نام : سید سیاوش کریمی مداحی   شماره دانشجویی : ۸۷۲۱۲۲۰۰۹   قسمت دوم فصل ۱۲

۱۲-۴ اثر سیستم تحریک

همان طور که می‌دانیم $\tilde{E}_t = e_d + j e_q$ در نتیجه $E_t^2 = e_d^2 + e_q^2$ حال با انحراف کوچک، داریم:

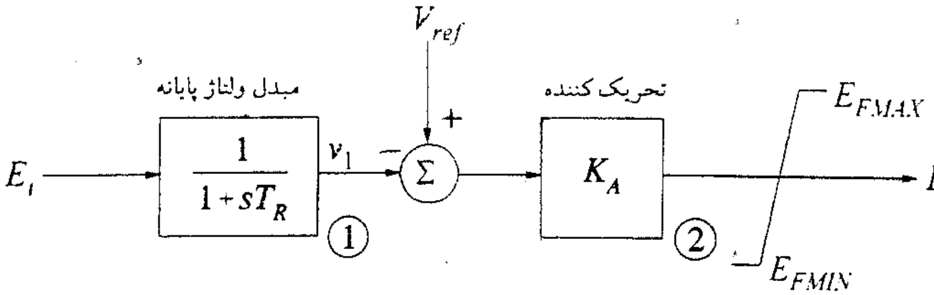
$$(E_t+\Delta E_t)^2 = (e_d+\Delta e_d)^2 + (e_q+\Delta e_q)^2 \longrightarrow E_t^2 + 2E_t\Delta E_t + \Delta E_t^2 = e_d^2 + 2e_d\Delta e_d + \Delta e_d^2 + e_q^2 + 2e_q\Delta e_q + \Delta e_q^2$$

با صرف نظر از تغییرات مرتبه دوم داریم: $E_t\Delta E_t = e_d\Delta e_d + e_q\Delta e_q$ در نتیجه: $\Delta E_t = \frac{e_d}{E_t}\Delta e_d + \frac{e_q}{E_t}\Delta e_q$

که ΔE_t برحسب متغیرهای حالت به صورت زیر می‌شود: $\Delta E_t = K_5\Delta\delta + K_6\Delta\psi_{fd}$ که در آن:

$$K_5 = \frac{e_d}{E_t}(-R_a m_1 + L_l n_1 + L_{aqs} n_1) + \frac{e_q}{E_t}(-R_a n_1 - L_l m_1 - L'_{ads} m_1)$$

$$K_6 = \frac{e_d}{E_t}(-R_a m_2 + L_l n_2 + L_{aqs} n_2) + \frac{e_q}{E_t}\left(-R_a n_2 + L_l m_2 + L'_{ads}\left(\frac{1}{L_{fd}} - m_2\right)\right)$$



شکل فوق سیستم تحریک تریستوری با AVR است
حال با توجه به شکل بلوکی با بکارگیری مقادیر منحرف شده، داریم:

$$\Delta V_1 = \frac{1}{1+pT_R}\Delta E_t \longrightarrow$$

$$p\Delta V_1 = \frac{1}{T_R}(\Delta E_t - \Delta V_1)$$

$$p\Delta V_1 = \frac{K_5}{T_R}\Delta\delta + \frac{K_6}{T_R}\Delta\psi_{fd} - \frac{1}{T_R}\Delta V_1$$

و نیز داریم: $E_{fd} = K_A(V_{ref} - V_1)$ که با درنظر گرفتن انحراف خواهیم داشت: $\Delta E_{fd} = K_A(-\Delta V_1)$

معادله‌ی دینامیکی مدار تحریک عبارت است از:

$$p\Delta\psi_{fd} = a_{31}\Delta\omega_r + a_{32}\Delta\delta + a_{33}\Delta\psi_{fd} + a_{34}\Delta V_1$$

که در آن $a_{34} = -b_{32}K_A = -\frac{\omega_0 R_{fd}}{L_{adu}}K_A$

و نیز از معادله‌ی $p\Delta V_1 = a_{41}\Delta\omega_r + a_{42}\Delta\delta + a_{43}\Delta\psi_{fd} + a_{44}\Delta V_1$ نتیجه می‌شود:

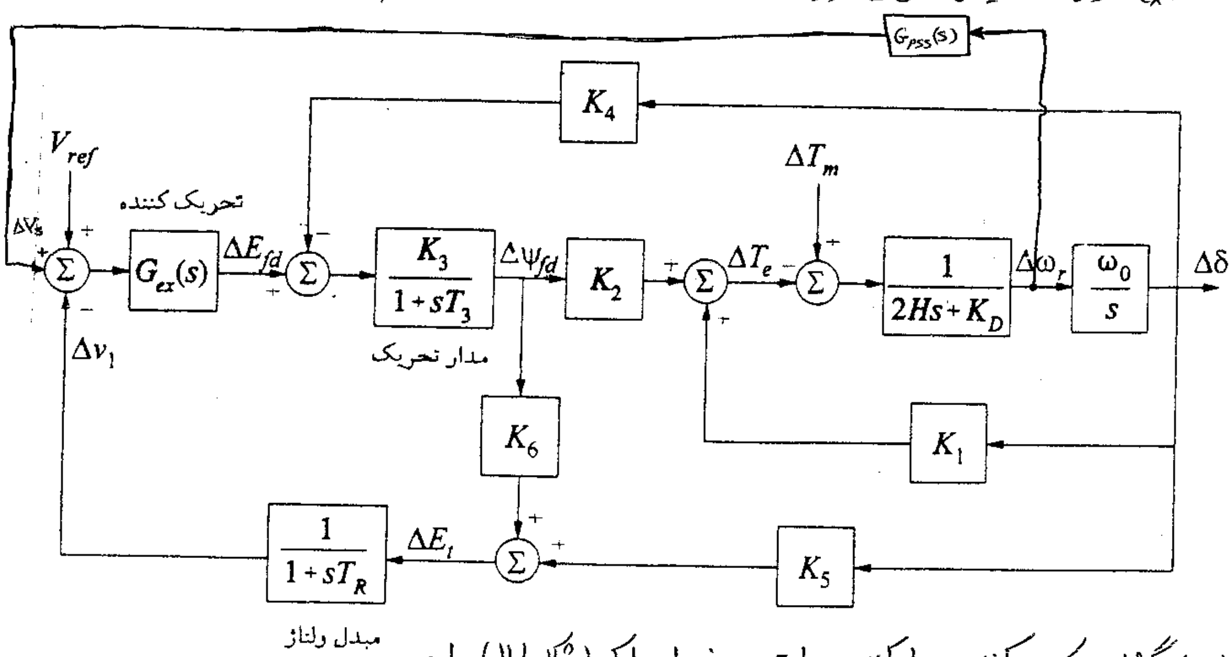
$$\begin{cases} a_{41} = 0 \\ a_{42} = \frac{K_5}{T_R} \\ a_{43} = \frac{K_6}{T_R} \\ a_{44} = \frac{1}{T_R} \end{cases}$$

از آنجا که $p\Delta\omega_r$ و $p\Delta\delta$ مستقیماً از تحریک کننده تأثیر نمی‌پذیرند، داریم: $a_{14} = a_{24} = 0$

بنابراین مدل فضای حالت کامل سیستم قدرت که شامل سیستم تحریک است (با فرض ورودی گشتاور مکانیکی ثابت یعنی $\Delta T_m = 0$) به صورت زیر است:

$$\begin{bmatrix} \Delta\dot\omega_r \\ \Delta\dot\delta \\ \Delta\dot\psi_{fd} \\ \Delta\dot V_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & 0 \\ a_{21} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ 0 & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta\omega_r \\ \Delta\delta \\ \Delta\psi_{fd} \\ \Delta V_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \Delta T_m$$

حال می‌توان نمودار بلوکی با تحریک کننده و AVR را نمایش داد که در آن $G_{ex}(s)$ نشان دهنده‌ی تابع تبدیل AVR تحریک کننده، برای تحریک کننده تریستوری داریم $G_{ex}(s) = K_A$ و ΔE_t سیگنال خطای ولتاژ پایانه است.



• تأثیر AVR بر روی مؤلفه‌های گشتاور سنکرون کننده و میرا کننده - با توجه به نمودار بلوکی (شکل بالا)، داریم:

$$\Delta\psi_{fd} = \frac{K_3}{1+sT_3}\left(-K_4\Delta\delta - \frac{G_{ex}(s)}{1+sT_R}(K_5\Delta\delta + K_6\Delta\psi_{fd})\right) \longrightarrow \Delta\psi_{fd} = \frac{-K_3(K_4(1+sT_R) + K_5 G_{ex}(s))}{s^2T_3T_R + s(T_3+T_R) + 1 + K_3K_6G_{ex}(s)}\Delta\delta$$

و تغییر در گشتاور فاصله هوایی ناشی از تغییر در شار دور تحریک عبارت است از $\Delta T_e = K_2\Delta\psi_{fd}$.

همان طور که در قبل ذکر کرده‌ایم ضرایب K_2, K_3, K_4, K_6 معمولاً مثبتند و K_5 ممکن است مثبت یا منفی باشد. بنابراین AVR بر روی مؤلفه‌های گشتاور میراکننده و سنکرون‌کننده به طور عمده ناشی از K_5 و $G_{ex}(s)$ می‌باشد.

ما معمولاً به عملکرد سیستم‌های تحریک با پاسخ سریع یا متوسط علاقه‌مندیم. برای چنین سیستم‌های تحریک می‌توان موارد کلی زیر را برای اثر AVR بیان کرد:

۱- برای مقادیر کم راکتانس سیستم خارجی و خروجی‌های کم ژنراتور، K_5 مثبت است، تاثیر AVR به شکل ایجاد یک گشتاور سنکرون‌کننده منفی و یک مؤلفه‌ی گشتاور میراکننده مثبت ظاهر می‌شود.

۲- معمولاً در چنین حالتهایی، کاهش K_5 ناشی از عمل AVR چندان مهم نیست زیرا K_1 آنقدر زیاد است که K_s کلی به میزان زیادی بزرگتر از صفر باشد.

۳- برای مقادیر زیاد راکتانس سیستم خارجی و خروجی‌های زیاد ژنراتور، K_5 منفی است، عمل AVR یک مؤلفه‌ی گشتاور سنکرون‌کننده‌ی مثبت و یک مؤلفه‌ی گشتاور میراکننده‌ی منفی ایجاد می‌کند.

۵-۱۲ پایدارسازی سیستم قدرت (PSS)

نقش اصلی یک پایدارساز سیستم قدرت (PSS) افزودن میرایی به نوسانهای ژنراتور به وسیله‌ی کنترل تحریک آن با استفاده از سیگنال‌های پایدارساز کمکی است و از آنجا که هدف PSS اعمال مؤلفه‌ی گشتاور میراکننده است، یکی از سیگنال‌های مناسب برای کنترل تحریک ژنراتور، انحراف سرعت $\Delta\omega_r$ می‌باشد.

$G_{PSS}(s)$ باید مدارهای جبران‌ساز فاز مناسبی را داشته باشد تا برای پس فازی بین ورودی تحریک‌کننده و گشتاور خروجی، جبرانسازی را انجام دهد.

در حالت ایده‌آل PSS در تمام فرکانس‌های نوسان به یک گشتاور میراکننده‌ی خالص منجر خواهد شد.

حال اگر از سیم پیچ میراکننده چشم‌پوشی کنیم و T_R را صرف نظر کنیم (به دلیل این که از T_3 خیلی کوچکتر است) داریم:

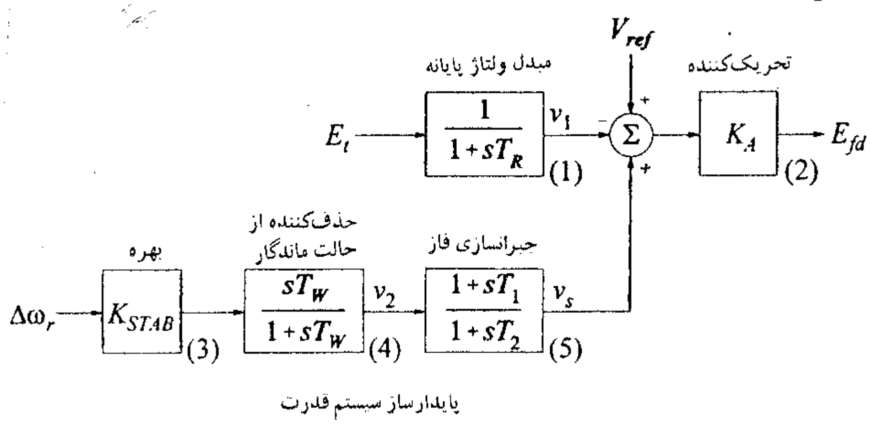
$$\Delta\psi_{fd} = \frac{K_3 K_A}{1+sT_3}\left(-K_6\Delta\psi_{fd} + \Delta V_s\right) \longrightarrow \frac{\Delta\psi_{fd}}{\Delta V_s} = \frac{K_3 K_A}{sT_3 + 1 + K_3 K_6 K_A}$$

$$\Delta T_{PSS} = K_2\Delta\psi_{fd} \longrightarrow K_D(PSS) = (PSS\ \text{بهره}) \times \left|\frac{\Delta T_{PSS}}{\Delta V_s}\right| \longrightarrow$$

و

با افزایش بهره PSS مقدار میرایی نیز افزایش می‌یابد.

اگر مدار پیش فاز، جبرانسازی بیشتری از پس فازی بین ΔT_e و ΔV_s فراهم آورد، PSS علاوه بر مؤلفه‌ی گشتاور میراکننده، یک مؤلفه‌ی گشتاور سنکرون‌کننده منفی نیز ایجاد می‌کند و برعکس، با زیر جبرانسازی به یک مؤلفه‌ی گشتاور سنکرون‌کننده‌ی مثبت دست خواهیم یافت. معمولاً، PSS لازم است که در میرایی نوسانهای روتور نه در یک فرکانس تک، بلکه در محدوده‌ای از فرکانس‌ها نقش داشته باشد.



سیستم تحریک تریستوری با AVR و PSS

(۵) بلوک جبرانسازی فاز، مشخصه‌ی پیش فاز مناسب را برای جبرانسازی پس فاز بین ورودی تحریک‌کننده و گشتاور ژنراتور (فاصله هوایی) را فراهم می‌کند. شکل این بلوک از مرتبه اول است اما در عمل ممکن است از دو یا چند بلوک مرتبه اول برای دستیابی به جبرانسازی مطلوب فاز استفاده شود.

(۴) بلوک حذف‌کننده اثر حالت ماندگار به صورت فیلتری بالاگذر با ثابت زمانی T_W به اندازه‌ی کافی بزرگ عمل می‌کند و اجازه می‌دهد تا سیگنال‌های متناظر با نوسانهای ω_r بدون تغییر عبور کنند و بدون این بلوک تغییرات ماندگار در سرعت، ولتاژ پایانه را تغییر می‌دهد. این بلوک اجازه می‌دهد تا PSS فقط به تغییرات سرعت پاسخ دهد.

(۳) بهره پایداری (پایدارساز) K_{STAB} مقدار میرایی ایجاد شده از PSS را تعیین می‌کند.

اما در تریس حالت سیستم شامل PSS - با توجه به بلوک 4 در شکل بالا و با بکارگیری مقادیر منحرف شده، داریم:

$$\Delta V_2 = \frac{PT_W}{1+PT_W}\left(K_{STAB}\Delta\omega_r\right) \longrightarrow P\Delta V_2 = K_{STAB}P\Delta\omega_r - \frac{1}{T_W}\Delta V_2$$

$$P\Delta V_2 = K_{STAB}\left(a_{11}\Delta\omega_r + a_{12}\Delta\delta + a_{13}\Delta\psi_{fd} + \frac{1}{2H}\Delta T_m\right) - \frac{1}{T_W}\Delta V_2 = a_{51}\Delta\omega_r + a_{52}\Delta\delta + a_{53}\Delta\psi_{fd} + a_{55}\Delta V_2 + \frac{K_{STAB}}{2H}T_m$$

که در آن داریم:

$$a_{51} = K_{STAB}a_{11},\quad a_{52} = K_{STAB}a_{12},\quad a_{53} = K_{STAB}a_{13},\quad a_{55} = -\frac{1}{T_W}$$

و چون $P\Delta V_2$ تابعی از ΔV_1 و ΔV_3 نیستند، داریم: $a_{54} = a_{56} = 0$

با توجه به بلوک 5 داریم:

$$\Delta V_s = \Delta V_2\left(\frac{1+PT_1}{1+PT_2}\right) \longrightarrow P\Delta V_s = \frac{T_1}{T_2}P\Delta V_2 + \frac{1}{T_2}\Delta V_2 - \frac{1}{T_2}\Delta V_s$$

$$P\Delta V_s = a_{61}\Delta\omega_r + a_{62}\Delta\delta + a_{64}\Delta V_1 + a_{65}\Delta V_2 + a_{66}\Delta V_s + \frac{T_1}{T_2}\frac{K_{STAB}}{2H}\Delta T_m$$

که در آن داریم:

$$a_{61} = \frac{T_1}{T_2}a_{51},\quad a_{62} = \frac{T_1}{T_2}a_{52},\quad a_{63} = \frac{T_1}{T_2}a_{53},\quad a_{64} = 0,\quad a_{65} = \frac{T_1}{T_2}a_{55} + \frac{1}{T_2},\quad a_{66} = -\frac{1}{T_2}$$

و نیز با توجه به بلوک 2 داریم : $\Delta E_{fd} = K_A(\Delta V_s - \Delta V_1)$

$$p\Delta\Psi_{fd} = a_{32}\Delta\delta + a_{33}\Delta\Psi_{fd} + a_{34}\Delta V_1 + a_{36}\Delta V_s \longrightarrow a_{36} = \frac{\omega_0 R_{fd}}{L_{adu}} K_A$$

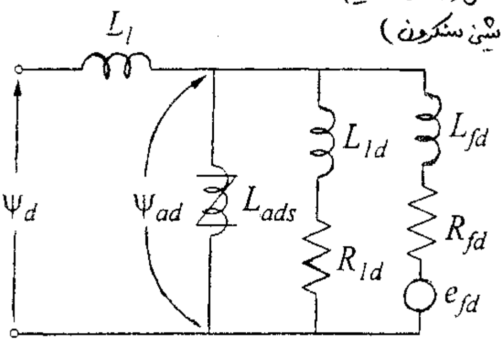
پس مدل فضای حالت کامل با فرض $\Delta T_m = 0$ و در برگیرنده ی PSS به صورت زیر است :

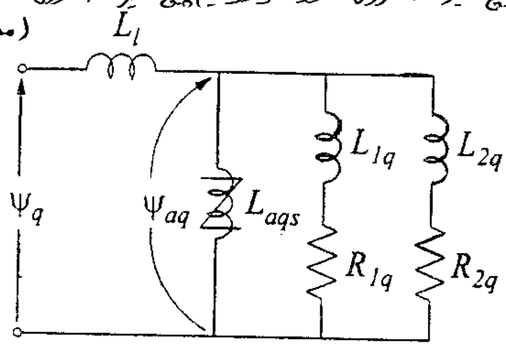
$$\begin{bmatrix} \Delta\dot{\omega}_r \\ \Delta\dot{\delta} \\ \Delta\dot{\Psi}_{fd} \\ \Delta\dot{V}_1 \\ \Delta\dot{V}_2 \\ \Delta\dot{V}_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & 0 & 0 & 0 \\ a_{21} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a_{32} & a_{33} & a_{34} & 0 & a_{36} \\ 0 & a_{42} & a_{43} & a_{44} & 0 & 0 \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & 0 & a_{55} & 0 \\ a_{61} & a_{62} & a_{63} & 0 & a_{65} & a_{66} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta\omega_r \\ \Delta\delta \\ \Delta\Psi_{fd} \\ \Delta V_1 \\ \Delta V_2 \\ \Delta V_s \end{bmatrix}$$

۶-۱۲ ماتریس حالت سیستم با سیم پیچ میرا کننده

اگر فرض کنیم که مدل شامل یک سیم پیچ میرا کننده روی محور d و دو سیم پیچ میرا کننده روی محور q باشد، شکل زیر را خواهیم داشت :

(مدار معادل ماشین سنکرون)





و جریان روتور به صورت فوق است :

$$i_{fd} = \frac{1}{L_{fd}}(\Psi_{fd} - \Psi_{ad}) \qquad p\Psi_{fd} = \frac{\omega_0 R_{fd}}{L_{adu}} E_{fd} - \omega_0 R_{fd} i_{fd}$$
$$i_{1d} = \frac{1}{L_{1d}}(\Psi_{1d} - \Psi_{ad}) \qquad p\Psi_{1d} = -\omega_0 R_{1d} i_{1d}$$
$$i_{1q} = \frac{1}{L_{1q}}(\Psi_{1q} - \Psi_{aq}) \qquad p\Psi_{1q} = -\omega_0 R_{1q} i_{1q}$$
$$i_{2q} = \frac{1}{L_{2q}}(\Psi_{2q} - \Psi_{aq}) \qquad p\Psi_{2q} = -\omega_0 R_{2q} i_{2q}$$

$$\begin{cases} \Psi_{fd} = -L_{ads} i_d + L_{ads} i_{fd} + L_{ads} i_{1d} = L''_{ads}\left(-i_d + \frac{\Psi_{fd}}{L_{fd}} + \frac{\Psi_{1d}}{L_{1d}}\right) \\ \Psi_{aq} = L''_{aqs}\left(-i_q + \frac{\Psi_{1q}}{L_{1q}} + \frac{\Psi_{2q}}{L_{2q}}\right) \end{cases}$$

که در آن :
$$L''_{ads} = \frac{1}{\frac{1}{L_{ads}} + \frac{1}{L_{fd}} + \frac{1}{L_{1d}}} \qquad L''_{aqs} = \frac{1}{\frac{1}{L_{aqs}} + \frac{1}{L_{1q}} + \frac{1}{L_{2q}}}$$

$$E_{dN} = E''_d + E_B \sin\delta \qquad E_{qN} = E''_q - E_B\cos\delta$$

که در آن :
$$E''_d = \bar{\omega} L''_{aqs}\left(\frac{\Psi_{1q}}{L_{1q}} + \frac{\Psi_{2q}}{L_{2q}}\right) \qquad E''_q = \bar{\omega} L''_{ads}\left(\frac{\Psi_{fd}}{L_{fd}} + \frac{\Psi_{1d}}{L_{1d}}\right)$$
$$X_{Td} = X_E + \bar{\omega}(L''_{ads} + L_l) = X_E + X''_{ds} \qquad X_{Tq} = X_E + \bar{\omega}(L''_{aqs} + L_l) = X_E + X''_{qs}$$
$$R_T = R_a + R_E \qquad D = R_T^2 + X_{Td}X_{Tq}$$

در نتیجه داریم :
$$i_d = \frac{X_{Tq}E_{qN} - R_T E_{dN}}{D} \qquad i_q = \frac{R_T E_{qN} + X_{Td}E_{dN}}{D}$$

با در نظر گرفتن انحراف روی i_d و i_q داریم :

$$\begin{cases} \Delta i_d = m_1\Delta\delta + m_2\Delta\Psi_{fd} + m_3\Delta\Psi_{1d} + m_4\Delta\Psi_{1q} + m_5\Delta\Psi_{2q} \\ \Delta i_q = n_1\Delta\delta + n_2\Delta\Psi_{fd} + n_3\Delta\Psi_{1d} + n_4\Delta\Psi_{1q} + n_5\Delta\Psi_{2q} \end{cases}$$

که در آن :
$$m_1 = \frac{E_B}{D}(X_{Tq}\sin\delta_0 - R_T\cos\delta_0), \quad m_2 = \frac{X_{Tq}}{D}\frac{L''_{ads}}{L_{fd}}, \quad m_3 = \frac{X_{Tq}}{D}\frac{L''_{ads}}{L_{1d}}, \quad m_4 = -\frac{R_T}{D}\frac{L''_{aqs}}{L_{1q}}, \quad m_5 = -\frac{R_T}{D}\frac{L''_{aqs}}{L_{2q}}$$
$$n_1 = \frac{E_B}{D}(R_T\sin\delta_0 + X_{Td}\cos\delta_0), \quad n_2 = \frac{R_T}{D}\frac{L''_{ads}}{L_{fd}}, \quad n_3 = \frac{R_T}{D}\frac{L''_{ads}}{L_{1d}}, \quad n_4 = \frac{X_{Td}}{D}\frac{L''_{aqs}}{L_{1q}}, \quad n_5 = \frac{X_{Td}}{D}\frac{L''_{aqs}}{L_{2q}}$$

و

$$\Delta\Psi_{ad} = L''_{ads}\left(-\Delta i_d + \frac{\Delta\Psi_{fd}}{L_{fd}} + \frac{\Delta\Psi_{1d}}{L_{1d}}\right) = (-m_1L''_{ads})\Delta\delta + L''_{ads}\left(\frac{1}{L_{fd}} - m_2\right)\Delta\Psi_{fd} + L''_{ads}\left(\frac{1}{L_{1d}} - m_3\right)\Delta\Psi_{1d} + (-m_4L''_{ads})\Delta\Psi_{1q} + (-m_5L''_{ads})\Delta\Psi_{2q}$$
$$\Delta\Psi_{aq} = (-n_1L''_{aqs})\Delta\delta + (-n_2L''_{aqs})\Delta\Psi_{fd} + (-n_3L''_{aqs})\Delta\Psi_{1d} + L''_{aqs}\left(\frac{1}{L_{1q}} - n_4\right)\Delta\Psi_{1q} + L''_{ads}\left(\frac{1}{L_{2q}} - n_5\right)\Delta\Psi_{2q}$$

پس ΔT_e به صورت فوق خواهد بود :

$$\Delta T_e = \Psi_{ad0}\Delta i_q + i_{q0}\Delta\Psi_{ad} - \Psi_{aq0}\Delta i_d - i_{d0}\Delta\Psi_{aq} = K_1\Delta\delta + K_2\Delta\Psi_{fd} + K_{21}\Delta\Psi_{1d} + K_{22}\Delta\Psi_{1q} + K_{23}\Delta\Psi_{2q}$$

که در آن :
$$K_1 = n_1(\Psi_{ad0} + L''_{aqs}i_{d0}) - m_1(\Psi_{aq0} + L''_{ads}i_{q0})$$
$$K_2 = n_2(\Psi_{ad0} + L''_{aqs}i_{d0}) - m_2(\Psi_{aq0} + L''_{ads}i_{q0}) + \frac{L''_{ads}}{L_{fd}}i_{q0}$$
$$K_{21} = n_3(\Psi_{ad0} + L''_{aqs}i_{d0}) - m_3(\Psi_{aq0} + L''_{ads}i_{q0}) + \frac{L''_{ads}}{L_{1d}}i_{q0}$$
$$K_{22} = n_4(\Psi_{ad0} + L''_{aqs}i_{d0}) - m_4(\Psi_{aq0} + L''_{ads}i_{q0}) - \frac{L''_{aqs}}{L_{1q}}i_{d0}$$
$$K_{23} = n_5(\Psi_{ad0} + L''_{aqs}i_{d0}) - m_5(\Psi_{aq0} + L''_{ads}i_{q0}) - \frac{L''_{aqs}}{L_{2q}}i_{d0}$$

و $P\Delta\omega_r$ به صورت :

$$P\Delta\omega_r = \frac{1}{2H}(\Delta T_m - \Delta T_e - K_D\Delta\omega_r) = \frac{1}{2H}(\Delta T_m - K_1\Delta\delta - K_2\Delta\Psi_{fd} - K_{21}\Delta\Psi_{1d} - K_{22}\Delta\Psi_{1q} - K_{23}\Delta\Psi_{2q} - K_D\Delta\omega_r)$$
$$P\Delta\omega_r = a_{11}\Delta\omega_r + a_{12}\Delta\delta + a_{13}\Delta\Psi_{fd} + a_{14}\Delta\Psi_{1d} + a_{15}\Delta\Psi_{1q} + a_{16}\Delta\Psi_{2q} + b_{11}\Delta T_m$$

است، که در آن :
$$a_{11} = -\frac{K_D}{2H}, \quad a_{12} = -\frac{K_1}{2H}, \quad a_{13} = -\frac{K_2}{2H}, \quad a_{14} = -\frac{K_{21}}{2H}, \quad a_{15} = -\frac{K_{22}}{2H}, \quad a_{16} = -\frac{K_{23}}{2H}, \quad b_{11} = \frac{1}{2H}$$

و $P\Delta\delta = a_{21}\Delta\omega_r \longrightarrow a_{21} = \omega_0 = 2\pi f_0$ و به طور مشابه برای $P\Delta\Psi_{1d}$، $P\Delta\Psi_{1q}$، $P\Delta\Psi_{2q}$ داریم .

بدین ترتیب معادلات کامل حالت به صورت زیر است :

$$\begin{bmatrix}\Delta \dot\omega_r\\ \Delta\dot\delta\\ \Delta\dot\psi_{fd}\\ \Delta\dot\psi_{1d}\\ \Delta\dot\psi_{1q}\\ \Delta\dot\psi_{2q}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}a_{11}&a_{12}&a_{13}&a_{14}&a_{15}&a_{16}\\ a_{21}&0&0&0&0&0\\ 0&a_{32}&a_{33}&a_{34}&a_{35}&a_{36}\\ 0&a_{42}&a_{43}&a_{44}&a_{45}&a_{46}\\ 0&a_{52}&a_{53}&a_{54}&a_{55}&a_{56}\\ 0&a_{62}&a_{63}&a_{64}&a_{65}&a_{66}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\Delta\omega_r\\ \Delta\delta\\ \Delta\psi_{fd}\\ \Delta\psi_{1d}\\ \Delta\psi_{1q}\\ \Delta\psi_{2q}\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}b_{11}&0\\ 0&0\\ 0&b_{32}\\ 0&0\\ 0&0\\ 0&0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\Delta T_m\\ \Delta E_{fd}\end{bmatrix}$$

که این معادله حالت با فرض $\Delta T_m=0$ و $\Delta E_{fd}=0$ است.

و در صورتی که بخواهیم عمل AVR را نمایش دهیم به معادلات ΔE_{fd} نیاز داریم.

۷-۱۲ پایداری سیگنال کوچک سیستم های چند ماشینه

مدل خطی شده هر وسیله ی دینامیکی به صورت فوق بیان می شود(فرموله کردن معادلات حالت):

$$\begin{cases}\dot X_i = A_i X_i + B_i \Delta V\\ \Delta i_i = C_i X_i - Y_i \Delta V\end{cases}$$

که در آن X_i مقادیر منحرف شده متغیرهای حالت ، i_i تزریق جریان از وسیله به شبکه و V بردار ولتاژهای شین شبکه است.

اگر ماتریس های A_D و B_D ماتریس های بلوک قطری متناظر با A_i و B_i باشند آنگاه داریم :

$$\begin{cases}\dot X = A_D X + B_D \Delta V\\ \Delta i = C_D X - Y_D \Delta V\end{cases}$$

و نیز $\Delta i = Y_N \Delta V$ که Y_N

ماتریس اثر بارهای استاتیکی غیرخطی است.

$$Y_N \Delta V = C_D X - Y_D \Delta V \longrightarrow \Delta V = (Y_N + Y_D)^{-1} C_D X \longrightarrow \dot X = A_D X + B_D (Y_N+Y_D)^{-1} C_D X = AX \longrightarrow A = A_D + B_D (Y_N + Y_D)^{-1} C_D$$

۸-۱۲ روش های خاص در تحلیل سیستم های بسیار بزرگ

تحلیل نوسان های بین ناحیه ای در یک سیستم بزرگ به هم پیوسته قدرت ، مستلزم مدلسازی تفصیلی کل سیستم است.

۱) روش الگوریتم AESOPS (تحلیل نوسانهای ذاتاً سریع در سیستم های قدرت)

که این روش یک روش پاسخ فرکانسی برای محاسبه ی مقادیر ویژه مربوط به مدهای زاویه ی روتور است.

$$2H\frac{d\Delta\omega_r}{dt} = \Delta T_m - \Delta T_e = \Delta T_m - (K_S\Delta\delta + K_D\Delta\omega_r) \xrightarrow{L} 2HS\Delta\omega_r = \Delta T_m - \left(K_S(S)\frac{\Delta\omega_r}{S} + K_D(S)\Delta\omega_r\right)$$

$$\rightarrow \Delta T_m = \left(2HS + K_D(S) + \frac{K_S(S)}{S}\right)\Delta\omega_r \xrightarrow[\text{معادلات فوق بدست می آید}]{\text{مقادیر ویژه ی سیستم از}} 2HS + K_D(S) + \frac{K_S(S)}{S} = 0$$

محدودیت این روش این است که جستجو فراوانی برای دریافت کلیه مدهای بحرانی لازم است ، اما در روش بعدی (آرنولدی) فائق این محدودیت ها هستیم.

۲) روش آرنولدی اصلاح شده (Arnoldi Methods - MAM)

۳) روش تکرار همزمان (simultaneous iterations)

۴) روش S - که بیشتر برای پیدا کردن مدهای ناپایدار مناسب است.

۵) روش SMA - selective Modal Analysis

۹-۱۲ مشخصه های مسائل پایداری سیگنال کوچک

در سیستم های بزرگ قدرت ممکن است از نظر مسائل پایداری سیگنال کوچک محلی یا جامع باشند.

۱) مسائل محلی - مسائل محلی قسمت کوچکی از سیستم را شامل می شود که ممکن است مربوط به نوسانهای زاویه ی روتور یک ژنراتور منفرد و یا یک دستگاه منفرد در مقابل بقیه سیستم قدرت باشد. چنین نوسانهایی ، نوسانهای مد محلی واحد نامیده می شود مثل سیستم تک ماشینه و متصل به شین بینهایت. همچنین ممکن است مسائل محلی مربوط به نوسانهای بین روتورهای چند ژنراتور نزدیک به هم باشد. چنین نوسانهایی را نوسانهای مد بین ماشین یا بین واحد می نامند.

۲) مسائل جامع - مسائل پایداری سیگنال کوچک جامع ناشی از اثر متقابل بین گروه های بزرگی از ژنراتورها است که دارای عواقب گسترده ای می باشند.

سیستم های به هم پیوسته ی بزرگ معمولاً دارای دو نوع متمایز از نوسانهای بین ناحیه ای هستند:

الف- مد فرکانسی بسیار پایین که در برگیرنده ی کلیه ژنراتورها در سیستم است. سیستم اساساً به دو قسمت تقسیم شده است ، که ژنراتورها در یک قسمت با پیچش بر خلاف ماشینها در قسمت دیگر عمل می کنند. فرکانس این مد نوسانی در حدود ۰٫۱ تا ۰٫۳ هرتز است.

ب- مدهای فرکانسی بالاتر که در برگیرنده ی زیر گروههای پیچش بر خلاف یکدیگراست. فرکانس این نوسانها معمولاً در بازه ی ۰٫۴ تا ۰٫۷ هرتز قرار دارد.

* کنترل پذیری مدهای بین ناحیه ای با PSS تابع پیچیده از چند عامل است :

۱) محل واحد با PSS ۲) مشخصه ها و محل بار ۳) انواع تحریک کننده در سایر واحدها.