

# **Kompensasi pada Saluran Transmisi (2)**

Ramadoni Syahputra  
**Teknik Elektro UMY**

# **KOMPENSASI DENGAN REAKTOR SHUNT**

- ❖ Guna memperoleh operasi praktis dan berguna bagi saluran transmisi udara di daerah seperempat sampai setengah panjang gelombang, perlu dipasang reaktor shunt untuk mengontrol karakteristik dari saluran tersebut.
- ❖ Untuk saluran transmisi tanpa rugi-rugi (*lossless line*) yang panjangnya kurang dari setengah panjang gelombang, elemen kompensasinya adalah reaktansi induktif.

# Contoh

- Suatu saluran transmisi tunggal, tiga fase, 50 km, 500 kV, 250 km mempunyai konstanta saluran sebagai berikut:
- $Z = j0,65 \text{ ohm/km}$
- $Y = j5,1 \times 10^{-6} \text{ mho/km}$
- tahanan diabaikan.
- Untuk mengurangi panjang elektrik dan memperbaiki pengaturan tegangan dari saluran maka dipasang reaktor shunt yang sama besarnya pada kedua ujung saluran. Misalkan  $|V_S| = |V_R| = 500 \text{ kV}$ .

## Contoh (*lanjutan*)

- a) Tentukanlah panjang elektrik saluran sebelum pemasangan reaktor shunt.
- b) Tentukanlah induktansi dari reaktor shunt dalam henry agar panjang elektrik saluran berkurang menjadi  $20^\circ$ .
- c) Tentukanlah daya natural sebelum dan setelah pemasangan reaktor shunt.
- d) Jika  $V_R = 500$  kV dan beban  $P_R = 200$  MW pada faktor daya 0,9 terbelakang, tentukanlah pengaturan tegangan sebelum dan sesudah pemasangan kompensasi reaktor shunt tersebut.

## Penyelesaian:

- (a) Panjang elektrik saluran:
- $\varphi = \beta l$
- $\beta = \sqrt{(0,65 \times 5,1 \times 10^{-6})}$  radian per km
- $= 1,8207 \times 10^{-3}$  radian per km
- $\varphi = 1,8207 \times 10^{-3} \times 250$
- $= 0,4552$  radian
- $\varphi' = 0,4552 \times 57,3^\circ$
- $= 26,1^\circ$

- (b) Kita misalkan saluran itu direpresentasikan dengan rangkaian nominal  $\pi$ . Setelah pemasangan reaktor shunt, maka konstanta umum ekivalen  $A$  dan  $B$  dari ketiga rangkaian terhubung seri.

$$A = 1 + \left( \frac{Y}{2} = \frac{j}{wL_{Sh}} \right) Z$$

$$\mathbf{B = Z}$$

Misalkan kombinasi saluran dan reaktor shunt itu merupakan saluran baru dengan admitansi shunt yang baru:

$$\frac{Y'}{2} = \frac{Y}{2} + \frac{j}{j\omega L_{Sh}}$$

$$\frac{Y'}{2} = \frac{Y}{2} - \frac{j}{X_{Sh}}$$

dan B tidak mengalami perubahan



Jika:

$\varphi$  = panjang elektrik sebelum pemasangan reaktor shunt =  $26,1^\circ$

$\varphi'$  = panjang elektrik setelah pemasangan reaktor shunt =  $20^\circ$

maka:

$$\frac{\varphi}{\varphi'} = \frac{\beta' l}{\beta l} = \frac{\sqrt{ZY'}}{\sqrt{ZY}} = \frac{20}{26,1}$$
$$= 0,7663$$

$$\text{Jadi, } Y' = (0,7663)^2 \times Y$$

$$Y = j5,1 \times 10^{-6} \times 250$$
$$= j1,275 \times 10^{-3} \text{ mho}$$

$$Y' = j0,000749 \text{ mho}$$

Maka,

$$Y/2 - j/X_{sh} = j0,3745 \times 10^{-3}$$

$$1/X_{sh} = 0,6375 \times 10^{-3} - 0,3745 \times 10^{-3}$$
$$= 0,263 \times 10^{-3} \text{ mho}$$

$$X_{sh} = 3,802 \times 10^3 \text{ ohm}$$

Jadi,

$$L_{Sh} = \frac{3,802 \times 10^3}{314}$$
$$= 12,11 \text{ henry/fase}$$

(c) Daya natural sebelum dan sesudah pemasangan reaktor shunt.

Misalkan:

$P_0, Z_0$  = daya natural dan impedansi surja sebelum pemasangan reaktor shunt.

$P'_0, Z'_0$  = daya natural dan impedansi surja setelah pemasangan reaktor shunt.

Untuk panjang saluran 250 km:

$$Z = j162,5 \text{ ohm}$$

$$Y = j1,275 \times 10^{-3} \text{ mho}$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{Z}{Y}} = \sqrt{\frac{162,5}{1,275 \times 10^{-3}}} = 357 \text{ ohm}$$

$$Z'_0 = \sqrt{\frac{Z}{Y'}} = \sqrt{\frac{162,5}{0,749 \times 10^{-3}}} = 466 \text{ ohm}$$

Maka,

$$P_0 = \frac{500 \times 500}{357} = 700 \text{ MW}$$

$$P'_0 = \frac{500 \times 500}{466} = 536 \text{ MW}$$

Jadi dengan pemasangan reaktor shunt tersebut daya natural berkurang dari 700 MW menjadi 536 MW.

Ini berarti bahwa kemampuan menyalurkan daya setelah kompensasi dengan reaktor shunt tersebut berkurang.

- (d)  $V_R = 500 \text{ kV (L-L)}$  atau  $288,68 \text{ kV (L-N)}$   
 $P_R = 200 \text{ MW}$ , faktor daya =  $0,90$  terbelakang.

maka:

$$I_R = \frac{200 \times 1000}{\sqrt{3} \times 500 \times 0,9} \angle -25,84^\circ \text{ A}$$

---

$$I_R = 256,6 \angle -25,84^\circ \text{ A}$$

$$V_S = A V_R + B I_R$$

Sebelum kompensasi:

$$A = 1 + ZY/2$$

$$Z = j162,5 \text{ ohm}$$

$$Y = j1,275 \times 10^{-3} \text{ mho}$$

$$A = 1 + \frac{j162,5 \times j1,275 \times 10^{-3}}{2} = 0,8964$$

$$B = Z$$

$$B = j162,5 \text{ ohm}$$



$$\begin{aligned}
 V_S &= 0,8964 \times 288,68 + 162,5 \angle 90^\circ \times 256,6 \angle -25,84^\circ \times 10^{-3} \\
 &= 258,8 + 41,7 \angle 64,16^\circ \\
 &= 277 + j37,5 \text{ kV (L-N)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 |V_S| &= 279,5 \text{ kV (L-N)} \\
 &= 484,1 \text{ kV (L-L)}
 \end{aligned}$$

$$\frac{|V_S|}{|A|} = \frac{484,1}{0,8964} = 540 \text{ kV (L-L)}$$

---


$$VR(\%) = \frac{540 - 500}{500} \times 100 \% = 8\%$$

Setelah kompensasi:

$$A = 1 + ZY'/2$$

$$Z = j162,5 \text{ ohm}$$

$$Y = j0,749 \times 10^{-3} \text{ mho}$$

$$A = 1 + \frac{j162,5 \times j0,749 \times 10^{-3}}{2} = 0,9391$$

$$B = Z = j162,5 \text{ ohm}$$

$$\begin{aligned} V_s &= 0,9391 \times 288,68 + 41,7 \angle 64,16 \\ &= 271,1 + 18,2 + j37,5 \end{aligned}$$

$$= 289,3 + j37,5 \text{ kV (L-N)}$$

$$|V_S| = 291,7 \text{ kV (L-N)}$$

$$= 505 \text{ kV (L-L)}$$

$$\frac{|V_S|}{|A|} = \frac{505}{0,9391}$$

$$= 538 \text{ kV (L-L)}$$

$$VR(\%) = \frac{538 - 500}{500} \times 100\%$$

$$= 7,6\%$$

Jadi, dari hasil-hasil di atas dapat dilihat bahwa dengan kompensasi reaktor shunt, pengaturan tegangan diperbaiki dari 8% menjadi 7,6%.

Tetapi jika reaktor shunt dipasang hanya selama keadaan tanpa beban, maka:

$$\begin{aligned}VR(\%) &= \frac{\frac{484,1}{0,9391} - 500}{500} \times 100\% \\ &= 3,1\%\end{aligned}$$

# KOMPENSASI DENGAN KAPASITOR SERI

- Kompensasi seri dilakukan dengan memasang kapasitor seri.
- Kapasitor seri dipasang pada salah satu ujung saluran dan jika saluran lebih panjang maka dipasang pada kedua ujung saluran.
- Pemasangan kapasitor seri ditengah-tengah saluran adalah lebih baik tetapi lebih mahal karena harus menambah gardu khusus untuk instalasi kapasitor tersebut.

Misalkanlah:

$X = \omega L$  = reaktansi seri total saluran

$C$  = kapasitansi dari kapasitor seri

Misalkan juga derajat kompensasi 90%,  
maka:

$$1/\omega C = 0,9 \omega L$$

$$\frac{1}{\omega C \cdot \omega L} = 0,9$$

Sekarang jika frekuensi turun dari 50 Hz menjadi 48,5 Hz, maka pengurangannya 3%. Sehingga derajat kompensasinya menjadi:

$$\frac{1}{0,97\omega C \cdot 0,97\omega L} = \frac{90\%}{(0,97)^2} = 95,65\%$$

Besar derajat kompensasi dalam praktek biasanya berkisar antara 40% sampai dengan 60%.

Terima Kasih