

۱-۵. سازه سازی های ضروری در مطالعات سیستم های بزرگ؛
بر بررسی پایداری سیستم های بزرگ، در معادلات ۳-۱۳۰ و ۳-۱۲۱ مربوط به دینامیک کات نیز مدنظر قرار می گیرد؛

• از عبارات دینامیک ترانسفورسری P_{44} و P_{4q} صفتی می شود.

• تاثیرات تغییر سرعت لحاظ نشود.

۱-۱-۱- چشمپوشی از عبارات دینامیک ترانسفورسری استاتور

P_{44} و P_{4q} ، عکس العمل گذرای استاتور را نشان می دهند. عکس العمل گذرای شبیه سریعا میرایی شود و برای τ

از این عکس العمل ها صفتی می شود، برای این کار لزوماً باید عکس العمل های گذرای استاتور نیز مدنظر شود تا معادلات

اجزای سیستم قدرت با یکدیگر همخوانی داشته باشند. با حذف این مؤلفه های فرکانس بالا، تفسیر عکس العمل برای

سیستم از دید مطالعات پایداری ساده تر خواهد شد.

شکل ۱-۵، سیستم تحت مطالعه را نشان می دهد که شامل یک ژنراتور قفسی در حبه است که از طریق دو خط انتقال

به سسین بهریت متصل است. اغتشاس خودررسی، یک اتصال کوتاه سه فاز است که در 0.09 ثانیه با خروج

خطار مرتبه 1 ، رفع می شود. عکس العمل های تغییرهای سیستم با وجود در نظر گرفتن P_{44} استاتور در کلاسی

$2-5$ ، $3-5$ و $4-5$ قیاس شده اند. با صفتی از P_{44} ، d و q دارای مؤلفه های یکپارچه اند که

مطابق با فرکانس اصلی جریانهای نماز است. اما با در نظر گرفتن P_{44} مؤلفه های d و q دارای مؤلفه

فرکانس اصلی 60 هرتز است. این مؤلفه ها عمده مؤلفه های زیر گذر استاتور فاصله هوایی می شوند:

• یک مؤلفه نوسانی با فرکانس اصلی، به علت تاثیر متقابل با تحریک روتور

• یک مؤلفه یکپارچه، به علت تلفات ضايع روتور به علت جریانهای فرکانس اصلی القاء شده در

مکن است مؤلفه یکپارچه گشتاور ناشی از تلفات ضايع روتور بزرگ بوده و صفر به تاثیر بازدارندگی آن

شود. از این رو به آن گشتاور بازدارنده جریان مستقیم گفته می شود که تاثیر آن کاهش شتاب در

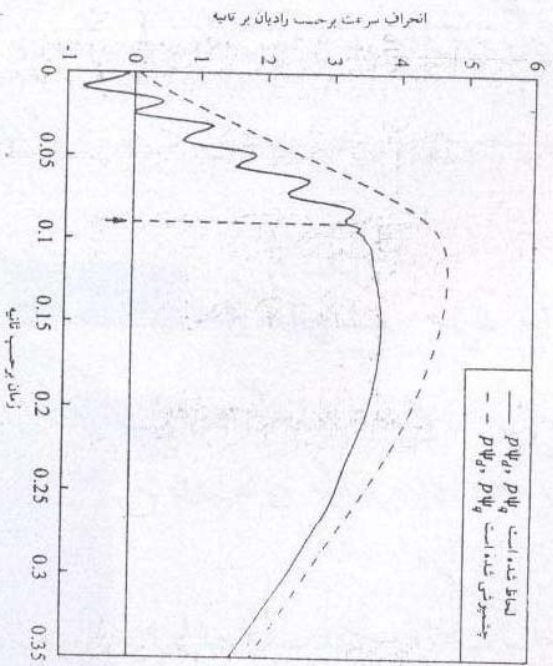
به دنبال بروز اغتشاس است. تاثیر مؤلفه نوسانی کاهش شتاب روتور در نیم سیکل اول و شتاب

دادن آن به تدریجی سرعت اولیه اش در نیم سیکل دوم است که این روند در سایر سیکلها ادامه می

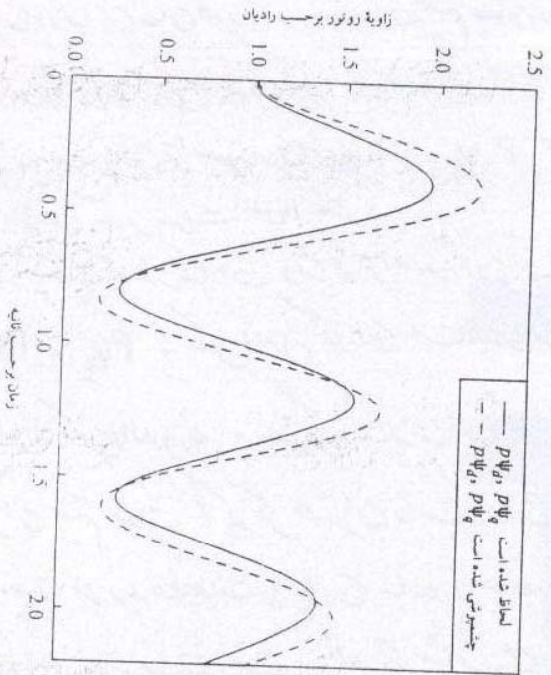
یابد. نهایتاً تاثیر خالص گشتاور نوسانی با کاهش سرعت متوسط روتور است.

۲. منظور حذف P_{44} از معادلات، تاثیر گشتاور بازدارنده و گشتاور نوسانی را با روشهای ساده

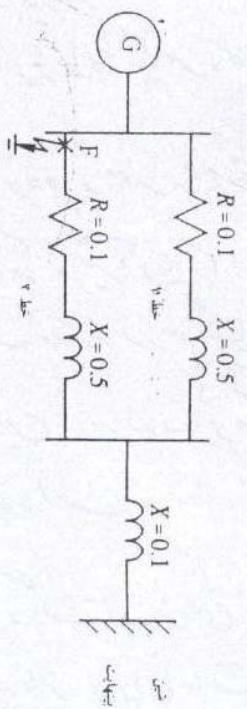
تخمین زده و در محاسبات صفتی کمتر و تنها برای اتصال کوتاه سه فاز و برای ماشینهای که بسیار



شکل ۳-۵ تاثیر چشمپوشی از گذراهای استاتور بر انحراف سرعت



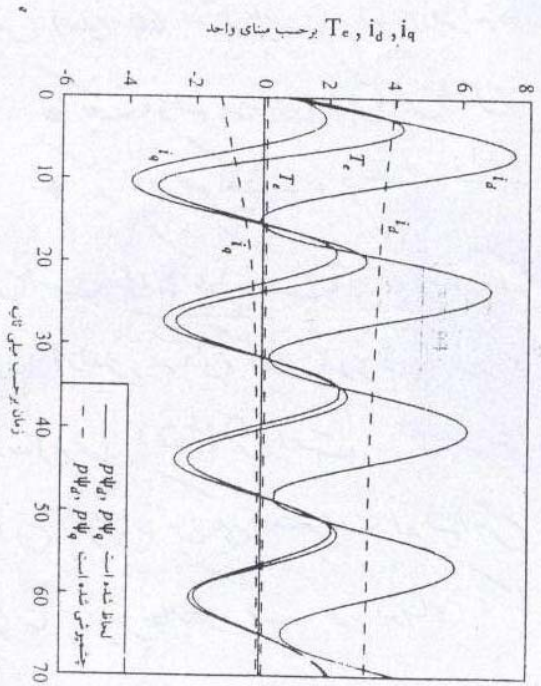
شکل ۴-۵ تاثیر چشمپوشی از گذراهای استاتور بر نوسانهای زاویه روتور



خطای به قدر در F با بار شدن خط ۲ در ۰/۰۹ ثانیه، ربع می شود.

- $L_{ad} = 1.10$
- $L_{1d} = 0.11$
- $R_{1d} = 0.02$
- $L_{aq} = 0.6$
- $L_{1q} = 0.13$
- $R_{1q} = 0.04$
- $L_f = 0.18$
- $R_d = 0.005$
- $H = 3.5$
- $L_{fd} = 0.13$
- $R_{fd} = 0.00075$

شکل ۱-۵ ترکیب و پارامترهای سیستم



شکل ۲-۵ تاثیر چشمپوشی از گذراهای استاتور بر گذرهای قاعده هوائی و مؤلفه های q-d مربوط به جریانهای استاتور

تزدکی به محل خطاهای در نظر گرفته می شود.

افاد در مطالعات عملی پایداری سیستم های قدرت به دلیل زیر تاثیر گسترده بارها در اینده بلوغ و نوسانی در نظر می گیرند

الف) خطاهای خنثی فاز اغلب به صورت رشتا اتفاق می افتد یعنی از یک خطای تلفاز شروع شده به خطای دو فاز و یا سه فاز منجر می شود

ب) چسبیدن از مقدار کوچک جریان مستقیم منجر به محافظه گاهای می شود

نویسندگان با صرف نظر کردن از عکس العمل گذرای استاتور معادلات دینامی واحد استاتور ۳-۱۲ و ۳-۱۳ به معادلات جبری زیر تبدیل می شوند:

$$e_d = -\psi_q \omega_r - R_a i_d \quad (1-5)$$

$$e_q = -\psi_d \omega_r - R_a i_q \quad (2-5)$$

۵-۱-۲- چسبیدن از تاثیر تغییرات سرعت بر ولتاژهای استاتور

فرض ثابت بودن سرعت $\omega_r = 1/0$ تاثیر چندانی بر ولتاژ ندارد و این فرض به سادگی معادلات تکلیفی می کند

اما این فرض تاثیر حذف $P\psi_d$ و $P\psi_q$ را تا جایی که نوسانهای فرکانس پایین رود و سطح است خنثی می کند که این موضوع در مثال ۵-۱ نشان داده می شود.

با فرض $\omega_r = 1 \Rightarrow$ $e_d = -\psi_q - R_a i_d \quad (3-5)$

$$e_q = +\psi_d - R_a i_q \quad (4-5)$$

رابطه P_e و T_e در مبنای واحد: در مبنای واحد

$$P_t = e_d i_d + e_q i_q \xrightarrow[\text{رابطه ۳-۵}]{\text{۴-۵}} P_t = (-\psi_q - R_a i_d) i_d + (\psi_d - R_a i_q) i_q \quad (5-5)$$

$$= (\psi_d i_q - \psi_q i_d) - R_a (i_d^2 + i_q^2)$$

$$= T_e - R_a I_t^2$$

از طرفی توان نامده هوایی که در دنبال مقاومت R_a اندازه گیری می شود برابر است با:

$$P_e = P_t + R_a I_t^2 = T_e \quad (6-5)$$

در حقیقت در مبنای واحد، توان نامده هوایی P_e همان توان در سرعت منگرون است و برابر گشتاور نامده هوایی T_e در مبنای واحد است.

مسئله ۱-۵ با فرض صفر بودن R_a زاویه دهنده در افتش سن های کوچک کائیر چسبیده از تغییرات سرعت در معادلات و سایر اسکانور باعث خفشی شدن کائیر چسبیده از $P\psi_d$ و $P\psi_q$ می شود.

حل :

اگر $R_a = 0$ باشد معادلات ۱۲۰-۳ و ۱۲۱-۳ صورت زیر درمی آید :

$$e_d = \frac{1}{\omega_o} P\psi_d - \psi_q \frac{\omega_r}{\omega_o} \quad (21-5)$$

$$e_q = \frac{1}{\omega_o} P\psi_q + \psi_d \frac{\omega_r}{\omega_o} \quad (22-5)$$

در تغییرات کوچک $\Rightarrow \Delta e_d = \frac{1}{\omega_o} P(\Delta\psi_d) - \psi_{q_o} \frac{\Delta\omega_r}{\omega_o} - \Delta\psi_q \quad (23-5)$

$$\Delta e_q = \frac{1}{\omega_o} P(\Delta\psi_q) + \Delta\psi_d + \psi_{d_o} \frac{\Delta\omega_r}{\omega_o} \quad (24-5)$$

از طرفی داریم :

$$e_d = E_t \sin \delta \quad (25-5)$$

$$e_q = E_t \cos \delta \quad (26-5)$$

در حالت مانده در معادلات ۲۱-۵ و ۲۲-۵ عبارات مشتق و بردار در سین

$$e_{d_o} = E_t \sin \delta_o = -\psi_{q_o}$$

$$e_{q_o} = E_t \cos \delta_o = \psi_{d_o}$$

پس برای تغییرات کوچک معادلات ۲۵-۵ و ۲۶-۵ به صورت زیر خواهد بود

$$\Delta e_d = (E_t \cos \delta_o) \Delta \delta = \psi_{d_o} \Delta \delta \quad (27-5)$$

$$\Delta e_q = -(E_t \sin \delta_o) \Delta \delta = \psi_{q_o} \Delta \delta \quad (28-5)$$

از معادلات ۲۳-۵ و ۲۴-۵ و ۲۷-۵ و ۲۸-۵ و با توجه به اینکه $\Delta \omega_r = P(\Delta \delta)$:

$$\psi_{d_o} \Delta \delta = \frac{1}{\omega_o} P(\Delta\psi_d) - \Delta\psi_q - \psi_{q_o} \frac{1}{\omega_o} P(\Delta\delta) \quad (29-5)$$

$$\psi_{q_o} \Delta \delta = \frac{1}{\omega_o} P(\Delta\psi_q) + \Delta\psi_d + \psi_{d_o} \frac{1}{\omega_o} P(\Delta\delta) \quad (30-5)$$

پس Δe_d و Δe_q (معادلات ۲۷-۵ و ۲۸-۵) با استفاده از کائیر $P\psi_d$ و $P\psi_q$ بر روی $\Delta \delta$ می نویسیم :

الف) بار در نظر گرفتن هردو جمله $P(\Delta\psi)$ و $P(\Delta\delta)$

معادله ۵-۹ را می توان به این صورت نوشت:

$$\Delta\delta = \frac{\frac{1}{\omega_0} P(\Delta\psi_d) - \Delta\psi_q}{\psi_{d0} + \frac{\omega_{q0}}{\omega_0} \rho} \quad (۵-۱۱)$$

از معادله ۵-۱۰ داریم: $(۵-۱۲)$
$$\Delta\psi_d = (\psi_{q0} - \frac{\psi_{d0}}{\omega_0} \rho) \Delta\delta - \frac{1}{\omega_0} P(\Delta\psi_q)$$

معادله ۵-۱۲ را در ۵-۱۱ جایگزین کرده و ساده سازی می کنیم:

$$\psi_{d0} \Delta\delta = -\Delta\psi_q \quad (۵-۱۳)$$

به طور مشابه از ۵-۱۰:

$$\Delta\delta = \frac{\frac{1}{\omega_0} P(\Delta\psi_q) + \Delta\psi_d}{\psi_{q0} - \frac{\omega_{d0}}{\omega_0} \rho} \quad (۵-۱۴)$$

و از معادله ۵-۱۴: $(۵-۱۵)$
$$\Delta\psi_q = -(\psi_{d0} + \frac{\psi_{q0}}{\omega_0} \rho) \Delta\delta + \frac{1}{\omega_0} P(\Delta\psi_d)$$

معادله ۵-۱۵ را در ۵-۱۴ جایگزین کرده و ساده سازی می کنیم:

$$\psi_{q0} \Delta\delta = \Delta\psi_d \quad (۵-۱۶)$$

ب) با چسبیدن از هردو جمله $P(\Delta\psi)$ و $P(\Delta\delta)$

با فرض $P\Delta\psi_d = P\Delta\psi_q = P\Delta\delta = 0$ معادلات ۵-۹ و ۵-۱۰ به صورت زیر درمی آیند:

$$\psi_{d0} \Delta\delta = -\Delta\psi_q \quad (۵-۱۷)$$

$$\psi_{q0} \Delta\delta = \Delta\psi_d \quad (۵-۱۸)$$

که همان معادلات ۵-۱۳ و ۵-۱۶ هستند.

مشاهده می شود که عبارات Δe_d (یعنی $\psi_{d0} \Delta\delta$) و Δe_q (یعنی $\psi_{q0} \Delta\delta$) زنجای $P(\Delta\psi)$ و $P(\Delta\delta)$ می ط شوند مگر در حالتی است که هردو عبارت مذکور حذف شوند.

۵-۲- مدل ساده شده با چسبیدن از سیم پیچ های میراکننده:

حذف تاثیر سیم پیچ های میراکننده باعث کاهش درجه مدل و کاهش پیچیدگی می گردد. با این کار معادلات ۵-۳ و ۵-۴ و لذا اسکالر تغییری نمی کنند اما معادلات ۵-۳ تا ۵-۱۳ به صورت

زیر درستی آینه:

$$\psi_d = -L_d i_d + L_{ad} i_{fd} \quad (7-5)$$

$$\psi_q = -L_q i_q \quad (8-5)$$

$$\psi_{fd} = -L_{ad} i_d + L_{ffd} i_{fd} \quad (9-5)$$

$$e_{fd} = P \psi_{fd} + R_{fd} i_{fd} \quad \text{و نسبت برودت:}$$

$$\text{یا: } P \psi_{fd} = e_{fd} - R_{fd} i_{fd} \quad (10-5)$$

معادله ۱۰-۵ تنها معادله دینامیک معادله های الکتریکی ماشین است.

شکل پایین معادلات ماشین: در اغلب حالات معادلات ۷-۵ تا ۱۰-۵ بر حسب تغییرات زیر نوشته می شود

$$i_{fd} \text{ و نسبت با } E_1: E_1 = L_{ad} i_{fd}$$

$$\psi_{fd} \text{ و نسبت با } E'_q: E'_q = \frac{L_{ad}}{L_{ffd}} \psi_{fd}$$

$$e_{fd} \text{ و نسبت با } E_{fd}: E_{fd} = \frac{L_{ad}}{R_{fd}} e_{fd}$$

معادله ۷-۵ بر حسب تغییرات جدید به صورت زیر خواهد بود:

یا ضرب طرفین ۹-۵ در L_{ad}/L_{ffd} و با تغییرات جدید

$$\begin{cases} \psi_d = -L_d i_d + E_1 \\ \psi_q = -L_q i_q \end{cases} \quad (11-5)$$

$$E'_q = -\frac{L_{ad}^2}{L_{ffd}} i_d + E_1 \quad (12-5)$$

در معادله ۴-۲۹ داریم

$$L'_d = L_d + \frac{L_{ad} L_{fd}}{L_{ad} + L_{fd}} = (L_d - L_{ad}) + \frac{L_{ad} L_{fd}}{L_{ad} + L_{fd}} = L_d - \frac{L_{ad}^2}{L_{ffd}}$$

$$\Rightarrow L_d - L'_d = \frac{L_{ad}^2}{L_{ffd}} \xrightarrow[12-5]{\text{حاصل کنیم در رابطه}}$$

$$E'_q = E_1 - (L_d - L'_d) i_d \quad (13-5)$$

یا ضرب طرفین ۱۰-۵ در L_{ad}/L_{ffd} :

$$P \left[\frac{L_{ad}}{L_{ffd}} \psi_{fd} \right] = \frac{L_{ad}}{R_{fd}} \frac{R_{fd}}{L_{ffd}} e_{fd} - \frac{R_{fd}}{L_{ffd}} L_{ad} i_{fd} \Rightarrow$$

$$P E'_q = \frac{1}{T'_d} (E_{fd} - E_1) \quad (14-5)$$

که T'_d ثابت زمانی تدریجی مدار باز (تعریف شده در بخش ۳-۲) است

نمودار فازوری حالت گذرا: از آنجا که فقط مؤلفه های توان اصلی استوار را حساب کردیم

۷
 پس می‌توانیم از مدل فازوری استفاده کنیم، برای اینکار ابتدا E_q ، E_1 و E_q را بر حسب توابع i_d و i_q بیان می‌کنیم، در فضای واحد $X_d = L_d$ است از معادلات ۴-۵ و ۷-۵ داریم:

$$e_q = \psi_d - R_a i_q = -X_d \dot{I}_d + X_{ad} \dot{I}_{fd} - R_a i_q = -X_d \dot{I}_d + E_1 - R_a i_q$$

$$\Rightarrow E_1 = e_q + X_d \dot{I}_d + R_a i_q \xrightarrow{\text{فریب‌پذیر}} \frac{j}{j} E_1 = j e_q + j X_d \dot{I}_d + j R_a i_q$$

$$\tilde{E}_1 = \tilde{e}_q + j X_d \tilde{I}_d + R_a \tilde{I}_q \quad (15-5) \quad \text{در شکل فازوری:}$$

از معادله ۱۳-۵ و با توجه به $X_d = L_d$ داریم:

$$E_q' = e_q + X_d \dot{I}_d + R_a i_q - X_d \dot{I}_d + X_d' \dot{I}_d = e_q + X_d' \dot{I}_d + R_a i_q$$

$$\xrightarrow{\text{فریب‌پذیر}} j E_q' = j e_q + j X_d' \dot{I}_d + j R_a i_q$$

$$\Rightarrow \tilde{E}_q' = \tilde{e}_q + j X_d' \tilde{I}_d + R_a \tilde{I}_q \quad (16-5) \quad \text{و در شکل فازوری}$$

شاهد می‌کنیم \tilde{E}_1 و \tilde{E}_q' هر دو در راستای q هستند در بخش ۲-۶-۳ مشاهده می‌کنیم که \tilde{E}_q' نیز در راستای q است با جای‌جایی و مرتب‌سازی معادله ۱۶-۳ و جایگزینی $X_{ad} \dot{I}_{fd}$ با E_1 :

$$\tilde{E}_1 = \tilde{E}_q' + j (X_d - X_q) \tilde{I}_d \quad (17-5)$$

شکل ۵-۵ نمودار فازوری \tilde{E}_q' و \tilde{E}_1 را نشان می‌دهد.

۵-۳-۳ مدل با شمار در ثابت

۵-۳-۱-۱ مدل کلاسیک:

در این مدل اگر زمان مطالعه شما T_d کوچک باشد، می‌توان E_q (یا ψ_{fd}) را ثابت فرض کرد. فرض دیگر $X_d = X_q$ (یعنی صرف نظر از برجستگی قطب) می‌باشد. معادله فرض می‌شود که ψ_q (در برابری مدار در محور q معادله ۱۶-۳) ثابت باشد. با این فرضیات ثابت می‌شود که ولتاژ متغیر ψ_{fd} تغییرات اندکی دارد. $R_a + jX_d$ را ضریب ثابت دارد. مدار معادل محورهای d و q در شکل ۶-۵ نشان داده شده است برای محور d در فضای واحد:

$$\psi_{ad} = -L_{ad} \dot{I}_d + L_{ad} \dot{I}_{fd} \quad (18-5)$$

$$\psi_d = \psi_{ad} - L_d \dot{I}_d \quad (19-5)$$

$$\psi_{fd} = \psi_{ad} + L_{fd} \dot{I}_{fd} \quad (20-5)$$

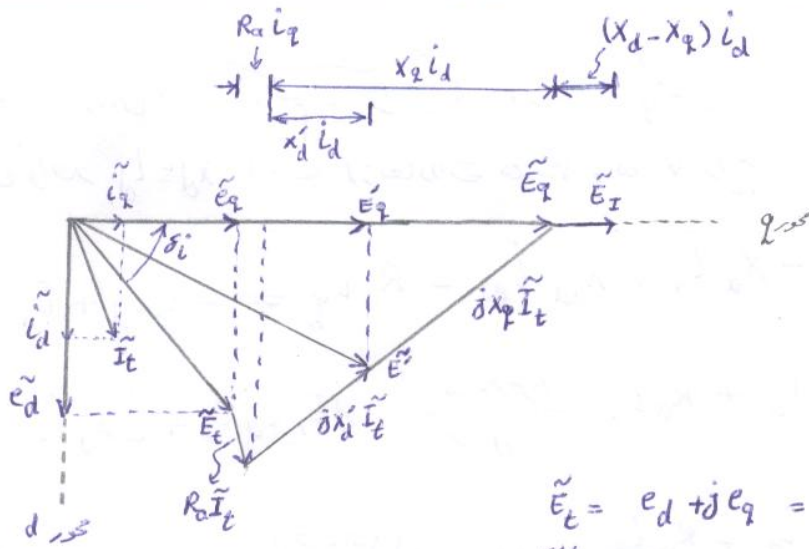
$$\Rightarrow \dot{I}_{fd} = \frac{\psi_{fd} - \psi_{ad}}{L_{fd}} \quad (21-5)$$

$$\psi_{ad} = -L_{ad} \dot{I}_d + \frac{L_{ad}}{L_{fd}} (\psi_{fd} - \psi_{ad}) \Rightarrow$$

معادله ۲۱-۵ را در ۱۸-۵ جایگزین می‌کنیم:

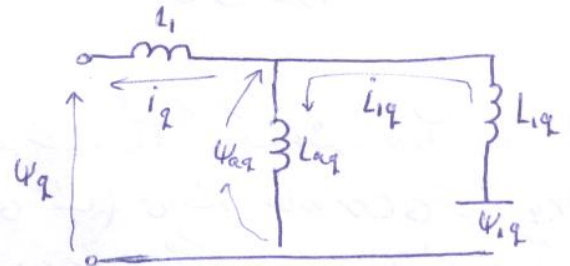
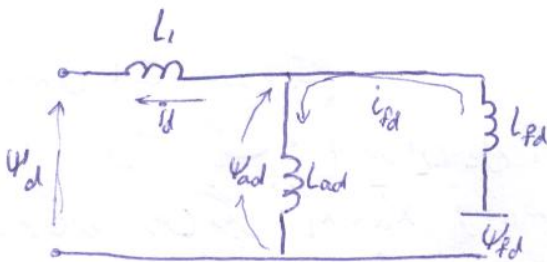
$$\psi_{ad} = L_{ad} \left[-\dot{I}_d + \frac{\psi_{fd}}{L_{fd}} \right] \quad (22-5)$$

$$\dot{I}_{ad} = \frac{1}{\frac{1}{L_{ad}} + \frac{1}{L_{fd}}} = L_{ad}' - L_d \quad (23-5)$$



$$\begin{aligned} \tilde{E}_t &= e_d + j e_q = \tilde{e}_d + \tilde{e}_q \\ \tilde{E}' &= \tilde{E}_t + (R_a + j X_d') \tilde{I}_t \\ \tilde{E}'_q &= \tilde{E}' \text{ در محور } q \text{ مؤلفه} \\ &= \tilde{e}_q + R_a \tilde{i}_q + j X_d' \tilde{i}_d \\ \tilde{E}_q &= R_a + j X_q \text{ در محور } q \\ &= \tilde{E}' + (R_a + j X_q) \tilde{I}_t \\ &= \tilde{e}_q + R_a \tilde{i}_q + j X_q \tilde{i}_d \\ \tilde{E}_T &= \tilde{E}_q + j (X_d - X_q) \tilde{i}_d \end{aligned}$$

شکل ۵-۵ - نمودار فازوری ماشین سنکرو بر حسب E_q ، E'_q و E_T



شکل ۵-۶

$$\psi_{aq} = L_{aq} \left[-i_q + \frac{\psi_{1q}}{L_{1q}} \right] \quad (۲۴-۵)$$

به طور مشابه برای محور q:

$$L'_{aq} = L'_d - L_1$$

$$e_d = -R_a i_d - \omega \psi_q = -R_a i_d + \omega (L_1 i_q - \psi_{aq})$$

$$e_d = -R_a i_d + \omega L_1 i_q - \omega L'_{aq} \left(-i_q + \frac{\psi_{1q}}{L_{1q}} \right) \Rightarrow$$

$\omega = \omega_r = \omega_s = 1$
 از ψ_{aq} و ψ_{1q} از $\omega = 1$ حاصل می شود

۹

$$\rightarrow e_d = -R_a i_d + \omega (L_1 + L'_{aq}) i_q - \omega L'_{aq} \left(\frac{\psi_{iq}}{L_{iq}} \right) = -R_a i_d + X'_q i_q + E'_d \quad (۲۵-۵)$$

در آن: $E'_d = -\omega L'_{aq} \left(\frac{\psi_{iq}}{L_{iq}} \right) \quad (۲۶-۵)$

$$e_q = -R_a i_q - X'_d i_d + E'_q \quad (۲۷-۵)$$

بطوریکه برای دینامو محور q استاتور:
 $E'_q = \omega L'_{ad} \left(\frac{\psi_{fd}}{L_{fd}} \right) \quad (۲۸-۵)$
 که

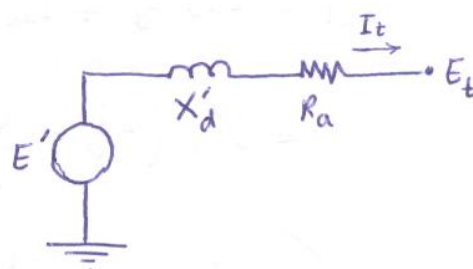
با فرض $X'_d = X'_q$

$$e_d + j e_q = (E'_d + j E'_q) - R_a (i_d + j i_q) + X'_d (i_q - j i_d)$$

$$= (E'_d + j E'_q) - R_a (i_d + j i_q) - j X'_d (i_d + j i_q) \quad \xrightarrow{\text{سرعت نامی}}$$

$$\tilde{E}_t = \tilde{E}' - (R_a + j X'_d) \tilde{I}_t \quad (۲۹-۵)$$

که: $\tilde{E}' = E'_d + j E'_q = L'_{ad} \left(-\frac{\psi_{iq}}{L_{iq}} + j \frac{\psi_{fd}}{L_{fd}} \right)$

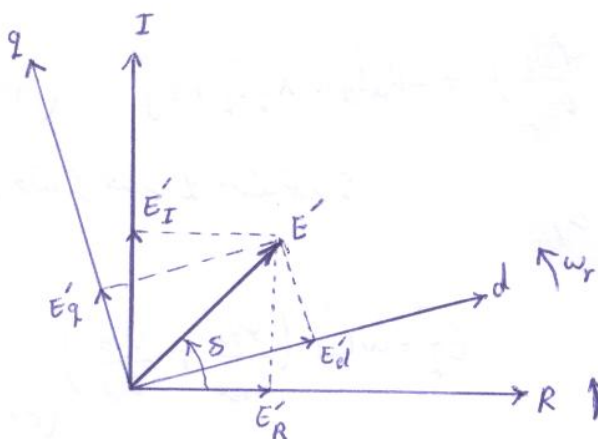


زمانی که شاردهای روتور $(\psi_{iq}$ و $\psi_{fd})$ ثابت باشند، E'_d و E'_q و در نتیجه دامنه E' نیز ثابت خواهد بود. با تغییر سرعت روتور محورهای d و q نسبت به هر مختصات مرجع که با سرعت سگرون بچرخند، حرکت می کنند (شکل ۸-۵). پس E'_d و E'_q تغییر می کنند. دامنه E' را می توان با حساب مقدار آن قبل از وقوع اغتشاش تعیین کرد:

$$\tilde{E}' = \tilde{E}_{t0} + (R_a + j X'_d) \tilde{I}_{t0}$$

نویس می شود که این دامنه در مدت مطابق ثابت می ماند.

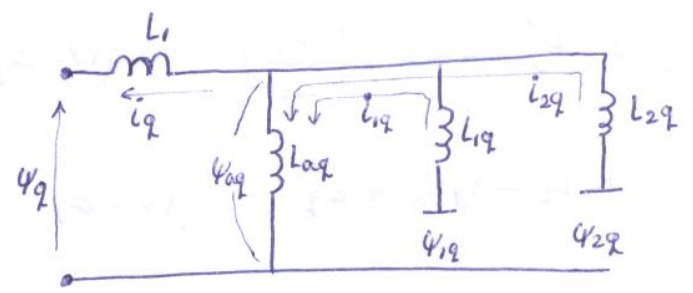
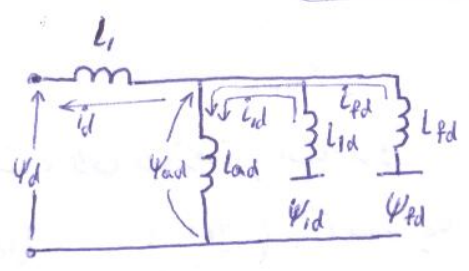
وقتی E'_d و E'_q دارای دامنه ثابت باشند در صورت تغییر سرعت روتور راستای E' نسبت به d و q ثابت می ماند ولی زاویه E' نسبت به مرجع که با سرعت سگرون می چرخد را به عنوان زاویه روتور استفاده کرد.



شکل (۸-۵)

این مدل ساده است و عملکرد گذرای ماشین را به صورت یک منبع ثابت و لذا متصل به یک راکتور مدل می کنند که مدل گلا یک نامبره می شود.

۵-۳-۲- مدل با شار دور ثابت و با در نظر گرفتن تأثیر مدارهای زیرین



شکل ۹-۵ مدارهای معادل با مدارهای زیرین

$$\begin{aligned} \Psi_{ad} &= -L_{ad} \dot{i}_d + L_{ad} \dot{i}_{fd} + L_{ad} \dot{i}_{1d} = -L_{ad} \dot{i}_d + \frac{L_{ad}}{L_{fd}} (\Psi_{fd} - \Psi_{ad}) + \frac{L_{ad}}{L_{1d}} (\Psi_{1d} - \Psi_{ad}) \\ &= L''_{ad} \left(-\dot{i}_d + \frac{\Psi_{fd}}{L_{fd}} + \frac{\Psi_{1d}}{L_{1d}} \right) \quad (30-5) \end{aligned}$$

$$\therefore L''_{ad} = \frac{1}{\frac{1}{L_{ad}} + \frac{1}{L_{fd}} + \frac{1}{L_{1d}}} = L'_d - L_1 \quad (31-5)$$

$$\Psi_{aq} = L''_{aq} \left(-i_q + \frac{\Psi_{1q}}{L_{1q}} + \frac{\Psi_{2q}}{L_{2q}} \right) \quad (32-5)$$

به طور مشابه برای محور q

$$\therefore L''_{aq} = L'_q - L_1$$

و ولتاژ محور d استاتور برابر است با:

$$\begin{aligned} e_d &= -R_a i_d + \omega (L_1 i_q - \Psi_{aq}) \\ &= -R_a i_d + \omega (L_1 + L''_{aq}) i_q - \omega L''_{aq} \left(\frac{\Psi_{1q}}{L_{1q}} + \frac{\Psi_{2q}}{L_{2q}} \right) = -R_a i_d + X''_q i_q + E''_d \quad (33-5) \end{aligned}$$

و ولتاژ محور q استاتور:

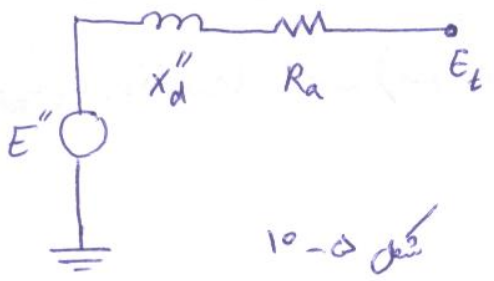
$$e_q = -R_a i_q - X''_d i_d + E''_q \quad (34-5)$$

$$\therefore E''_d = -\omega L''_{aq} \left(\frac{\Psi_{1q}}{L_{1q}} + \frac{\Psi_{2q}}{L_{2q}} \right) \quad (35-5), \quad E''_q = \omega L''_{ad} \left(\frac{\Psi_{fd}}{L_{fd}} + \frac{\Psi_{1d}}{L_{1d}} \right) \quad (36-5)$$

با فرض اینکه از برجستگی قطب $(X''_q = X''_d)$:

$$\begin{aligned} \tilde{E}_t &= e_d + j e_q \\ &= (E''_d + j E''_q) - (R_a + j X''_d) (i_d + j i_q) \quad (37-5) \\ &= \tilde{E}'' - (R_a + j X''_d) \tilde{I}_t \end{aligned}$$

در مدار حاصل در شکل ۵-۱۰ آکده است. این مدل در برنامه‌ها اتصال کوتاه برای محاسبه مقدار اولیه مؤلفه فرکانس اصلی جریانهای اتصال کوتاه به کار می‌رود. از آنجمله شمار در نمی‌تواند به طور لحظه‌ای تغییر کند. E'' صادری مقدار قبل از اغتشاش است. اما در واقع فرض ثابت ماندن شمار در مدارهای ردکور منطقی نیست چون زمان مطالع ^{مورد} نسبت به ثابت‌های زمانی زیرتر برای ψ_{fd} و ψ_{2q} بسیار بزرگ است. اما اگر تغییرات شمار در مدارهای ردکور به حساب آید (یعنی E'' تغییر کند، این مدل قابل قبول است.

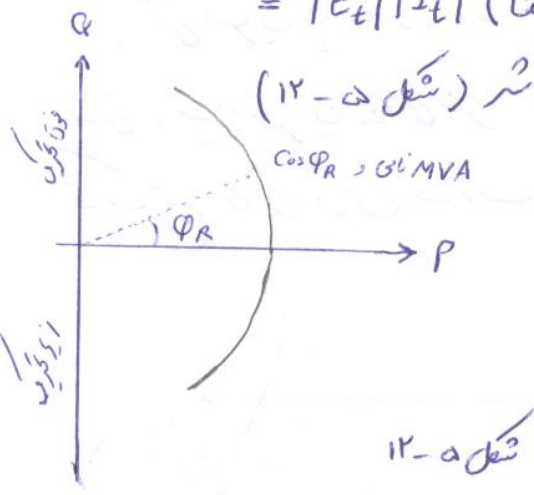


۵-۴- حدود قابلیت تولید توان راکتیو در ماشین سنکرون:

۵-۴-۱- منحنی‌های قابلیت تولید توان راکتیو: خروجی توان حقیقی ماشین به توانایی توربین و در محدوده نقاط آکیر نامی محدود می‌شود و قابلیت تولید پیوسته توان راکتیو با سه معیار: حد جریان آکیر پیوسته، حد جریان محرک و حد گرمایی ناحیه استرایی آکیر پیوسته تعیین می‌شود.

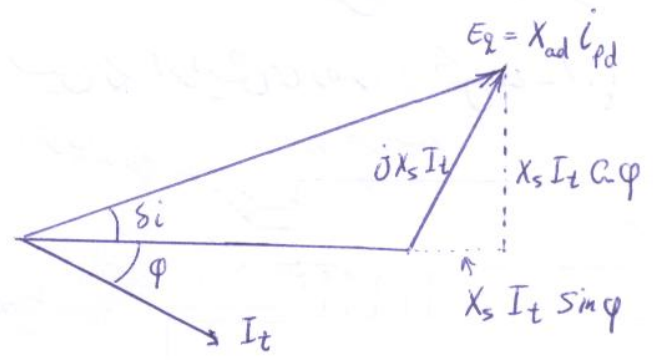
حد جریان آکیر پیوسته: توان ظاهری ماشین در مبدأ ولده برابر است با:

$$S = P + jQ = \tilde{E}_t \tilde{I}_t^* = |E_t| |I_t| (\cos \varphi + j \sin \varphi)$$



شکل ۵-۱۲

پس حد جریان آکیر پیوسته به صورت دایره با شعاع MVA نامی و مرکز مبدأ می‌باشد (شکل ۵-۱۲)



شکل ۵-۱۳

حد جریان محرک: دلیل تلفات گرمایی $R_{fd} I_{fd}^2$ محدودیت بهره‌بردار از ماشین تحمیل می‌کند، اگر

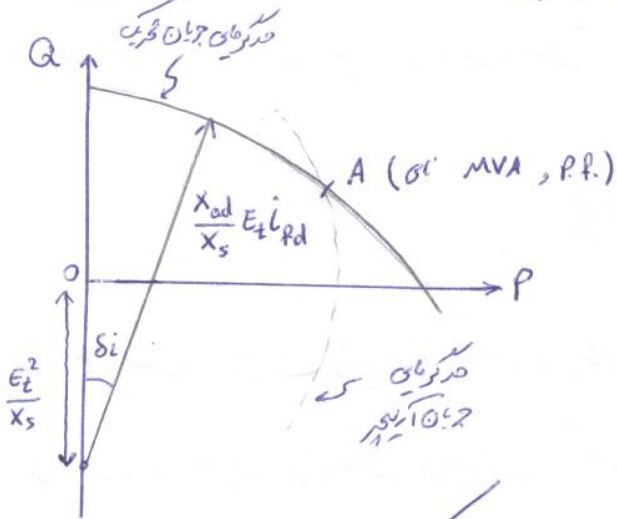
در رات نامح و عمود بر \tilde{E}_t را با هم صادری تراسی دهیم، دایع $X_d = X_q = X_s$ باشد نمودار فازرزی مرتباً E_t و E_q به صورت شکل ۵-۱۳ می‌باشد اگر مؤلفه

$$(X_{ad} I_{fd}) \sin \delta_i = X_s I_t \cos \varphi \quad (۱۸-۵) \quad (X_{ad} I_{fd}) \cos \delta_i = E_t + X_s I_t \sin \varphi \quad (۱۹-۵)$$

$$\begin{cases} I_t \cos \varphi = \frac{X_{ad} I_{fd} \sin \delta_i}{X_s} \\ I_t \sin \varphi = \frac{X_{ad} I_{fd} \cos \delta_i}{X_s} - E_t \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} P = E_t I_t \cos \varphi = \frac{X_{ad}}{X_s} E_t I_{fd} \sin \delta_i & \text{بنابر این! (۱۵-۵)} \\ Q = E_t I_t \sin \varphi = \frac{X_{ad}}{X_s} E_t I_{fd} \cos \delta_i - \frac{E_t^2}{X_s} & \text{(۱۶-۵)} \end{cases}$$

که برای جریان تحریک مشخص، رابطه P و Q دایره‌های مرکز E_t^2/X_s - بر روی محور Q و شعاع

$(X_{ad}/X_s) E_t I_{fd}$ است (شکل ۱۴-۵)



شکل ۱۴-۵

دایره‌های ناحیه استوایی آریپی

شکل ۱۵-۵ نموداری از ناحیه استوایی در زاویه

را نشان می‌دهد. شار این ناحیه که محدود بر ورتم‌های

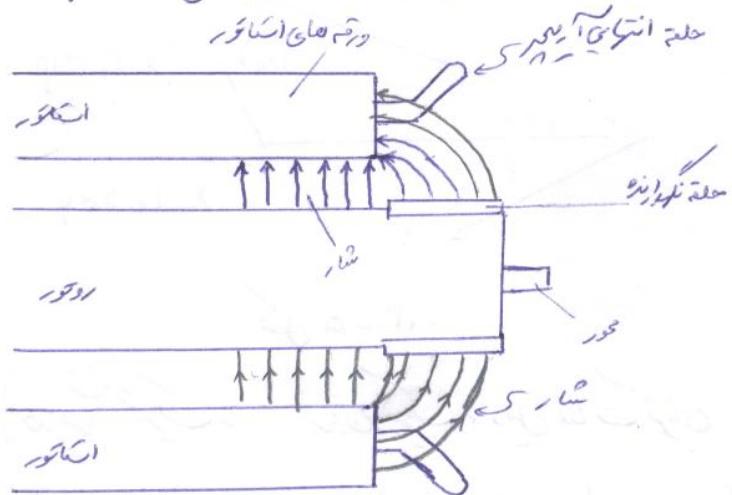
استاتور است جریان گردابی ایجاد می‌کند و تولیدگرهای کند

جریان‌های تحریک تناظر با حالت فون تحریک حلقه حائل (نگهدارنده) را در اشباع نگاه می‌دارند به نحوی که

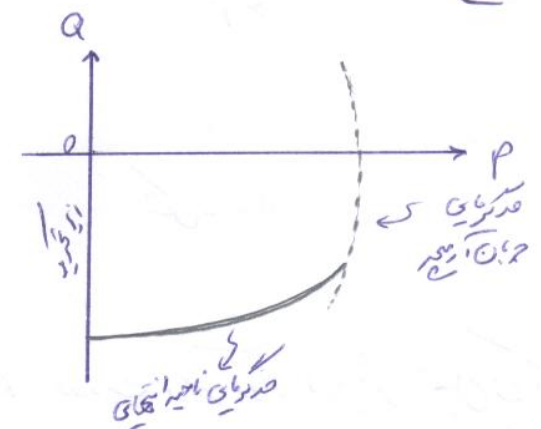
شار نشسته استوایی کم باشد. اما در زیر تحریک جریان تحریک کم است و حلقه اشباع می‌شود و در نتیجه شار

نشسته ناحیه استوایی زیاد می‌شود. همچنین در زیر تحریک شار ناشی از جریان گردابی آریپی با شار ناشی از جریان

تحریک جمع می‌شود. پس محدودیت قابلیت تولید توان ماشین را افزایش می‌دهد. (شکل ۱۷-۵)



شکل ۱۵-۵



شکل ۱۷-۵

به وسیله سیستم خنک کننده می توان قابلیت بارگذاری ماشین را افزایش داد

۵-۴-۲- تعیین های V و معنی های ترکیبی

معنی رابله جریان آبریم و جریان تحریک در یک ولتاژ پایانه ثابت و با توان حقیقی ثابت به معنی V موسم است. برای یک فرکانس (فرکانس مربوط به بخش ۵-۴-۱) برای سه مقدار P (0.5 pu, 0.7 pu و 0.85 pu) معنی های V در شکل ۵-۱۹ رسم شده است. خطوط مقطع مکان هندس نقاط با ضریب توان ثابت هستند و به معنی های ترکیبی موسومند پاره خط های AB, BC, CD به ترتیب محدودیت های حد جریان تحریک، حد جریان آبریم و حد گریز ناحیه انتزاعی آبریم است

