I. Расчет шунта по остаточному напряжению и R/X

Добавим в уравнение баланса тока узла i проводимость шунта y_s:

$$(y_{ii}+y_s)v_i+\sum_j v_j y_{ij}=I_i \tag{1}$$

и рассчитаем его значение из условия:

$$|v_i|=U_s \tag{2}$$

полагая, что исходно y_s задан в форме сопротивления с отношением $k=R_s/X_s$:

$$\begin{aligned} y_s=\frac{1}{R_s+jX_s}=&\frac{1}{X_s(k+j)}=\frac{k}{X_s(k^2+1)}-\frac{j}{X_s(k^2+1)}=b_s(k-j)\\ b_s=&\frac{1}{X_s(k^2+1)}\end{aligned} \tag{3}$$

Примем на итерации $\sum_j v_j y_{ij}=const$ и $I_i=const$ и обозначим:

$$I'=I_i-\sum_j v_j y_{ij} \tag{4}$$

$$(y_{ii}+y_s)v_i=I' \tag{5}$$

Перейдем к составляющим:

$$v_{iRe}=\frac{I'_{Re}(g_{ii}+kb_s)+I'_{Im}(b_{ii}-b_s)}{(b_{ii}-b_s)^2+(g_{ii}+kb_s)^2} \tag{6}$$

$$v_{iIm}=\frac{I'_{Im}(g_{ii}+kb_s)-I'_{Re}(b_{ii}-b_s)}{(b_{ii}-b_s)^2+(g_{ii}+kb_s)^2} \tag{7}$$

Используя условие (2)

$$v_{iRe}^2+v_{iIm}^2=U_s^2 \tag{8}$$

и с учетом (6), (7) получим:

$$\frac{I_{Re}^{'2}+I_{Im}^{'2}}{(b_{ii}-b_s)^2+(g_{ii}+kb_s)^2}=U_s^2 \tag{9}$$

b_s является корнем уравнения:

$$-b_s^2(k^2+1)+b_s 2(b_{ii}-kg_{ii})+\left(\frac{I_{Re}^{'2}+I_{Im}^{'2}}{U_s^2}-g_{ii}^2-b_{ii}^2\right)=0 \tag{10}$$

Для выбора корней b_{s1} и b_{s2} можно воспользоваться условием:

$$v_i(x)=\frac{I}{g_{ii}+kx+i(b_{ii}-x)} \tag{11}$$

$$b_s=\underset{x\in b_{s1},b_{s2}}{\arg\min}\left(\|v_i-v(x)\|_2\right) \tag{12}$$

то есть выбирать на итерации шунт b_s, который дает вектор $v_i(b_s)$ наиболее близкий к текущему v_i. На итерации целесообразно зафиксировать v_i=const, для чего (1) можно представить в виде:

$$v_i=v_i(b_s) \tag{13}$$

При этом само уравнение технически проще оставить в СЛУ, так напряжение v_i будет итерационно уточняться.