Control de Accionamiento de CA con Motor Sincronico de Imanes Permanentes

Subtitulo

Autors:
Alan Vignolo
Brandon Mamani

2023

Introducción

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetuer id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetuer.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

Desarrollo

Modelado, Análisis y Simulación dinámica del SISTEMA FÍSICO a Lazo Abierto

Modelo matemático equivalente del subsistema mecánico completo

Subsistema mecánico del motor de CA trifásica síncrono, con el rotor referido al estator - sistema inercial de referencia:

$$J_m\dot{\omega}_m(t) = T_m(t) - b_m\omega_m(t) - T_d(t) \tag{1}$$

$$\dot{\theta}_m = \omega_m \tag{2}$$

Subsistema de tren de transmisión:

$$\omega_l(t) = \frac{1}{r}\omega_m(t) \tag{3}$$

$$T_q(t) = rT_d(t) \tag{4}$$

Subsistema de la carga mecánica:

$$J_l\dot{\omega}_l(t) = T_q(t) - b_l\omega_l(t) - T_l(t) \tag{5}$$

$$\dot{\theta}_l = \omega_l \tag{6}$$

Sistema mecánico equivalente completo:

$$(J_m + \frac{J_l}{r^2})\dot{\omega}_m(t) = T_m(t) - (b_m + \frac{b_l}{r^2})\omega_m(t) - \frac{T_l(t)}{r} \tag{7}$$

$$J_{eq}\dot{\omega}_m(t) = T_m(t) - b_{eq}\omega_m(t) - \frac{T_l(t)}{r} \tag{8}$$

$$\dot{\omega}_m(t) = \frac{1}{J_{eq}}[T_m(t) - b_{eq}\omega_m(t) - \frac{T_l(t)}{r}] \tag{9}$$

$$\begin{cases} \begin{bmatrix} \dot{\theta}_m(t) \\ \dot{\omega}_m(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -\frac{b_{eq}}{J_{eq}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta_m(t) \\ \omega_m(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{1}{J_{eq}} & -\frac{1}{J_{eq}r} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_m(t) \\ T_l(t) \end{bmatrix} \\ y(t) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta_m(t) \\ \omega_m(t) \end{bmatrix} \end{cases} \tag{10}$$

Con este modelo matemático equivalente referido al eje del motor tiene como ventaja que no presenta backlash, ademas no hay que considerar el efecto de la elasticidad torsional de la transmisión.

Modelo dinámico del sistema físico completo

Modelo global no lineal (NL)

El modelo global no lineal considera tanto el sistema mecánico, previamente desarrollado , como los subsistemas electromagnético y térmico.

En primer lugar, nos enfocaremos en el subsistema electromagnético, teniendo en cuenta que se utiliza un motor síncrono de corriente alterna (CA) trifásico con excitación de imanes permanentes. El estator esta conectado en estrella con bornes abc accesible y neutro no accesible. Consideramos que la carga de cada fase sera equivalente de forma que la conexión estrella este equilibrada.

Ecuaciones de tensión en coordenadas abc:

$$\begin{aligned} V_{a_s}(t) &= R_s(t)i_{a_s}(t) + \frac{d\lambda_{a_s}}{dt} \\ V_{b_s}(t) &= R_s(t)i_{b_s}(t) + \frac{d\lambda_{b_s}}{dt} \\ V_{c_s}(t) &= R_s(t)i_{c_s}(t) + \frac{d\lambda_{c_s}}{dt} \end{aligned} \tag{11}$$

Mediante la transformación de Park, que consiste en premultiplicar por la matriz de Park se obtiene:

$$\begin{aligned} V_{q_s}(t) &= R_s(t)i_{q_s}(t) + L_q\dot{i}^r_{q_s}(t) + [\lambda^r_m + L_d i_{d_s}(t)]\omega_r(t) \\ V_{d_s}(t) &= R_s(t)i_{d_s}(t) + L_d\dot{i}^r_{d_s}(t) - L_q i_{q_s}(t)\omega_r(t) \\ V_{0_s}(t) &= R_s(t)i_{0_s}(t) + L_{ls}\dot{i}^r_{0_s}(t) \end{aligned} \tag{12}$$

$$\begin{cases} \dot{i}_{q_s}(t) = \frac{1}{L_q}[V^r_{q_s}(t) - R_s(t)i^r_{q_s}(t) - P_p\omega_m(t)[L_d i^r_{d_s}(t) + \lambda^r_m]] \\ \dot{i}_{d_s}(t) = \frac{1}{L_d}[V^r_{d_s}(t) - R_s(t)i^r_{d_s}(t) + P_p\omega_m(t)L_q i^r_{q_s}(t)] \\ \dot{i}_{0_s}(t) = \frac{1}{L_{ls}}[V^r_{0_s}(t) - R_s(t)i^r_{0_s}(t)] \end{cases} \tag{13}$$

Dada la conexión que presenta el motor, podemos suponer que la corriente i_{0_s} es nula

El subsistema térmico Solo se consideran las pérdidas eléctricas resistivas causadas por el efecto Joule (calor), despreciando las pérdidas magnéticas en el núcleo y las transferencia de calor por conducción y convección natural. La potencia de pérdidas calóricas está dada por:

$$P_{s_{perd}}(t) = \frac{3}{2}R_s(t)(i^r_{q_s}(t)^2 + i^r_{d_s}(t)^2 + 2.i_{0_s}(t)) \tag{14}$$

El balance térmico en el estator:

$$P_{s_{perd}}(t) = C_s\dot{T}_s(t) + \frac{T_s(t) - T_{amb}(t)}{R_{ts-amb}} \tag{15}$$

Torque electromagnético:

$$T_m(t) = \frac{3}{2}P_p[\lambda^r_m + i^r_{d_s}(t)(L_d - L_q)]i^r_{q_s}(t) \tag{16}$$

El modelo global:

$$\begin{cases} \dot{\theta}_m(t) = \omega_m(t) \\ \dot{\omega}_m(t) = \frac{1}{J_{eq}}[\frac{3}{2}P_p[\lambda^r_m + i^r_{d_s}(t)(L_d - L_q)]i^r_{q_s}(t) - b_{eq}\omega_m(t) - \frac{T_l(t)}{r}] \\ \dot{i}_{q_s}(t) = \frac{1}{L_q}[V^r_{q_s}(t) - R_s(t)i^r_{q_s}(t) - P_p\omega_m(t)[L_d i^r_{d_s}(t) + \lambda^r_m]] \\ \dot{i}_{d_s}(t) = \frac{1}{L_d}[V^r_{d_s}(t) - R_s(t)i^r_{d_s}(t) + P_p\omega_m(t)L_q i^r_{q_s}(t)] \\ \dot{T}_s(t) = \frac{1}{C_{ts}}[\frac{3}{2}R_s(t)(i^r_{q_s}(t)^2 + i^r_{d_s}(t)^2 + 2i_{0_s}(t)^2) - \frac{T_s(t) - T_{amb}(t)}{R_{ts-amb}}] \end{cases} \tag{17}$$

Modelo global linealizado con parámetros variables (LPV)

Para el caso general en el que $i_{d_s}(t) \neq 0$...

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = f(x(t), u(t)); \quad x(t_0) = x_0 \\ y(t) = Cx(t) \end{cases} \tag{18}$$

$$\dot{x}(t) = 0 = f(x(t), u(t)) \tag{19}$$

$$\begin{cases} x(t) = X_0(t) + \Delta x(t) \\ u(t) = U_0(t) + \Delta u(t) \\ y(t) = Y_0(t) + \Delta y(t) \end{cases} \tag{20}$$

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = \dot{X}_0(t) + \Delta\dot{x}(t) = f(X_0(t) + \Delta x(t), U_0(t) + \Delta u(t)) \\ X_0(0) + \Delta x(0) = x_0 \quad \rightarrow \quad X_0 = x_0, \Delta x(0) = 0 \\ Y_0(t) + \Delta y(t) = C(X_0(t) + \Delta x(t)) \quad \rightarrow \quad Y_0(t) = CX_0(t); \Delta y(t) = C\Delta x(t) \end{cases} \tag{21}$$

$$f(X_0(t) + \Delta x(t), U_0(t) + \Delta u(t)) \approx f(X_0(t), U_0(t)) + \frac{\partial f}{\partial x}\mid_0 \Delta x(t) + \frac{\partial f}{\partial u}\mid_0 \Delta u(t) \tag{22}$$

Parte no lineal que representa el espacio de operacion global NL:

$$\dot{X}_0(t) = f(X_0(t), U_0(t)) \quad \approx 0 \text{ / cte}; \quad X_0(0) = x_0 \tag{23}$$

Parte lineal dinamica que representa las pequeñas variaciones alrededor de los puntos de operacion:

$$\Delta\dot{x}(t) = \frac{\partial f}{\partial x}\ |_0\ \Delta x(t) + \frac{\partial f}{\partial u}\ |_0\ \Delta u(t); \quad \Delta x(0) = 0 \tag{24}$$

Cuasi-estacionario

$$\begin{cases} \dot{\theta}_{m0} = \omega_{m0} = cte \\ \dot{\omega}_{m0} = \frac{1}{J_{eq}}[\frac{3}{2}P_p[\lambda_m^r + i_{d_{s0}}^r(L_d - L_q)]i_{q_{s0}}^r - b_{eq}\omega_{m0} - \frac{T_{l0}}{r}] = 0 \\ \dot{i}_{q_{s0}} = \frac{1}{L_q}[V_{q_{s0}}^r - R_s(t)i_{q_{s0}}^r - P_p\omega_{m0}[L_d i_{d_{s0}}^r + \lambda_m^r]] = 0 \\ \dot{i}_{d_{s0}} = \frac{1}{L_d}[V_{d_{s0}}^r - R_s(t)i_{d_{s0}}^r + P_p\omega_{m0}L_q i_{q_{s0}}^r] = 0 \\ \dot{i}_{0_{s0}} = \frac{1}{L_{ls}}[V_{0_{s0}} - R_s(t)i_{0_{s0}}] = 0 \\ \dot{T}_{s0} = \frac{1}{C_{ts}}[\frac{3}{2}R_s(t)({i_{q_{s0}}^r}^2 + {i_{d_{s0}}^r}^2 + 2i_{0_{s0}}^2) - \frac{T_{s0} - T_{amb0}}{R_{ts-amb}}] = 0 \end{cases} \tag{25}$$

Parámetros Variables

$$\begin{cases} \Delta\dot{\theta}_m(t) = \Delta\omega_m(t) \\ \Delta\dot{\omega}_m(t) = \frac{1}{J_{eq}}[\frac{3}{2}P_p\{[\lambda_m^r + i_{d_{s0}}^r(L_d - L_q)]\Delta i_{q_s}^r(t) + \Delta i_{d_s}^r(t)(L_d - L_q)]i_{q_{s0}}^r\} - b_{eq}\Delta\omega_m(t) - \frac{\Delta T_l(t)}{r}] \\ \Delta\dot{i}_{q_s}(t) = \frac{1}{L_q}[\Delta V_{q_s}^r(t) - R_s(t)\Delta i_{q_s}^r(t) - P_p\Delta\omega_m(t)[L_d i_{d_{s0}}^r + \lambda_m^r] - P_p\omega_{m0}L_d\Delta i_{d_s}^r(t)] \\ \Delta\dot{i}_{d_s}(t) = \frac{1}{L_d}\Delta[V_{d_s}^r(t) - R_s(t)\Delta i_{d_s}^r(t) + P_p\Delta\omega_m(t)L_q i_{q_{s0}}^r + P_p\omega_{m0}L_q\Delta i_{q_s}^r(t)] \\ \Delta\dot{i}_{0_s}(t) = \frac{1}{L_{ls}}[\Delta V_{0_s}(t) - R_s(t)\Delta i_{0_s}(t)] \\ \Delta\dot{T}_s(t) = \frac{1}{C_{ts}}\{\frac{3}{2}R_s(t)[2i_{q_s}^r\Delta i_{d_s}^r(t) + 2i_{a_s}^r\Delta i_{a_s}^r(t) + 4i_{0_s}\Delta i_{0_s}(t)] - \frac{\Delta T_s(t) - \Delta T_{amb}(t)}{R_{ts-amb}}\} \end{cases} \tag{26}$$

$$\begin{bmatrix} \Delta\dot{\theta}_m(t) \\ \Delta\dot{\omega}_m(t) \\ \Delta\dot{i}_{q_s}(t) \\ \Delta\dot{i}_{d_s}(t) \\ \Delta\dot{i}_{0_s}(t) \\ \Delta\dot{T}_s(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -b_{eq} & \frac{3}{2}P_p\frac{[\lambda_m^r + i_{q_{s0}}^r(t)(L_d - L_q)]}{J_{eq}} & \frac{3}{2}\frac{P_p(L_d - L_q)i_{q_s}^r}{J_{eq}} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{P_p(\lambda_m^r + L_d i_{d_{s0}}^r)}{L_q} & -\frac{R_s(t)}{L_q} & -\frac{L_d P_p\omega_{m0}}{L_q} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{P_p i_{q_{s0}}^r L_q}{L_d} & \frac{L_q P_p\omega_{m0}}{L_d} & -\frac{R_s(t)}{L_d} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{R_s(t)}{L_{ls}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{3R_s(t)}{C_{ts}}i_{q_{s0}}^r & \frac{3R_s(t)}{C_{ts}}i_{d_{s0}}^r & \frac{6R_s(t)}{C_{ts}}i_{0_{s0}} & -\frac{1}{C_{ts}R_{ts-amb}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta\theta_m(t) \\ \Delta\omega_m(t) \\ \Delta i_{q_s}(t) \\ \Delta i_{d_s}(t) \\ \Delta T_s(t) \end{bmatrix}$$
$$+ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{rJ_{eq}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{L_q} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{L_d} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{C_{ts}R_{ts-amb}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta T_l(t) \\ \Delta V_{q_s}(t) \\ \Delta V_{d_s}(t) \\ XXXX \\ \Delta T_{amb}(t) \end{bmatrix} \tag{27}$$

Linealización por Realimentación NL

Se busca un modelo simplificado lineal invariante LTI equivalente al modelo NL del sistema, para ello se propone un controlador de realimentación de estados que permita linealizar el modelo global NL obtenido anteriormente, por lo que se propone:

- Aplicar la estrategia de "Control Vectorial con campo orientado" la cual consiste en desacoplar los canales de flujo magnético y torque, lo cual provoca un forzamiento de $i_{d_s} = 0$
- Desacoplar el subsistema térmico, ya que se considera que hay variaciones despreciables de Rs en el rango de temperaturas de trabajo.

I. Ecuaciones vectoriales/matriciales LTI de estado y de salida. Matrices del modelo LTI equivalente.

$$\begin{cases} \dot{\theta}_m(t) = \omega_m(t) \\ \dot{\omega}_m(t) = \frac{1}{J_{eq}}[\frac{3}{2}P_p\lambda_m^r i_{q_s}^r(t) - b_{eq}\omega_m(t) - \frac{T_l(t)}{r}] \\ \dot{i}_{q_s}(t) = \frac{1}{L_q}[V_{q_s}^r(t) - R_s i_{q_s}^r(t) - P_p\omega_m(t)\lambda_m^r] \end{cases} \tag{28}$$

$$\begin{cases} \begin{bmatrix} \dot{\theta}_m(t) \\ \dot{\omega}_m(t) \\ \dot{i}_{q_s}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & -\frac{b_{eq}}{J_{eq}} & \frac{3}{2}\frac{P_p\lambda_m^r}{J_{eq}} \\ 0 & -\frac{P_p\lambda_m^r}{L_q} & -\frac{R_s}{L_q} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta_m(t) \\ \omega_m(t) \\ i_{q_s}(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{1}{L_{eq}} \end{bmatrix} V_{q_s}^r(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ -\frac{1}{rJ_{eq}} \end{bmatrix} T_l(t) \\ y(t) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta_m(t) \\ \omega_m(t) \\ i_{q_s}(t) \end{bmatrix} \end{cases} \tag{29}$$

II. Segundo ítem

III. Restriccion o Ley de Control minima

$$V_{d_s}^r(t) = -L_q i{q_s}^r(t)\omega_m(t)P_p \tag{30}$$

Se aplica la inversa de Park

$$\begin{cases} V_{a_s}(t) = cos(\theta_r(t))V_{q_s}^r(t) + sin(\theta_r(t))V_{d_s}^r(t) + V_{0_s}^r(t) \\ V_{b_s}(t) = cos(\theta_r(t) - \frac{2\pi}{3})V_{q_s}^r(t) + sin(\theta_r(t) - \frac{2\pi}{3})V_{d_s}^r(t) + V_{0_s}^r(t) \\ V_{c_s}(t) = cos(\theta_r(t) + \frac{2\pi}{3})V_{q_s}^r(t) + sin(\theta_r(t) + \frac{2\pi}{3})V_{d_s}^r(t) + V_{0_s}^r(t) \end{cases} \tag{31}$$

Susituyendo

$$\begin{cases} V_{a_s}(t) = cos(\theta_r(t))V_{q_s}^r(t) - sin(\theta_r(t))L_q i{q_s}^r(t)\omega_m(t)P_p \\ V_{b_s}(t) = cos(\theta_r(t) - \frac{2\pi}{3})V_{q_s}^r(t) - sin(\theta_r(t) - \frac{2\pi}{3})L_q i{q_s}^r(t)\omega_m(t)P_p \\ V_{c_s}(t) = cos(\theta_r(t) + \frac{2\pi}{3})V_{q_s}^r(t) + sin(\theta_r(t) - \frac{2\pi}{3})L_q i{q_s}^r(t)\omega_m(t)P_p \end{cases} \tag{32}$$

IV. Dinamica Residual

$$\begin{gathered} \frac{di_{d_s}^r(t)}{dt} = \frac{1}{L_d}[-R_s(t)i_{d_s}^r(t)] \\ \frac{di_{d_s}^r(t)}{dt} + \frac{R_s(t)}{L_d}i_{d_s}^r(t) = 0 \end{gathered} \tag{33}$$

$$i_{d_s}^r(t) = i_{d_s}^r(0)e^{-\frac{R_s(t)}{L_d}t} \tag{34}$$

$$V_{q_s}(t) = L_q\frac{di_{q_s}^r(t)}{dt} + R_s i_{q_s}^r(t) + P_p\omega_m(t)\lambda_m^r + \mathbf{L_d i_{d_s}^r(t) P_p}\omega_{\mathbf{m}}(\mathbf{t}) \tag{35}$$

$$\begin{cases} \dot{\theta}_m(t) = \omega_m(t) \\ \dot{\omega}_m(t) = -\frac{1}{J_{eq}}[\frac{3}{2}P_p\lambda_m^r i_{q_s}^r(t) - b_{eq}\omega_m(t) - \frac{T_l(t)}{r}] \\ \dot{i}_{q_s}^r(t) = \frac{1}{L_q}[V_{q_s}^r(t) - R_s i_{q_s}^r(t) - P_p\omega_m(t)\lambda_m^r] \\ \dot{T}_s(t) = \frac{1}{C_[ts]}\{\frac{3}{2}R_s(t)[{i_{q_s}^r}^2(t) + {i_{d_s}^r}^2(t)] - \frac{1}{R_{ts-amb}}[T_s(t) - T_{amb}(t)]\} \\ \dot{i}_{d_s}^r(t) = -\frac{R_s(t)}{L_d}i_{d_s}^r(t) \end{cases} \tag{36}$$

Comparación modelo dinámico LTI equivalente aumentado vs modelo dinámico global LPV

Conclusiones

Referencias

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetuer id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetuer.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.