

### 1단장주 중성선 전류 계산

서훈철, 박건우, 김철환  
성균관대학교

### Neutral Current Calculation in One Step Type Pole

Hun-Chul Seo, Keon-Woo Park, Chul-Hwan Kim  
SungKyunKwan University

**Abstract** - This paper presents computation of the neutral current using KEPCO's distribution system model which is composed by only one step type poles. The used system model is modelled and simulated by using ATPDraw. And the neutral current is calculated by using EMTP/MODELS.

#### 1. 서 론

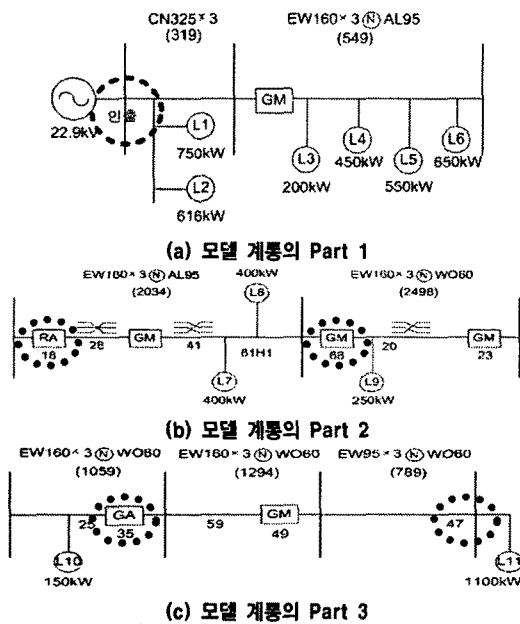
전력계통의 배전 선로에 1단 장주 및 2단 장주를 사용하고 있다. 각 장주에서 3상의 불평형으로 인하여 중성선 전류가 흐른다면 통신선에 유도현상으로 인하여 통신선에 유도장해를 발생시킬 수 있다. 중성선 전류 해석기법으로 등가회로 해석, 벡터해석, EMTF 모의 기법이 개발되었다.

본 논문에서는 1단장주로 구성된 '현저 S/S 급화 D/L'의 한진 실제계통 모델을 ATPDraw를 이용하여 모델링한 후 중성선 전류를 계산하였다. 실제계통 모델에서의 중성선 전류의 특성을 추출하기 위하여 여러 가지 모의조건에 대하여 시뮬레이션을 수행하였으며, 그 결과가 전기설비 기술기준에 제시된 불평형율을 토대로 분석되었다.

#### 2. 모델 계통

##### 2.1 모델 계통

중성선 전류를 모의하기 위한 실제 배전계통은 현저 S/S 급화 D/L로서 다음 그림 1과 같다. 모델계통에는 L1, L2, ..., L11등으로 표시된 부하가 총 11곳에 연결되어 있고 11개 부하 모두 3상 부하이다. 또한, 그림 1의 26, 41 및 20등 3지점에서 선로가 연가되어 있다. 그림 1에서 인출, 18, 68, 35, 47로 표시되어 있는 지점은 상전류 및 중성선 전류의 측정지점이다. 이렇게 선정된 근거는 실제 산업현장에서 이 지점에서 상전류를 측정하여 불평형율을 구하기 때문에, 중성선 전류 계산 시 실제와 조건을 같게 하기 위해서이다.



비고 : ⇒ 중성선 전류 및 상전류 측정 지점  
〈그림 1〉 3부분으로 구분한 실제 배전 계통 모델

##### 2.2 계통 파라미터

그림 1의 모델계통에서의 선종별 파라미터는 다음 표 1과 같다.

〈표 1〉 선종별 대칭분 임피던스

선 종	대칭분 임피던스	정상, 역상 임피던스	영상 임피던스
CN325×3		0.086909+ j0.095433	0.110899+ j0.064709
EW160×3(N)AL95		0.18230+ j0.39005	0.455533+ j1.19897
EW160×3(N)WO60		0.183299+ j0.390052	0.447452+ j1.215660
EW95×3(N)WO60		0.302249+ j0.414386	0.566403+ j1.239990

#### 3. EMTF의 ATPDraw를 이용한 모델링

##### 3.1 부하

그림 1의 11개 부하는 3상부하이다. 3상이 평형을 유지하기 위해서는 3상의 부하 용량이 같아야 한다. 따라서, 각 상에서의 부하 임피던스 값은 다음 식 (1)과 같이 계산된 값을 ATPDraw에서 부하 임피던스로 입력한다. 식 (1)에서 역률  $\cos\theta$ 는 1로 가정하고 부하 임피던스를 계산하였다.

$$Z_{load} = \frac{(V_{LL})^2}{P} \cos\theta = \frac{22.9kV^2}{P} \cos\theta$$

or

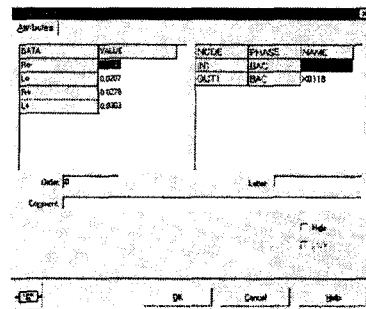
$$Z_{load} = \frac{(V_p)^2}{\frac{P}{3}} \cos\theta = \frac{(22.9kV)^2}{\frac{P}{3}} \cos\theta \quad (1)$$

##### 3.2 선로

단거리 선로에서는 그림 2와 같은 집중정수 선로 모델을 사용한다. 따라서, ATPDraw에서 집중정수 선로 중 대칭분 값으로 입력할 수 있는 컴포넌트를 사용하여 선로 임피던스를 입력하였다. 그림 3의 왼쪽 메뉴의 RO, LO에서 저항 및 인덕턴스의 영상분 임피던스를 입력하고 R+, L+에는 저항 및 인덕턴스의 정상분 임피던스를 입력하였다. 또한 그림 3의 오른쪽 메뉴의 Node, Phase, Name 에 모델계통의 좌측 입력 Node는 "IN1"로, "BAC"는 3상의 배열순서를 그리고, "X0001"은 ATPDraw 모의 계통에서 사용한 선로명을 각각 나타내고 있다. 그리고, 우측 출력 Node는 "OUT1"로, "BAC"는 3상의 배열 순서, 그리고, "X0318"은 모의 계통의 출력 선로명을 나타내었다.



〈그림 2〉 집중정수 선로 모델 컴포넌트



〈그림 3〉 선로정수 입력화면

### 3.3 연가

ATPDraw에서 연가를 하기 위한 컴포넌트는 다음 그림 4와 같다. 이 중 에서 적절한 컴포넌트를 사용하여 연가한다.

- (a) : ABC → BCA로 연가
- (b) : ABC → CAB로 연가
- (c) : ABC → CBA로 연가
- (d) : ABC → ACB로 연가

<그림 4> ATPDraw에서의 연가 컴포넌트

### 3.4 중성선 전류 계산

중성선 전류를 계산하기 위하여 EMTP 프로그램의 프로그램 가능 모델인 EMTP MODELS를 이용하였다. MODELS에서 3상의 전류를 입력으로 받아서 중성선 전류를 구하기 위하여 3상의 전류를 다음 식(2)와 같이 합한 후 식 (3)과 같이 실효치를 계산하도록 구현하였다.

$I_N = I_A + I_B + I_C$ 로 구현한 후 ATPDraw에서 MODELS를 불러와서 중성선 전류를 측정하도록 하였다. MODELS에서 전류는 브랜치의 전류를 입력해야 하므로 스위치 다음에 MODELS를 연결해야 한다. 중성선 전류 계산 부분을 다음 그림 5와 같이 표시하였다.

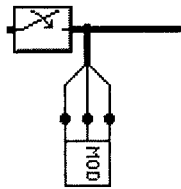
$$I_A \text{의 순시치: } I_A$$

$$I_B \text{의 순시치: } I_B$$

$$I_C \text{의 순시치: } I_C$$

$$I_N = I_A + I_B + I_C \text{이며,} \tag{2}$$

$$RMS \ I_N = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I_N^2 dt} \tag{3}$$

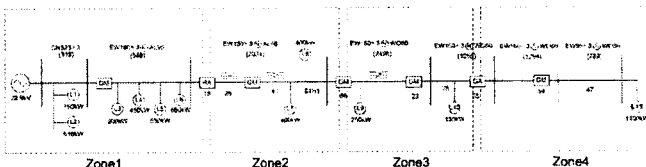


<그림 5> ATPDraw에서 MODELS의 사용

### 4. 불평형인 경우의 중성선 전류 계산을 위한 모의 조건

모델 계통의 부하는 전체 11개가 있다. 각 부하에 대하여 변화 시키면서 모의하기에는 모의할 양이 너무 방대하므로, 특성 추출을 고려하여 4가지 경우로 구분하여 모의하기로 한다. 또한, 모든 경우에 대하여 부하 불평형비는 1.5:1.2:1로 하며, Case에 따라 이러한 비율을 a, b, c상을 변화시켜 모의하였다.

우선, 모델 계통을 중성선 전류의 측정점을 기준으로 하여 다음 그림 6과 같이 4개의 영역으로 나눈 후, 각 영역에서 하나의 부하를 선택하여 변화시키도록 한다. 또한, 선택된 각 영역에서는 부하 용량이 가장 큰 것을 선정하는데, Zone1에서는 L1 부하, Zone2에서는 L7 부하, Zone3에서는 L9 부하, Zone4에서는 L11 부하를 선택한다.



<그림 6> 모델 계통을 중성선 전류의 측정점을 기준으로 구분한 도면

특성 추출을 고려하여 그림 6의 모델계통에서 부하 불평형이 발생할 수 있는 조건을 다음과 같이 나눌 수 있다.

- A. 4가지 영역 중 하나의 영역에서만 부하 불평형이 발생한 경우
- B. 4가지 영역 중 두가지 영역에서 부하 불평형이 발생한 경우
- C. 4가지 영역 중 세가지 영역에서 부하 불평형이 발생한 경우
- D. 4가지 영역 모두에서 부하 불평형이 발생한 경우

### 5. 비교 분석

각 조건에 대하여 중성선 전류 계산을 수행하였다. 여러 조건에 대한 계

산 결과를 분석하는 것이 필요하다. 따라서, 불평형율을 이용하기로 한다. 불평형율은 전기설비기술기준에 다음 식 (4)와 같이 구할 수 있다.

$$\text{불평형율} = \frac{\text{각 선간에 접속되는 단상부하 총 설비 용량의 최대와 최소의 차}}{\text{총부하 설비 용량의 } 1/3} \times 100 \tag{4}$$

각 측정지점에서 각 선간에 접속되는 단상부하 총 설비 용량을 알 수 없다. 그렇지만, 각 측정지점에서 상전류는 알 수 있다.  $P=VI$ 에서 부하용량은 전류에 비례하므로 식 (4)를 다음 식 (5)와 같이 수정하도록 한다.

$$\text{불평형율} = \frac{\text{3상전류중최대와최소의차}}{\text{3상의전류합의}1/3} \times 100 \tag{5}$$

다음은 실제 현저 S/S 급화 D/L에서 식 (5)와 같이 불평형율을 계산한 예이다. 부하 불평형 시정 전 급화 D/S인출에서 A상의 전류는 80, B상의 전류는 102, C상의 전류는 79이고, 불평형율은 26.4%이다. 여기에서 3상의 전류에 대하여 식 (5)와 같이 계산하면 다음 식 (6)과 같다.

$$\text{불평형율} = \frac{102 - 79}{(80 + 102 + 79)/3} \times 100 = 26.4\% \tag{6}$$

따라서, 부하용량대신 3상의 상전류로 불평형율을 계산하여도 그 결과 역시 동일함을 알 수 있다.

### 5.1 모의결과 검토

모의결과 도출할 수 있는 전체적인 경향은 다음과 같다.

- ① 여러 부하 중 하나의 부하에서만 불평형이 발생한 경우 3상 중 어느 특 정상에서 부하 불평형 비율이 높은 것과 상관없이 3상의 부하 불평형 비 율이 같다면 중성선 전류 또한 같고 따라서 불평형율도 또한 같다.
- ② 두 가지 이상의 영역에서 부하 불평형이 발생하여 중성선 전류가 흐름 경우에 동일 상에서 부하 불평형 비율의 조합이 높은 경우가 많을수록 불평형율이 높아지는 경향이 있다.
- ③ 부하 불평형의 위치가 전원단에서 멀어질수록 불평형율이 커진다.
- ④ 부하 불평형 발생 영역에서 가장 가까운 측정지점이 불평형율이 높다.
- ⑤ 각 측정지점이 부하 불평형의 영향을 받는 정도가 같을 경우 측정지점 이 전원측으로부터 먼 지점일수록 불평형율이 높게 나타난다.

### 6. 결 론

본 논문에서는 현저 S/S 급화 D/L의 실 배전계통 모델을 이용하여 중성 선 전류를 계산하였다. 실 배전계통 모델을 ATPDraw를 이용하여 모델링 한 후 여러 가지 모의조건 표를 구성하여 중성선 전류를 계산하였다. 그 계 산 결과를 토대로 비교분석을 수행하였으며, 그 결과는 상기 5.1절에 제시 되었다.

이러한 중성선 전류 계산 결과 및 실제계통에서의 불평형율 경향 분석 결 과는 상시유도저감 대책 수립에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.