현상을 사전에 검토 해야한다.

(참 고 문 헌)

- [1] 포스코개발, 평양제철소 전력계통분석 보고서 2권, 1996.8
- [2] 한국전기안전공사, 전기사용장소의 고조파 장해연구,1996
- [3] 대한전기학회, 고조파 저감기술 현황과 전망, 1993.8
- [4] CYME, PSAF-HARMO USER'S GUIDE AND REFERENCE MANUAL, 2000.2
- [5] EPRI, STUDY OF DISTRIBUTION SYSTEM SURGE AND HARMONIC CHARACTERISTICS, 1980.4
- [6] IEEE STD 519-1992,IEEE RECOMMENDED PRACTICES AND REQUIREMENTS FOR HARMONIC CONTROL IN ELECTRICAL POWER SYSTEMS.
- [7] S.M. Williams, G.T. Brownfield, J.W. Duffus, Harmonic Propagation on an Electric Distribution System : Field Measurement Compared with Computer Simulation, IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 8, No. 2, pp. 547-552, April 1993