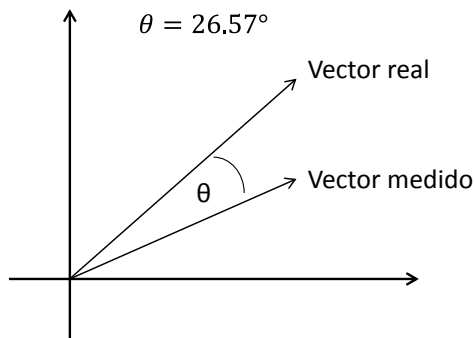


Pregunta 2.

El filtro utilizado produce ambos, un atraso en la onda y también un cambio en su magnitud. Los voltajes fase-neutro equivalen a aproximadamente 220V (rms). Al utilizar el filtro $\frac{200\pi}{s+200\pi}$ en 50hz, se tiene:

$$f_{\text{filtro}}(j\omega = j314.16) = \frac{200\pi}{j2\pi 50 + 200\pi}$$

A esa frecuencia el módulo es 0.8944 y el retardo de fase es de -26.57° grados. Por lo tanto el siguiente diagrama fasorial es aplicable:



a) Encuentre las ecuaciones necesarias para sincronizar el DFIG de acuerdo a las especificaciones considerando los efectos del filtro. Utilice coordenadas d-q.

Este problema está explicado en el apunte y se repite a continuación (con los mismos números de las ecuaciones utilizadas en el apunte). Asumiendo que la medida de la tensión de red es correcta, no está afectada por el filtro, se tiene:

Repetición del desarrollo existente en el apunte

$$\underline{v}_{sdq} = \frac{R_s}{L_s} \underline{\psi}_{sdq} + j\omega_e \underline{\psi}_{sdq} - R_s \frac{L_0}{L_s} \underline{i}_{rdq} \quad (10.7)$$

$$\underline{v}_{rdq} = R_r \underline{i}_{rdq} + \sigma L_r (j\omega_{sL}) \underline{i}_{rdq} + (j\omega_{sL}) \frac{L_0}{L_s} \underline{\psi}_{sdq} \quad (10.8)$$

Debido a que no existe corriente de estator, el flujo de estator se obtiene como:

$$\underline{\psi}_{sdq} = L_0 \underline{i}_{rdq} \quad (10.9)$$

Reemplazando (10.9) en (10.7) se tiene:

$$\underline{v}_{sdq} = j\omega_e L_0 \underline{i}_{rdq} \rightarrow \underline{i}_{rdq} = -j \frac{\underline{v}_{sdq}}{\omega_e L_0} \quad (10.10)$$

Utilizando (10.9) en (10.8) se llega a:

$$\underline{v}_{rdq} = R_r \underline{i}_{rdq} + (j\omega_{sL}) \underline{i}_{rdq} \left[\sigma L_r + \frac{L_0^2}{L_s} \right] \quad (10.11)$$

Desarrollando (10.11) se tiene:

$$\underline{v}_{rdq} = R_r \underline{i}_{rdq} + (j\omega_{sL}) \underline{i}_{rdq} \left[\frac{(L_s L_r - L_0^2)}{L_s L_r} L_r + \frac{L_0^2}{L_s} \right] \quad (10.12)$$

Utilizando (10.10) en (10.12):

$$\underline{v}_{rdq} = \frac{-j R_r \underline{v}_{sdq}}{\omega_e L_0} + \frac{\omega_{sL} L_r \underline{v}_{sdq}}{\omega_e L_0} \quad (10.13)$$

Separando en parte real e imaginaria y haciendo $\underline{v}_{sdq} = \underline{v}_{Gdq}$ se llega a:

$$v_{rd} = \frac{\omega_{sL}L_r}{\omega_e L_0} v_{Gd} + \frac{R_r}{\omega_e L_0} v_{Gq} \quad (10.14)$$

$$v_{rq} = -\frac{R_r}{\omega_e L_0} v_{Gd} + \frac{\omega_{sL}L_r}{\omega_e L_0} v_{Gq} \quad (10.15)$$

(Se ha considerado un eje $d-q$ arbitrario, pero este podría estar orientado en cualquier vector)

En (10.14) y (10.15) existe el problema que las tensiones medidas no corresponden a los valores reales de v_{Gd} y v_{Gq} . Si el vector tensión de red (real no el medido) en α - β es:

$$\underline{v}_{grid} = v_m e^{j\omega t}$$

Entonces el vector medido por los transductores es igual a:

$$\underline{v}_t = 0.8944 v_m e^{j(\omega t - \theta)}$$

Donde θ es el ángulo de atraso (26.57°). Por lo tanto (en estado estacionario) para llevar las tensiones del transductor a la red se debe utilizar:

$$\underline{v}_{grid} = \frac{\underline{v}_t}{0.8944} e^{j\theta} \rightarrow v_{Gd} + jv_{Gq} = 1.1181(v_{td} + jv_{tq})(0.8944 + j0.4472)$$

$$= (v_{td} + jv_{tq})(1 + j0.5).$$

Resolviendo se llega a que:

$$v_{Gd} = v_{td} - 0.5v_{tq}$$

$$v_{Gq} = 0.5v_{td} + v_{tq}$$

Utilizando estas dos expresiones en (10.14)-(10.15) se logra la sincronización del generador con la red.

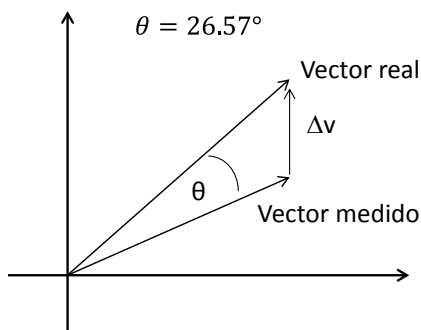
$$v_{rd} = \frac{\omega_{sL}L_r}{\omega_e L_0} (v_{td} - 0.5v_{tq}) + \frac{R_r}{\omega_e L_0} (0.5v_{td} + v_{tq})$$

$$v_{rq} = -\frac{R_r}{\omega_e L_0} (v_{td} - 0.5v_{tq}) + \frac{\omega_{sL}L_r}{\omega_e L_0} (0.5v_{td} + v_{tq})$$

Reagrupando términos y reemplazando por los valores de los parámetros se logra una ecuación en función de $\underline{v}_t$ y ω_{sL} .

(no estaba tan fácil)

b) ¿Cuál sería la diferencia de tensión estator-red existente si es que no se compensará el efecto del filtro?. Dibuje los diagramas vectoriales adecuados.



Si se intenta conectar directamente, considerando la tensión medida por el filtro, se tiene la siguiente diferencia de tensión.

$$\Delta V = |220(1 - 0.8944e^{-j\theta})| = 99V \text{ (rms) (fase-neutro)}.$$

c) El flujo de estator se calcula como:

$$\underline{\psi}_s = \int (\underline{v}_s - R_s \underline{i}_s) dt$$

Sin embargo, debido a la incorrecta estimación de la resistencia se tiene que $R_s = 1.5\hat{R}_s$

Siendo $\hat{R}_s$ la resistencia estimada por el sistema de control. Por lo tanto el flujo estimado es:

$$\hat{\underline{\psi}}_s = \int (\underline{v}_s - \hat{R}_s \underline{i}_s) dt = \int (\underline{v}_s - 0.6667 R_s \underline{i}_s) dt = \int (\underline{v}_s - R_s \underline{i}_s) dt + 0.333 \int R_s \underline{i}_s dt$$

Esta ecuación se puede simplificar a:

$$\hat{\underline{\psi}}_s = \underline{\psi}_s + 0.333 \frac{\underline{i}_s}{s}$$

Transformando a $d-q$ y asumiendo que las derivadas de los flujos son cero por estar en estado estacionario, se tiene:

$$j\omega_e(\hat{\psi}_{sd} + j\hat{\psi}_{sq}) = j\omega_e\psi_{sd} + 0.333ji_{sq}$$

Como la máquina está siendo magnetizada desde el rotor, existe solo corriente en cuadratura en el estator.

Finalmente se llega a:

$$\hat{\psi}_{sd} = \psi_{sd} + 0.333 \frac{i_{sq}}{\omega_e} \quad \hat{\psi}_{sq} = 0$$

Y el sistema no se encuentra desorientado pero si con un error en la magnitud del flujo de estator.