

○ 전차선로의 선간 어드미턴스(각조파별 측정후 계산)

$$① T1 - T2 : Y_{TT2} = \frac{A}{V_{TT2}} \angle -\theta_{TT2}$$

$$② F1 - F2 : Y_{FF2} = \frac{A}{V_{FF2}} \angle -\theta_{FF2}$$

$$③ T1 - F2 : Y_{TF2} = \frac{A}{V_{TF2}} \angle -\theta_{TF2}$$

$$④ T1 - F1 : Y_{TF1} = \frac{A}{V_{TF1}} \angle -\theta_{TF1}$$

$$⑤ T1 - R : Y_{TR} = \frac{A}{V_{TR}} \angle -\theta_{TR}$$

$$⑥ F1 - R : Y_{FR} = \frac{A}{V_{FR}} \angle -\theta_{FR}$$

⑦ F2 - R (대칭구조, 6항과 동일)

⑧ T2 - R (대칭구조, 5항과 동일)

⑨ T2 - F1 (대칭구조, 3항과 동일)

⑩ T2 - F2 (대칭구조, 4항과 동일)

시험 회로도도 다음과 같다. 변전소를 개방시키고 시험을 한다.

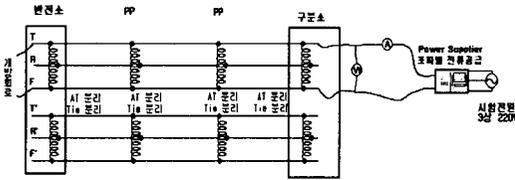


그림 4. 회로정수 선간어드미턴스 측정회로도

4. 10단자망 모델을 위한 선로정수 측정

10단자망 모델은 5도체군 선로정수를 필요로 하므로 상·하 전차선, 레일, 상·하 급전선의 5가지 선로정수를 측정하였다.

가) 자기 및 상호 임피던스

그림 5는 전철변전소와 병렬급전소 구간의 전차선로 회로 구성도를 나타낸 것이다. 병렬급전소에서 모든 도체군을 단락시킴으로써 폐회로를 구성하였다.

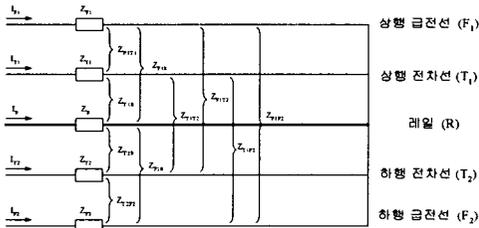


그림 5. 전차선로 회로도

전차선로 회로도의 전류, 전압강하 관계를 나타내면 식 (1)과 같은 25개의 임피던스 행렬 요소로 표현된다.

$$\begin{bmatrix} \Delta V_{F1} \\ \Delta V_{T1} \\ \Delta V_R \\ \Delta V_{T2} \\ \Delta V_{F2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{F1F1} & Z_{F1T1} & Z_{FR} & Z_{F1T2} & Z_{FF2} \\ Z_{T1F1} & Z_{T1T1} & Z_{TR} & Z_{T1T2} & Z_{TF2} \\ Z_{RF1} & Z_{RT1} & Z_{RR} & Z_{RT2} & Z_{RF2} \\ Z_{T2F1} & Z_{T2T1} & Z_{TR} & Z_{T2T2} & Z_{TF2} \\ Z_{F2F1} & Z_{F2T1} & Z_{FR} & Z_{F2T2} & Z_{FF2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{F1} \\ I_{T1} \\ I_R \\ I_{T2} \\ I_{F2} \end{bmatrix} \quad (1)$$

전차선로의 대칭구조에 의해 식 (1)에서 상호 임피던스는 대칭성을 나타내므로 필요한 행렬 요소는 9개가 된다. 이들 9개의 행렬 요소에 의해 식 (1)은 식 (2)와 같이 표현된다.

$$\begin{bmatrix} \Delta V_{F1} \\ \Delta V_{T1} \\ \Delta V_R \\ \Delta V_{T2} \\ \Delta V_{F2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} {}^2Z_F & {}^6Z_{TF1} & {}^3Z_{FR} & {}^8Z_{TF2} & {}^5Z_{FF} \\ & {}^1Z_T & {}^7Z_{TR} & {}^4Z_{TT} & {}^9Z_{TF2} \\ & & & & \\ & & {}^3Z_R & {}^2Z_{TR} & {}^3Z_{FR} \\ & & & {}^1Z_T & {}^6Z_{TF1} \\ & & & & {}^2Z_F \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{F1} \\ I_{T1} \\ I_R \\ I_{T2} \\ I_{F2} \end{bmatrix} \quad (2)$$

가. 전차선로의 전압-전류 측정

각각의 임피던스 행렬 요소를 도출하기 위해 그림 9의 변전소단에서 도체 단자들의 서로 다른 총 6가지 조합에 대해 전압 전류를 측정하였다.

1) T1-T2단자에 전류(I)를 인가해서, 전압측정(V)

$$\begin{bmatrix} \Delta V_{F1} \\ \Delta V_{T1} \\ \Delta V_R \\ \Delta V_{T2} \\ \Delta V_{F2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_F & Z_{TF1} & Z_{FR} & Z_{TF2} & Z_{FF} \\ Z_{TF1} & Z_T & Z_{TR} & Z_{TT} & Z_{TF2} \\ Z_{FR} & Z_{TR} & Z_R & Z_{TR} & Z_{FR} \\ Z_{TF2} & Z_{TT} & Z_{TR} & Z_T & Z_{TF1} \\ Z_{FF} & Z_{TF2} & Z_{FR} & Z_{TF1} & Z_F \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I \\ \\ \\ -I \\ \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$V = \Delta V_{T1} - \Delta V_{T2} = I * (Z_T - Z_{TT})$$

2) T1-R단자에 전류(I)를 인가해서, 전압측정(V)

$$\begin{bmatrix} \Delta V_{F1} \\ \Delta V_{T1} \\ \Delta V_R \\ \Delta V_{T2} \\ \Delta V_{F2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_F & Z_{TF1} & Z_{FR} & Z_{TF2} & Z_{FF} \\ Z_{TF1} & Z_T & Z_{TR} & Z_{TT} & Z_{TF2} \\ Z_{FR} & Z_{TR} & Z_R & Z_{TR} & Z_{FR} \\ Z_{TF2} & Z_{TT} & Z_{TR} & Z_T & Z_{TF1} \\ Z_{FF} & Z_{TF2} & Z_{FR} & Z_{TF1} & Z_F \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I \\ \\ -I \\ \\ \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$V = \Delta V_{T1} - \Delta V_R = I * (Z_T - Z_{TR} + Z_R)$$

3) T1-F1단자에 전류(I)를 인가해서, 전압측정(V)

$$\begin{bmatrix} \Delta V_{F1} \\ \Delta V_{T1} \\ \Delta V_R \\ \Delta V_{T2} \\ \Delta V_{F2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_F & Z_{TF1} & Z_{FR} & Z_{TF2} & Z_{FF} \\ Z_{TF1} & Z_T & Z_{TR} & Z_{TT} & Z_{TF2} \\ Z_{FR} & Z_{TR} & Z_R & Z_{TR} & Z_{FR} \\ Z_{TF2} & Z_{TT} & Z_{TR} & Z_T & Z_{TF1} \\ Z_{FF} & Z_{TF2} & Z_{FR} & Z_{TF1} & Z_F \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -I \\ I \\ \\ \\ \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$V = \Delta V_{T1} - \Delta V_{F1} = I * (Z_T - Z_{TT} + Z_{TF1} + Z_F)$$

4) T1-F2단자에 전류(I)를 인가해서, 전압측정(V)

$$\begin{bmatrix} \Delta V_{F1} \\ \Delta V_{T1} \\ \Delta V_R \\ \Delta V_{T2} \\ \Delta V_{F2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_F & Z_{TF1} & Z_{FR} & Z_{TF2} & Z_{FF} \\ Z_{TF1} & Z_T & Z_{TR} & Z_{TT} & Z_{TF2} \\ Z_{FR} & Z_{TR} & Z_R & Z_{TR} & Z_{FR} \\ Z_{TF2} & Z_{TT} & Z_{TR} & Z_T & Z_{TF1} \\ Z_{FF} & Z_{TF2} & Z_{FR} & Z_{TF1} & Z_F \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \\ I \\ \\ -I \\ \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$V = \Delta V_{T1} - \Delta V_{F2} = I * (Z_T - Z_{TT} + Z_{TF2} + Z_F)$$

(참고) T2-R, T2-F1, T2-F2단자에서의 수식은 앞의 수식과 선형종속관계

5) R-F1단자에 전류(I)를 인가해서, 전압측정(V)

$$\begin{bmatrix} \Delta V_{F1} \\ \Delta V_{T1} \\ \Delta V_R \\ \Delta V_{T2} \\ \Delta V_{F2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_F & Z_{TF1} & Z_{FR} & Z_{TF2} & Z_{FF} \\ Z_{TF1} & Z_T & Z_{TR} & Z_{TT} & Z_{TF2} \\ Z_{FR} & Z_{TR} & Z_R & Z_{TR} & Z_{FR} \\ Z_{TF2} & Z_{TT} & Z_{TR} & Z_T & Z_{TF1} \\ Z_{FF} & Z_{TF2} & Z_{FR} & Z_{TF1} & Z_F \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I \\ \\ I \\ \\ \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$V = \Delta V_R - \Delta V_{F1} = I * (Z_R - Z_{TR} + Z_{FR})$$

(참고) R-F2단자에서의 수식은 위의 수식과 선형종속관계

6) F1-F2단자에 전류(I)를 인가해서, 전압측정(V)

$$\begin{bmatrix} \Delta V_{F1} \\ \Delta V_{T1} \\ \Delta V_R \\ \Delta V_{T2} \\ \Delta V_{F2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_F & Z_{TF1} & Z_{FR} & Z_{TF2} & Z_{FF} \\ Z_{TF1} & Z_T & Z_{TR} & Z_{TT} & Z_{TF2} \\ Z_{FR} & Z_{TR} & Z_R & Z_{TR} & Z_{FR} \\ Z_{TF2} & Z_{TR} & Z_{TR} & Z_T & Z_{TF1} \\ Z_{FF} & Z_{TF2} & Z_{FR} & Z_{TF1} & Z_F \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I \\ \\ \\ \\ -I \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$V = \Delta V_{F1} - \Delta V_{F2} = I * (2ZF - 2ZFF)$$

(참고)COMMON(T1,T2)-R, R-COMMON(F1,F2), COMMON(T1,T2) - COMMON(F1,F2)단자에서의 수식은 위의 수식과 선형종속관계가 된다. 각 측정할 전압-전류 관계에 의해 임피던스를 도출한다.

나) 선간 어드미턴스

그림 6은 전철변전소와 급전구분소의 전차선로 회로 구성도를 나타낸 것이다. 모든 도체군을 개방시킴으로서 각 도체군의 자기 임피던스와 상호 임피던스, 선간 어드미턴스를 T형 등가회로로 나타내었다.

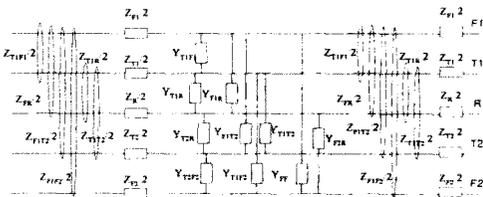


그림 6. T형 등가회로 Δ결선

선간 어드미턴스는 Δ결선으로 되어있으므로 구하기가 매우 복잡하다. 따라서 위 회로도로부터 Δ결선을 Y결선으로 변환하여 자기 어드미턴스를 구한 후, 역으로 Y Δ 변환 관계를 통해 선간 어드미턴스를 구한다. 선간 어드미턴스 Y결선과 Δ결선의 관계는 다음 그림 7과 같다.

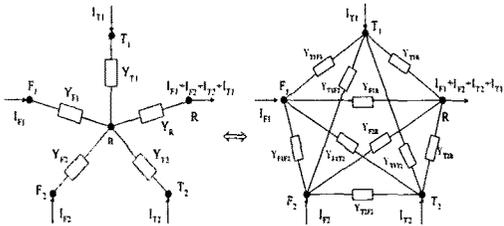


그림 7. Y Δ 변환

Y 결선의 회로 방정식:

그림 7의 Y결선 그림에 KCL을 적용하였을 때 전류관계를 나타내면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} Y_{F1}V_{F1} - Y_{F1}V_n &= I_{F1} \\ Y_{T1}V_{T1} - Y_{T1}V_n &= I_{T1} \\ Y_{F2}V_{F2} - Y_{F2}V_n &= I_{F2} \\ Y_{T2}V_{T2} - Y_{T2}V_n &= I_{T2} \\ -Y_{F1}V_{F1} - Y_{T1}V_{T1} - Y_{F2}V_{F2} - Y_{T2}V_{T2} \\ &+ (Y_{F1} + Y_{T1} + Y_{F2} + Y_{T2} + Y_n)V_n = 0 \end{aligned} \quad (9)$$

식 (9)의 마지막 식을 V_n 으로 정리하고 위 나머지 식에 대입하면 다음 식들과 같다.

$$\textcircled{1} \frac{Y_n Y_{F1}}{Y_n + Y_{T1} + Y_{F2} + Y_{T2} + Y_n} V_n = \frac{Y_n Y_{F1}}{Y_n + Y_{T1} + Y_{F2} + Y_{T2} + Y_n} V_n$$

$$\begin{aligned} \textcircled{2} \frac{Y_n Y_{T1}}{Y_n + Y_{T1} + Y_{F2} + Y_{T2} + Y_n} V_n &= \frac{Y_n Y_{T1}}{Y_n + Y_{T1} + Y_{F2} + Y_{T2} + Y_n} V_n \\ \textcircled{3} \frac{Y_n Y_{F2}}{Y_n + Y_{T1} + Y_{F2} + Y_{T2} + Y_n} V_n &= \frac{Y_n Y_{F2}}{Y_n + Y_{T1} + Y_{F2} + Y_{T2} + Y_n} V_n \\ \textcircled{4} \frac{Y_n Y_{T2}}{Y_n + Y_{T1} + Y_{F2} + Y_{T2} + Y_n} V_n &= \frac{Y_n Y_{T2}}{Y_n + Y_{T1} + Y_{F2} + Y_{T2} + Y_n} V_n \end{aligned} \quad (10)$$

Δ결선의 회로 방정식:

그림 7의 Δ결선 그림에 대해서도 회로 방정식을 세우면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \textcircled{1} (Y_{T1} - Y_{FR} + Y_{R,T1} + Y_{FR2})V_{T1} - Y_{T1}V_n - Y_{FR2}V_{F2} - Y_{FR1}V_{F1} &= I_{T1} \\ \textcircled{2} Y_{FR1}V_{F1} + (Y_{FR1} + Y_{R,T1} + Y_{FR2})V_n - Y_{FR2}V_{F2} - Y_{FR1}V_{T1} &= I_{F1} \\ \textcircled{3} Y_{FR2}V_{F2} - Y_{FR1}V_{F1} + (Y_{FR2} + Y_{R,T2} + Y_{FR1})V_{T2} - Y_{FR2}V_n &= I_{F2} \\ \textcircled{4} -Y_{FR1}V_{F1} - Y_{FR2}V_{F2} - Y_{FR2}V_n + (Y_{R,T1} + Y_{R,T2} + Y_{FR1} + Y_{FR2})V_R &= I_R \end{aligned} \quad (11)$$

Y 결선의 회로 방정식과 Δ결선의 회로 방정식을 비교하여 Δ결선의 선간 어드미턴스를 유도하였다.

$$\begin{aligned} Y_{TF1} &= \frac{Y_{T1}Y_{F1}}{Y_{F1} + Y_{T1} + Y_{F2} + Y_{T2} + Y_R} & Y_{TF2} &= \frac{Y_{T2}Y_{F2}}{Y_{F1} + Y_{T1} + Y_{F2} + Y_{T2} + Y_R} \\ Y_{FR1} &= \frac{Y_{F1}Y_{F2}}{Y_{F1} + Y_{T1} + Y_{F2} + Y_{T2} + Y_R} & Y_{FR2} &= \frac{Y_{F2}Y_{F1}}{Y_{F1} + Y_{T1} + Y_{F2} + Y_{T2} + Y_R} \\ Y_{TR1} &= \frac{Y_{T1}Y_{T2}}{Y_{F1} + Y_{T1} + Y_{F2} + Y_{T2} + Y_R} & Y_{TR2} &= \frac{Y_{T2}Y_{T1}}{Y_{F1} + Y_{T1} + Y_{F2} + Y_{T2} + Y_R} \\ Y_{TF2} &= \frac{Y_{T1}Y_{T2}}{Y_{F1} + Y_{T1} + Y_{F2} + Y_{T2} + Y_R} & Y_{FR1} &= \frac{Y_{F1}Y_{F2}}{Y_{F1} + Y_{T1} + Y_{F2} + Y_{T2} + Y_R} \\ Y_{TR2} &= \frac{Y_{T2}Y_{F2}}{Y_{F1} + Y_{T1} + Y_{F2} + Y_{T2} + Y_R} & Y_{TR1} &= \frac{Y_{T1}Y_{F1}}{Y_{F1} + Y_{T1} + Y_{F2} + Y_{T2} + Y_R} \end{aligned} \quad (12)$$

Δ결선을 Y결선으로 변환시켜 자기 어드미턴스를 구하기 위해 T형 등가회로 Δ결선을 Y결선으로 변환시키면 그림 8과 같다.

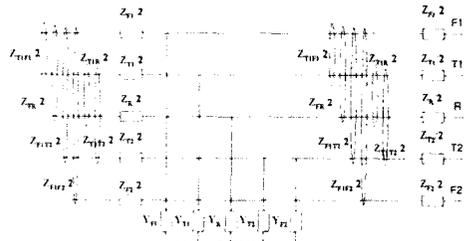


그림 8. T형 등가회로 Y결선

위 T형 등가회로 Y결선을 행렬관계로 나타내면 식 (13)과 같다.

$$\begin{bmatrix} \Delta V_n \\ \Delta V_{F1} \\ \Delta V_{T1} \\ \Delta V_R \\ \Delta V_{T2} \\ \Delta V_{F2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_n & Z_{n1} - 2Y_{n1} & Z_n - 2Y_{n1} & Z_{n2} - 2Y_{n2} & Z_n - 2Y_{n2} \\ Z_{n1} - 2Y_{n1} & Z_n & Z_n - 2Y_{n1} & Z_{n2} - 2Y_{n2} & Z_n - 2Y_{n2} \\ Z_n - 2Y_{n1} & Z_n - 2Y_{n1} & Z_n & Z_{n2} - 2Y_{n2} & Z_n - 2Y_{n2} \\ Z_{n2} - 2Y_{n2} & Z_{n2} - 2Y_{n2} & Z_{n2} - 2Y_{n2} & Z_n & Z_n - 2Y_{n2} \\ Z_n - 2Y_{n2} & Z_n - 2Y_{n2} & Z_n - 2Y_{n2} & Z_n - 2Y_{n2} & Z_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_n \\ I_{F1} \\ I_{T1} \\ I_R \\ I_{T2} \\ I_{F2} \end{bmatrix} \quad (13)$$

전압, 전류 관계식으로부터 선간 어드미턴스를 도출하기 위한 과정은 다음과 같다.

가. 전차선로의 전압 전류 측정

1) T1 T2단자에 전압(V)을 인가해서, 전류측정(I)

$$\begin{bmatrix} \Delta V_n \\ \Delta V_{F1} \\ \Delta V_{T1} \\ \Delta V_R \\ \Delta V_{T2} \\ \Delta V_{F2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_n & Z_{n1} - 2Y_{n1} & Z_n - 2Y_{n1} & Z_{n2} - 2Y_{n2} & Z_n - 2Y_{n2} \\ Z_{n1} - 2Y_{n1} & Z_n & Z_n - 2Y_{n1} & Z_{n2} - 2Y_{n2} & Z_n - 2Y_{n2} \\ Z_n - 2Y_{n1} & Z_n - 2Y_{n1} & Z_n & Z_{n2} - 2Y_{n2} & Z_n - 2Y_{n2} \\ Z_{n2} - 2Y_{n2} & Z_{n2} - 2Y_{n2} & Z_{n2} - 2Y_{n2} & Z_n & Z_n - 2Y_{n2} \\ Z_n - 2Y_{n2} & Z_n - 2Y_{n2} & Z_n - 2Y_{n2} & Z_n - 2Y_{n2} & Z_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_n \\ I_{F1} \\ I_{T1} \\ I_R \\ I_{T2} \\ I_{F2} \end{bmatrix} \quad (14)$$

$$V_{TT} = \Delta V_{T1} - \Delta V_{T2} = I_{TT} * (Z_T - Z_{TT} + (\frac{1}{Y_{T1}} + \frac{1}{Y_{T2}}))$$

2) T1-R단자에 전압(V)을 인가해서, 전류측정(I)

$$\begin{bmatrix} dV_{T1} \\ dV_{C1} \\ dV_R \\ dV_{T2} \\ dV_{R2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_0 & Z_{0R} - Z_{T1} & Z_0 - Z_{T1} & Z_{0R} - Z_{T1} & Z_0 - Z_{T1} \\ Z_{0R} - Z_{T1} & Z_0 & Z_0 - Z_{T1} & Z_{0R} - Z_{T1} & Z_{0R} - Z_{T1} \\ Z_0 - Z_{T1} & Z_0 - Z_{T1} & Z_0 & Z_0 - Z_{T1} & Z_0 - Z_{T1} \\ Z_{0R} - Z_{T1} & Z_{0R} - Z_{T1} & Z_0 - Z_{T1} & Z_0 & Z_{0R} - Z_{T1} \\ Z_0 - Z_{T1} & Z_{0R} - Z_{T1} & Z_0 - Z_{T1} & Z_{0R} - Z_{T1} & Z_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I \\ I \\ -I \\ I \\ -I \end{bmatrix} \quad (15)$$

$$VTR = \Delta V_{T1} - \Delta V_R = ITR * \left(\frac{Z_T}{2} - Z_{TR} + \frac{Z_R}{2} + \left(\frac{1}{Y_{T1}} + \frac{1}{Y_R} \right) \right)$$

3) T1-F1단자에 전압(V)을 인가해서, 전류측정(I)

$$\begin{bmatrix} dV_{T1} \\ dV_{F1} \\ dV_R \\ dV_{T2} \\ dV_{R2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_0 & Z_{0R} - Z_{T1} & Z_0 - Z_{T1} & Z_{0R} - Z_{T1} & Z_0 - Z_{T1} \\ Z_{0R} - Z_{T1} & Z_0 & Z_0 - Z_{T1} & Z_{0R} - Z_{T1} & Z_{0R} - Z_{T1} \\ Z_0 - Z_{T1} & Z_0 - Z_{T1} & Z_0 & Z_0 - Z_{T1} & Z_0 - Z_{T1} \\ Z_{0R} - Z_{T1} & Z_{0R} - Z_{T1} & Z_0 - Z_{T1} & Z_0 & Z_{0R} - Z_{T1} \\ Z_0 - Z_{T1} & Z_{0R} - Z_{T1} & Z_0 - Z_{T1} & Z_{0R} - Z_{T1} & Z_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -I \\ I \\ I \\ I \\ -I \end{bmatrix} \quad (16)$$

$$VTIF1 = \Delta V_{T1} - \Delta V_{F1} = ITIF1 * \left(\frac{Z_T}{2} - Z_{TF1} + \frac{Z_F}{2} + \left(\frac{1}{Y_{F1}} + \frac{1}{Y_{T1}} \right) \right)$$

4) T1-F2단자에 전압(V)을 인가해서, 전류측정(I)

$$\begin{bmatrix} dV_{T1} \\ dV_{F1} \\ dV_{F2} \\ dV_{T2} \\ dV_{R2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_0 & Z_{0R} - Z_{T1} & Z_0 - Z_{T1} & Z_{0R} - Z_{T1} & Z_0 - Z_{T1} \\ Z_{0R} - Z_{T1} & Z_0 & Z_0 - Z_{T1} & Z_{0R} - Z_{T1} & Z_{0R} - Z_{T1} \\ Z_0 - Z_{T1} & Z_0 - Z_{T1} & Z_0 & Z_0 - Z_{T1} & Z_0 - Z_{T1} \\ Z_{0R} - Z_{T1} & Z_{0R} - Z_{T1} & Z_0 - Z_{T1} & Z_0 & Z_{0R} - Z_{T1} \\ Z_0 - Z_{T1} & Z_{0R} - Z_{T1} & Z_0 - Z_{T1} & Z_{0R} - Z_{T1} & Z_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I \\ I \\ -I \\ I \\ -I \end{bmatrix} \quad (17)$$

$$VTIF2 = \Delta V_{T1} - \Delta V_{F2} = ITIF2 * \left(\frac{Z_T}{2} - Z_{TF2} + \frac{Z_F}{2} + \left(\frac{1}{Y_{T1}} + \frac{1}{Y_{F2}} \right) \right)$$

5) R-F1단자에 전압(V)을 인가해서, 전류측정(I)

$$\begin{bmatrix} dV_{T1} \\ dV_{T2} \\ dV_{F1} \\ dV_{F2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_0 & Z_{0R} - Z_{T1} & Z_0 - Z_{T1} & Z_{0R} - Z_{T1} & Z_0 - Z_{T1} \\ Z_{0R} - Z_{T1} & Z_0 & Z_0 - Z_{T1} & Z_{0R} - Z_{T1} & Z_{0R} - Z_{T1} \\ Z_0 - Z_{T1} & Z_0 - Z_{T1} & Z_0 & Z_0 - Z_{T1} & Z_0 - Z_{T1} \\ Z_{0R} - Z_{T1} & Z_{0R} - Z_{T1} & Z_0 - Z_{T1} & Z_0 & Z_{0R} - Z_{T1} \\ Z_0 - Z_{T1} & Z_{0R} - Z_{T1} & Z_0 - Z_{T1} & Z_{0R} - Z_{T1} & Z_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -I \\ I \\ I \\ -I \end{bmatrix} \quad (18)$$

$$VFR = \Delta V_R - \Delta V_{F1} = IFR * \left(\frac{Z_R}{2} - Z_{FR} + \frac{Z_F}{2} + \left(\frac{1}{Y_{F1}} + \frac{1}{Y_R} \right) \right)$$

6) F1-F2단자에 전압(V)을 인가해서, 전류측정(I)

$$\begin{bmatrix} dV_{F1} \\ dV_{F2} \\ dV_{T1} \\ dV_{T2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_0 & Z_{0R} - Z_{T1} & Z_0 - Z_{T1} & Z_{0R} - Z_{T1} & Z_0 - Z_{T1} \\ Z_{0R} - Z_{T1} & Z_0 & Z_0 - Z_{T1} & Z_{0R} - Z_{T1} & Z_{0R} - Z_{T1} \\ Z_0 - Z_{T1} & Z_0 - Z_{T1} & Z_0 & Z_0 - Z_{T1} & Z_0 - Z_{T1} \\ Z_{0R} - Z_{T1} & Z_{0R} - Z_{T1} & Z_0 - Z_{T1} & Z_0 & Z_{0R} - Z_{T1} \\ Z_0 - Z_{T1} & Z_{0R} - Z_{T1} & Z_0 - Z_{T1} & Z_{0R} - Z_{T1} & Z_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I \\ -I \\ I \\ -I \end{bmatrix} \quad (19)$$

$$VFF = \Delta V_{F1} - \Delta V_{F2} = IFF * \left(Z_F - Z_{FF} + \left(\frac{1}{Y_{F1}} + \frac{1}{Y_{F2}} \right) \right)$$

각 측정된 전압-전류 관계에 의해 어드미턴스를 도출한다.

5. 회로정수 측정 결과 및 결론

실 계통 구간을 대상으로 전차선로 시스템의 선로정수를 주파수 60Hz~3000Hz까지 변화시켜 계산하였다. 두 가지 경우 모두 일반적으로 레일 도체군은 상하행선 레일과 보호선, 접지선이 하나의 도체로 구성되었으므로 실제 임피던스는 다른 도체군에 비해 작은 값을 가지게 된다. 전차선 도체군의 임피던스는 전차선과 조가선으로 구성되었으므로 그 결과 급전선 보다는 작고 레일 도체군보다는 크게 나타났다.

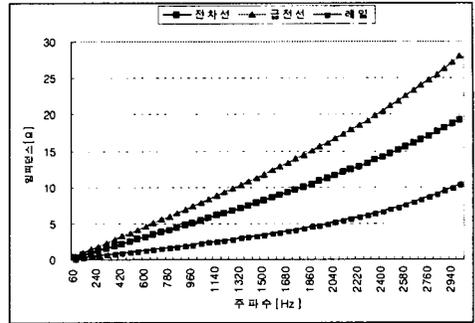


그림 9. 5도체 등가모델의 실허 임피던스

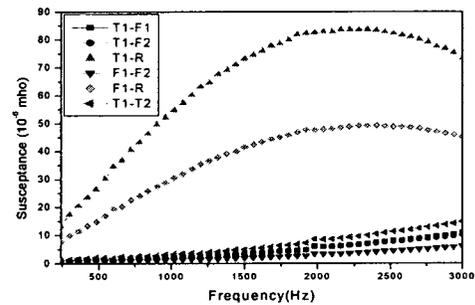


그림 10. 5도체 등가모델의 실허 서셉턴스

본 논문에서 6단자망으로 모델링에 대해서는 전차선, 레일, 급전선의 3가지 선로정수를 구하였고 10단자망으로 모델링에 관해서는 상·하 전차선, 레일, 상·하 급전선의 5가지 선로정수를 구하였다. 선로정수의 적용 방향에 따라 전차선로에 임의의 전류를 통하게 한 후 전압강하를 측정하여 선로정수를 구하는 알고리즘을 제시하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국철도기술연구원, “고속전철 서울-대전구간 고조파, 전압 불평형, 역률 예측계산 및 대책설계”, 2000.12
- [2] 한국철도기술연구원, “경부고속철도 서울-대구구간 전력품질 안정화대책 연구(Ⅱ)”, 2003.12