

산업용 수변전 계통의 근사화 해석 기법

(Approximated Analysis method of Industrial Distribution System)

이배희* · 설용태

호서대학교 전기공학과

(Bae-Hee Lee* · Yong-Tae Sul)

Dept. of Electrical Eng. Hoseo. University

Abstract

In this paper the approximated analysis method of industrial distribution system using PTW(Power Tools for Windows). System input data, cable impedance and transformer data etc., were calculated by the approximated method using EMTP(Electro Magnetic Transient Program). The effectiveness of this method was improved by electrical characteristics analysis of real factory.

1. 서론

최근 산업사회의 발달로 각종 전기설비들이 첨단 화됨에 따라서 계통의 신뢰도와 전기의 품질에 대한 요구가 높아지고 있다. 특히 전기를 주 에너지 원으로 사용하고 있는 산업용 설비의 경우 전기의 질은 생산되는 제품의 품질과 직결되는 매우 중요한 사항이다. 그러나 공급자가 관리하는 발전, 송·배전 시스템에 대한 연구개발은 활발한데 비해 수용가의 수변전 설비에 대한 관심은 상대적으로 낮다. 즉, 중·소형 산업용 수변전 설비의 경우는 체계적인 해석에 의해서 보다는 단순한 관리자의 경험적 수법으로 관리 유지되는 경우가 많아 시스템의 각종 상황 변화에 따른 상태변화, 전기의 품질 등에 대한 정확한 분석이 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 PTW를 이용하여 산업용 수변전 설비를 상세히 분석할 수 있는 기법을 제시하였다. 이를 위해서는 각종 입력데이터가 필요한데 실제 공장에서는 일부 데이터만 가지고 있어, cable의 임피던스, 변압기, 동력부하 등의 각종 data를 추정하여 적용하였다. 이러한 방법은 실제 공장의 수변전 계통을 모델로 조류계산, 고장계산 및 부하특성 등 각종 전기적 특성의 해석을 통해서 실효성을 입증하였다.[1]

2. 시스템 데이터 추정법

(1) 케이블 임피던스

PTW에서 케이블에 대한 입력데이터는 길이 및 정상·영상분 임피던스 값 등이 요구된다. 그러나 대부분 산업체에서는 외형상 측정 가능한 길이를 제외한 임피던스에 관한 데이터는 보유하고 있지 않아 조류계산, 고장계산 등 시스템 해석에 어려움이 있었다.

본 연구에서는 이들을 아래와 같은 계산식을 이용하여 임피던스의 값을 추정하였다.[2]

① 정상 임피던스: $Z_1=R-jX[\Omega/KM]$

$$\text{단, } R=R_C + \frac{X_m^2 \times R_S}{R_S^2 + X_m^2}$$

$$X = 4\pi f * \ln(2 * \frac{GMD_{3C}}{GMR_{1C}}) - \frac{X_m^3}{X_m^2 + R_S^2} * 10^{-4}$$

② 영상 임피던스: $Z_0=Z_C-Z_m^2/Z_S[\Omega/KM]$

$$\text{단, } Z_C=R_C + R_e + j3*4\pi f * \ln(\frac{D_e}{GMR_{3C}}) * 10^{-4}$$

$$Z_S=R_S + R_e + j(3*4\pi f * \ln(\frac{D_e}{GMR_{3S}})) * 10^{-4}$$

$$Z_m=R_e + j(3*4\pi f * \ln(\frac{D_c}{GMD_{3C-3S}})) * 10^{-4}$$

위의 계산식으로부터 본 연구에 입력된 케이블 데이터를 나타내면 표 1과 같다.

표 1. 계산된 케이블 입력데이터

Table 1. Calculated cable data

Cable size	정상임피던스 [Ω /Km]	영상임피던스 [Ω /Km]
600V 325 SQ	0.0758+j0.1169	0.2538+j2.3049
3300V 50 SQ	0.4889+j0.1620	1.3925+j2.0307
3300V 200 SQ	0.1224+j0.1322	1.1696+j1.6642
22900V 250 SQ	0.1242+j0.1513	0.3047+j0.0978
6600V 3C×60 SQ	0.3944+j0.1597	1.3164+j1.9995
6600V 250 SQ	0.0961+j0.1408	1.1433+j1.6742

(2) 변압기 임피던스

시스템해석을 위한 변압기의 입력데이터는 용량, 결선방법; 1차측과 2차측 전압 및 임피던스 등이다. 이 중에서 용량, %Z 등은 제작회사의 관련자료로부터 쉽게 구할 수 있으나 X/R 값은 IEEE의 변압기 용량에 따른 X/R 추정법을 이용하였다.[3]

변압기 용량에 따른 X/R 값은 다음 그림과 같다.

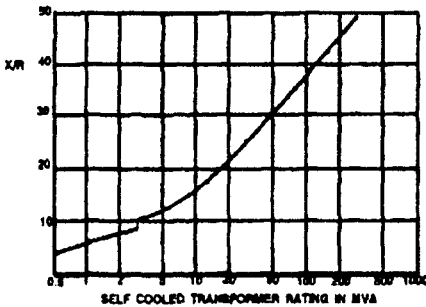


그림 1. 변압기 용량에 따른 X/R 비율

Fig. 1. X/R ratio via transformer size

(3) 전동기 데이터

부하 모델 중에서 PTW를 이용할 경우 부하 모델은 일정 임피던스, 일정 전류 및 일정 전력 모델로 구분되며, 전동기의 경우는 Single/Double rotor 및 Graphical model로 분류된다. 본 연구에서는 전동기의 경우 일정 Z/Graphical model을 적용하였으며, 특히 D.C motor의 경우는 Induction motor로 근사화하였다.

3. 사례연구

사례연구를 위해 알루미늄 생산공장과 시멘트 생

산공장 등 두 가지 형태의 실제계에 적용하였으며 그림 2는 알루미늄 생산공장의 수변전계통이다.

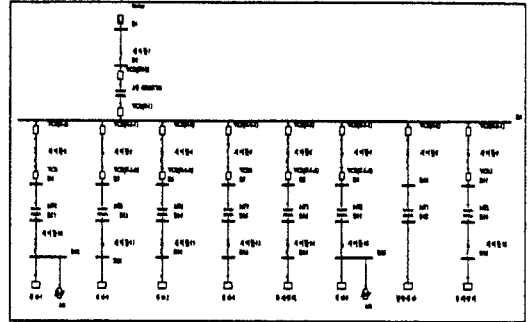


그림 2. 모델 계통의 수변전 계통도

Fig. 2. Distribution system diagram of model system

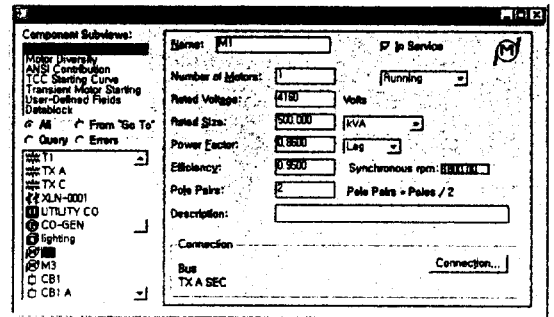


그림 3. 입력 데이터 화면

Fig. 3. Input data screen

먼저, 공장의 전체 계통에 대한 조류계산 및 사고 위치의 변화에 따른 계통상태를 분석하였다. 또한 공장의 일부 계통도에서의 모터의 부하 형태에 따른 조류계산과 사고 발생시의 고장전류 및 과부하 또는 부족부하가 발생하였을 때 모터의 전기적 특성을 해석하였다. 그림 4는 전체계통도의 전력조류를 다이어그램 상에 나타내고 있으며 모선3과 모선4에서 3상 단락사고가 발생하였을 경우의 모터에 기여하는 3상 단락값은 그림 5와 같다.

두 번째로 일부 계통도의 모터 부하 형태에 따른 조류값을 그래프로 나타내어 실제 현장에서의 값과 비교하여 가장 근사한 값을 나타내었고, 부하에 과부하 또는 부족부하가 발생하였을 경우의 모터의 전기적 특성을 나타내었다.

수변전 계통의 기본적인 전기적 특성을 파악하기 위한 전력조류 흐름도의 결과는 그림 4와 같다.

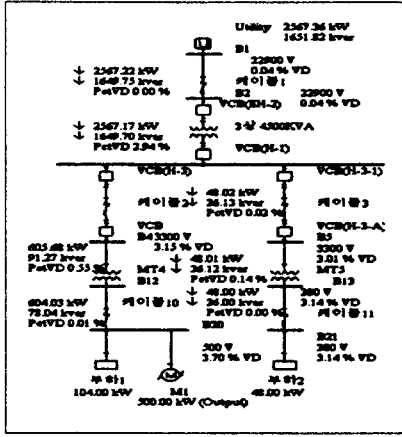


그림 4. 전력조류계산도
Fig. 4. Load flow diagram

그림 5는 모선 3과 4에서 각각 3상 고장 발생시 전동기에 미치는 전류의 영향을 나타낸다.

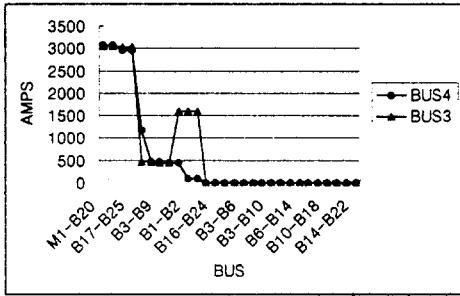


그림 5. 모터에 기여하는 전류값
Fig. 5. Contribution current to the motor

그림 6은 일부 계통도의 전류의 흐름을 부하 형태별로 나타낸 것이다. 부하 형태별로 값의 차이가 그리 크지는 않지만 실제 현장의 데이터와 비교하여 보았을 때 각 모선에서 부하 형태에 따른 전압 강하 변화는 차이가 없으며 전류의 흐름이나, 무효

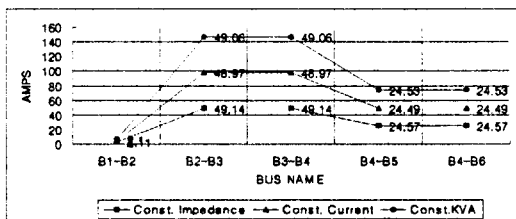


그림 6. 부하 형태에 따른 전류 변화
Fig. 6. Current variation with load type

전력을 비교하여 보았을 때 일정 임피던스가 가장 근사한 값을 나타냄을 알 수 있었다.

그림 7은 전동기 1에 과부하가 걸린 경우의 전동기의 과도특성을 나타낸 것이다.

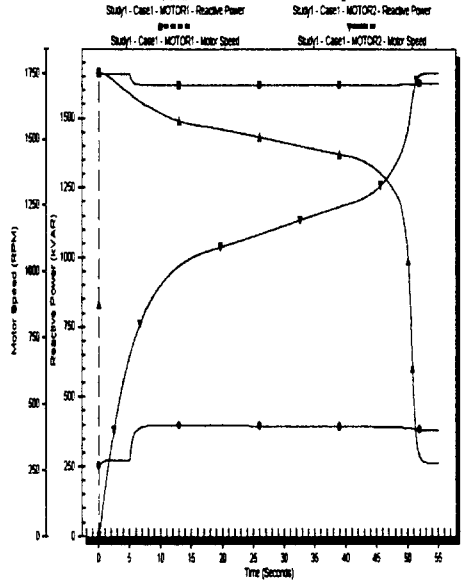


그림 7. 과부하시 전동기의 과도특성
Fig. 7. Transient characteristics of motor

4. 결론

본 연구에서는 각종 설비 data가 충분치 않은 산업용 수변전 설비를 PTW를 이용하여 근사적으로 분석하였다. 각종 cable, 변압기 등의 미진한 입력 자료는 EMTP 등을 이용하여 추정하였으며, 실제 공장 설비를 모델로 하여 분석한 결과 타당성이 입증되었다. 이러한 분석기법은 각종 데이터가 충분한 송전계통과는 달리 설비 데이터가 미진한 중소형 규모의 산업용 수변전 설비의 전기적 특성 분석에 효과적으로 이용될 수 있다.

참고문헌

- [1] SKM Systems Analysis Inc, "DAPPER · TMS reference manual", 1998.
- [2] The westinghouse electric corporation, "Electrical transmission and distribution reference book", 1984.
- [3] IEEE Standard C37.010, 1979.
- [4] Industrial and Commercial Power Systems Technical, IEEE, 1992.
- [5] Computational Intelligence Applications to Power Systems, song, 1996.