

## 발송 배전기술사 실력배양 문제

이귀일 | 유석산업(주) 대표이사 e-mail : lki@unitel.co.kr

[문제1] 송전선로 모선(S) 1개와 수전단 모선(R) 1개로 구성된 송전선로의 모선

어드미턴스 행렬이  $\begin{bmatrix} \dot{Y}_{SS} & \dot{Y}_{SR} \\ \dot{Y}_{RS} & \dot{Y}_{RR} \end{bmatrix}$  인 경우, 다음을 구하여라.

(a) 모선임피던스 행렬.

(b) 4단자 정수 A, B, C, D

[25점, 과년도 문제]

[풀이] 어드미턴스 4단자 행렬식을 세우고, 이것을 임피던스 행렬식, 또는 4단자 정수 식으로 유도하여 풀어본다.

< 주어진 모선 어드미턴스 파라미터행렬 >



$$\begin{bmatrix} I_S \\ I_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{SS} & Y_{SR} \\ Y_{RS} & Y_{RR} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_S \\ V_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{SS} V_S + Y_{SR} V_R \\ Y_{RS} V_S + Y_{RR} V_R \end{bmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} I_S = Y_{SS} V_S + Y_{SR} V_R \\ I_R = Y_{RS} V_S + Y_{RR} V_R \end{pmatrix} \quad \text{————— ①}$$

(a) 모선 임피던스 파라미터행렬 산출

①식을 임피던스 매개변수로 표현된 전압방정식으로 유도하면,

$$Y_{SS} V_S = I_S - Y_{SR} V_R \rightarrow V_S = \frac{1}{Y_{SS}} I_S - \frac{Y_{SR}}{Y_{SS}} V_R \quad \text{————— ②}$$

$$Y_{RR} V_R = I_R - Y_{RS} V_S \rightarrow V_R = \frac{1}{Y_{RR}} I_R - \frac{Y_{RS}}{Y_{RR}} V_S \quad \text{————— ③}$$

③식을 ②식에 대입하면,

$$V_S = \frac{I_S}{Y_{SS}} - \frac{Y_{SR}}{Y_{SS}} \left( \frac{I_R}{Y_{RR}} - \frac{Y_{RS}}{Y_{RR}} V_S \right) = \frac{I_S}{Y_{SS}} - \frac{Y_{SR}}{Y_{SS} Y_{RR}} I_R + \frac{Y_{RS} Y_{SR}}{Y_{SS} Y_{RR}} V_S$$

$$\left(1 - \frac{Y_{RS} Y_{SR}}{Y_{SS} Y_{RR}}\right) V_S = \frac{1}{Y_{SS}} I_S - \frac{Y_{SR}}{Y_{SS} Y_{RR}} I_R \quad \text{이것을 정리하면,}$$

$$V_S = \frac{1}{Y_{SS}} \frac{Y_{SS} Y_{RR}}{Y_{SS} Y_{RR} - Y_{SR} Y_{RS}} I_S - \frac{Y_{SR}}{Y_{SS} Y_{RR}} \frac{Y_{SS} Y_{RR}}{Y_{SS} Y_{RR} - Y_{SR} Y_{RS}} I_R$$

$$= \frac{Y_{RR}}{Y_{SS} Y_{RR} - Y_{SR} Y_{RS}} I_S - \frac{Y_{SR}}{Y_{SS} Y_{RR} - Y_{SR} Y_{RS}} I_R \quad \text{----- ⑤}$$

②, ③식을 같은 방법으로  $V_R$ 에 대입하면,

$$V_R = \frac{-Y_{RS}}{Y_{SS} Y_{RR} - Y_{SR} Y_{RS}} I_S + \frac{Y_{SS}}{Y_{SS} Y_{RR} - Y_{SR} Y_{RS}} I_R \quad \text{----- ⑥}$$

⑤, ⑥식을 임피던스 4단자행렬식으로 표시하면,

$$\left. \begin{aligned} V_S &= Z_{SS} I_S + Z_{SR} I_R \\ V_R &= Z_{RS} I_S + Z_{RR} I_R \end{aligned} \right) \quad \text{이므로, 모선 임피던스 행렬식은,}$$

$$\left. \begin{aligned} V_S &= \frac{Y_{RR}}{Y_{SS} Y_{RR} - Y_{SR} Y_{RS}} I_S + \frac{-Y_{SR}}{Y_{SS} Y_{RR} - Y_{SR} Y_{RS}} I_R \\ V_R &= \frac{-Y_{RS}}{Y_{SS} Y_{RR} - Y_{SR} Y_{RS}} I_S + \frac{Y_{SS}}{Y_{SS} Y_{RR} - Y_{SR} Y_{RS}} I_R \end{aligned} \right) \quad \text{----- ⑦}$$

으로 된다.

(b) 어드미턴드 파라미터행렬을 4단자 정수로 환산



$$\begin{bmatrix} I_S \\ I_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{SS} & Y_{SR} \\ Y_{RS} & Y_{RR} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_S \\ V_R \end{bmatrix} \quad \text{----- ①}$$

여기서, 4단자정수 표시에는 수전단 전류방향이 반대가 된다.



①식 파라미터의 수전단전류를 반대로 흘리기 위해서는 수전단 전압이  $-V_R$ 이 된다. 따라서 어드미턴드 행렬의 수전단 전류방향을 바꾸면 4단자 정수로 환산 할수 있다

$$\begin{bmatrix} I_S \\ I_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{SS} & Y_{SR} \\ Y_{RS} & Y_{RR} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_S \\ -V_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{SS} V_S - Y_{SR} V_R \\ Y_{RS} V_S - Y_{RR} V_R \end{bmatrix}$$

$$I_S = Y_{SS} V_S - Y_{SR} V_R \quad \text{-----} \quad ①$$

$$I_R = Y_{RS} V_S - Y_{RR} V_R \quad \text{-----} \quad ②$$

위의 ②식에서 송전단 전압  $V_S$ 로 유도하면,

$$Y_{RS} V_S = I_R + Y_{RR} V_R, \quad V_S = \frac{1}{Y_{RS}} I_R + \frac{Y_{RR}}{Y_{RS}} V_R \quad \text{-----} \quad ③$$

③식을 ①식에 대입하여 정리하면,

$$\begin{aligned} I_S &= Y_{SS} \left( \frac{1}{Y_{RS}} I_R + \frac{Y_{RR}}{Y_{RS}} V_R \right) - Y_{SR} V_R = \frac{Y_{SS}}{Y_{RS}} I_R + \left( \frac{Y_{SS} Y_{RR}}{Y_{RS}} - Y_{SR} \right) V_R \\ &= \frac{Y_{SS}}{Y_{RS}} I_R + \frac{1}{Y_{RS}} (Y_{SS} Y_{RR} - Y_{SR} Y_{RS}) V_R \quad \text{-----} \quad ④ \end{aligned}$$

③, ④식을 4단자 정수식으로 표시하면,

$$\begin{bmatrix} V_S \\ I_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{Y_{RR}}{Y_{RS}} V_R + \frac{1}{Y_{RS}} I_R \\ \frac{Y_{SS} Y_{RR} - Y_{SR} Y_{RS}}{Y_{RS}} V_R + \frac{Y_{SS}}{Y_{RS}} I_R \end{bmatrix} \quad \text{-----} \quad ⑤$$

⑤식은 4단자 정수식이므로 4단자 정수 A, B, C, D는,

$$A = \frac{Y_{RR}}{Y_{RS}}, \quad B = \frac{1}{Y_{RS}}, \quad C = \frac{Y_{SS} Y_{RR} - Y_{SR} Y_{RS}}{Y_{RS}}, \quad D = \frac{Y_{SS}}{Y_{RS}}$$

$$\text{검산: } AD - BC = \frac{Y_{RR}}{Y_{RS}} \frac{Y_{SS}}{Y_{RS}} - \frac{Y_{SS} Y_{RR} - Y_{SR} Y_{RS}}{Y_{RS}^2} = \frac{Y_{SR} Y_{RS}}{Y_{RS}^2} = \frac{Y_{SR}}{Y_{RS}} = 1$$

$$(\because Y_{SR} = Y_{RS} \text{ 이므로})$$

**[문제2]** 전력계통의 고조파 발생원인, 그 영향 및 대책에 대해 기술하십시오.

**[답안요약]**

**1. 고조파 발생원**

- 1) RECTIFIER
- 2) DC MOTOR DRIVE (CONVERTER / INVERTER)
- 3) UPS
- 4) CYCLO CONVERTER
- 5) ARC FURNACE (전기로)

- 6) 선로 CORONA 방전
- 7) 변압기 여자전류에 의한 자기포화
- 8) 3상 선로의 불평형 전류
- 9) 소호 REACTER 접지의 직렬공진
- 10) 전력 CONDENSOR

## 2. 고조파 발생 원인

### 1) RECTIFIER류의 고조파 발생

정류기, 콘버터, 인버터, UPS 및 CYCLO 콘버터는 교류-직류 변환장치로서 3상 전파성류를 할 경우 정류기에 입력되는 전류는

$$I_{ac} = \frac{2\sqrt{3}}{\pi} I_d (\cos\theta - \frac{1}{3}\cos 3\theta - \frac{1}{5}\cos 5\theta - \frac{1}{7}\cos 7\theta \dots)$$

와 같이 되는데, 여기서 3, 5, 7... n+1 조파의 고조파 전류를 발생시킨다.

### 2) 전기로

전기의 단락시 발생하는 열을 이용하여 철을 녹이는 장치로서 ARC의 전차적 맥동에 의하여 고조파가 발생한다.

### 3) CORONA 방전

송전선의 도체표면에 전위경도가 30[kV/cm]를 넘을 경우 교류전압의 반파마다 CORONA 방전이 일어나 고조파가 발생한다.

### 4) 변압기의 여자전류

변압기철심에 HISTERISYS가 있기 때문에 여자전류와 자속과는 한쪽이 정형파일 경우에 다른쪽은 왜파가 된다. 따라서 변압기 결선에 따라서는 여자전류의 왜파가 선로에 나타나서 고조파가 발생된다.

### 5) 3상선로의 불평형

3상 불평형, 지락고장시 중심선에 제3고조파 등 고조파가 발생된다.

### 6) 소호 리액터 접지, 분로 리액터

송전선로의 정전용량에 불평형이 있으면 대지정전용량과 리액터가 직렬공진을 일으켜서 고조파가 발생된다.

### 3. 고조파에 의한 문제점.

- 1) 과도한 전류가 흐른다.
  - BUS BAR, 케이블, 변압기, SWGR에 과열이 발생한다.
  - FUSE의 불필요한 동작이나 SWGR의 TRIP발생.
  - 불평형 전류가 흘러서 보호계전기의 불필요한 동작을 야기함.
  - 콘덴서에 과부하가 걸리어 FUSE가 자주 동작한다.
- 2) 병렬공진에 의한 과전압이 발생하여 기기의 절연을 파괴한다.
- 3) 3고조파는 통신선에 유도장해를 일으키고, MOTOR에 역상 TORQUE를 발생하여 과열시킨다.
- 4) R-TV잡음, 전력손실을 일으킨다.

### 4. 고조파에 대한 대책.

- 1) 고조파 공진을 없애기 위해서 공진점을 계통의 전기 기기가 발생하지 않는 고조파로 옮기는 방법이나 계통운전 방법을 바꾼다.
- 2) 고조파가 발생하는 지점에 직렬공진하는 고조파 SHUNT FILTER를 설치하여 해당고조파를 제거한다.
- 3) 전력 콘덴서가 고조파 공진을 일으킬 경우는 콘덴서 위치나 크기를 변경하거나, 공진을 제거하기 위하여 직렬리액터를 설치한다.
- 4) CORONA가 발생되지 않도록 표면전위강도를 낮추거나 복도체 사용, 표면을 매끄럽게 한다.