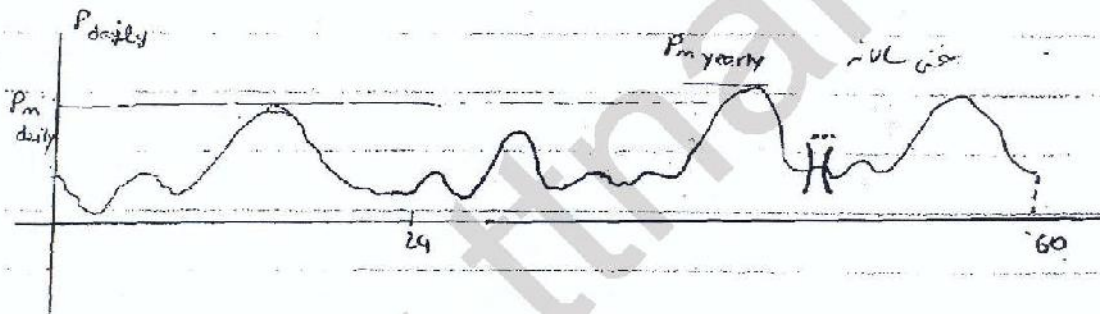
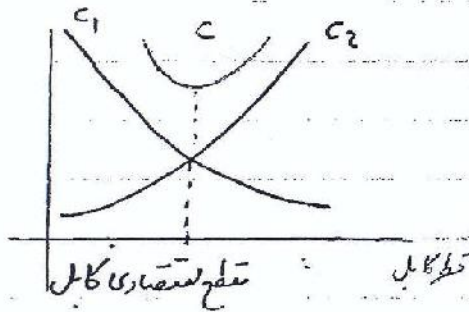


C_1 تلفات انرژی در کابل در سال

فرجه سالانه

C_2 استهلاک سازه سربار

$$C = C_1 + C_2$$



$$P_{ave} = \frac{1}{24} \int_0^{24} P(t) dt$$

$$P_{ave} = \frac{1}{8760} \int_0^{8760} P(t) dt \quad E_{yearly} = \int_0^{8760} P(t) dt$$

$$P_{m \cdot yearly} \cdot T_0 = E_{yearly}$$

فرض کنیم قیمت انرژی در سال P_m است. اگر کاری کنیم که در تمام ساعات P_m مصرف شود، 100٪ صرفه‌جویی است.

T_0 : مدت زمان بهره‌برداری سالانه

$$T_{0 \text{ ideal}} = 8760 \rightarrow \text{در ایران } \approx 4000$$

$$C_1 = g T_0 \sum_{k=1}^n 3 R_k I_k^2$$

g : ضریب تلفات

(Handwritten signature)

اگر است و ولتاژ در سطح مقطع برابر است. 1/5 تعداد کویل است. است و این توان از C_{Cu} و A_1 انتخاب کرد

$$\begin{cases} C_{2Cu} = 7000 \cdot (A_{Cu} + 60) \text{ Rial/km} & g = 0.8 \text{ Rial/kWh} \\ \sigma_{Cu} = 55 \text{ vmm/mm}^2 & T_0 = 4000 \text{ hour} \end{cases}$$

$$\begin{cases} C_{2Al} = 2300 (A_{Al} + 115) \\ \sigma_{Al} = 35 \text{ vmm/mm}^2 \end{cases}$$

مطلوبه $A_k = \sqrt{\frac{3gT_0}{\sigma S}} \cdot I_k$

$J_{Cu} = ?$

$$J = \frac{I_k}{A_k} = \sqrt{\frac{g \sigma S}{3gT_0}} \text{ A/mm}^2$$

$$J_{Cu} = \sqrt{\frac{55 \times 7000 \times 0.1}{3 \times 4000 \times 0.8}} = 2 \text{ Amp/mm}^2$$

$$J_{Al} = \sqrt{\frac{35 \times 2300 \times 0.1}{3 \times 4000 \times 0.8}} = 1 \text{ Amp/mm}^2$$

$$\dot{I}_2 = 60 \text{ A} (0.9 - j0.44) = 60 \angle -25^\circ = 54 - j26.4 \text{ Amp}$$

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_2 + 100 (0.8 - j0.6) = 152 \angle -28^\circ = 134 - j86.4 \text{ Amp}$$

انتخاب Cu

$$A_1 = \frac{152}{2} = 76 \text{ mm}^2 \quad A_2 = \frac{60}{2} = 30 \text{ mm}^2$$

انتخاب Al

$$A_1 = \frac{152}{1} = 152 \text{ mm}^2 \quad A_2 = \frac{60}{1} = 60 \text{ mm}^2$$

اگر است و ولتاژ در سطح مقطع برابر است

A_2 و A_1 را در سطح مقطع برابر می کنیم

WA

Load Flow Analysis

فصل 7: مطالعات پخش بار

مطالعات سیستم قدرت در حالت Steady State است. یعنی سیستم در حالت متعادل و ماندگار کار کند.
 و نتایج این مطالعات در آن گزینده از شاخص‌ها که مختلف از حساب می‌کنیم در هر چه مهم‌ترین تقسیم‌گیری است. و بجز برای به کار ببریم

با اهداف P و Q این بار P کارکرد این شبکه (در اینجا) و نتایج می‌تواند \min در هزینه \min V_i K

بنابراین برای تازید و تقسیم کنیم. و در آن یکی از شبکه‌ها را به عنوان شروع می‌دانیم

Slack BUS

Reference BUS / Swing BUS / Mother BUS

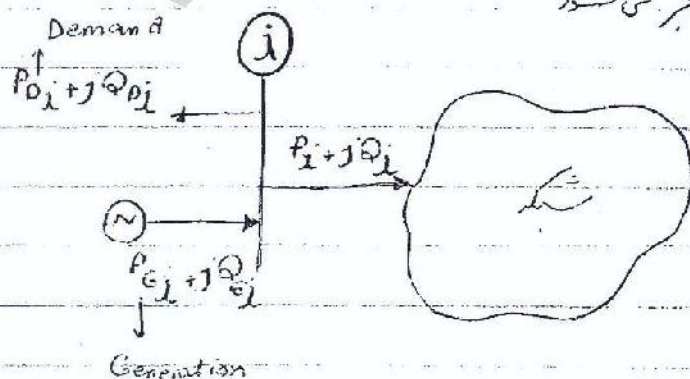
مقدار آن 1 pu و زاویه آن صفر است.

و اندازه زاویه سایر سیستم‌ها نسبت به آن بیان می‌شود.

درت های active, reactive شاخه‌ها مختلف P, Q

مطالعات پخش بار در واقع حل معادلات KV, KI یک شبکه قدرت است

و به دستگاه معادلات غیر خطی منجر می‌شود.



$$S_{G_i} = P_{G_i} + jQ_{G_i} \quad S_{D_i} = P_{D_i} + jQ_{D_i}$$

در این حالت از تقویم شده

$$I_i = I_{G_i} - I_{D_i}$$

$$S_i = V_i I_i^*$$

$$P_i + jQ_i = V_i I_i^*$$

$$I_i = \frac{P_i - jQ_i}{V_i^*}$$

$$V_i = |V_i| \angle \delta_i$$

$$V_{stack} = V_i = 1 \angle 0^\circ$$

↓
۱ pu

$|V_i| \angle \delta_i$
 P, Q

در این حالت از تقویم شده

$1 \angle 0^\circ$

Stack BUS

$|V_i|, P$

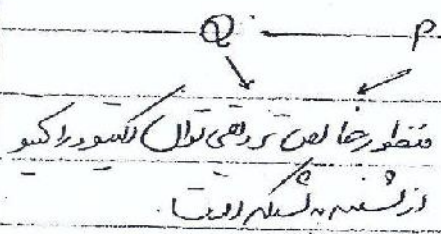
Generator BUS

P, Q

Load BUS

۴۹

در صورتی که بارها در تمام بارها در تمام بارها



در حالت کلی و در بارها در تمام بارها در تمام بارها در تمام بارها

Swing bus (slack bus, infinite bus, Reg bus, Mother bus)

این نوع بارها در تمام بارها در تمام بارها در تمام بارها

در تمام بارها در تمام بارها در تمام بارها

در تمام بارها در تمام بارها در تمام بارها

Pr bus / Central bus (Gen bus) این نوع بارها در تمام بارها در تمام بارها

در تمام بارها در تمام بارها در تمام بارها

این نوع بارها در تمام بارها در تمام بارها

Sej

③ سیستم را به دو بخش تقسیم می‌کنیم: Load bus و PQ bus
 که در آن P_2, Q_2 معلوم است و V_2 و δ_2 مجهول است.

در هر دو بخش داریم: $2n$ معادله و $2n$ مجهول داریم.
 پس $2n$ معادله داریم.

هدف از این کار، تبدیل این معادلات به شکل استاندارد است.

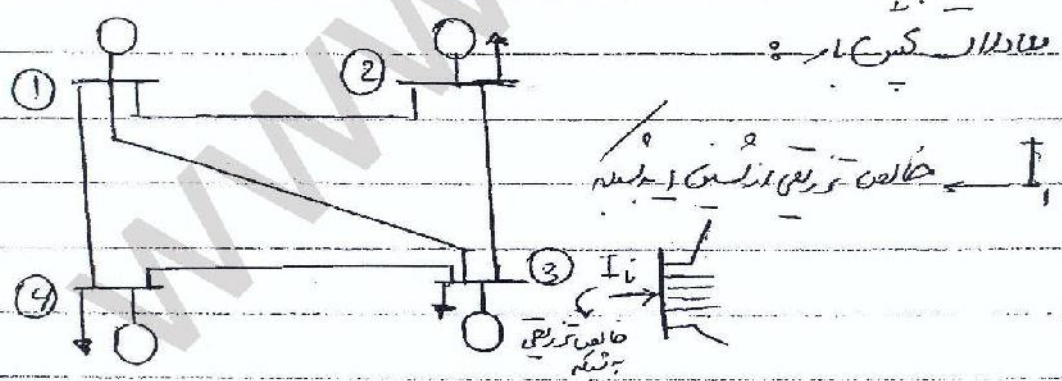
فرض می‌کنیم که P_2, Q_2 معلوم است و V_2, δ_2 مجهول است.

معادلات سیستم را می‌توان به صورت زیر نوشت:

چون V_2, δ_2 مجهول است، می‌توانیم از Snapshot (نگاره) استفاده کنیم.

در حالت اتصال کوتاه، می‌توانیم V_2, δ_2 را به دست آوریم.

معادلات گسین:



$$I_1 = y_{12}(V_1 - V_2) + y_{13}(V_1 - V_3) + y_{14}(V_1 - V_4)$$

$$I_2 = y_{21}(V_2 - V_1) + y_{23}(V_2 - V_3) + y_{24}(V_2 - V_4)$$

$$I_3 = y_{31}(V_3 - V_1) + y_{32}(V_3 - V_2) + y_{34}(V_3 - V_4)$$

$$I_4 = y_{41}(V_4 - V_1) + y_{42}(V_4 - V_2) + y_{43}(V_4 - V_3)$$

$$\begin{aligned} \rightarrow I_1 &= (y_{12} + y_{13} + y_{14})V_1 - y_{12}V_2 - y_{13}V_3 - y_{14}V_4 \\ I_2 &= -y_{21}V_1 + (y_{21} + y_{23} + y_{24})V_2 - y_{23}V_3 - y_{24}V_4 \\ I_3 &= -y_{31}V_1 - y_{32}V_2 + (y_{31} + y_{32} + y_{34})V_3 - y_{34}V_4 \\ I_4 &= -y_{41}V_1 - y_{42}V_2 - y_{43}V_3 + (y_{41} + y_{42} + y_{43})V_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_1 &= Y_{11}V_1 + Y_{12}V_2 + Y_{13}V_3 + Y_{14}V_4 \\ \rightarrow I_2 &= Y_{21}V_1 + Y_{22}V_2 + Y_{23}V_3 + Y_{24}V_4 \\ I_3 &= Y_{31}V_1 + Y_{32}V_2 + Y_{33}V_3 + Y_{34}V_4 \\ I_4 &= Y_{41}V_1 + Y_{42}V_2 + Y_{43}V_3 + Y_{44}V_4 \end{aligned}$$

$$\rightarrow \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} & Y_{14} \\ Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} & Y_{24} \\ Y_{31} & Y_{32} & Y_{33} & Y_{34} \\ Y_{41} & Y_{42} & Y_{43} & Y_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \end{bmatrix}$$

$$Y_{ii} = \sum_j y_{ij} \quad Y_{ij} = -y_{ij}$$

$$I_i = Y_{i1}V_1 + Y_{i2}V_2 + \dots + Y_{ii}V_i + \dots + Y_{in}V_n$$

$$I_i = \sum_{j=1}^n Y_{ij}V_j$$

$$S_i = P_i + jQ_i \quad S_i^* = V_i I_i^*$$

$$I_i^* = \frac{P_i + jQ_i}{V_i} \quad I_i = \frac{P_i - jQ_i}{V_i^*}$$

$$P_i - jQ_i = V_i^* \sum_{j=1}^n Y_{ij}V_j \quad i = 1, 2, \dots, n$$

der $2n, n \times 2n$

$$V_i = |V_i| \angle \delta_i$$

$$Y_{ij} = |Y_{ij}| \angle \phi_{ij}$$

$$P_i - jQ_i = V_i^* \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j$$

$$\begin{cases} P_i = |V_i| \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| |V_j| \cos(\delta_i - \delta_j - \phi_{ij}) \\ Q_i = |V_i| \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| |V_j| \sin(\delta_i - \delta_j - \phi_{ij}) \end{cases}$$

1: slack

2...m: PV bus

m+1...n: PQ bus

$$V_i = e_i + j f_i$$

$$Y_{ij} = G_{ij} + jB_{ij}$$

$$P_i = e_i \sum_{j=1}^n (G_{ij} e_j - B_{ij} f_j) + f_i \sum_{j=1}^n (G_{ij} f_j + B_{ij} e_j)$$

$$Q_i = f_i \sum_{j=1}^n (G_{ij} e_j - B_{ij} f_j) - e_i \sum_{j=1}^n (G_{ij} f_j + B_{ij} e_j)$$

$$\begin{cases} P_i = e_i \sum_{j=1}^n a_{ij} + f_i \sum_{j=1}^n b_{ij} \\ Q_i = f_i \sum_{j=1}^n a_{ij} - e_i \sum_{j=1}^n b_{ij} \end{cases}$$

$$\begin{cases} a_{ij} = G_{ij} e_i - B_{ij} f_i \\ b_{ij} = G_{ij} f_j + B_{ij} e_j \end{cases}$$

$$\begin{cases} a_{ij} = G_{ij} e_i - B_{ij} f_i \\ b_{ij} = G_{ij} f_j + B_{ij} e_j \end{cases}$$

مصفوفات کسین و سین برای معادلات غیر خطی و باید از روش گوس استفاده کنیم

Gauss

روش گوس جهت حل معادلات کسین و سین
روش گوس و کراس برای سیستم معادلات خطی و باید از روش گوس استفاده کنیم

$$P_i - jQ_i = V_i^* \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j$$

$$P_i - jQ_i = V_i^* \left[Y_{ii} V_i + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n Y_{ij} V_j \right]$$

$$V_i = \frac{1}{Y_{ii}} \left[\frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n Y_{ij} V_j \right]$$

مجموعه داده ها را در این سیستم استفاده می کنیم $\delta_2, \delta_3, \dots, \delta_n$

تعداد داده ها: $2(n-1)$

تعداد مجهولات: $2(n-1)$

داده های v_2 تا v_n در دسترس داریم:

$$\begin{cases} v_2^1 = |v_2| < \delta_2 \\ v_3^1 = |v_3| < \delta_3 \\ \vdots \\ v_n^1 = |v_n| < \delta_n \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_2^2 \\ v_3^2 \\ \vdots \\ v_n^2 \end{cases} \Rightarrow \dots \Rightarrow \begin{cases} v_2^k \\ v_3^k \\ \vdots \\ v_n^k \end{cases}$$

در هر مرحله از این روش، داده های جدیدی که در دسترس قرار می گیرد، به سیستم اضافه می شود و این فرآیند تا زمانی که به دقت مورد نیاز برسیم ادامه می یابد.

این روش برای سیستم های خطی با ضرایب متغیر و برای حل مسائل بهینه سازی خطی نیز کاربرد دارد. در هر مرحله، داده های جدیدی که در دسترس قرار می گیرد، به سیستم اضافه می شود و این فرآیند تا زمانی که به دقت مورد نیاز برسیم ادامه می یابد.

Gauss-Seidal

روش گوس-سیدال

این روش برای حل مسائل خطی است.

$$\begin{cases} v_2^1 = |v_2| < \delta_2 \\ v_3^1 = |v_3| < \delta_3 \\ \vdots \\ v_n^1 = |v_n| < \delta_n \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_2^2 \\ v_3^2 \\ \vdots \\ v_n^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_3^3 \\ v_4^3 \\ \vdots \\ v_n^3 \end{cases} \Rightarrow \dots \Rightarrow \begin{cases} v_2^2 \\ v_3^2 \\ v_4^2 \\ \vdots \\ v_n^2 \end{cases}$$

در هر مرحله از این روش، داده های جدیدی که در دسترس قرار می گیرد، به سیستم اضافه می شود و این فرآیند تا زمانی که به دقت مورد نیاز برسیم ادامه می یابد.

✓✓

$$V_i^{(k)} \leftarrow \text{Bus Voltage at iteration } k$$

$$V_i^{(k+1)} \leftarrow \text{Bus Voltage at iteration } k+1$$

$$|V_i^{(k+1)} - V_i^{(k)}| \leq \epsilon \quad i=2,3,\dots,n$$

δ_i ← voltage deviation
 P_i ← (bus PQ) load
 P_i ← (bus PV) generation
 P_i ← (bus sch) load

$$Q_i = -\text{Im} \left[V_i^* \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j \right] \Rightarrow V_i^{\text{calculated}}$$

$$\text{PV stress} = \begin{cases} |V_i|, P_i \text{ fixed} \\ Q_i^{\text{min}} \leq Q_i \leq Q_i^{\text{max}} \end{cases}$$

← voltage deviation

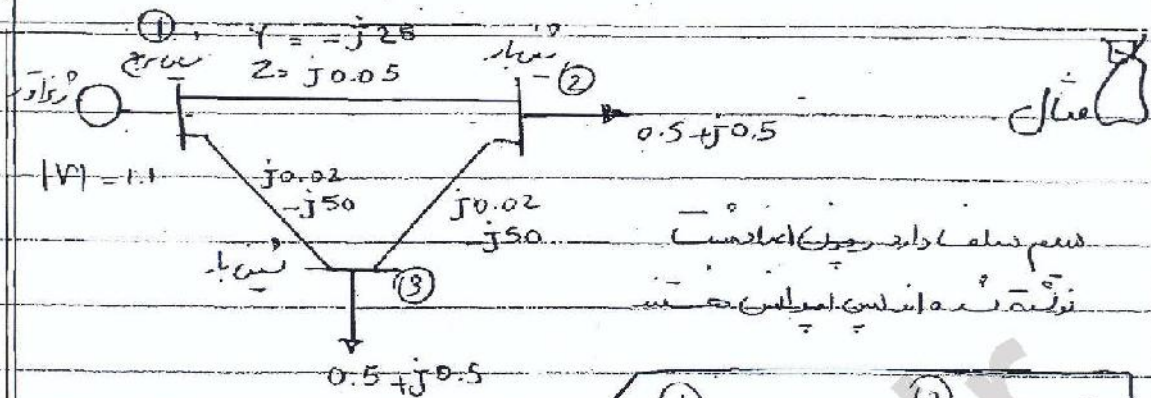
$$|V_i^{\text{calculated}} - V_i^{\text{cal}}| \leq \delta_i = |V_i^{\text{sch}} - V_i^{\text{cal}}| \leq \delta_i$$

$$\begin{aligned}
 \text{if } Q_i > Q_i^{\text{max}} &\rightarrow \text{fix } Q_i = Q_i^{\text{max}} \\
 \text{if } Q_i < Q_i^{\text{min}} &\rightarrow \text{fix } Q_i = Q_i^{\text{min}}
 \end{aligned}$$

(PQ) ← bus PQ load
 (PV) ← bus PV generation

← voltage deviation

← voltage deviation
 ← voltage deviation



نقشه:

دستگاه: $Y_{ii} = \sum_j Y_{ij}$

گراوندینگ نسبت داشته باشیم: $Y_{ii} = g_i + \sum_j Y_{ij}$

لاابالی نسبت طرف آنها

$Y_{11} = g_{12} + g_{13} + y_1$

جدول مساله:

شماره نود	نوع نود	V	∠	P	Q
1	∞	1.1	0	?	?
2	PQ	?	?	-0.5	-0.5
3	PQ	?	?	-0.5	-0.5

$$I_i = \frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} = \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j + Y_{ii} V_i$$

$$V_i = \frac{1}{Y_{ii}} \left[\frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n Y_{ij} V_j \right]$$

$$V_2 = \frac{1}{-j70} \left[\frac{-0.5 + j0.5}{V_2^*} - j20 \times 1.1 - j50 \times V_3 \right]$$

$$V_3 = \frac{1}{j100} \left[\frac{-0.5 + j0.5}{V_3^*} - j50 \times 1.1 - j50 \times V_2 \right]$$

V_p

V_e

$$\begin{aligned}
 V_2^1 = 1 \angle 0 &\Rightarrow V_2^2 = \dots \Rightarrow V_2^3 = \dots \Rightarrow \dots \\
 V_3^1 = 1 \angle 0 &\Rightarrow V_3^2 = \dots \Rightarrow V_3^3 = \dots \Rightarrow \dots
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_2^2 - V_2^1 &= \Delta V_2^1 < \epsilon \\
 V_3^2 - V_3^1 &= \Delta V_3^1 < \epsilon \\
 V_2^3 - V_2^2 &= \Delta V_2^2 < \epsilon \\
 V_3^3 - V_3^2 &= \Delta V_3^2 < \epsilon
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_2^1 = 1 \angle 0 &\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} V_2^2 \\ V_3^1 \end{array} \right. \rightarrow V_3^2 \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} V_2^3 \\ V_3^2 \end{array} \right. \rightarrow V_3^3 \\
 V_3^1 = 1 \angle 0 &
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta V_2^1 &< \epsilon \\
 \Delta V_3^1 &< \epsilon \\
 \Delta V_2^2 &< \epsilon \\
 \Delta V_3^2 &< \epsilon
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_1 &= \frac{P_1 - jQ_1}{V_1^*} = V_1(j70) + V_2(-j20) + V_3(-j50) \\
 &\Rightarrow P_1, Q_1, \dots
 \end{aligned}$$

تسریع همگرایی در الگوریتم GS :

$$\Delta V_i^{(k+1)} = V_i^{(k+1)} - V_i^{(k)}$$

$$V_i^{(k+1)} = V_i^{(k)} + \Delta V_i^{(k+1)}$$

برای تسریع همگرایی می توان از یک ضرب همگرایی (α) استفاده کرد

$$V_{i,acc}^{(k+1)} = V_i^{(k)} + \alpha \Delta V_i^{(k+1)}$$

Acceleration Factor $1.5 \leq \alpha \leq 1.7$

تجزیه توان می دهد اگر $\alpha > 1.7$ می رسات و اگر استفاده شود $\alpha < 1.5$ هم تسریع خود را زیاد می کند

ماتریس قدرت در مسائل بخش بار

یکی از مواردی که در تسریع بخش بار حاصل می شود قدرت توانی و معوضی در شبکه های مختلف قدرت همبند از شاخه ها است

شکل STACK :

$$P_i - jQ_i = V_i^* \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j$$

$$P_i = -Re [V_i^* \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j]$$

$$Q_i = -Im [V_i^* \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j]$$

قدرت اکتیو تولیدی
قدرت اکتیو بار معوضی
خالص توانی در شبکه ها
یا به سبب

ها: معوضی شبکه بارها

ممكن است هم را بشم

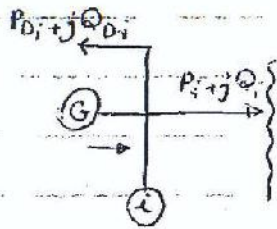
$$\begin{cases} P_{Gi} = P_i + P_{Di} \\ Q_{Gi} = Q_i + Q_{Di} \end{cases}$$

VE

$$Q_i = - \sum_m [v_i^* \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} v_j]$$

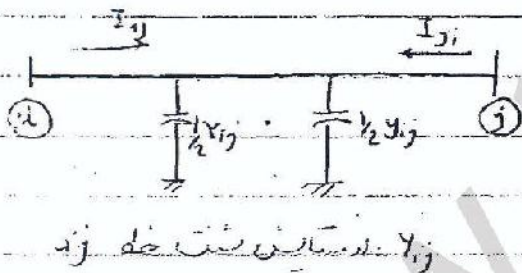
شحن‌های
Gen Bus
شحن‌های گنرال شده

$$Q_{G_i} = Q_i + Q_{D_i} \quad Q_{i, \min} \leq Q_{G_i} \leq Q_{i, \max} \quad (\text{PV Buses})$$



در مشنها حالتی برقی را مثبت در نظر می‌گیریم

مدت در خط



$$I_{ij} = \frac{v_i - v_j}{z_{ij}} + \frac{1}{2} y_{ij} v_i$$

$$P_{ij} + jQ_{ij} = v_i I_{ij}^*$$

$$= v_i \left(\frac{v_i - v_j}{z_{ij}} + \frac{1}{2} y_{ij} v_i \right)^*$$

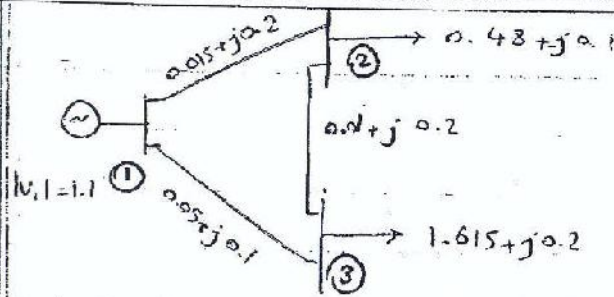
موانع از مشین در شبکه می‌روز

$$P_{ji} + jQ_{ji} = v_j \left(\frac{v_j - v_i}{z_{ij}} + \frac{1}{2} y_{ij} v_j \right)^*$$

$$P_{ij} + P_{ji} = \text{مصرف تلفات خط}$$

$$Q_{ij} + Q_{ji} = \text{مصرف گنبد خط}$$

در مشنها حالتی برقی را مثبت در نظر می‌گیریم
مدت در خط



سلسلہ	نوع	P	Q	V	δ
1	∞	?	?	1.1	0
2	PQ	-0.48	-0.1	?	?
3	PQ	-1.615	-0.2	?	?

$$Y_{12} = Y_{21} = \frac{-1}{0.015 + j0.2} = -0.373 + j4.979$$

$$Y_{13} = Y_{31} = \frac{-1}{0.005 + j0.1} = -0.499 + j9.975$$

$$Y_{23} = Y_{32} = \frac{-1}{0.01 + j0.05} = -3.846 + j19.231$$

$$Y_{11} = -(Y_{12} + Y_{13}) = 0.872 - j19.947$$

$$Y_{22} = -(Y_{21} + Y_{23}) = 4.216 - j24.203$$

$$Y_{33} = -(Y_{31} + Y_{32}) = 4.345 - j29.206$$

$$I_i = \frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} = Y_{ii} V_i + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n Y_{ij} V_j$$

$$V_i = \frac{1}{Y_{ii}} \left[\frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n Y_{ij} V_j \right]$$

$$V_2 = \frac{1}{Y_{22}} \left[\frac{P_2 - jQ_2}{V_2^*} - Y_{21} V_1 - Y_{23} V_3 \right]$$

$$V_3 = \frac{1}{Y_{33}} \left[\frac{P_3 - jQ_3}{V_3^*} - Y_{31} V_1 - Y_{32} V_2 \right]$$

$$V_2 = \frac{1}{4.216 - j24.203} \left[\frac{-0.48 + j0.1}{V_2^*} - (-0.373 + j4.944) \cdot 1.1 - (-3.846 + j19.231) V_3 \right]$$

$$V_3 = \frac{1}{4.345 - j29.206} \left[\frac{-1.615 + j0.2}{V_3^*} - (-0.499 + j9.935) \cdot 1.1 - (3.846 + j19.231) V_2 \right]$$

$$\begin{cases} V_2^0 = 1 + j0 \\ V_3^0 = 1 + j0 \end{cases} \Rightarrow \dots$$

الگوریتم کامپیوتری برای حل مسائل بخش بار برداشتن GS:

در شبکه های بزرگ حل دستی مسائل بخش بار برداشتن به ندرت میسر است.

n : تعداد بخش ها

l : تعداد خط ها

V_{isch} : داده ولتاژ بخش ها که برآورد شده

k : تعداد نودات تکمیل کننده

$$E_{BUS} = Y_{BUS}$$

Z_{BUS} مستقیماً قابل تعیین نیست.

I_{BUS} با اندازه گیری در شبکه می توان تعیین کرد

$$V_{BUS} = Z_{BUS} \cdot I_{BUS}$$

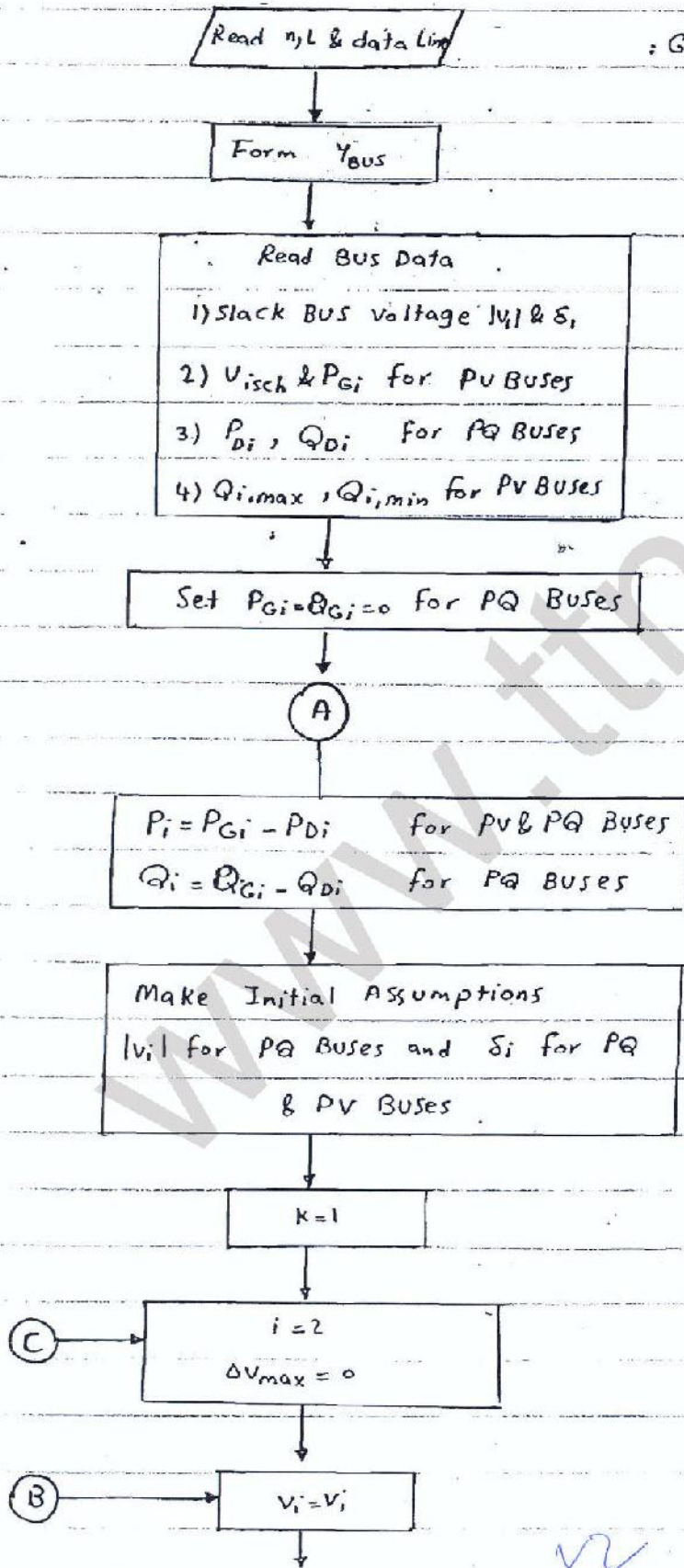
تأثیر بارها و بارهای دیگر روی ولتاژ

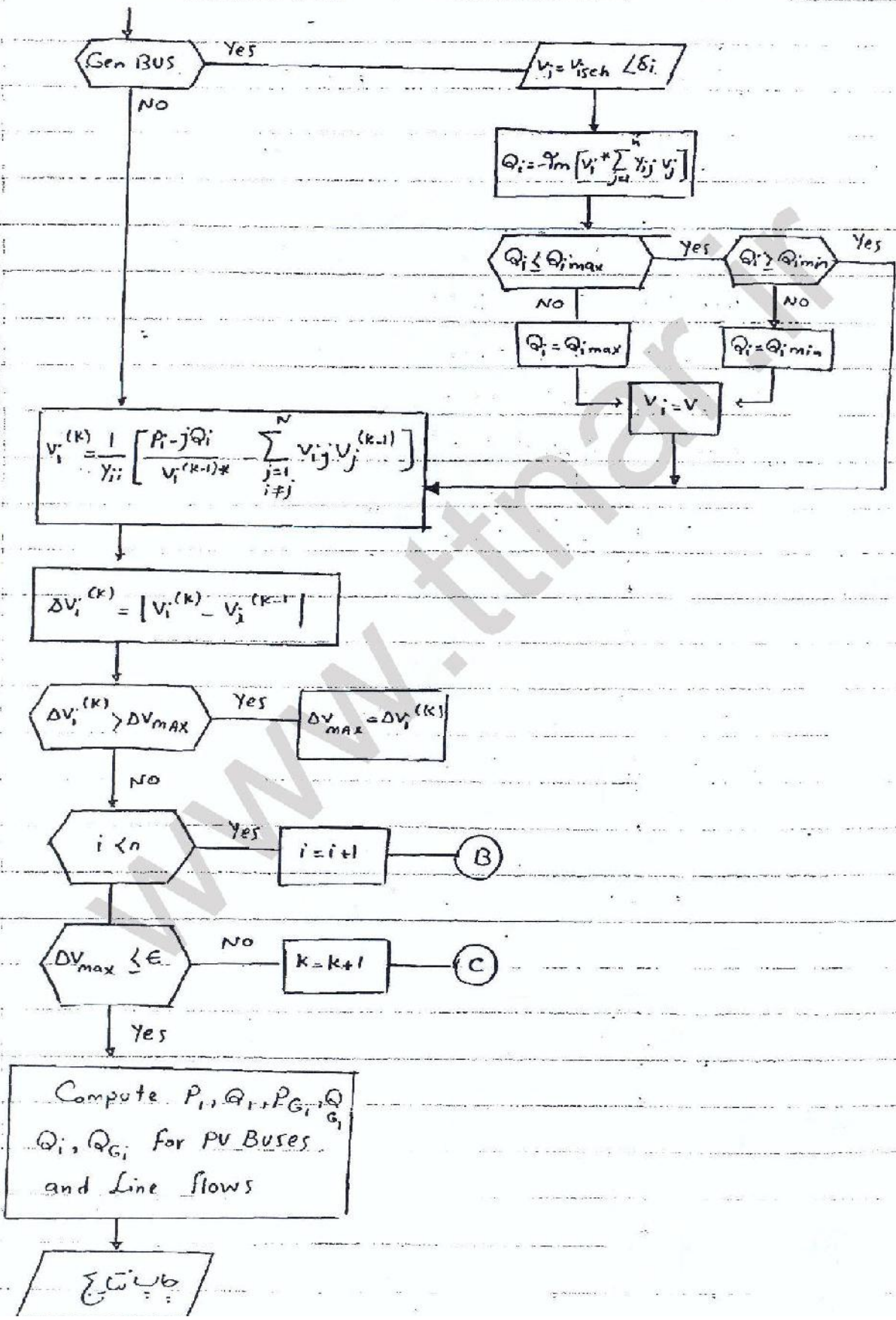
$$V_k = Z_{kj} \cdot I_j \Big|_{I_i=0, i \neq j}$$

در یک قطعه برابر با جریان در نقطه دیگر

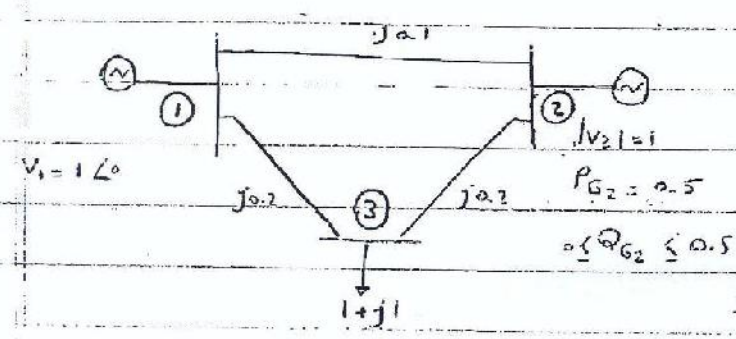
I_{BUS} : جریان تزریق به بخش ها یا جریان تفرقی از بخش ها به شبکه

الگوریتم کا سیدھا روش : GS





(Ex)



$0 \leq Q_{G2} \leq 0.5 \rightarrow$ *قدرت می تواند در این بازه داشته باشد - به حالت کار، سلفی ندارد*

شماره نود	نوع نود	P	Q	V	δ
1	∞	?	?	1	0
2	PV	0.5	?	1	?
3	PQ	-1	-1	?	?

$$Y_{12} = \frac{-1}{j0.1} = -j10 \quad Y_{11} = -j15$$

$$Y_{13} = \frac{-1}{j0.2} = -j5 \quad Y_{22} = -j15$$

$$Y_{23} = \frac{-1}{j0.2} = -j5 \quad Y_{33} = -j10$$

$$\frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n Y_{ij} V_j + Y_{ii} V_i$$

$$V_i = \frac{1}{Y_{ii}} \left[\frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n Y_{ij} V_j \right]$$

2 → PV 3 → PQ

$$V_2 = \frac{1}{Y_{22}} \left[\frac{P_2 - jQ_2}{V_2^*} - Y_{21} V_1 - Y_{23} V_3 \right]$$

$$V_3 = \frac{1}{Y_{33}} \left[\frac{P_3 - jQ_3}{V_3^*} - Y_{31} V_1 - Y_{32} V_2 \right]$$

$$V_2 = \frac{1}{-j15} \left[\frac{0.5 - j\theta_2}{V_2} - j10 \times 1 - j5 \times V_3 \right]$$

$$V_3 = \frac{1}{-j10} \left[\frac{-1 + j1}{V_3} - j5 \times 1 - j5 \times V_2 \right]$$

مراحل

$$\begin{cases} V_2^1 = 1 \\ V_3^1 = 1 \end{cases} \rightarrow \theta_2^1 = -\theta_m \left\{ V_2^1 V_1^1 (j10) + V_2^1 V_2^1 (-j15) + V_2^1 V_3^1 (j5) \right\}$$

$$= -\theta_m \cdot (j10 - j15 + j5) = 0$$

$$V_2^2 = \frac{-1}{-j15} \left\{ \frac{0.5 - j0}{1} - j10 - j5 \right\} = 1.0005554 \angle 1.909$$

چون روابط محدود است هم چنان PV است. در نتیجه 1 رنگ می دارد.

$$V_2^2 = 1 \angle 1.909$$

$$V_3^2 = \frac{j}{10} \left\{ \frac{-1 + j1}{1} - j5 - j5 \right\} = 0.91 \angle -6.34$$

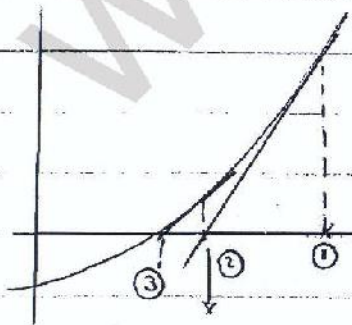
اختلاف مراحل 1 و 2 زیاد است \Rightarrow این راسته از ظاهر دارد.

حاصل 20 1.4

روش NR:

این روش مبتنی بر گرامان فریب دوم است (مشتق فریب اول) و در بخش به خطا فکر می کند.

استدلال یک مقدار $f(x)$ در حدی می رسم $f(x) = f(x_0) + f'(x_0)(x - x_0)$



خط استاز $f(x_0)$ می رسم می کنیم = محل برخورد x_2

محل برخورد

$$P_i^{sch} \longrightarrow P^v, P^Q$$

$$Q_i^{sch} \longrightarrow P^Q$$

$$P_i^{sch} \longrightarrow P^{col}$$

$$\begin{aligned} \text{تعداد معادلات} &: (n-1) + (n-m) = 2n - m - 1 \\ &= 2n - (m+1) \\ &= 2n - k \end{aligned}$$

$$n = 1200$$

$$Pv \text{ سبب} = 122$$

$$1: \text{slack}$$

$$2 \sim 121 : Pv$$

$$122 \sim 1200 : PQ$$

$$2 \times 1200 - 122 = 2298$$

↓
معادله غیر خطی

(EX) مشکل ابران

تجزیه

$$\begin{aligned} \text{تجزیه} & \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \delta_2, \dots, \delta_n \quad n-1 \\ |V_{m+1}|, \dots, |V_n| \quad n-m \end{array} \right. \end{aligned}$$

$$\text{تعداد معادلات} \quad n-1 + n-m = 2n - (m+1) = 2n - k$$

$$2n - k \text{ معادله} \quad 2n - k \text{ مجهول}$$

معادلات به هم وصل کن تا قابل دستکاری از تو

روش NR

معادله غیر خطی یک مجهول

$$f(x) = 0$$

$$\text{در } x=a \text{ حول } a \text{ بسازیم} \rightarrow f(x) = f(a) + \frac{\partial f}{\partial x} \Big|_{x=a} (x-a) + \frac{1}{2!} \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} \Big|_{x=a} (x-a)^2 + \dots$$

NR صفتی

$$f(x) = f(a) + \frac{\partial f}{\partial x} \Big|_{x=a} (x-a)$$

$$f(\text{جواب درست}) = k$$

$$\begin{aligned} \text{1st } x^1 &= x^0 + \Delta x^1 & k &= f(x^1) + \left. \frac{\partial f}{\partial x} \right|_{x=x^1} \Delta x^1 = \dots \\ \text{2nd } x^2 &= x^1 + \Delta x^2 & k &= f(x^2) + \left. \frac{\partial f}{\partial x} \right|_{x=x^2} \Delta x^2 = \dots \end{aligned}$$

$x = x^n \leftarrow \Delta x^n \in \epsilon$ (تکلیفی انداز می شود)

$$f(x) = x^2 - 25 = 0 \quad (\text{Ex})$$

$$0 = f(x^n) + \left. \frac{\partial f(x)}{\partial x} \right|_{x=x^n} \Delta x^n$$

$$0 = f(x^n) + f'(x^n) \Delta x^n \quad \Delta x^n = (x^{n+1} - x^n)$$

$$x^{n+1} = x^n - \frac{f(x^n)}{f'(x^{n+1})}$$

$$\text{سویس اول} \quad x^0 = 2 \rightarrow x^1 = 2 - \frac{4-25}{2 \times 4} = 7.25$$

$$x^1 = 7.25 \rightarrow x^2 = 7.25 - \frac{7.25^2 - 25}{2 \times 7.25} = 5.35$$

$$x^2 = 5.35 \rightarrow x^3 = 5.35 - \frac{5.35^2 - 25}{2 \times 5.35} = 5.0114$$

$$x^3 = 5.0114 \rightarrow x^4 = 5.0114 - \frac{(5.0114)^2 - 25}{2 \times 5.0114} = 5.00001$$

حل مسائل درجه اولی با روش NR

$$f_1(x, y) = k_1$$

$$f_2(x, y) = k_2$$

$$\text{حل مسئله} \quad \begin{cases} x' \\ y' \end{cases} \rightarrow \begin{cases} f_1(x_0, y_0) + \left. \frac{\partial f_1}{\partial x} \right|_{x=x_0} \Delta x^0 + \left. \frac{\partial f_1}{\partial y} \right|_{y=y_0} \Delta y^0 = k_1 \\ f_2(x_0, y_0) + \left. \frac{\partial f_2}{\partial x} \right|_{x=x_0} \Delta x^0 + \left. \frac{\partial f_2}{\partial y} \right|_{y=y_0} \Delta y^0 = k_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \Delta x_0 \\ \Delta y_0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_1 = x^0 + \Delta x^0 \\ y_1 = y^0 + \Delta y^0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} f_1(x_1, y_1) + \frac{\partial f_1}{\partial x} \Big|_{x=x^0} \Delta x^0 + \frac{\partial f_1}{\partial y} \Big|_{y=y^0} \Delta y^0 = k_1 \\ f_2(x_1, y_1) + \frac{\partial f_2}{\partial x} \Big|_{x=x^0} \Delta x^0 + \frac{\partial f_2}{\partial y} \Big|_{y=y^0} \Delta y^0 = k_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \Delta x^0 \\ \Delta y^0 \end{cases}$$

اقتصادی باردهم تا تمام بارها را $\frac{\partial f}{\partial y}$ (در حد شیب کوچک تر شود)

در هر مرحله بارهای متوالی را در یک شکل شود در سبب معکوس شدن

$$\begin{bmatrix} k_1 - f_1(x^0, y^0) \\ k_2 - f_2(x^0, y^0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x} & \frac{\partial f_1}{\partial y} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x} & \frac{\partial f_2}{\partial y} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x^0 \\ \Delta y^0 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} \Delta x^0 \\ \Delta y^0 \end{bmatrix} = \dots$$

$$\begin{bmatrix} x^1 \\ y^1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x^0 \\ y^0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta x^0 \\ \Delta y^0 \end{bmatrix}$$

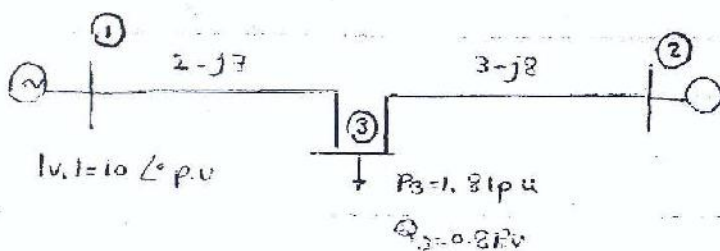
$$\Rightarrow \begin{bmatrix} k_1 - f_1(x^1, y^1) \\ k_2 - f_2(x^1, y^1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x} & \frac{\partial f_1}{\partial y} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x} & \frac{\partial f_2}{\partial y} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x^1 \\ \Delta y^1 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} \Delta x^1 \\ \Delta y^1 \end{bmatrix} = \dots$$

در بارهای متوالی

↑ افزایش تعداد محاسبات ← مرتبه بارهای J

$$P_i = |V_i| \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| |V_j| \cos(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij}) \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$Q_i = |V_i| \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| |V_j| \sin(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij}) \quad i = m+1, \dots, n$$



(Ex)

در محاسبات توان از این معادله استفاده

$$P_2^{sch} = 1.5 \text{ p.u.}$$

$$P_3^{sch} = -1.8 \text{ p.u.}$$

$$Q_3^{sch} = -0.8 \text{ p.u.}$$

$$Y_{11} = 2 - j7 = 7.28 \angle -74.05^\circ \text{ p.u.}$$

$$V_1 = 1 \angle 0^\circ \text{ p.u.}$$

$$Y_{22} = 3 - j8 = 8.544 \angle -69.44^\circ \text{ p.u.}$$

$$V_2 = 1.05 \angle \delta_2 \text{ p.u.}$$

$$Y_{33} = 5 - j15 = 15.81 \angle -71.57^\circ \text{ p.u.}$$

$$V_3 = |V_3| \angle \delta_3 \text{ p.u.}$$

$$Y_{12} = Y_{21} = 0$$

$$Y_{13} = Y_{31} = -2 + j7 = 7.28 \angle 105.95^\circ \text{ p.u.}$$

$$Y_{23} = Y_{32} = 3 + j8 = 8.544 \angle 110.56^\circ \text{ p.u.}$$

$$\Delta P_2 = P_2^{sch} - P_2^{cal}$$

$$\Delta P_3 = P_3^{sch} - P_3^{cal}$$

$$\Delta Q_3 = Q_3^{sch} - Q_3^{cal}$$

$$\Delta P_2 = 1.5 - [3.31 - 3.15 |V_3| \cos(\delta_2 - \delta_3) + 8.4 |V_3| \sin(\delta_2 - \delta_3)] = 0$$

$$\Delta P_3 = -1.8 - [-2 |V_3| \cos \delta_3 + 7 |V_3| \sin \delta_3 - 3.15 |V_3| \cos(\delta_3 - \delta_2) + 8.4 |V_3| \sin(\delta_3 - \delta_2) - 5 |V_3|^2] = 0$$

$$\Delta Q_3 = -0.8 - [7 |V_3| \cos \delta_3 + 2 |V_3| \sin \delta_3 + 8.4 |V_3| \cos(\delta_3 - \delta_2) + 3.15 |V_3| \sin(\delta_3 - \delta_2) - 5 |V_3|^2] = 0$$

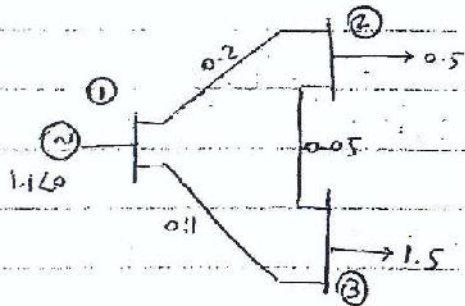
حل الاستاذ العزيز

$$\Delta P_2 = \frac{\partial P_2}{\partial \delta_2} \Delta \delta_2 + \frac{\partial P_2}{\partial \delta_3} \Delta \delta_3 + \frac{\partial P_2}{\partial |V_3|} \Delta |V_3|$$

$$\Delta P_3 = \frac{\partial P_3}{\partial \delta_2} \Delta \delta_2 + \frac{\partial P_3}{\partial \delta_3} \Delta \delta_3 + \frac{\partial P_3}{\partial |V_3|} \Delta |V_3|$$

$$\Delta Q_3 = \frac{\partial Q_3}{\partial \delta_2} \Delta \delta_2 + \frac{\partial Q_3}{\partial \delta_3} \Delta \delta_3 + \frac{\partial Q_3}{\partial |V_3|} \Delta |V_3|$$

$N=0, J=0 \rightarrow$ Decoupled NR



(Ex.)

$$Y_{BUS} = \begin{bmatrix} 15 & -5 & -10 \\ -5 & 25 & -20 \\ 10 & -20 & 30 \end{bmatrix}$$

$$P_i = |V_i| \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| |V_j| \cos(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij})$$

$$Q_i = |V_i| \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| |V_j| \sin(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij})$$

$$P_2 = -V_2 (Y_{21} V_1 + Y_{22} V_2 + Y_{23} V_3)$$

$$P_3 = V_3 (Y_{31} V_1 + Y_{32} V_2 + Y_{33} V_3)$$

$$\frac{\partial P_2}{\partial V_2} = -Y_{21} V_1 - 2Y_{22} V_2 - Y_{23} V_3$$

$$\frac{\partial P_2}{\partial V_3} = -Y_{23} V_2$$

$$\frac{\partial P_3}{\partial V_2} = Y_{32} V_3$$

for $\delta, Q \rightarrow \cos$ or \sin

$$\frac{\partial P_3}{\partial V_3} = Y_{31} V_1 + Y_{32} V_2 + 2Y_{33} V_3$$

$$\begin{cases} v_2 = 1 \\ v_3 = 1 \end{cases} \quad J = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_2}{\partial V_2} & \frac{\partial P_2}{\partial V_3} \\ \frac{\partial P_3}{\partial V_2} & \frac{\partial P_3}{\partial V_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -24.5 & -20 \\ -20 & 29 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \Delta P_2 \\ \Delta P_3 \\ \Delta Q_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_2}{\partial \delta_2} & \frac{\partial P_2}{\partial \delta_3} & \frac{\partial P_2}{\partial |v_3|} \\ \frac{\partial P_3}{\partial \delta_2} & \frac{\partial P_3}{\partial \delta_3} & \frac{\partial P_3}{\partial |v_3|} \\ \frac{\partial Q_3}{\partial \delta_2} & \frac{\partial Q_3}{\partial \delta_3} & \frac{\partial Q_3}{\partial |v_3|} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta_2 \\ \Delta \delta_3 \\ \frac{\Delta |v_3|}{|v_3|} \end{bmatrix}$$

$$\begin{cases} \delta_2^{k+1} = \delta_2^k + \Delta \delta_2^k \\ \delta_3^{k+1} = \delta_3^k + \Delta \delta_3^k \\ |v_3|^{k+1} = |v_3|^k + \Delta |v_3|^k \end{cases} \quad \begin{matrix} H \rightarrow \frac{\partial P}{\partial \delta} & N \rightarrow \frac{\partial P}{\partial v} \\ J \rightarrow \frac{\partial Q}{\partial \delta} & L \rightarrow \frac{\partial Q}{\partial v} \end{matrix}$$

$$\begin{bmatrix} H_{(n-1) \times (n-1)} & N_{(n-1) \times m} \\ J_{(n-m) \times (n-1)} & L_{(n-m) \times m} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \frac{\Delta |v|}{|v|} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix}$$

$$H_{ij} = \frac{\partial P_i}{\partial \delta_j} \quad N_{ij} = |v_j| \frac{\partial P_i}{\partial |v_j|}$$

$$J_{ij} = \frac{\partial Q_i}{\partial \delta_j} \quad L_{ij} = |v_j| \frac{\partial Q_i}{\partial |v_j|}$$

$(n-1) \times (n-1)$ ← H

$(n-m) \times (n-m)$ ← L

$(n-1) \times (n-m)$ ← N

$(n-m) \times (n-1)$ ← J

ماتریس درگوسین $\rightarrow \dots (n-1+n-m) \times (n-1+n-m) = (2n-k) \times (2n-k)$

توان اکتیو بیشتر به $|v|$ وابسته است (به $|v|$ حساستر)
 توان راکتیو بیشتر به δ وابسته است (به δ حساستر)

معادلات از هم Decouple شده

$$\Delta P_2 = P_2^{sch} - P_2^{cal} = -0.5 - [-5.5 + 25 - 20] = 0$$

$$\Delta P_3 = P_3^{sch} - P_3^{cal} = -1.5 - [-11 - 20 + 30] = -0.5$$

$$\begin{bmatrix} \Delta P_2 \\ \Delta P_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 24.5 & -20 \\ -20 & 29 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta V_2^1 \\ \Delta V_3^1 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} \Delta V_2^1 \\ \Delta V_3^1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.032 \\ -0.0392 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} V_2^2 \\ V_3^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_2^1 \\ V_3^1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta V_2^1 \\ \Delta V_3^1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.968 \\ 0.9608 \end{bmatrix}$$

در Q می دانیم
 شکل DC نبود AC

$$\begin{bmatrix} \Delta P_2 \\ \Delta P_3 \\ \Delta Q_2 \\ \Delta Q_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_1}{\partial \delta_2} & \frac{\partial P_2}{\partial \delta_3} & \frac{\partial P_2}{\partial |V_2|} & \frac{\partial P_2}{\partial |V_3|} \\ \frac{\partial P_3}{\partial \delta_2} & \frac{\partial P_3}{\partial \delta_3} & \frac{\partial P_3}{\partial |V_2|} & \frac{\partial P_3}{\partial |V_3|} \\ \frac{\partial Q_2}{\partial \delta_2} & \frac{\partial Q_2}{\partial \delta_3} & \frac{\partial Q_2}{\partial |V_2|} & \frac{\partial Q_2}{\partial |V_3|} \\ \frac{\partial Q_3}{\partial \delta_2} & \frac{\partial Q_3}{\partial \delta_3} & \frac{\partial Q_3}{\partial |V_2|} & \frac{\partial Q_3}{\partial |V_3|} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta_2 \\ \Delta \delta_3 \\ \Delta |V_2| \\ \Delta |V_3| \end{bmatrix}$$

در شکل DC به P و V

$$H : \begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\delta P}{\delta \delta} \\ \frac{\delta Q}{\delta \delta} \end{bmatrix} \quad N : \begin{bmatrix} |V_i| \frac{\delta P}{\delta |V_i|} \\ L: \\ |V_i| \frac{\delta Q}{\delta |V_i|} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \\ \Delta |V_i| \\ |V_i| \end{bmatrix}$$

ردس NR

ماتریس عناصر

اکوین

ماتریس زا کوین ماتریس مشتقات برقی P و Q نسبت به انگرادی δ است

$$P_i = |V_i| \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| |V_j| \cos(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij})$$

$$Q_i = |V_i| \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| |V_j| \sin(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij})$$

$$\begin{aligned} \frac{\delta P_i}{\delta \delta_i} &= -|V_i| \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| |V_j| \sin(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij}) \\ &= -[Q_i - |V_i|^2 |Y_{ii}| \sin(-\theta_{ii})] \end{aligned}$$

$$H_{ii} = \frac{\delta P_i}{\delta \delta_i} = -Q_i - |V_i|^2 B_{ii} \quad H \text{ عامه قطری ماتریس}$$

$$H_{ij} = \frac{\delta P_i}{\delta \delta_j} = |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \sin(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij}) \quad \begin{matrix} \text{عامه غیر قطری} \\ i \neq j \end{matrix}$$

$$\frac{\delta Q_i}{\delta \delta_i} = |V_i| \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n |Y_{ij}| |V_j| \cos(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij})$$

$$= P_i - |V_i|^2 |Y_{ii}| \cos \theta_{ii}$$

$$J_{ii} = \frac{\delta Q_i}{\delta \delta_i} = P_i - |V_i|^2 G_{ii}$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial |V_i|} = |V_i| |Y_{ii}| \cos \theta_{ii} + \sum_{j=1}^n |V_j| |Y_{ij}| \cos (\theta_i - \theta_j - \theta_{ij})$$

$$|V_i| \frac{\partial P_i}{\partial |V_i|} = |V_i|^2 |Y_{ii}| \cos \theta_{ii} + |V_i| \sum_{j=1}^n |V_j| |Y_{ij}| \cos (\theta_i - \theta_j - \theta_{ij})$$

$$N_{ii} = |V_i|^2 G_{ii} + P_i$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial |V_j|} = |V_i| |Y_{ij}| \cos (\theta_i - \theta_j - \theta_{ij}) \quad j \neq i$$

$$N_{ij} = |V_j| \frac{\partial P_i}{\partial |V_j|} = |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \cos (\theta_i - \theta_j - \theta_{ij}) \quad j \neq i$$

$$L_{ii} = |V_i| \frac{\partial Q_i}{\partial |V_i|} = Q_i - |V_i|^2 B_{ii}$$

$$L_{ij} = |V_j| \frac{\partial Q_i}{\partial |V_j|} = |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \sin (\theta_i - \theta_j - \theta_{ij})$$

استفاده از ماتیسی که در جدول سلفی بخش بار برداشتن NR :

$$Y_{ij} = G_{ij} + jB_{ij}$$

$$Y_{BUS}$$

$$i, j = 1, 2, \dots, n$$

(۲) تعیین یا حدس زدن برای V_1, \dots, V_n حدس اول معمولاً $|V_i| = 1$ است

$$|V_i| = |V_i| < \theta_i \quad i = 1, 2, \dots, n$$

برای BUS های PV اندازهی دیتا مشخص است برای هم اندازه هم نام

(۳) تعیین عناصر ماتریس زاویه‌ای تا خود به حدس آورده

$$(P_i, Q_i) \text{ برای } P_i^{sch}, (P_i, Q_i) \text{ برای } Q_i^{sch}, (P_i, Q_i) \text{ برای } P_i^{cal}, (P_i, Q_i) \text{ برای } Q_i^{cal}$$

$\Delta P_i = P_i^{sch} - P_i^{cal}; i = 1, \dots, m$ (PV, PQ)
 $\Delta Q_i = Q_i^{sch} - Q_i^{cal}; i = m+1, \dots, n$ (PQ)

این معادله به همگونی $\Delta P_i, \Delta Q_i$ باید منتهی شود

$|\Delta P_i| \leq \epsilon; i = 1, \dots, m$
 $|\Delta Q_i| \leq \epsilon; i = m+1, \dots, n$

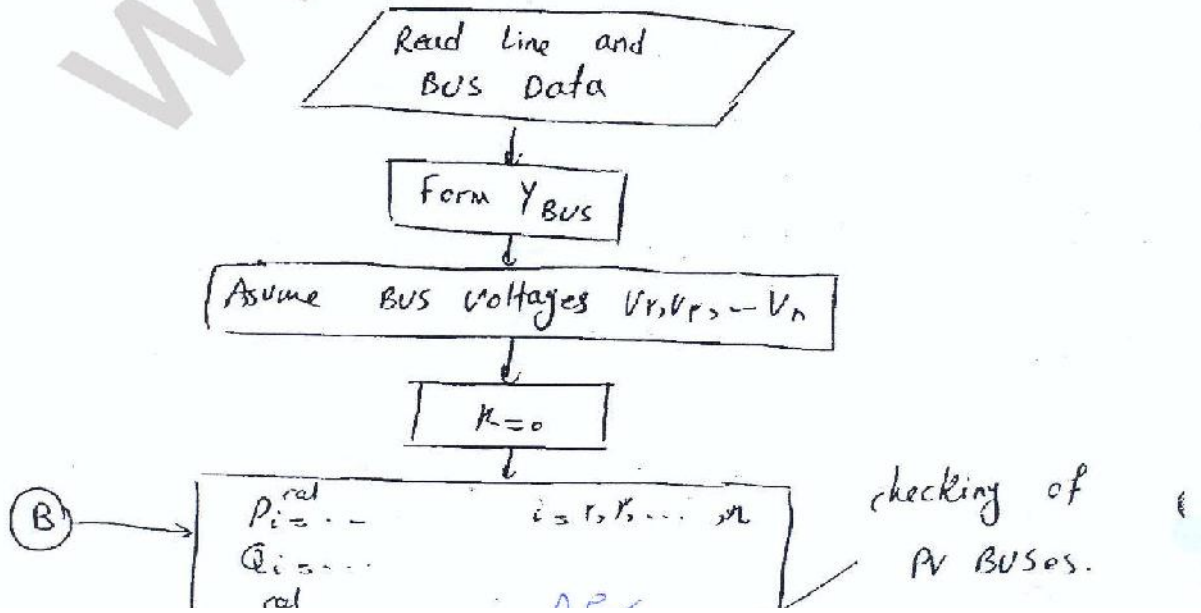
$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H & N \\ J & L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \frac{\Delta |V|}{|V|} \end{bmatrix}$$
 (V) تئوری حاد و همگونی

$$\begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \frac{\Delta |V|}{|V|} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H & N \\ J & L \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix}$$

دفعه متادیر $\Delta \delta_1, \dots, \Delta \delta_n, \Delta |V_{m+1}|, \dots, \Delta |V_n|$

(n) برداشت بر روی 4

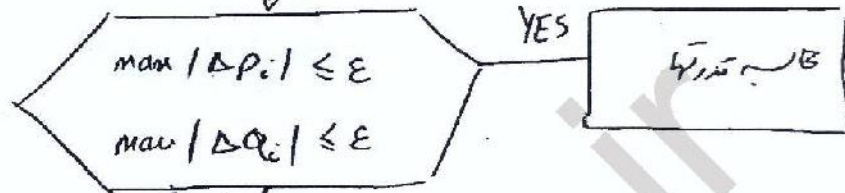
از مرحله 4 باید خارج شود



$$\Delta P_i = P_i^{sch} - P_i^{cal} \quad i=1, 2, \dots, n$$

$$\Delta Q_i = Q_i^{sch} - Q_i^{cal} \quad i=m+1, \dots, n$$

Determine $\max |\Delta P_i|$ and $\max |\Delta Q_i|$



NO path leads to a box containing the Urdu text "تصحیح کے لیے دوبارہ حل کریں" (Solve again for correction).

Solve for voltages and angle correction

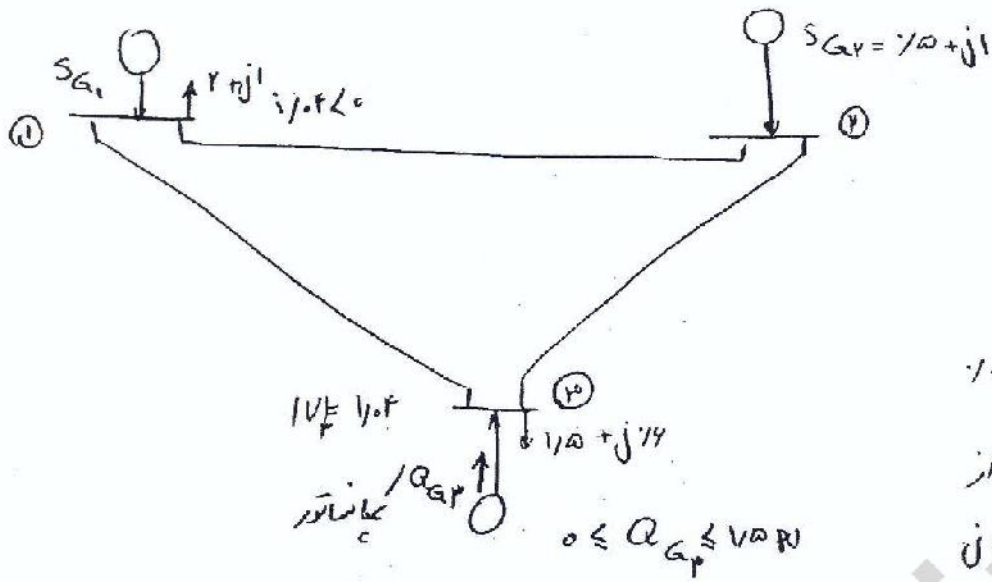
$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H & N \\ \delta & L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \frac{\Delta |V|}{|V|} \end{bmatrix}$$

$$\delta_i^{k+1} = \delta_i^k + \Delta \delta_i^{k+1}$$

$$|V_i|^{k+1} = |V_i|^k + \Delta |V_i|^{k+1}$$

$k = k + 1$

ⓑ



نقطه :

نن بری هرید

طول: $1.2 + j0.8$

من ت ت فریب از

طول: $1.2 pu$

$$0 \leq Q_{G3} \leq 75 \text{ MVar}$$

سین 1 استات - افزاره در تار داده شده

ت P و 3

2 ← P و Q است

بوسه	نوع	V	δ	P	Q
1	slack	1.0	0	?	?
2	PQ	?	?	+1.5	+1
3	PV	1.0	?	-1.5	?

$$P_G = 0 \text{ pu}$$

$$y_{series} = 2.941 - j11.744 = 12.13 \angle -70.95$$

$$Y_{ij} = -2.941 + j11.744$$

$$Y_{ii} = 2(2.941 - j11.744) + j18.01$$

$$Y_{BUS} = \begin{bmatrix} 2(2.941 - j11.744) - 70.95 & 12.13 \angle 10.2 < - & 12.13 \angle 1.4 / . & \\ -2.941 \angle 10.2 / . & 2(2.941 - j11.744) - 70.95 & 12.13 \angle 10.2 / . & \\ 12.13 \angle 1.4 / . & 12.13 \angle 10.2 / . & 2(2.941 - j11.744) - 70.95 & \end{bmatrix}$$

$$P_i = |V_i| \sum_{j=1}^n |V_j| |Y_{ij}| \cos(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij})$$

$i=1, 2, \dots, n$

$$Q_i = |V_i| \sum_{j=1}^n |V_j| |Y_{ij}| \sin(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij})$$

Given: $V_r = 1 \angle 0^\circ$ $\delta_r = 0$

$$P_r = |V_r| |V_1| |Y_{r1}| \cos(\delta_1 - \delta_r + \theta_{r1}) + |V_r|^2 |Y_{rr}| \cos(\theta_{rr})$$

$$+ |V_r| |V_r| |Y_{rr}| \cos(\theta_{rr} + \delta_r - \delta_r)$$

$$P_r = 1 \cdot 1 \cdot |Y_{r1}| \cos(\delta_1 - 0 + \theta_{r1}) + |V_r|^2 |Y_{rr}| \cos(\theta_{rr} + 0 - 0)$$

$$+ |V_r|^2 |Y_{rr}| \cos(\theta_{rr})$$

$$Q_r = -|V_r| |V_1| |Y_{r1}| \sin(\delta_1 - \delta_r + \theta_{r1}) - |V_r|^2 |Y_{rr}| \sin(\theta_{rr} + \delta_r - \delta_r)$$

$$- |V_r| |V_r| |Y_{rr}| \sin(\theta_{rr} + \delta_r - \delta_r)$$

$$P_r^0 = -1.2 \text{ pu} \quad P_r^{\text{cal}} = 1.2 \text{ pu} \quad Q_r^0 = -0.99 \text{ pu}$$

$$\Delta P_r^0 = P_r^{\text{sch}} - P_r^{\text{cal}} = 1.0 - (-1.2) = 2.2 \text{ pu}$$

$$\Delta P_r^0 = P_r^{\text{sch}} - P_r^{\text{cal}} = -1.2 - (-1.2) = 0 \text{ pu}$$

$$\Delta Q_r^0 = 1 - (-0.99) = 1.99$$

$$\begin{bmatrix} \Delta P_r \\ \Delta P_r \\ \Delta Q_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_r}{\partial \delta_1} & \frac{\partial P_r}{\partial \delta_r} & \frac{\partial P_r}{\partial |V_r|} \\ \frac{\partial P_r}{\partial \delta_1} & \frac{\partial P_r}{\partial \delta_r} & \frac{\partial P_r}{\partial |V_r|} \\ \frac{\partial Q_r}{\partial \delta_1} & \frac{\partial Q_r}{\partial \delta_r} & \frac{\partial Q_r}{\partial |V_r|} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta_1 \\ \Delta \delta_r \\ \Delta |V_r| \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \Delta \delta_1 \\ \Delta \delta_r \\ \Delta |V_r| \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 2.2 \\ 0 \\ 1.99 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.2 \\ 0 \\ 1.99 \end{bmatrix}$$

طراحی سیستم بینگ بین ۳ هندی PV نسبت به تبدیل PQ نسبت

$$\begin{bmatrix} \delta_r' \\ \delta_p' \\ |V_r|' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \delta_r \\ \delta_p \\ |V_r| \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta \delta_r' \\ \Delta \delta_p' \\ \Delta |V_r|' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -0/022 \\ -0/0954 \\ 0/019 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0/022 \\ -0/0954 \\ 1/019 \end{bmatrix}$$

$Q_p' = 7477 \Rightarrow Q_{GP}' = Q_p' + Q_{DP} = 7477 + 79 = 7556$ درجه دراد

بسیار
نه حوله شکر

$V_r = 1/011 < -0/024 \text{ rad}$

$V_p = 1/02 < 0/0955 \text{ rad}$

$Q_{GP} = -715 + 79 = 745$ درجه دراد

$S_1 = 1/021 - j 7/91$

$S_2 = 7/5 + j1$

$S_3 = -7/5 - j1/5$

$S_{loss} = 0/021 \text{ pu}$

Tap تراشیدنی اتور:



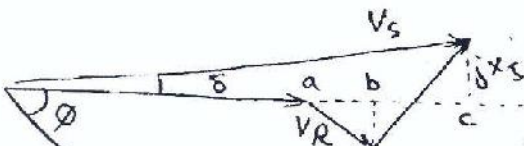
$\frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{t_2}$

نوع بارین نسبت به تولید است

در ۱ pu از مصرف ۱ pu در ۱ pu در ۱ pu در ۱ pu در ۱ pu است

Tap ها را چه ترتیب تنظیم کنیم از خط انتقال صرف نظر کنیم

$V_R = V_S + (R + jX)I$



$$|V_s| = |V_r| + ab + bc$$

تبدیل به

$$= V_R + R|I| \cos \phi + X|I| \sin \phi$$

$$P_\phi = |V_R| |I| \cos \phi$$

$$\cos \phi |I| = \frac{P_\phi}{|V_R|}$$

$$Q_\phi = |V_R| |I| \sin \phi$$

$$\sin \phi |I| = \frac{Q_\phi}{|V_R|}$$

$$|V_s| = |V_R| + R \frac{P_\phi}{|V_R|} + X \frac{Q_\phi}{|V_R|} = |V_R| + \frac{R P_\phi + X Q_\phi}{|V_R|}$$

تبدیل به t_s, t_r Tap ترانسفورماتور

$$V_s = t_s V_i$$

$$V_R = t_r V_r'$$

$$t_s |V_i| = t_r |V_r'| + \frac{R P_\phi + X Q_\phi}{t_r |V_r'|}$$

$$t_s = t_r \frac{|V_r'|}{|V_i|} + \frac{R P_\phi + X Q_\phi}{t_r |V_i| |V_r'|} \Rightarrow$$

برای $t_s > t_r$
التساوی

$$\{ \text{تساوی} \} : t_r t_s = 1 \Rightarrow t_s = \frac{\frac{|V_r'|}{|V_i|}}{1 - \frac{R P_\phi + X Q_\phi}{|V_i| |V_r'|}}$$

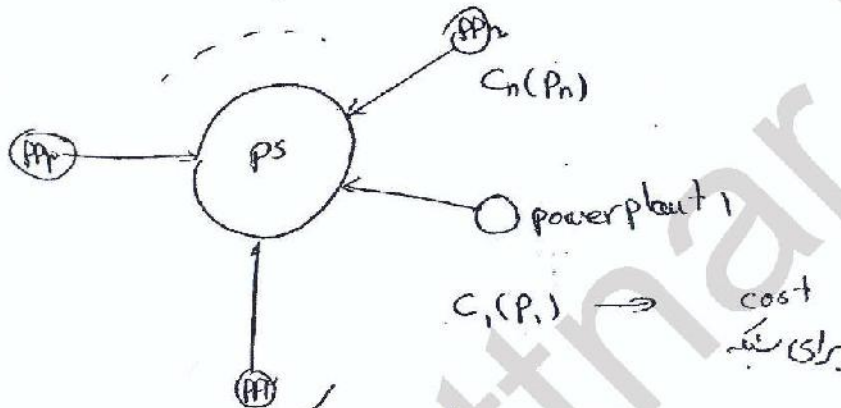
همین این فرض است

Generation scheduling

سین دااجهای تولیدی

توزیع اقتصادی بار بین واحدهای تولیدی - چند از آن مجاز می باشد مثلا (فلا)

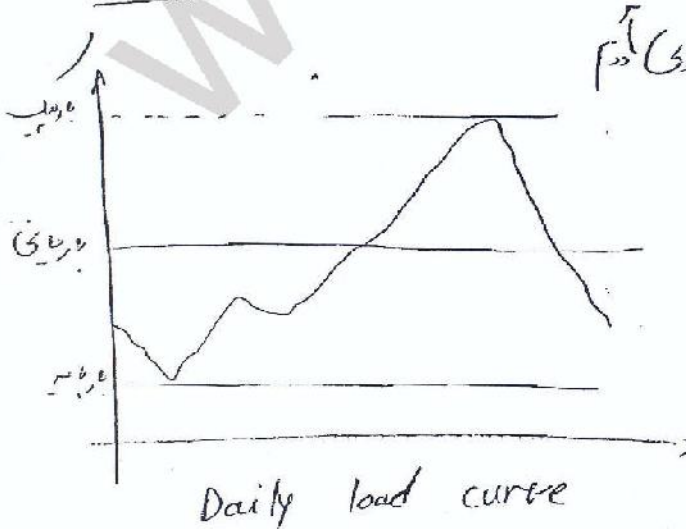
یک حجم power در نظر بگیرد چند واحد دارد



... C_n توابع مختلفی هستند طبیعی است که فرضی بیان نکند

$$C_{Total} = \sum_{i=1}^n C_i(P_i) = C_1(P_1) + C_2(P_2) + \dots + C_n(P_n)$$

$$P_{Load} + P_{Loss} = P_1 + P_2 + \dots + P_n = \sum_{i=1}^n P_i$$



در لحظه ای که در نظر بگیریم بار است که در آن
برقرار است
و برای بهره برداری اقتصادی از آن
در لحظه C_{Total} باید
... P_{max}

ن درجہ معنی برآمدہ تولید (هر واحد مصرف تولید می کنند) به طبعی باقیمانده C_{total} کاهش یافته

هدف: $Min C_{total}$

در این سطحی با ورود رانند

Base load ← ۲۴ ساعته درجه بندی ← واحدهای بخاری کند
رانندگی باقی ماند
سکین گرمی کند
واحد اصلی

توسط }
سکین گرمی
گاری کند
گازی نو ← طی سیرج به آید در درجه بندی
Peak }
گازی کند
معیار تغییر درجه بندی با رانندگی کند
گازین ← واحد اصلی

↓
قدرت کم در مدار ← رانندگی باقیمانده کم
کمتر از تمام هست

در فرودگاه بخاری بر قدرت (۴۰-۵۰٪ رانندگی) $\frac{1}{2}$ تولید صرف برج فکل کما اسود

در واحد گازی $\frac{1}{2}$ صرف یکپسور

بزرگراه آبی می تواند از ۵-۶ ساعت تا ۲۳ روزه راه اندازی طول مدت

ساعت در بخاری ۲-۴ سال طول کشد ایران ← ۵۵ سال

واحد گازی رانندگی کمتر دارد ← ۳۰-۳۲ ساعته ۱۲-۱۸-۲۷

واحد گازی گازی ← ساعت گازی سیرج انجام آورد ← ۲۰۶-۲۰۳ ۵-۸ طول مدت

راه اندازی می تواند ۸-۹ دقیقه

معمولا کوچک هست ۱۵۰-۳۰۰ متر ۲۵۰-۳۰۰ متر

سطوح از ۴x۱۴ متر ۴ متر اما گازی ۳۰-۳۵ سال

با افزایش بار در واحدها به توپین می آید. بارهای توپین P_{max} است
 از یک صدی به رسم تولید می توان نوشت: در واحدهای توپین بارهای توپین کمتر
 P_{min} است. boiler نمی تواند از یک صدی کمتر عمل کند از این موارد پس بارهای توپین $P_{min} \leftarrow Boiler$

یک طبقه تابع غیر خطی ماکم بر روی توپین

هدف: $\text{Min} \sum_{i=1}^n c_i(P_i)$

محدود از Loss در حدود بودن

بشرط $P_{load} = \sum P_i$

صرف نظر از رسم

در نظر بگیریم: $\frac{dc_i}{dP_i} = \frac{dc_r}{dP_r} = \dots = \frac{dc_n}{dP_n}$

Ex/

$c_1 = 1 \cdot P_1 + 1 \times 10^{-4} P_1^2$

$c_r = 1 P_r + 9 \times 10^{-4} P_r^2$

$P_{load} = 1000 \text{ MW}$

$\frac{dc_1}{dP_1} = 1 + 19 \times 10^{-4} P_1$

$\frac{dc_r}{dP_r} = 1 + 18 \times 10^{-4} P_r$

$\frac{dc_1}{dP_1} = \frac{dc_r}{dP_r}$

$\Rightarrow P_1 = 1.029 P_r - 0.0119$

$P_1 + P_r = P_{Total}$

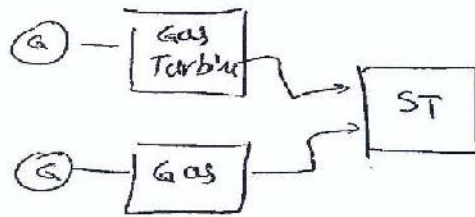
P_T	P_1	P_r	$\frac{dc_i}{dP_i}$	c_i
MW	MW	MW	\$/MWhr	\$/hr
500	254	246	13.19	50.9
700	304	396	14.14	49.1
1000	451	549	14.52	132.25

انجی سے زمان سفت زیاد ، بولم زیاد می شود
 بازی هم شکل است هر ه سال یکبار باید عوض شود

دوره ای می هزینه زیاد می شود ← بازی کم است

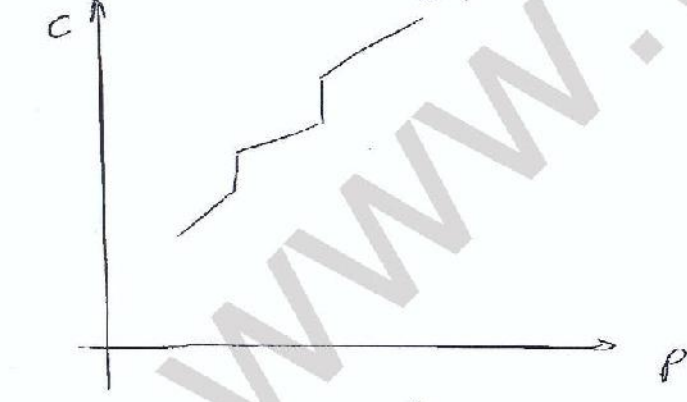
مقصود از این استفاده از کربن است

سکین تریبی: دنیا کمتری دیک steam (بخار)



معمولاً هم در دسترس است
 ۱۵۰ MW گاز
 ۱۵۰ MW بخاری

از زمان داده های بخاری در تولید های مختلف تفاوت است ← سن های مختلف با مدار دوار شوند
 پ پ c ← طی نیست سکین بخار یا سکین بخار در مدار است و هم در



۲۰۰ MW یک سکین در مدار از ۲۰۰ به ۲۶۰
 یک سکین دیگر ← ۲۴۰ ← ۲۶۰

$$P_{min} \leq P \leq P_{max}$$

↓
 min توان
 V₀

سکین بخاری
 کربن

۱۴ -	۶۸۲	۷۱۹	۲۰۹۲	۲.۹۲۴
۱۵ -	۷۳۵	۷۶۵	۲۱۷۶	۲۳۰۵۸

در باره های P_1 / ادبی حدوداً P_1 برابر ۱۵

در باره های زیاد تقریباً برابر P_1 \leftarrow به دلیل شرطی بودن هزینه واحد ها ثابت توان

و از زمان توانی $P_2 = P_1$ جایگزینی نشی سیردها را رسد

الآن هزینه ها را به صورت رتبه آفرینیم برای واحدهای مختلف گامی ثابت

یعنی Governor گامی ثابت زیادی ندارد و نیاز در جابجایی است و دست زیاد است

$$\text{Min } C_T = \text{Min } \sum_1^N c_i$$

$$P_T = P_1 + \dots + P_N = \sum_1^N P_i$$

$$dC_T = dC_1 + dC_2 + \dots + dC_N \quad \text{مجموعی از } P$$

$$dP_T = dP_1 + dP_2 + \dots + dP_N = 0 \rightarrow \text{عدد}$$

$$dC_T = \frac{\partial C_1}{\partial P_1} dP_1 + \frac{\partial C_2}{\partial P_2} dP_2 + \dots + \frac{\partial C_N}{\partial P_N} dP_N = 0 \rightarrow \text{عدد}$$

این را در فریب از هم می کشیم

$$\left(\frac{dC_1}{dP_1} - \lambda\right) dP_1 + \left(\frac{dC_2}{dP_2} - \lambda\right) dP_2 + \dots + \left(\frac{dC_N}{dP_N} - \lambda\right) dP_N = 0$$

۱) $\frac{dC_1}{dP_1} = \lambda, \quad \frac{dC_2}{dP_2} = \lambda, \quad \dots$ دو جابجایی را هم :

۲) $dP_i = 0$

مستحق هزینه واحد است \leftarrow به هم برابر باشند \leftarrow $\text{Min } C_T$ رسد

$$P_T = 500 \dots 1000$$

$$100 \leq P_1 \leq 400$$

$$400 \leq P_2 \leq 1000$$

$$\begin{cases} C_1 = 10P_1 + 1 \times 10^{-3} P_1^2 \\ C_2 = 1P_2 + 9 \times 10^{-3} P_2^2 \end{cases}$$

P_T	P_1	P_2	$\frac{dC_1}{dP_1}$	$\frac{dC_2}{dP_2}$	C_T
500	100	400	11/9	15/2	5220
400	200	200		برابرند	
1300	400	900	19/9		

دستی جواب خارج الحدوده ماسه در مثال متبی مثلا 1300 $\left\{ \begin{array}{l} P_1 = 420 \\ P_2 = 480 \end{array} \right.$ غنی تولید تولید

کند ہیں کم کوسم سے $\frac{dC_1}{dP_1}$ $\frac{dC_2}{dP_2}$ برابر ہونے سے تولید اقتصادی بنتی

مدا در تولید 500 MW تولید اقتصادی 292 سے ہیں تولید اراکم کوسم سے تولید اقتصادی بنتی

سکی تولید 500 MW در حد $\frac{dC_1}{dP_1} = 15/2$ حد اقتصادی سے $\frac{dC_1}{dP_1} = 15/2$ برابر

$$\frac{dC_1}{dP_1} = 10 + 19 \times 10^{-3} P_1 = 10/9 \Rightarrow P_1 = 325 \text{ MW}$$

$$\frac{dC_2}{dP_2} = 15/2$$

در شیب P_2

تازه ایچ تولید اقتصادی ہو سکتا ہے

۹. حد اکثر تولید P_r است

از بی بهره نبردگاه اول حد اکثر تولید است P_r

$$\left. \frac{dc_1}{dP_r} \right|_{\text{حد اکثر تولید} = 4} = 19.14$$

$$\frac{dc_r}{dP_r} = 19.14 \Rightarrow P_r = 444.4$$

پس اگر $P_r = 444.4$ $P_{s, \text{max}}$

جمع $P_T = 1144$ اینجاست که دیست از این به بعد افت می‌کند

مغز: P_{Total} ^{حدود} تولید را در حد افت می‌دهد

نبردگاه سگینه‌نیزه: ~~در شب که بار کم است آب را از نبردگاه پایین سگینه‌نیزه به بالا در حوض~~
pump storage

یک حوض نبردگاه پایین به نبردگاه بالا

در شب ۱۰۰۰ مگاوات در طول راه نبردگاه

در شب 1000 مگاوات را در نبردگاه ^{بالا} حفظ هزینه خود نبردگاه سطح بود

حال ~~نبردگاه~~ نبردگاه از نبردگاه سطح بود

$$C_T = C_1 + C_2 + \dots + C_N$$

اگر C_T : هدف

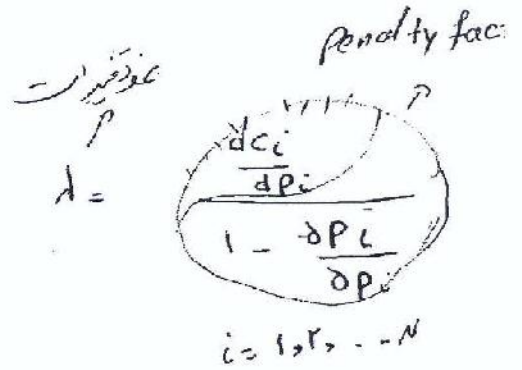
$$P_T = P_1 + P_2 + \dots + P_N - P_L \rightarrow P_{\text{Loss}}$$

$$-\lambda \left[\frac{dP_T}{dP_1} = dP_1 + dP_2 + \dots + dP_N - \left(\frac{\partial P_{\text{Loss}}}{\partial P_1} dP_1 + \dots + \frac{\partial P_{\text{Loss}}}{\partial P_N} dP_N \right) \right]$$

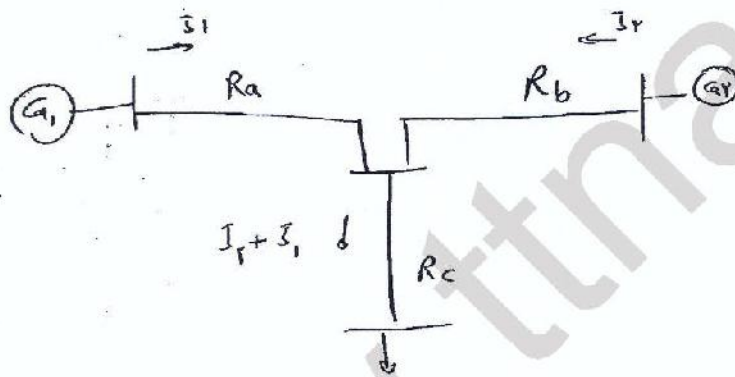
$$\frac{\partial C_1}{\partial P_1} dP_1 + \frac{\partial C_2}{\partial P_2} dP_2 + \dots + \frac{\partial C_N}{\partial P_N} dP_N = 0$$

$$\left(\frac{dc_1}{dP_1} - \lambda + \lambda \frac{\partial P_L}{\partial P_1} \right) dP_1 + \left(\frac{\partial C_2}{\partial P_2} - \lambda + \lambda \frac{\partial P_L}{\partial P_2} \right) dP_2 + \dots = 0$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{dc_i}{dp_i} - \lambda + \lambda \frac{dP_L}{dp_i} &= 0 \\ \frac{dc_r}{dp_r} - \lambda + \lambda \frac{dP_L}{dp_r} &= 0 \\ \vdots \\ \frac{dc_i}{dp_i} - \lambda + \lambda \frac{dP_L}{dp_i} &= 0 \end{aligned} \right\}$$



حال که می‌خواهیم بزرگترین ضریب جرمی پیدا کنیم از این حالت.



حال:

$$P_i = \sqrt{3} V_i I_i \cos \phi_i$$

$$P_r = \sqrt{3} V_r I_r \cos \phi_r$$

$$P_L = 3R_a |I_1|^2 + 3R_b |I_r|^2 + 3R_c |(I_1 + I_r)|^2$$

میشود $|I_1 + I_r| = |I_1| + |I_r|$

$$P_L = (3R_a + 3R_c) |I_1|^2 + (3R_b + 3R_c) |I_r|^2 + 6R_c |I_1| |I_r|$$

$$P_L = \frac{R_a + R_c}{V_i \cos \phi_i} P_i^2 + \frac{3R_c}{V_i V_r \cos \phi_i \cos \phi_r} P_i P_r + \frac{R_b + R_c}{V_r^2 \cos^2 \phi_r} P_r^2$$

$$P_L = B_{11} P_i^2 + 2B_{1r} P_i P_r + B_{rr} P_r^2$$

$$P_L = P^T B P$$

B ماتریس ضرایب توان است

برای کوتاه مدت می توان صورت زیر را بنویسند برادری کنیم

برای بلند مدت برای معادل دماهای مختلف می توان صورت زیر را بنویسند از load flow

$$P_L = \cos \theta \left[B_{11} P_1 + B_{12} P_2 + \dots + B_{1N} P_N \right]$$

$$\vdots$$

$$P_N = \cos \theta \left[B_{N1} P_1 + B_{N2} P_2 + \dots + B_{NN} P_N \right]$$

$$P_L = 10 \times 10^{-3} P_1^2 + 2 \times 10^{-5} P_1 P_2 + 3 \times 10^{-5} P_2^2 \quad (\text{MW})$$

** چون ضرب P_r هم P_r به کل بار نزدیک است

$$\lambda = 19 \frac{\$}{\text{MWhr}}$$

$$P_1 > P_2 = ?$$

$$\frac{dC_1}{dP_1} - \lambda + \lambda \frac{dP_L}{dP_1} = 0$$

$$\rightarrow \lambda = \frac{dC_1}{dP_1} \left(1 - \frac{dP_L}{dP_1} \right)$$

$$\frac{dC_1}{dP_1} \left(1 - \frac{dP_L}{dP_1} \right) = 19$$

$$\frac{dC_2}{dP_2} \left(1 - \frac{dP_L}{dP_2} \right) = 19$$

$$\frac{10 + 19 \times 10^{-3} P_1}{1 - (2 \times 10^{-5} P_1 + 2 \times 10^{-5} P_2)} = 19$$

$$\frac{\lambda + \lambda \times 10^{-3} P_2}{1 - (4 \times 10^{-5} P_2 + 2 \times 10^{-5} P_1)} = 19$$

$$P_1 = 282 \text{ MW}$$

$$P_2 = 414 \text{ MW}$$

$$P_{\text{Loss}} = 1910 \text{ MW}$$

بررسی سیستم ها قدرتی:

در سیکورن
 مفاد اساسی ولتاژ و جریان:

$$v(t) = V_m \sin(\omega t + \varphi_1) = V\sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi_1)$$

$$= \text{Im} \{ \underbrace{V e^{j\varphi_1}}_{\bar{V}} \sqrt{2} e^{j\omega t} \}$$

$$i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi_2) = I\sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi_2)$$

$$= \text{Im} \{ \underbrace{I e^{j\varphi_2}}_{\bar{I}} \sqrt{2} e^{j\omega t} \}$$

$$\bar{z} = \frac{\bar{V}}{\bar{I}} = \frac{V e^{j\varphi_1}}{I e^{j\varphi_2}} = Z e^{j(\varphi_1 - \varphi_2)}$$

$$v(t) = \frac{dV}{dt} = \frac{d(N\varphi)}{dt} = \frac{dLi}{dt} = L \frac{di}{dt}$$

$$= L\omega I_m \cos(\omega t + \varphi_2) = L\omega I_m \sin(\pi/2 - \omega t - \varphi_2)$$

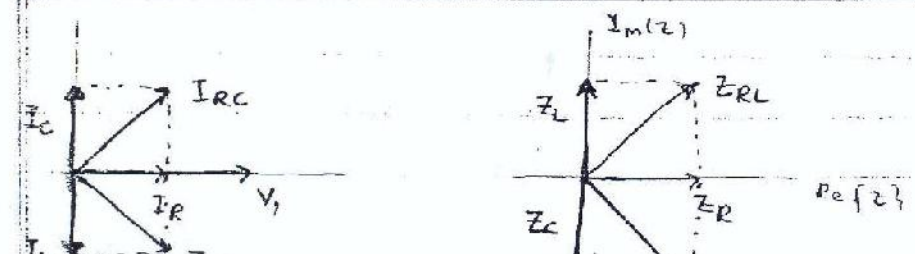
$$= -L\omega I_m \sin(\omega t + \varphi_2 - \pi/2) = \text{Im} \{ -L\omega I e^{j(\varphi_2 - \pi/2)} \sqrt{2} e^{j\omega t} \}$$

$$\bar{I} = I e^{j\varphi_2} \rightarrow \bar{V} = -L\omega I e^{j(\varphi_2 - \pi/2)} \rightarrow Z_L = Lj\omega$$

فاز پیشتاز $\pi/2$ نسبت به ولتاژ

$$i(t) = C \frac{dv}{dt} \rightarrow Z_C = \frac{1}{j\omega C}, Z_C = -j/\omega C$$

فاز تاخیر $\pi/2$ نسبت به ولتاژ



Impedance $Z = Z \angle \varphi = Z \cos \varphi + j Z \sin \varphi = \text{Re}\{Z\} + j \text{Im}\{Z\} = R + jX$

Resistance R Reactance X

$X = X_L - X_C$

Admittance $Y = \frac{1}{Z} = \frac{1}{R + jX} = \frac{R - jX}{R^2 + X^2} = G + jB$

Conductance G Susceptance B

Inductive Reactance X_L Capacitive Reactance X_C

قدرت در مدارها همیشه مثبت است :
 $P(t) = v(t) i(t)$
 $P(t) > 0$ توان
 $P(t) < 0$ بازتاب

$v(t) = V_m \cos(\omega t)$, $i(t) = I_m \cos(\omega t - \varphi)$ → $P(t) = v(t) i(t)$
 $= VI \cos(2\omega t - \varphi) + VI \cos \varphi$

مقدار متوسط $= \frac{1}{T} \int_0^T P(t) dt = VI \cos \varphi \text{ (W)}$

$\bar{S} = \bar{V} \bar{I}^* = VI \cos \varphi + j VI \sin \varphi$

Apparent Power $P = \text{Re}\{S\} \text{ (W)}$ $Q = \text{Im}\{S\} \text{ (VAR)}$

↓ Active power Reactive Power

↓ توان متوسط واقعی توان متوسط بی‌فایده

$Q < 0$ Q بازتاب کننده مدار خازنی، بی‌سازگار $P > 0$ ← Passive عنصر

$Q > 0$ Q مصرف کننده مدار سلفی، بی‌سازگار

Power factor : $pf = \cos \varphi$

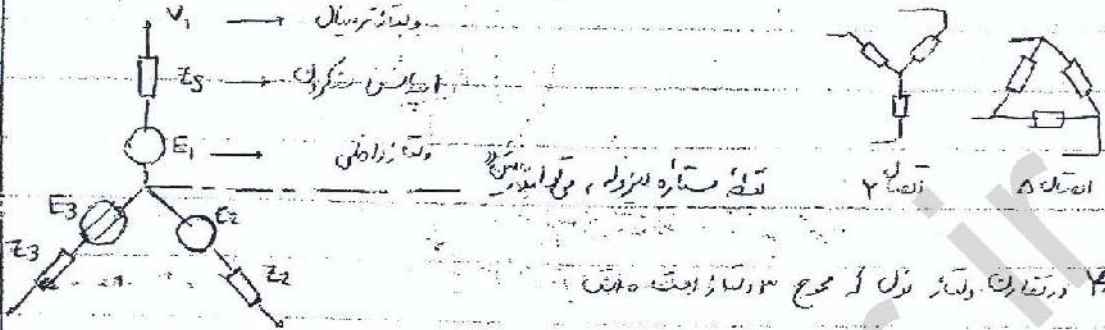
lag ← سلفی lead ← خازنی

PF = توان واقعی / توان ظاهری

عامل اصلاح توان گذرد به اختلاف فاز

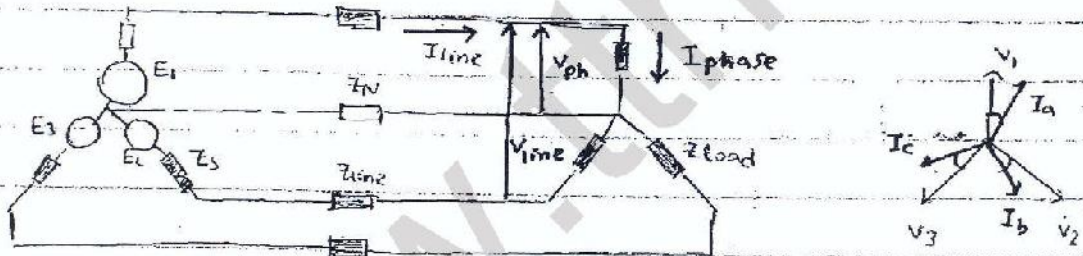
سیستم سه فاز

۳ مدار تکفاز با کمانه متوازن است. 6.6 mV با 120° زاویه فاز دارد



ترتیب abc مثبت است، 120° فاز دارد

$$\begin{cases} V_1 = V_L \angle 0^\circ \\ V_2 = V_L \angle 120^\circ \\ V_3 = V_L \angle 240^\circ \end{cases} \quad \text{ترتیب acb منفی است}$$



$$E_i = (Z_S + Z_{line}) I_{line} + Z_{N011} (I_1 + I_2 + I_3)$$

قانون $\rightarrow I_1 + I_2 + I_3 = 0 \rightarrow V_N = 0 \rightarrow I_{N011} = 0$

$V_{ab} = \sqrt{3} V_a \angle 30^\circ$ $I_{line} = I_L$

$$Y \Rightarrow \begin{cases} I_{line} \angle \gamma = I_{ph} \angle \phi \\ V_{line} \angle \gamma = \sqrt{3} V_{ph} \angle \phi + 30^\circ \end{cases} \quad \Delta \Rightarrow \begin{cases} I_{line} \angle \delta = \sqrt{3} I_{ph} \angle \phi - 30^\circ \\ V_{line} \angle \delta = V_{ph} \angle \phi \end{cases}$$

$P_i = V_{ph} I_{ph} \cos \phi_i$ $Q_i = V_{ph} I_{ph} \sin \phi_i$

قدرت در مدارهای سه فاز

قانون $\rightarrow P_{3\phi} = 3 V_{ph} I_{ph} \cos \phi$ $Q_{3\phi} = 3 V_{ph} I_{ph} \sin \phi$

$Y, \Delta \rightarrow P_{3\phi} = \sqrt{3} V_{line} I_{line} \cos \phi$ $Q_{3\phi} = \sqrt{3} V_{line} I_{line} \sin \phi$

$S_{3\phi} = \sqrt{3} V_{line} I_{line}$

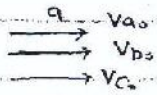
* برای ولتاژ خطی برابر ترانس Δ و برای جریان خطی Y است

سیستم فاز نامستقر

$$\begin{cases} \bar{V}_a = V_a \angle \theta_a \\ \bar{V}_b = V_b \angle \theta_b \\ \bar{V}_c = V_c \angle \theta_c \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} V_a = V_{a0} + V_{a1} + V_{a2} \\ V_b = V_{b0} + V_{b1} + V_{b2} \\ V_c = V_{c0} + V_{c1} + V_{c2} \end{cases}$$

درین سیستم
تغییر سیستم نامستقر

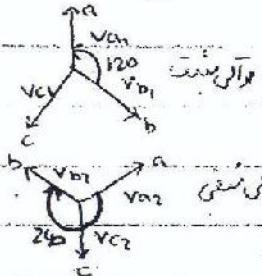


سیستم فاز متوازن (0)

سیستم فاز متوازن متغیر 120°

سیستم فاز متوازن متغیر 240°

سیستم فاز نامستقر



$$j = 1 \angle 90^\circ = e^{j90}$$

تغییر در 90°

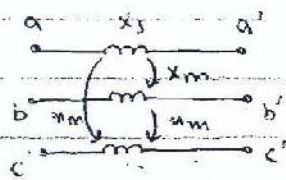
$$a = 1 \angle 120^\circ = e^{j120}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} V_a = V_0 + \alpha V_1 + V_2 \\ V_b = V_0 + \alpha^2 V_1 + \alpha V_2 \\ V_c = V_0 + \alpha V_1 + \alpha^2 V_2 \end{cases}$$

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_0 \\ V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} \Rightarrow V_{012} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} V_{abc}$$

$$\begin{aligned} V_{abc} = T V_{012} &\rightarrow V_{012} = T^{-1} V_{abc} \\ Z_{abc} I_{abc} = Z_{abc} T V_{012} &\rightarrow Z_{012} = T^{-1} Z_{abc} T \\ I_a & \\ I_{012} = T^{-1} I_{abc} & \end{aligned}$$

Z_{012} → سلفانس



$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_a' \\ V_b' \\ V_c' \end{bmatrix} = j \begin{bmatrix} X_s & X_m & X_m \\ X_m & X_s & X_m \\ X_m & X_m & X_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix}$$

$$Z_{012} = T^{-1} Z_{abc} T = j \begin{bmatrix} X_s + 2X_m & 0 & 0 \\ 0 & X_s - X_m & 0 \\ 0 & 0 & X_s - X_m \end{bmatrix}$$

چرا در سیستم متغیر، سلفانس را در 3 خط صاف می‌کنیم؟ چون خط صاف می‌گذرد و سلفانس را می‌توانیم نادیده بگیریم.



این سلفانس را می‌توانیم نادیده بگیریم.

توان در مدارها به نازده انتقال

$$S_{3\phi} = V_a I_a^* + V_b I_b^* + V_c I_c^* = V_{abc}^t \cdot I_{abc}^*$$

$$= (F V_{012})^t \cdot (T^{-1} I_{012})^* = V_{012}^t \cdot T^t T^* I_{012}^* = V_{012}^t \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} I_{012}^*$$

$$= V_{012}^t \cdot 3 I_{012}^* = 3 V_{012}^t \cdot I_{012}^*$$

$$S_{3\phi} = 3V_0 I_0^* + 3V_1 I_1^* + 3V_2 I_2^*$$

توان در سیستم نازده صفر

و اگر سیستم متوازن باشد مقدار توانها مستقیم از هم

Fortesque با $\frac{360}{n}$ در سیستم نازده انتقال قابل تبدیل به n سیستم نازده متوازن است

برای سوره مدارها قدرت

سیستم پررئیت

در مدارها متوازن توان بین ردهها یکسان است

مقدار واقعی	=	مقدار مختلط - نامی
مقدار نامی		

$$S_b = Q_b = P_b = V_b I_b$$

$$S_{pu} = \frac{S}{S_b} = P_{pu} + j Q_{pu}$$

$$Z_b = \frac{V_b^2}{S_b}$$

$$V_{pu} = Z_{pu} \cdot I_{pu}$$

$$S_{pu} = V_{pu} I_{pu}^*$$

$$Z_b = \frac{(\frac{1}{\sqrt{3}} V_b)^2}{S_{3\phi}} = \frac{\frac{1}{3} V_b^2}{\frac{1}{3} S_b} = \frac{V_b^2}{S_b}$$

$$S_{3\phi} = \frac{1}{\sqrt{3}} V_b I_b = \sqrt{3} V_{pu} I_{pu}$$

$$S_b = \sqrt{3} V_b I_b$$

$$S_{pu} = \frac{S}{S_b} = \frac{\sqrt{3} V I^*}{\sqrt{3} V_b I_b} = V_{pu} I_{pu}^*$$

$$P_{pu} = V_{pu} I_{pu}$$

$$Q_{pu} = V_{pu} I_{pu}$$

$$Z_{pu} = \frac{Z}{Z_b} = Z \times \frac{S_b}{V_b^2}$$

$$S_{b, new} = V_{b, old}^2 \Delta n$$

- * یک مقدار حقیقی است - مقدار P.u بدون واحد، باز آن با مقدار واقعی برابر است
- * یکی از مزایای پرودیت این است که با مقادیر مثبت یا به (همان مقادیر نامی) می توان سیستم را مدل کرد - مقدار P.u در دو طرف ترانس یکی می شود
- * بارها که ۳ فاز معادل را در صورت تبدیل به Y می توان به حسب P.u برای یک فاز حل کرد

$$S_{base 1\phi} = \frac{S_{base 3\phi}}{3} \quad ; \quad V_{base LN} = \frac{V_{base LL}}{\sqrt{3}}$$

$$S_{base 3\phi} = P_{base 3\phi} = Q_{base 3\phi} \quad I_{base} = \frac{S_{base 1\phi}}{V_{base LN}} = \frac{S_{base 3\phi}}{\sqrt{3} V_{base LL}}$$

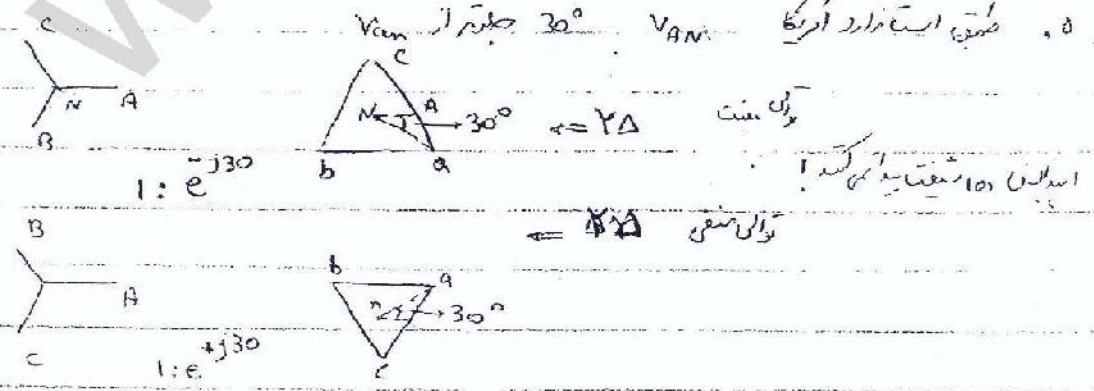
$$Z_{base} = \frac{V_{base 1\phi}}{I_{base}} = \frac{V_{base LL}^2}{S_{base 3\phi}} = \frac{V_{base LN}^2}{S_{base 1\phi}}$$

$$R_{base} = X_{base} = Z_{base} = \frac{1}{Y_{base}}$$

ارتباط ترانس ۳ فاز و شیف فاز

برای سببه اختلاف فاز مداخل زیر را بنویسید Y-Δ

- ۱- فرض کنیم ولای مربوط به ۲ اعمال شود - در یک گرام نازری و در سیستم
- ۲- فازها را از یک گرام نازری به شکل اصلی مستقل کنند
- ۳- برای هر ترانس یک فاز را در نظر بگیرد و در سیستم بیج و کارتری و در یک ضعیف با هم فاز باشند
- ۴- در فشار ضعیف هم سوای همان فازها بکشید
- ۵- انتهای خطوط را بر حسب سرهای ترانس نامگذاری کنید در هم وصل کنید - Δ



همیشه در ابتدا است

اضرای شبکه قدرت

1 ماشین های الکتریکی

2 ژنراتور - سیستم سیم پیچ اولیه معیوب کننده است (به مولد وصل می شود) و ثانویه و فالتی در تولید کننده

3 وسایل اندازه گیری

اندکی کیفیت مورد نظر را بایستی می آوریم به وسیله } CT - به ترانس فرمان - پیوسته در شبکه
PT/VT - ترانس ولتاژ - موازی در شبکه

مردمی CT جا اتصال کرده در PT به عبارتی باشد

اضرای اندازه گیری

اضرای اندازه گیری باین به آن وصل می شود

دقیقتر یا به جا اندازه گیری

آپریتر یا به جا اندازه گیری



4 اضرای حفاظتی

• در تشخیص خطا در سیستم با فرکانس غیر عادی سه فرمان قطع کلید قدرت

Circuit Breaker (CB)



• کلید قدرت
• های مشترک
• رضی

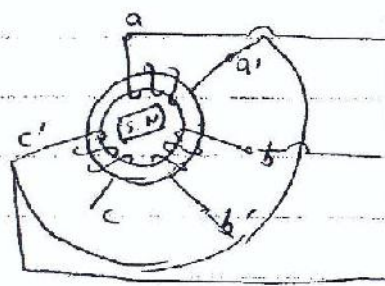
SFG لاگورد - سریع جدا کردن

• کلید قدرت برای اطمینان از نبود جریان در کلید قطع هنگام تعمیر استفاده می شود
• کلید جریان از همه کابل قطع می کند. اما کلید قدرت در حالت عبور جریان خط حتی اگر ترانس

مکان است اول شود

بعض کسب و کارها را قطع کند - قابل قطع نیست

در فنر و فنر در دکل در دکل (با اینها می شود - قابل قطع نیست)

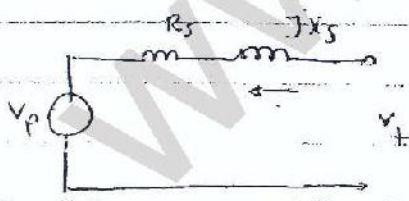
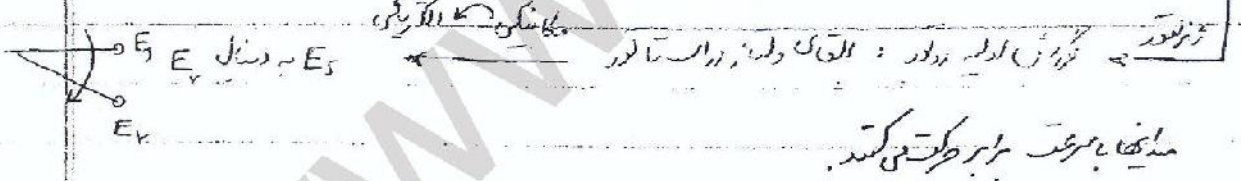
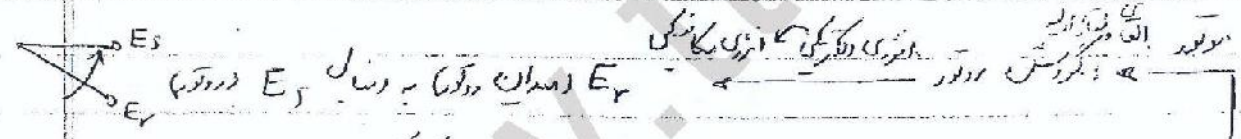


احداث فاز Max, min در هر یک سبک قدرت
 احداث فاز در هر یک Max در هر یک

در هر یک در هر یک در هر یک در هر یک در هر یک در هر یک

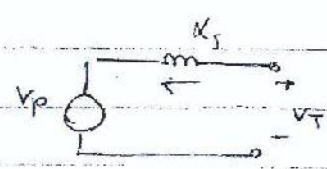
در هر یک در هر یک در هر یک در هر یک در هر یک در هر یک

$$n_s = \frac{60F}{P}$$



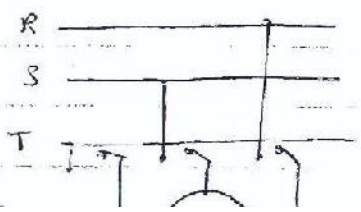
در هر یک در هر یک در هر یک در هر یک در هر یک در هر یک

$$R_s \ll X_s \quad E_s \approx a \cdot I_s$$



در هر یک در هر یک در هر یک در هر یک در هر یک در هر یک

در هر یک در هر یک در هر یک در هر یک در هر یک در هر یک

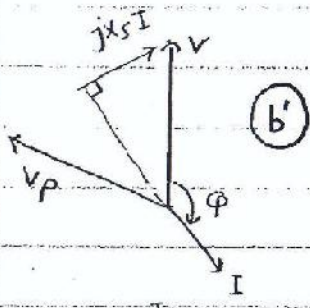


ردن تغییر قدرت

①, ②, ③ که بیشین تبادل اکثر ندارد و همکار است در اثر تغییر توان تحریک است

Con. ator حالت کار از آمپری

ماشینی که وظیفه آن آنها در یک یا صرف توان را کشید است - کانسیداتور سنگین (ظایر سنگین)

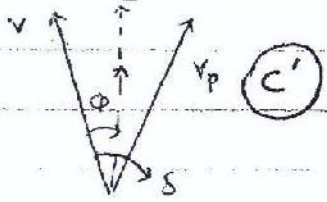


↑ Prime Mover دردت ورودی! از طریق I_p بدین تغییر I_p

V_p جلوی کشید = زیر آمپری و سلفی

توانید کشید معرف و کشید

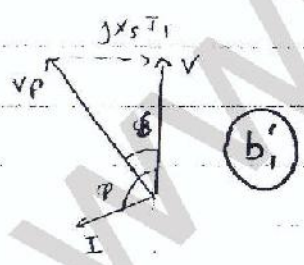
↓ Prime Mover دردت ورودی V جلوی کشید



موتوری و سلفی

معرف کشید و کشید

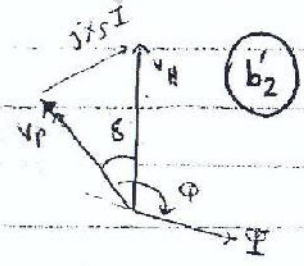
V جلوی از V_p = معرف
 V_p جلوی از V = زیر آمپری



↑ در حالت b_1 , I_p

زیر آمپری و طاری

توانید کشید و کشید

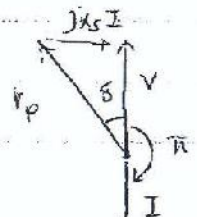


↓ در حالت b_2 , I_p

زیر آمپری و سلفی

سلفی تر از b_1 = توانید کشید معرف و کشید

$V_{p2} > V_p$



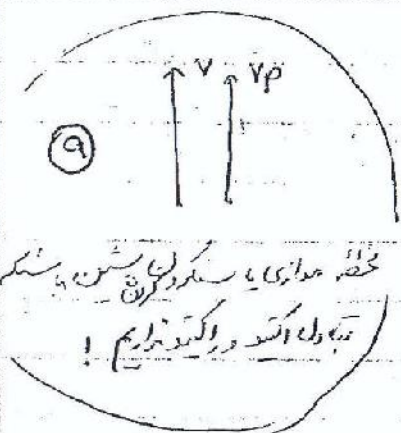
زیر آمپری و اهن خاص

$\cos \phi = 1$ برابری خاص

$\phi = 0$ دردت اکثر

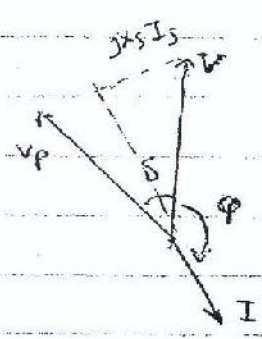
49

شرط وصل طبقه ها:



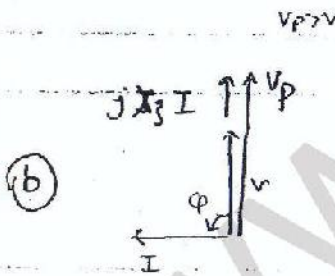
- ① میداها گبر گرفته رولور و استاتوریم توکاشن شوز
- ② عدم وجود اختلاف فاز بین ترمینال ها کاشن و شبکه
- ③ دانسته ولتاژها با هم برابر شوز
- ④ ترتیب فازها یکسان

رشته ولتاژها کاشن اینا جریان تحریک بر گرفته ای تنظیم می کنند که برابر دانسته ولتاژ شبکه شود



نوع مدار اتصال
 فرکانس = عدد قطب N
 $v_p = v + I * j * x_s$
 Gen & Self

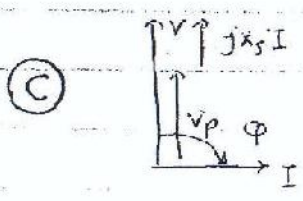
در کتب اولی ، مدون است



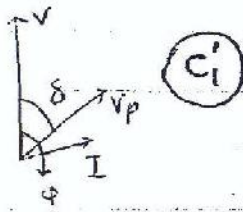
انرژی الکتریکی تحریک - عدد قطب N
 $v_p = v + I * j * x_s$
 Motor & C
 مدار، نظری - تحریک اضافی

تولید استند ، اما تبار اول است نبرایم (هم نبرایم)

کاهش E_d (S. N صحت) - $v_p = v$

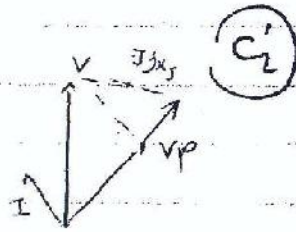


تحریک مکانی - استند
 تبار اول است نبرایم - عدد قطب نبرایم
 مدار و استند نبرایم



در حالت دورگی C_1 $\downarrow I_f$

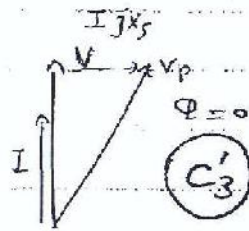
موتورگه و سلفی
مصرف اکسید در اکسید



$\uparrow I_f$

موتورگه و سلفی

نقود اکسید و تولید در اکسید



$\phi = 0 \rightarrow \cos \phi = 1$

مدل دورگی واحدی

در آن اکسید در هم نمی آید

دو نوع کنترل داریم:
 1. کنترل فرکانس و ولتاژ
 2. ولتاژ و فرکانس در یک جا

در وسطه کنترل برای ولتاژ اکسید و فرکانس

دری برای فرکانس

دری برای ولتاژ

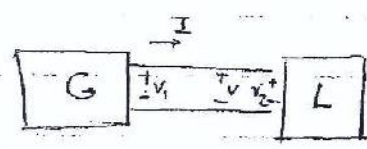
Automatic load frequency Control \rightarrow ALFC

Automatic Voltage Regu. AVR

بارها جبه انتقال

خط انتقال، سیمهای برای انتقال قدرت الکتریکی از تولید به مصرف، برای کاهش تلفات

تحت ولتاژها و ضرایب بار و دوره های بار در طول روز و در طول سال
 Bare Conductor
 تحت بار نامتوازن افزایش V کاهش I کاهش تلفات - افزایش ظرفیت انتقال



$$|V_1| = |V_2| = |V|$$

$$Z_s = R_s + jX_s$$

$$P_{Loss} = R_s \frac{P_2 + Q_2}{|V|^2}$$

$$Q_{Loss} = X_s \cdot \frac{P_2 + Q_2}{|V|^2}$$

هدایت: پهنی از جریان است، هر چه پهنتر باشد، تلفات کمتر می شود.
 σ / km بین هادی ها، هادی در زمین

اندکیتنس: نسبت دینامیک الکتریکی ناشی از تغییر بار به اختلاف پتانسیل بین هادی ها.
 ϵ / km
 $L = \frac{V}{d/dt} = \frac{dq/dt}{d/dt}$

ظرفیت: بین دو هادی تفاوت پتانسیل است.
 C / m اختلاف پتانسیل، در هادی

مقاومت: در طول سیم تلفات ناشی از عبور جریان در خط.
 R / km

$$R_{DC} = \frac{\rho l}{A} < R_{AC} = \frac{\rho}{|I|^2}$$

Skin effect & Proximity effect

انواع هادی ها که در انتقال استفاده می شود: AAC / AAAC / ACSR / ACAR
 Al هادی کلسیم آلومینیم / Al هادی آلومینیم / آلومینیم / آلومینیم

مقاومت ضربه و وزن کمتر \rightarrow Al و Cu

(A) $P_{Al} > P_{Cu} \rightarrow$ قطر $Cu > Al$

\leftarrow رسانندگی الکتریکی $Cu > Al$

(B) استقامت از سطح هم نشسته \rightarrow جانبداری بیشتر ها در نزدیکی $Al \rightarrow Cu$ استقامت الکتریکی Al

(C) $Cu <$ تنش الکتریکی $Al \rightarrow$ حجم بیشتر Al

تنش الکتریکی $\downarrow =$ Corona $\downarrow =$ تلفات \downarrow

\leftarrow تلفات انرژی الکتریکی در سطح هادی

(D) مقاومت فولاد بیشتر \rightarrow رسانندگی کمتر \rightarrow Skin effect

مقاومت ضربه انتقال

$$R_{DC} = \frac{\rho L}{A}$$

$$R_{AC} = \frac{\rho L}{I_{rms}^2}$$

سطح مقطع هادی

$ac < dc$

$\Rightarrow R_{AC} > R_{DC}$

skin effect \rightarrow پدیده جمع شدن بار در سطح هادی

Proximity effect \rightarrow پدیده جابجایی بار در سیم مجاور

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{T_1 + T_2}{T_1 + T_2} \quad R_2 = R_1 (1 + \alpha(T_2 - T_1))$$

که ضریب حرارتی هادی $(\frac{1}{K})$

جریان گذرنده از هادی ها کمتر است \rightarrow جریان بخار \rightarrow چون در حرارت هادی کمتر است

همینا تنش از عبور جریان در هم کمتر است

$$T \uparrow \rightarrow R \uparrow \rightarrow I \downarrow$$

فشار حرارت

جریان که اگر از هادی عبور کند، هادی گرم تر شود، و به واسطه افزایش دما رسانندگی هادی کمتر می شود

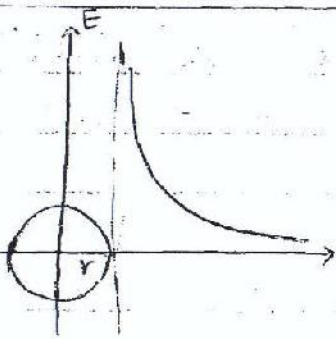
Thermal Rating

جریان مجاز حرارتی

استقامت الکتریکی هادی کمتر می شود

در دماهای بالا رسانندگی هادی کمتر می شود \rightarrow Thermal Rating

سطح مقطع هادی



$$\oint D \cdot ds = q$$

$$E = \frac{q}{2\pi K r^2} \quad \frac{V}{m}$$

$$E_{MAX} \rightarrow \frac{q}{2\pi \epsilon r} \quad \text{سطح قطبی هادی}$$

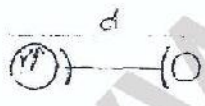
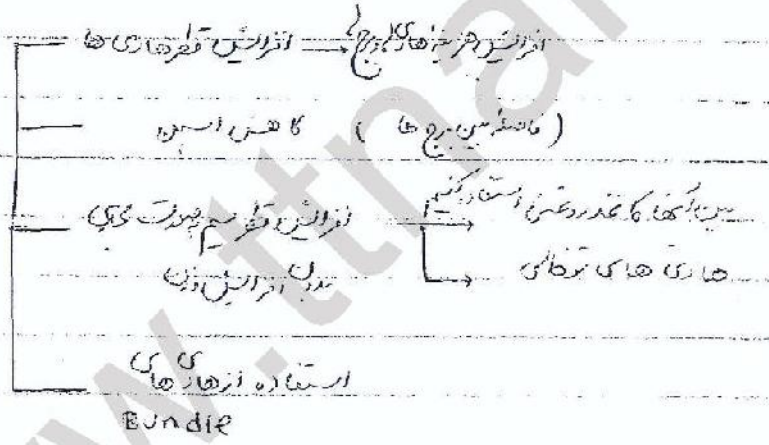
$V \uparrow \Rightarrow E \uparrow \Rightarrow$ **Corona** ← جنبه فیزیکی ارتفاع هادی

از دست بردن، فرکانس، میدان هادی

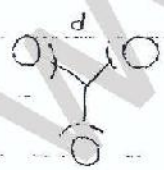
$r \uparrow \rightarrow$ **Corona** ↓

تولید لایه آلودگی، اینتر مدیوم (از $\frac{r}{2}$)

کاهش تلفات Corona



$$\text{مقطع مربع} = \sqrt{r \cdot d \cdot r \cdot d} = \sqrt{rd} > R$$



$$= \sqrt[3]{(r \cdot d \cdot d)^3} = \sqrt[3]{rd^2}$$

• بهترین راه اتصال در ایناز - ایجاد تقارن فیزیکی - در یک هادی رولاس ۵ هادی (اصول)

• فرکانس پایین یا انرژی یا انرژی
✓ Transposition

• جابجایی سیم ها در طول هادی ها در طول مسافت
• از دست بردن - استفاده از تجهیزات



اندکیتن خود انتقال

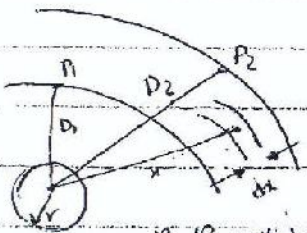
• منتبه و بناز القا شده در اثر تغییرات در آهنگ تغییرات

$$L = \frac{d\lambda/dt}{di/dt}$$

$$L_{\text{internal}} = 0.05 \frac{\text{MH}}{\text{m}}$$

• اندکیتن داخلی

• قوه مغناطیسی در داخل دارد! به صورتی است که سگنل دارد



$$L_{12} = 2\pi \times 10^{-7} \ln \frac{D_2}{D_1}$$

• اندکیتن خارجی

• اندکیتن خود انتقال



$$L_1 = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{r_1} + \frac{1}{2} \times 10^{-7}$$

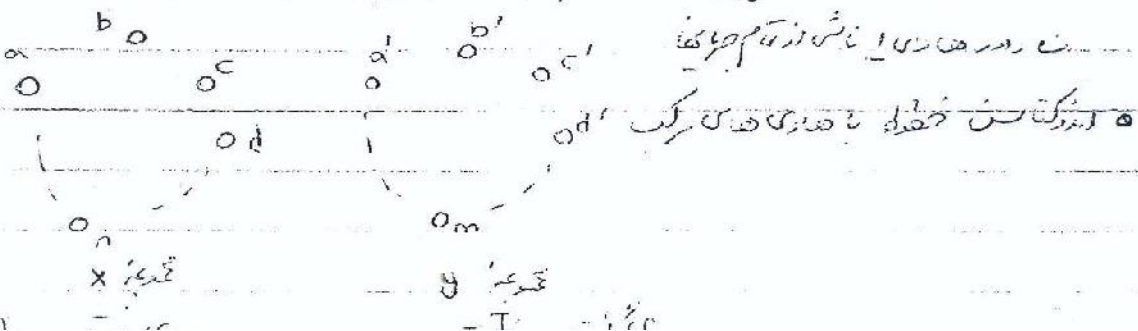
$$= 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{r_1}$$

$$L_{\text{total}} = L_1 + L_2 = 4 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{r}$$

$$\text{GMR} = e^{-1/4} r = 0.7788 r$$

• شش عدد یک هادی که در یک گروهی از هادی ها قرار گرفته

$$\psi_1 = 2 \times 10^{-7} \left(I_1 \ln \frac{1}{r_1} + I_2 \ln \frac{1}{D_{12}} + \dots + I_n \ln \frac{1}{D_{1n}} \right)$$



$$L_x = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{GMD}{GMR} \quad \begin{array}{l} \text{دوره‌های} \\ \text{مستطیل} \end{array}$$

$$= 2 \times 10^{-7} \ln \frac{\sqrt{(D_{aa'} D_{ab'} \dots D_{am}) (D_{ba'} D_{bb'} \dots D_{bm}) \dots (D_{na'} \dots D_n)}}{r_s}$$

$$L_y = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{GMD}{GMR_y}$$

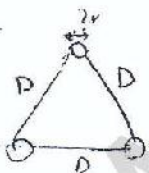
$$L = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D_m}{D_s} \quad \frac{H}{m}$$

$$= 4.6 \times 10^{-4} \log \frac{D_m}{D_s} \quad \frac{H}{km}$$

$$= 0.7411 \log \frac{D_m}{D_s} \quad \frac{mH}{mile}$$

$$X_L = L\omega = 2\pi f \times 0.7411 \times 10^{-3} \log \frac{D_m}{D_s} \quad \frac{\Omega}{mile}$$

$$= \underbrace{4.657 \times 10^{-3} f \log \frac{L}{D_s}}_{X_1} + \underbrace{4.657 \times 10^{-3} f \log D_m}_{X_2} \quad \frac{\Omega}{mile}$$



• اندوکتانس بستیم کلاً به مقدار

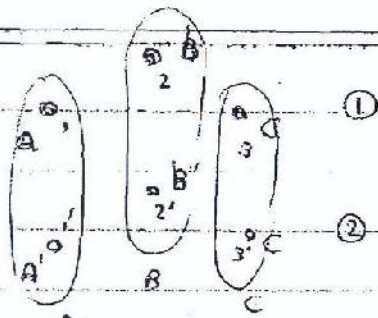
$$L = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D_m}{D_s} = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{r'} \quad \frac{H}{m} \text{ per Conductor}$$

• اندوکتانس بستیم کلاً به مقدار

$$L = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D_m}{D_s} = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{\sqrt{D_{12} D_{23} D_{31}}}{r'}$$

↑ L ← (فاصله بارها) ↑ افزایش فاصله بین هادی ها
↓ L ← ↑ قطر هادی

← خط Bundle اندوکتانس کمتر نسبت به هادی دارد
← اندوکتانس HV < LV چون فاصله هادی همگرا بیشتر است



• اثرات الکتریکی خطی سه فاز در مدار

$$L = L_1 \parallel L_2$$

$$= \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$$

1) از این معادله مشتق کنیم

$$D_{sa} = \sqrt[4]{r_a' D_{11}' r_a' D_{11}} \quad D_{sb}, D_{sc}$$

2) فاصله بین الکتریک معادل

$$D_s = \sqrt[3]{D_{sa} D_{sb} D_{sc}}$$

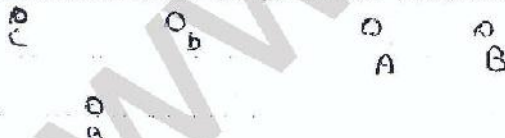
$$D_{AB} = \sqrt[4]{D_{12} D_{12}' D_{1'2} D_{1'2'}} \quad D_{BC}, D_{AC}$$

$$D_m = \sqrt[3]{D_{AB} D_{BC} D_{CA}}$$

$$L = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D_m}{D_s}$$

• اثرات الکتریکی معادل خطی سه فاز در مدار

برحاطت وجود ولتاژ در هر فاز این رابطه استقال انرژی است. ولتاژ الکتریکی هر فاز در هر فاز که متوالی است



$$M_a = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D_{Ba}}{D_{Aa}} \quad M_b = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D_{Bb}}{D_{Ab}} \quad M_c = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D_{Bc}}{D_{Ac}}$$

$$E = j\omega (M_a I_a + M_b I_b + M_c I_c) \quad \frac{V}{m}$$

$$M_a = M_b = M_c \quad \text{از این معادله می توانیم بنویسیم} \quad \leftarrow$$

$$E = j\omega M d (I_a + I_b + I_c) = 0$$

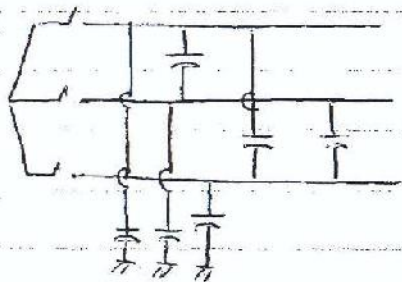
$$1 \text{ cm} = 10 \text{ (mil)}^2 \quad 1 \text{ mil} = 0.001 \text{ inch} \quad 1 \text{ ft} = 12 \text{ inch}$$

$$1 \text{ inch} = 2.54 \text{ cm} \quad 1 \text{ ft} = 30.48 \text{ cm} \quad 1 \text{ inch}^2 = 645.2 \text{ mm}^2$$

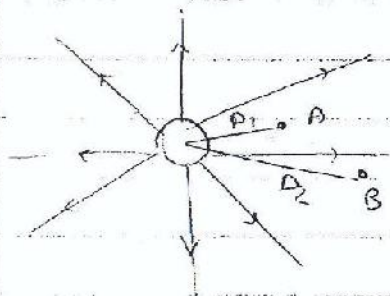
$$1 \text{ mm} = 0.394 \text{ inch} = 394 \text{ mil} \quad 1 \text{ mm}^2 = 19200 \text{ cm}^2$$

ظرفیت یا Capacitance خط انتقال انتقال انرژی

بین فرکانس خط و زمین و به طرفین هر دو سطح هادی که با هم اتصال ندارند میزنند داریم
 Charging current = فریبی که صرفاً با زدن خط در مدار چون از فرکانس خاصی اتصال داریم



از سبب این نسبت = ظرفیت + هرات
 در حقیقت گمانه ناچیز
 اما در حقیقت باید هم ثابت چون با افزایش طول ↑



$$E = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 x}$$

حقیقت پتانسیل در نقطه از نقطه (در حد)

$$V_A - V_B = \int_{D_1}^{D_2} E du = \frac{q}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{D_2}{D_1}$$

$D_1 = D_2$ اختلاف پتانسیل = 0 = ولت‌های هم‌طور (هاری) اتصال هم پتانسیلند

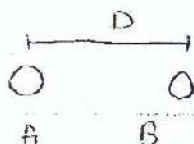


پتانسیل الکتریکی اش از هادی‌های استوانه‌ای باردار
 شرح →

$$V_A = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \left(q_1 \ln \frac{1}{D_{1A}} + q_2 \ln \frac{1}{D_{2A}} + q_3 \ln \frac{1}{D_{3A}} \right)$$

$\sum q_i = 0$

ظرفیت خط انتقال انتقال انرژی در سیستم

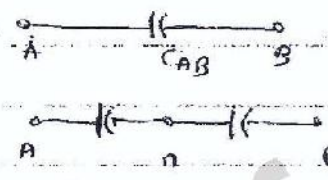


$$V_{AB} = \frac{q}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{D^2}{r_A r_B}$$

$$C_{AB} = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{D^2}{r_A r_B}} \frac{\pi\epsilon_0}{F}$$

$$C_{AB} = \frac{2\pi\epsilon_0 F/m}{\ln D/r} = \frac{0.021 \text{ MF/km}}{\ln D/r} = \frac{0.0194 \text{ MF/mile}}{\ln D/r}$$

$$C_{An} = C_{Bn} = \frac{2\pi\epsilon_0 F/m}{\ln D/r} \text{ to neutral}$$



$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{2.862 \times 10^9 \ln \frac{D}{r} \text{ } \Omega \text{m to neutral}}{f}$$

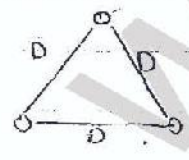
$$= \frac{1.779 \times 10^6 \ln \frac{D}{r} \text{ } \Omega \text{mile to neutral}}{f}$$

$$X_c = \frac{1.779 \times 10^6}{f} \ln \frac{1}{r} + \frac{1.779 \times 10^6}{f} \ln D$$

$$X_c = X'_1 + X'_2$$

$I_{charging} = j\omega C_{AB} V_{AB}$
 در سیم‌ها جریان شارژ
 ولتاژ بین سیم‌ها

↑ L ↓ C → با افزایش ولتاژ سیم‌ها
 ↓ L ↑ C → با افزایش جریان سیم‌ها



سه فاز با فاصله مساوی از یکدیگر

$$C_{ann} = \frac{q}{V_{an}} = \frac{2\pi\epsilon_0 F/m}{\ln D/r} \text{ to neutral}$$

$$C_{ann} = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{D_{eq}}{r}} \text{ } D_{eq} = \sqrt[3]{D_{12} D_{23} D_{31}}$$

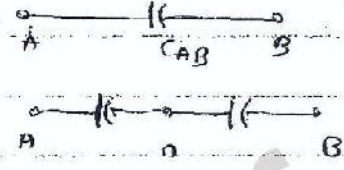
اثر بارها در سیم‌ها $Q < Q$ → اثر بارها در سیم‌ها
 بارها در سیم‌ها

Ferranti Effect

در سیم‌ها ولتاژ بیشتر از ولتاژ سیم‌ها

$$C_{AB} = \frac{2\pi\epsilon_0 F/m}{\ln D/r} = \frac{0.021 \text{ MF/km}}{\ln D/r} = \frac{0.0194 \text{ MF/mile}}{\ln D/r}$$

$$C_{An} = C_{Bn} = \frac{2\pi\epsilon_0 F/m}{\ln D/r} \text{ to neutral}$$



$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{2.862 \times 10^9}{f} \ln \frac{D}{r} \text{ } \Omega \text{m to neutral}$$

$$= \frac{1.779 \times 10^6}{f} \ln \frac{D}{r} \text{ } \Omega \text{mile to neutral}$$

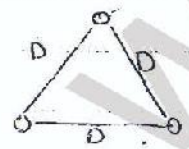
$$X_C = \frac{1.779 \times 10^6}{f} \ln \frac{1}{r} + \frac{1.779 \times 10^6}{f} \ln D$$

$$X_C = X'_1 + X'_2$$

Charging = $j\omega C_{AB} V_{AB}$

درست کردن خط
در نقطه صاف

↑ L ↓ C → با افزایش فاصله
↓ L ↑ C ← با کاهش فاصله



در این حالت فاصله مساوی است

$$C_{eqn} = \frac{q}{V_{an}} = \frac{2\pi\epsilon}{\ln D/r} \text{ } F/m \text{ to neutral}$$

$$C_{eqn} = \frac{2\pi\epsilon}{\ln \frac{D_{eq}}{r}} \text{ } D_{eq} = \sqrt[3]{D_{12} D_{23} D_{31}}$$

در این حالت در هر لحظه بارها مساوی است

Ferranti Effect

در این حالت ولتاژ در انتهای خط بیشتر از ولتاژ سر خط است