Trabalho 1 – Sistemas Elétricos de Potência

Implementação de computacional do cálculo do fluxo linear de carga

|  |
| --- |
| Nome: Victor Daniel Oliveira Gaete |

1. Implementação

Foi usado o MATLAB para a implementação, utilizando as notas de aula e ajuda de recursos externos. O código pode ser encontrado no apêndice, bem como todas as referências para a criação do algoritmo implementado,

1. Resultados
   1. IEEE 14 Barras

Resultados utilizando a referência para a barra 1

* + 1. Theta

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| IEEE 14 Barras | | | |
| Barra | Pd =80% | Pd = 100% | Pd = 120% |
| 1 | 0.0000 | 0 | 0 |
| 2 | -0.0660 | -0.0875 | -0.109 |
| 3 | -0.1774 | -0.2262 | -0.2749 |
| 4 | -0.1447 | -0.1849 | -0.225 |
| 5 | -0.124 | -0.1586 | -0.1932 |
| 6 | -0.2088 | -0.2647 | -0.3206 |
| 7 | -0.1933 | -0.2455 | -0.2977 |
| 8 | -0.1933 | -0.2455 | -0.2977 |
| 9 | -0.2188 | -0.2774 | -0.3359 |
| 10 | -0.223 | -0.2826 | -0.3422 |
| 11 | -0.2188 | -0.2772 | -0.3357 |
| 12 | -0.2242 | -0.284 | -0.3438 |
| 13 | -0.2265 | -0.2869 | -0.3472 |
| 14 | -0.2403 | -0.3042 | -0.3681 |
|  |  |  |  |

Tabela 1 – Valores de theta para cada barramento e em cada nível de carga para sistema de 14 barras.

* + 1. Pkm

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| IEEE 14 Barras | | | |
| Linhas | Pd =80% | Pd = 100% | Pd = 120% |
| 1 | 1.116 | 1.4788 | 1.8416 |
| 2 | 0.556 | 0.7112 | 0.8664 |
| 3 | 0.5626 | 0.7005 | 0.8384 |
| 4 | 0.4464 | 0.5523 | 0.6581 |
| 5 | 0.3334 | 0.409 | 0.4847 |
| 6 | -0.191 | -0.2415 | -0.292 |
| 7 | -0.4923 | -0.6234 | -0.7545 |
| 8 | 0.2321 | 0.2899 | 0.3476 |
| 9 | 0.1332 | 0.1663 | 0.1994 |
| 10 | 0.3363 | 0.4208 | 0.5054 |
| 11 | 0.0502 | 0.063 | 0.0759 |
| 12 | 0.0603 | 0.0755 | 0.0906 |
| 13 | 0.1362 | 0.1703 | 0.2045 |
| 14 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 0.2321 | 0.2899 | 0.3476 |
| 16 | 0.0498 | 0.062 | 0.0741 |
| 17 | 0.0795 | 0.0992 | 0.1189 |
| 18 | -0.0222 | -0.028 | -0.0339 |
| 19 | 0.0115 | 0.0145 | 0.0174 |
| 20 | 0.0397 | 0.0498 | 0.0599 |

Tabela 2 – Valores de Pkm para cada barramento e em cada nível de carga para sistema de 14 barras.

* + 1. Discussão

Gráfico, Gráfico de caixa estreita

Descrição gerada automaticamente

Figura 1 – Gráfico de dispersão do Theta em relação a variação da carga

Gráfico, Gráfico de caixa estreita

Descrição gerada automaticamente

Figura 2 – Gráfico de dispersão do Fluxo de potência em relação a variação da carga

Observa-se que o aumento e a diminuição da carga causam um deslocamento da mediana do theta, em sistemas com a carga mais leve tendem a ter um defasamento menor, bem como uma concentração maior dos valores, como se pode observar no primeiro e terceiro quartil. De forma análoga para cargas mais altas, há um defasamento maior e uma maior amplitude dos valores distribuídos. Semelhantemente para o gráfico de fluxo de potência, em menores cargas a mediana se aproxima mais para o zero, e a amplitude entre os quartis diminui, e para cargas maiores a mediana se eleva ligeiramente mas o efeito mais visível é a amplitude de valores entre os quartis.

* 1. IEEE 33 Barras
     1. Theta

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| IEEE 33 Barras | | | |
| Barra | Pd =90% | Pd = 100% | Pd = 110% |
| 1 | -0.001 | -0.0011 | -0.0012 |
| 2 | -0.0056 | -0.0062 | -0.0068 |
| 3 | -0.0079 | -0.0088 | -0.0097 |
| 4 | -0.0102 | -0.0113 | -0.0125 |
| 5 | -0.0184 | -0.0204 | -0.0225 |
| 6 | -0.0221 | -0.0246 | -0.027 |
| 7 | -0.0233 | -0.0258 | -0.0284 |
| 8 | -0.0261 | -0.029 | -0.0319 |
| 9 | -0.0286 | -0.0318 | -0.035 |
| 10 | -0.0288 | -0.032 | -0.0352 |
| 11 | -0.0292 | -0.0324 | -0.0357 |
| 12 | -0.0321 | -0.0357 | -0.0392 |
| 13 | -0.0337 | -0.0374 | -0.0411 |
| 14 | -0.0345 | -0.0383 | -0.0421 |
| 15 | -0.0351 | -0.039 | -0.0429 |
| 16 | -0.0366 | -0.0406 | -0.0447 |
| 17 | -0.0368 | -0.0409 | -0.045 |
| 18 | -0.0013 | -0.0014 | -0.0016 |
| 19 | -0.0034 | -0.0037 | -0.0041 |
| 20 | -0.0038 | -0.0043 | -0.0047 |
| 21 | -0.0043 | -0.0048 | -0.0053 |
| 22 | -0.0072 | -0.008 | -0.0088 |
| 23 | -0.0105 | -0.0117 | -0.0129 |
| 24 | -0.0122 | -0.0135 | -0.0149 |
| 25 | -0.0189 | -0.021 | -0.0231 |
| 26 | -0.0196 | -0.0218 | -0.024 |
| 27 | -0.0238 | -0.0264 | -0.0291 |
| 28 | -0.0267 | -0.0297 | -0.0326 |
| 29 | -0.0276 | -0.0307 | -0.0337 |
| 30 | -0.0299 | -0.0332 | -0.0365 |
| 31 | -0.0304 | -0.0338 | -0.0372 |
| 32 | -0.0306 | -0.034 | -0.0374 |
| 33 | 0 | 0 | 0 |

Tabela 3 – Valores de theta para cada barramento e em cada nível de carga para sistema de 33 barra

* + 1. Pkm

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| IEEE 33 Barras | | | |
| Linha | Pd =90% | Pd = 100% | Pd = 110% |
| 1 | 3.3435 | 3.715 | 4.0865 |
| 2 | 2.9295 | 3.255 | 3.5805 |
| 3 | 2.0115 | 2.235 | 2.4585 |
| 4 | 1.9035 | 2.115 | 2.3265 |
| 5 | 1.8495 | 2.055 | 2.2605 |
| 6 | 0.9675 | 1.075 | 1.1825 |
| 7 | 0.7875 | 0.875 | 0.9625 |
| 8 | 0.6075 | 0.675 | 0.7425 |
| 9 | 0.5535 | 0.615 | 0.6765 |
| 10 | 0.4995 | 0.555 | 0.6105 |
| 11 | 0.459 | 0.51 | 0.561 |
| 12 | 0.405 | 0.45 | 0.495 |
| 13 | 0.351 | 0.39 | 0.429 |
| 14 | 0.243 | 0.27 | 0.297 |
| 15 | 0.189 | 0.21 | 0.231 |
| 16 | 0.135 | 0.15 | 0.165 |
| 17 | 0.081 | 0.09 | 0.099 |
| 18 | 0.324 | 0.36 | 0.396 |
| 19 | 0.243 | 0.27 | 0.297 |
| 20 | 0.162 | 0.18 | 0.198 |
| 21 | 0.081 | 0.09 | 0.099 |
| 22 | 0.837 | 0.93 | 1.023 |
| 23 | 0.756 | 0.84 | 0.924 |
| 24 | 0.378 | 0.42 | 0.462 |
| 25 | 0.828 | 0.92 | 1.012 |
| 26 | 0.774 | 0.86 | 0.946 |
| 27 | 0.72 | 0.8 | 0.88 |
| 28 | 0.666 | 0.74 | 0.814 |
| 29 | 0.558 | 0.62 | 0.682 |
| 30 | 0.378 | 0.42 | 0.462 |
| 31 | 0.243 | 0.27 | 0.297 |
| 32 | 0.054 | 0.06 | 0.066 |

Tabela 4 – Valores de Pkm para cada barramento e em cada nível de carga para sistema de 33 barras.

* + 1. Discussão

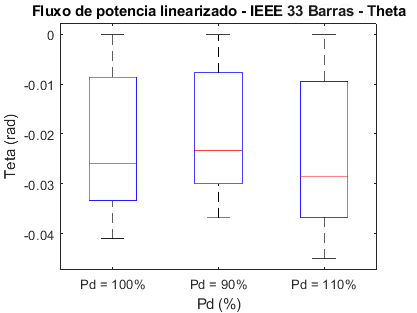


Figura 3 – Gráfico de dispersão do Theta em relação a variação da carga

Gráfico, Gráfico de caixa estreita

Descrição gerada automaticamente

Figura 4 – Gráfico de dispersão do Theta em relação a variação da carga

Para o sistema de 33 barras, as análises feitas para o sistema de 14 barras também valem. Os comportamentos foram semelhantes, o que confirma a robustez da análise e da implementação do sistema de carga linear.

1. Conclusão

A implementação do fluxo de carga linear pode ser uma ferramenta muito útil para suporte de outras ferramentas mais complexas, o fato de não precisar de um sistema iterativo diminui o gasto computacional e pode ser o ponto de partida para sistemas de simulação mais complexos. Sua simplicidade computacional, uma vez que o grau de complexidade máxima do algoritmo é n, permite a sua utilização em sistemas com número de barras e linhas elevados.

1. Apêndice
   1. Código

clc

clear all

% Dados:

% IEEE 14 barras

% [       NUM    TIPO    V        TETA     PG    QG      PD         QD       GSH    BSH ]

barras = [

            1   2   1.060 0.0  232.4 -16.9  0.0     0.0     0.0    0.0 0 0

            2   1   1.045 0.0  40.0  42.4  21.70  12.70    0.0    0.0 -40  50

            3   1   1.010 0.0  0.0  23.4  94.20  19.00    0.0    0.0 0    40

            4   0   1.000 0.0  0.0   0.0  47.80   -3.90   0.0    0.0 0    0

            5   0   1.000 0.0  0.0   0.0  7.60   1.600    0.0    0.0 0    0

            6   1   1.070 0.0  0.0   12.2  11.20  7.500    0.0    0.0 -6   24

            7   0   1.000 0.0  0.0   0.0   0.0    0.0     0.0    0.0 0    0

            8   1   1.090 0.0  0.0   17.4   0.0    0.0     0.0    0.0 -6   24

            9   0   1.000 0.0  0.0   0.0  29.50   16.60   0.0   19.0 0    0

            10  0   1.000 0.0  0.0   0.0   9.00   5.800   0.0    0.0 0    0

            11  0   1.000 0.0  0.0   0.0   3.50   1.800   0.0    0.0 0    0

            12  0   1.000 0.0  0.0   0.0   6.10   1.600   0.0    0.0 0    0

            13  0   1.000 0.0  0.0   0.0   13.50  5.800   0.0    0.0 0    0

            14  0   1.000 0.0  0.0   0.0   14.90  5.000   0.0    0.0 0    0 ];

%            [FR    TO         R          X      BSHtotal   Tap  ]

linhas = [

1   2   0.01938  0.05917    0.05280    0

1   5   0.05403  0.22304    0.04920    0

2   3   0.04699  0.19797    0.04380    0

2   4   0.05811  0.17632    0.03400    0

2   5   0.05695  0.17388    0.03460    0

3   4   0.06701  0.17103    0.01280    0

4   5   0.01335  0.04211    0          0

4   7   0.0      0.20912    0       0.978

4   9   0.0      0.55618    0       0.969

5   6   0.0      0.25202    0       0.932

6   11  0.09498  0.19890    0          0

6   12  0.12291  0.25581    0          0

6   13  0.06615  0.13027    0          0

7   8   0.0      0.17615    0          0

7   9   0.0      0.11001    0          0

9   10  0.03181  0.08450    0          0

9   14  0.12711  0.27038    0          0

10  11  0.08205  0.19207    0          0

12  13  0.22092  0.19988    0          0

13  14  0.17093  0.34802    0          0         ];

Custo = [1 1 2 4 4];

MaxP  = [250 40 15 15 15];

MaxQ  = [50  50  50 50 50];

MinP  = [0 0 0 0 0];

MinQ  = [-50 -50 -50 -50 -50];

Ref= 1;

% ========================

% Leitura dos dados de entrada

[NumBarras,NumBCol] = size(barras);

[NumLinhas,NumLCol] = size(linhas);

% Linhas

% Init das variaveis

de = zeros(NumLinhas,1);

para = zeros(NumLinhas,1);

R = zeros(NumLinhas,1);

X = zeros(NumLinhas,1);

B = zeros(NumLinhas,1);

Tap = zeros(NumLinhas,1);

for i=1:NumLinhas

    de(i) = linhas(i,1);

    para(i) = linhas(i,2);

    R(i) = linhas(i,3);

    X(i) = linhas(i,4);

    B(i) = 1/X(i);

    Tap(i) = linhas(i,6);

end

% Desconsiderando taps

Tap = ones(NumLinhas,1);

% Barras

% Init das variaveis

Tipo = zeros(NumBarras,1);

V = zeros(NumBarras,1);

Teta = zeros(NumBarras,1);

Pg = zeros(NumBarras,1);

Qg = zeros(NumBarras,1);

Pd = zeros(NumBarras,1);

Qd = zeros(NumBarras,1);

Gsh = zeros(NumBarras,1);

Bsh = zeros(NumBarras,1);

for i=1:NumBarras

    Tipo(i) = barras(i,2);

    V(i) = barras(i,3);

    Teta(i) = barras(i,4);

    Pg(i) = barras(i,5);

    Qg(i) = barras(i,6);

    Pd(i) = barras(i,7);

    Qd(i) = barras(i,8);

    Gsh(i) = barras(i,9);

    Bsh(i) = barras(i,10);

end

% Potencias em PU

Pg = Pg/100;

Qg = Qg/100;

Pd = Pd/100;

Qd = Qd/100;

% ========================

% Matriz B\_linha

B\_linha = zeros(NumBarras,NumBarras);

for i=1:NumLinhas

    K = de(i);

    M = para(i);

    B\_linha(K,K) = B\_linha(K,K) + B(i)/(Tap(i)^2); % diagonal principal considerando tap

    B\_linha(M,M) = B\_linha(M,M) + B(i); % diagonal principal

    B\_linha(K,M) = B\_linha(K,M) - B(i)/Tap(i); % Fora da diagonal principal

    B\_linha(M,K) = B\_linha(M,K) - B(i)/Tap(i); % Fora da diagonal principal

end

% ========================

% Fluxo de potencia linearizado

B\_REF = Ref;

B\_linha(B\_REF,B\_REF) = 10^20; % Infinito

Teta=  B\_linha\(-Pd+Pg); % inv

Pkm = zeros(NumLinhas,1);

for i=1:NumLinhas

    K = de(i);

    M = para(i);

    Pkm(i) = (Teta(K)-Teta(M))\*B(i)/Tap(i); % Pkm = Pk - Pm

end

% Variaveis de saida

disp('Fluxo de potencia linearizado - IEEE 14 Barras -  Pd = 100%')

disp([Teta])

disp([Pkm])

% Analisando para Pd a 80% ============================

Pd1 = Pd\*0.8;

Teta1=  B\_linha\(-Pd1+Pg);

Pkm1 = zeros(NumLinhas,1);

for i=1:NumLinhas

    K = de(i);

    M = para(i);

    Pkm1(i) = (Teta1(K)-Teta1(M))\*B(i)/Tap(i); % Pkm = Pk - Pm

end

% Variaveis de saida

disp('Fluxo de potencia linearizado - IEEE 14 Barras -  Pd = 80%')

disp([Teta1])

disp([Pkm1])

% Analisando para Pd a 120% ============================

Pd2 = Pd\*1.2;

Teta2=  B\_linha\(-Pd2+Pg);

Pkm2 = zeros(NumLinhas,1);

for i=1:NumLinhas

    K = de(i);

    M = para(i);

    Pkm2(i) = (Teta2(K)-Teta2(M))\*B(i)/Tap(i); % Pkm = Pk - Pm

end

% Variaveis de saida

disp('Fluxo de potencia linearizado - IEEE 14 Barras -  Pd = 120%')

disp([Teta2])

disp([Pkm2])

% Box Plot

figure(1)

boxplot([Teta Teta1 Teta2],'Labels',{'Pd = 100%','Pd = 80%','Pd = 120%'})

title('Fluxo de potencia linearizado - IEEE 14 Barras - Teta')

ylabel('Teta (rad)')

xlabel('Pd (%)')

% Box Plot Pkm

figure(2)

boxplot([Pkm Pkm1 Pkm2],'Labels',{'Pd = 100%','Pd = 80%','Pd = 120%'})

title('Fluxo de potencia linearizado - IEEE 14 Barras - Pkm')

ylabel('Pkm (pu)')

xlabel('Pd (%)')

%% IEEE 33 Barras

% Dados:

% [       NUM    TIPO    V        TETA     PG    QG      PD         QD       GSH    BSH ]

barras = [

            1      0     1.0000  0.0000    0      0      100.0      60.0     0.0    0.0;

            2      0     1.0000  0.0000    0      0       90.0      40.0     0.0    0.0;

            3      0     1.0000  0.0000    0      0      120.0      80.0     0.0    0.0;

            4      0     1.0000  0.0000    0      0       60.0      30.0     0.0    0.0;

            5      0     1.0000  0.0000    0      0       60.0      20.0     0.0    0.0;

            6      0     1.0000  0.0000    0      0      200.0     100.0     0.0    0.0;

            7      0     1.0000  0.0000    0      0      200.0     100.0     0.0    0.0;

            8      0     1.0000  0.0000    0      0       60.0      20.0     0.0    0.0;

            9      0     1.0000  0.0000    0      0       60.0      20.0     0.0    0.0;

           10      0     1.0000  0.0000    0      0       45.0      30.0     0.0    0.0;

           11      0     1.0000  0.0000    0      0       60.0      35.0     0.0    0.0;

           12      0     1.0000  0.0000    0      0       60.0      35.0     0.0    0.0;

           13      0     1.0000  0.0000    0      0      120.0      80.0     0.0    0.0;

           14      0     1.0000  0.0000    0      0       60.0      10.0     0.0    0.0;

           15      0     1.0000  0.0000    0      0       60.0      20.0     0.0    0.0;

           16      0     1.0000  0.0000    0      0       60.0      20.0     0.0    0.0;

           17      0     1.0000  0.0000    0      0       90.0      40.0     0.0    0.0;

           18      0     1.0000  0.0000    0      0       90.0      40.0     0.0    0.0;

           19      0     1.0000  0.0000    0      0       90.0      40.0     0.0    0.0;

           20      0     1.0000  0.0000    0      0       90.0      40.0     0.0    0.0;

           21      0     1.0000  0.0000    0      0       90.0      40.0     0.0    0.0;

           22      0     1.0500  0.0000    0      0       90.0      50.0     0.0    0.0;

           23      0     1.0000  0.0000    0      0      420.0     200.0     0.0    0.0;

           24      0     1.0000  0.0000    0      0      420.0     200.0     0.0    0.0;

           25      0     1.0500  0.0000    0      0       60.0      25.0     0.0    0.0;

           26      0     1.0500  0.0000    0      0       60.0      25.0     0.0    0.0;

           27      0     1.0000  0.0000    0      0       60.0      20.0     0.0    0.0;

           28      0     1.0000  0.0000    0      0      120.0      70.0     0.0    0.0;

           29      0     1.0000  0.0000    0      0      200.0     600.0     0.0    0.0;

           30      0     1.0000  0.0000    0      0      150.0      70.0     0.0    0.0;

           31      0     1.0000  0.0000    0      0      210.0     100.0     0.0    0.0;

           32      0     1.0000  0.0000    0      0       60.0      40.0     0.0    0.0;

           33      2     1.0000  0.0000    0      0        0.0       0.0     0.0    0.0

];

%            [FR    TO         R          X      BSHtotal   Tap  Tapmin  Tapmax]

linhas    = [ 33     1      0.0922     0.0470       0        0     0       0;

               1     2      0.4930     0.2511       0        0     0       0;

               2     3      0.3660     0.1864       0        0     0       0;

               3     4      0.3811     0.1941       0        0     0       0;

               4     5      0.8190     0.7070       0        0     0       0;

               5     6      0.1872     0.6188       0        0     0       0;

               6     7      0.7114     0.2351       0        0     0       0;

               7     8      1.0300     0.7400       0        0     0       0;

               8     9      1.0440     0.7400       0        0     0       0;

               9     10     0.1966     0.0650       0        0     0       0;

              10     11     0.3744     0.1238       0        0     0       0;

              11     12     1.4680     1.1550       0        0     0       0;

              12     13     0.5416     0.7129       0        0     0       0;

              13     14     0.5910     0.5260       0        0     0       0;

              14     15     0.7463     0.5450       0        0     0       0;

              15     16     1.2890     1.7210       0        0     0       0;

              16     17     0.7320     0.5740       0        0     0       0;

               1     18     0.1640     0.1565       0        0     0       0;

              18     19     1.5042     1.3554       0        0     0       0;

              19     20     0.4095     0.4784       0        0     0       0;

              20     21     0.7089     0.9373       0        0     0       0;

               2     22     0.4512     0.3083       0        0     0       0;

              22     23     0.8980     0.7091       0        0     0       0;

              23     24     0.8960     0.7011       0        0     0       0;

               5     25     0.2030     0.1034       0        0     0       0;

              25     26     0.2842     0.1447       0        0     0       0;

              26     27     1.0590     0.9337       0        0     0       0;

              27     28     0.8042     0.7006       0        0     0       0;

              28     29     0.5075     0.2585       0        0     0       0;

              29     30     0.9744     0.9630       0        0     0       0;

              30     31     0.3105     0.3619       0        0     0       0;

              31     32     0.3410     0.5302       0        0     0       0;

             ];

Sb = 1e6;      % Potencia Base

Vb = 12.66e3;  % Tensão Base

Zb = Vb^2/Sb;

linhas(:,3:4) = linhas(:,3:4)/Zb;

barras(:,7:8) = barras(:,7:8)\*1e3/Sb;

ref = 1;

% ========================

% Leitura dos dados de entrada

[NumBarras,NumBCol] = size(barras);

[NumLinhas,NumLCol] = size(linhas);

% Linhas

% Init das variaveis

de = zeros(NumLinhas,1);

para = zeros(NumLinhas,1);

R = zeros(NumLinhas,1);

X = zeros(NumLinhas,1);

B = zeros(NumLinhas,1);

Tap = zeros(NumLinhas,1);

TapMin = zeros(NumLinhas,1);

TapMax = zeros(NumLinhas,1);

for i=1:NumLinhas

    de(i) = linhas(i,1);

    para(i) = linhas(i,2);

    R(i) = linhas(i,3);

    X(i) = linhas(i,4);

    B(i) = 1/X(i);

    Tap(i) = linhas(i,6);

    TapMin(i) = linhas(i,7);

    TapMax(i) = linhas(i,8);

end

% Desconsiderando taps

Tap = ones(NumLinhas,1);

% Barras

% Init das variaveis

Tipo = zeros(NumBarras,1);

V = zeros(NumBarras,1);

Teta = zeros(NumBarras,1);

Pg = zeros(NumBarras,1);

Qg = zeros(NumBarras,1);

Pd = zeros(NumBarras,1);

Qd = zeros(NumBarras,1);

Gsh = zeros(NumBarras,1);

Bsh = zeros(NumBarras,1);

for i=1:NumBarras

    Tipo(i) = barras(i,2);

    V(i) = barras(i,3);

    Teta(i) = barras(i,4);

    Pg(i) = barras(i,5);

    Qg(i) = barras(i,6);

    Pd(i) = barras(i,7);

    Qd(i) = barras(i,8);

    Gsh(i) = barras(i,9);

    Bsh(i) = barras(i,10);

end

% Potencias em PU  - já estão em pu

% ========================

% Matriz B\_linha

B\_linha = zeros(NumBarras,NumBarras);

for i=1:NumLinhas

    K = de(i);

    M = para(i);

    B\_linha(K,K) = B\_linha(K,K) + B(i)/(Tap(i)^2); % diagonal principal considerando tap

    B\_linha(M,M) = B\_linha(M,M) + B(i); % diagonal principal

    B\_linha(K,M) = B\_linha(K,M) - B(i)/Tap(i); % Fora da diagonal principal

    B\_linha(M,K) = B\_linha(M,K) - B(i)/Tap(i); % Fora da diagonal principal

end

% ========================

% Fluxo de potencia linearizado

B\_REF = ref;

B\_linha(B\_REF,B\_REF) = 10^20; % Infinito

Teta=  B\_linha\(-Pd+Pg); % inv

Pkm = zeros(NumLinhas,1);

for i=1:NumLinhas

    K = de(i);

    M = para(i);

    Pkm(i) = (Teta(K)-Teta(M))\*B(i)/Tap(i); % Pkm = Pk - Pm

end

% Variaveis de saida

disp('Fluxo de potencia linearizado - IEEE 33 Barras -  Pd = 100%')

disp([Teta])

disp([Pkm])

% Analisando para Pd a 90% ============================

Pd1 = Pd\*0.9;

Teta1=  B\_linha\(-Pd1+Pg);

Pkm1 = zeros(NumLinhas,1);

for i=1:NumLinhas

    K = de(i);

    M = para(i);

    Pkm1(i) = (Teta1(K)-Teta1(M))\*B(i)/Tap(i); % Pkm = Pk - Pm

end

% Variaveis de saida

disp('Fluxo de potencia linearizado - IEEE 33 Barras -  Pd = 90%')

disp([Teta1])

disp([Pkm1])

% Analisando para Pd a 110% ============================

Pd2 = Pd\*1.1;

Teta2=  B\_linha\(-Pd2+Pg);

Pkm2 = zeros(NumLinhas,1);

for i=1:NumLinhas

    K = de(i);

    M = para(i);

    Pkm2(i) = (Teta2(K)-Teta2(M))\*B(i)/Tap(i); % Pkm = Pk - Pm

end

% Variaveis de saida

disp('Fluxo de potencia linearizado - IEEE 33 Barras -  Pd = 110%')

disp([Teta2])

disp([Pkm2])

% Box Plot Teta

figure(3)

boxplot([Teta Teta1 Teta2],'Labels',{'Pd = 100%','Pd = 90%','Pd = 110%'})

title('Fluxo de potencia linearizado - IEEE 33 Barras - Teta')

ylabel('Teta (rad)')

xlabel('Pd (%)')

% Box Plot Pkm

figure(4)

boxplot([Pkm Pkm1 Pkm2],'Labels',{'Pd = 100%','Pd = 90%','Pd = 110%'})

title('Fluxo de potencia linearizado - IEEE 33 Barras - Pkm')

ylabel('Pkm (pu)')

xlabel('Pd (%)')

%% Com Perdas

% Dados:

% IEEE 14 barras

% [       NUM    TIPO    V        TETA     PG    QG      PD         QD       GSH    BSH ]

barras = [

            1   2   1.060 0.0  232.4 -16.9  0.0     0.0     0.0    0.0 0 0

            2   1   1.045 0.0  40.0  42.4  21.70  12.70    0.0    0.0 -40  50

            3   1   1.010 0.0  0.0  23.4  94.20  19.00    0.0    0.0 0    40

            4   0   1.000 0.0  0.0   0.0  47.80   -3.90   0.0    0.0 0    0

            5   0   1.000 0.0  0.0   0.0  7.60   1.600    0.0    0.0 0    0

            6   1   1.070 0.0  0.0   12.2  11.20  7.500    0.0    0.0 -6   24

            7   0   1.000 0.0  0.0   0.0   0.0    0.0     0.0    0.0 0    0

            8   1   1.090 0.0  0.0   17.4   0.0    0.0     0.0    0.0 -6   24

            9   0   1.000 0.0  0.0   0.0  29.50   16.60   0.0   19.0 0    0

            10  0   1.000 0.0  0.0   0.0   9.00   5.800   0.0    0.0 0    0

            11  0   1.000 0.0  0.0   0.0   3.50   1.800   0.0    0.0 0    0

            12  0   1.000 0.0  0.0   0.0   6.10   1.600   0.0    0.0 0    0

            13  0   1.000 0.0  0.0   0.0   13.50  5.800   0.0    0.0 0    0

            14  0   1.000 0.0  0.0   0.0   14.90  5.000   0.0    0.0 0    0 ];

%            [FR    TO         R          X      BSHtotal   Tap  ]

linhas = [

1   2   0.01938  0.05917    0.05280    0

1   5   0.05403  0.22304    0.04920    0

2   3   0.04699  0.19797    0.04380    0

2   4   0.05811  0.17632    0.03400    0

2   5   0.05695  0.17388    0.03460    0

3   4   0.06701  0.17103    0.01280    0

4   5   0.01335  0.04211    0          0

4   7   0.0      0.20912    0       0.978

4   9   0.0      0.55618    0       0.969

5   6   0.0      0.25202    0       0.932

6   11  0.09498  0.19890    0          0

6   12  0.12291  0.25581    0          0

6   13  0.06615  0.13027    0          0

7   8   0.0      0.17615    0          0

7   9   0.0      0.11001    0          0

9   10  0.03181  0.08450    0          0

9   14  0.12711  0.27038    0          0

10  11  0.08205  0.19207    0          0

12  13  0.22092  0.19988    0          0

13  14  0.17093  0.34802    0          0         ];

Custo = [1 1 2 4 4];

MaxP  = [250 40 15 15 15];

MaxQ  = [50  50  50 50 50];

MinP  = [0 0 0 0 0];

MinQ  = [-50 -50 -50 -50 -50];

Ref= 1;

% ========================

% Leitura dos dados de entrada

[NumBarras,NumBCol] = size(barras);

[NumLinhas,NumLCol] = size(linhas);

% Linhas

% Init das variaveis

de = zeros(NumLinhas,1);

para = zeros(NumLinhas,1);

R = zeros(NumLinhas,1);

X = zeros(NumLinhas,1);

B = zeros(NumLinhas,1);

Tap = zeros(NumLinhas,1);

for i=1:NumLinhas

    de(i) = linhas(i,1);

    para(i) = linhas(i,2);

    R(i) = linhas(i,3);

    X(i) = linhas(i,4);

    B(i) = 1/(X(i);)

    Tap(i) = linhas(i,6);

end

% Desconsiderando taps

Tap = ones(NumLinhas,1);

% Barras

% Init das variaveis

Tipo = zeros(NumBarras,1);

V = zeros(NumBarras,1);

Teta = zeros(NumBarras,1);

Pg = zeros(NumBarras,1);

Qg = zeros(NumBarras,1);

Pd = zeros(NumBarras,1);

Qd = zeros(NumBarras,1);

Gsh = zeros(NumBarras,1);

Bsh = zeros(NumBarras,1);

for i=1:NumBarras

    Tipo(i) = barras(i,2);

    V(i) = barras(i,3);

    Teta(i) = barras(i,4);

    Pg(i) = barras(i,5);

    Qg(i) = barras(i,6);

    Pd(i) = barras(i,7);

    Qd(i) = barras(i,8);

    Gsh(i) = barras(i,9);

    Bsh(i) = barras(i,10);

end

% Potencias em PU

Pg = Pg/100;

Qg = Qg/100;

Pd = Pd/100;

Qd = Qd/100;

% ========================

% Matriz B\_linha

B\_linha = zeros(NumBarras,NumBarras);

for i=1:NumLinhas

    K = de(i);

    M = para(i);

    B\_linha(K,K) = B\_linha(K,K) + B(i)/(Tap(i)^2); % diagonal principal considerando tap

    B\_linha(M,M) = B\_linha(M,M) + B(i); % diagonal principal

    B\_linha(K,M) = B\_linha(K,M) - B(i)/Tap(i); % Fora da diagonal principal

    B\_linha(M,K) = B\_linha(M,K) - B(i)/Tap(i); % Fora da diagonal principal

end

% ========================

% Fluxo de potencia linearizado

B\_REF = Ref;

B\_linha(B\_REF,B\_REF) = 10^20; % Infinito

Teta=  B\_linha\(-Pd+Pg); % inv

Pkm = zeros(NumLinhas,1);

for i=1:NumLinhas

    K = de(i);

    M = para(i);

    Pkm(i) = (Teta(K)-Teta(M))\*B(i)/Tap(i); % Pkm = Pk - Pm

end

% Variaveis de saida

disp('Fluxo de potencia linearizado - IEEE 14 Barras -  Pd = 100%')

disp([Teta])

disp([Pkm])

1. Referências
   1. <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-eletrica/potencia-linearizado>
   2. Notas de Aula e slides
   3. https://www.youtube.com/watch?v=S6ezIlFmjSs