Universidade de Brasília
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia Elétrica

Prova 2 - Fluxo de Carga
Sistemas de Potência

Izabelle Mour Gomes Rivas   Matrícula: 24/2117844

6 de janeiro de 2025

1 Objetivos

Implementar computacionalmente diferentes métodos de execução do fluxo de potência e realizar uma análise comparativa entre os resultados. Além disso, examinar os valores de tensão, potência injetada nas barras e perdas nas linhas de transmissão.

2 Caso Analisado

Nesta seção estão dispostos os métodos aplicados e os dados do sistema analisado. Implementou-se por meio do *python* as seguintes técnicas de cálculo do fluxo de carga: (i) Gauss-Seidel; (ii) Newton-Raphson - sem desacoplamento; e (iii) Newton-Raphson - desacoplado.

O diagrama do sistema analisado está disposto na Figura 1.

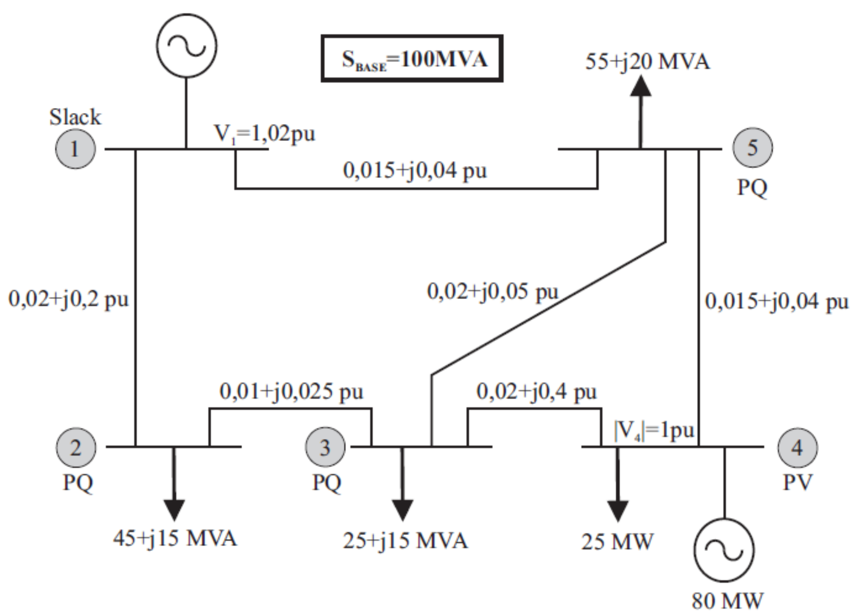

Figura 1: Diagrama unifilar do sistema elétrico analisado.

Da Figura 1, observa-se que o sistema possui duas unidades geradoras conectadas nas barras 1 e 4. A barra *slack* é a barra 1 com tensão de 1,02 pu e fase nula. As barras 2,3 e 5 são barras PQ e a barra 4 é uma barra PV. No diagrama também estão dispostas as impedâncias de cada linha de transmissão.

3 Resultados

Abaixo está disposta a matriz de admitância obtida.

$$\begin{bmatrix} 8,714-j26,869 & -0,495+j4,950 & 0 & 0 & -8,219+j21,918 \\ -0,495+j4,950 & 14,288-j39,433 & -13,793+j34,483 & 0 & 0 \\ 0 & -13,793+j34,483 & 20,814-54,218 & -0,125+j2,494 & -6,896+j17,241 \\ 0 & 0 & -0,125+j2,494 & 8,344-j24,412 & -8,219+j21,918 \\ -8,219+j21,918 & 0 & -6,897+j17,241 & -8,219+j21,918 & 23,335-j61,077 \end{bmatrix}$$

Consoante ao esperado, a matriz é simétrica e, para as barras que não estão conectadas, o valor é nulo.

Os 3 métodos apresentaram os mesmos resultados, contudo diferiram no número de iterações. Enquanto o método de Gauss-Seidel necessitou de 27 iterações, no Newton-Raphson foram 5 e no desacoplado 12. O método de Newton-Raphson, apesar de ser o mais complexo, foi o que apresentou convergência mais rapidamente. Mesmo se tratando de um sistema com poucas barras, o método de Gauss-Seidel necessitou de mais de 5 vezes o número de iterações que o de Newton-Raphson.

Vale ressaltar que, para fins de análise, aplicou-se o método recalculando o Jacobiano a cada iteração e mantendo-o constante ao longo do cálculo. Não houve distinção nos resultados.

Nas Tabelas 1 e 2 estão dispostos os resultados de tensão e potência por barra. A precisão utilizada foi de 0,00001.

Tabela 1: Resultados de tensão por barra

Barra	**Tensão (pu)**
1	1,0200<0,00°
2	0,9811<-2,20°
3	0,9832<-1,83°
4	1,0000<0,33°
5	0,9965<-0,79°

Tabela 2: Resultados de potência por barra

Barra	**Potência (pu)**	**Potência (MVA)**
1	0,7151+ j(0,5935) pu	71,5103+ j(59,3500) MVA
2	-0,4500+ j(-0,1500) pu	-45,0002+ j(-14,9998) MVA
3	-0,2500+ j(-0,1500) pu	-24,9995+ j(-14,9999) MVA
4	0,5500+ j(-0,0394) pu	55,0002+ j(-3,9410) MVA
5	-0,5500+ j(-0,2000) pu	-55,0007+ j(-20,0009) MVA

Na Tabela 1, percebe-se que todos os valores estão dentro dos limites aceitáveis de tensão. Referente às perdas de energia, os resultados por linha de transmissão estão apresentados na Tabela 3.

Da Tabela 3, nota-se que os valores nulos são referentes às linhas que não estão conectadas. Apesar da linha 1-5 não possuir o maior valor de impedância, foi onde se observou o maior valor de perdas, alcançando 0,6125 MW e 1,6334 MVAr.

Tabela 3: Resultados de perdas nas linhas

Linha	**Perdas (pu)**	**Perdas (MVA)**
1-2	0,0015 + j0,0148 pu	0,1481 + j1,4811 MVA
1-3	0,0000 + j0,0000 pu	0,0000 + j0,0000 MVA
1-4	0,0000 + j0,0000 pu	0,0000 + j0,0000 MVA
1-5	0,0061 + j0,0163 pu	0,6125 + j1,6334 MVA
2-3	0,0006 + j0,0015 pu	0,0607 + j0,1517 MVA
2-4	0,0000 + j0,0000 pu	0,0000 + j0,0000 MVA
2-5	0,0000 + j0,0000 pu	0,0000 + j0,0000 MVA
3-4	0,0002 + j0,0042 pu	0,0210 + j0,4192 MVA
3-5	0,0035 + j0,0087 pu	0,3475 + j0,8687 MVA
4-5	0,0032 + j0,0085 pu	0,3204 + j0,8543 MVA
Total	**0.0151 + j0.0541 pu**	**1.5101 + j5.4084 MVA**

4 Conclusão

Neste trabalho desenvolveu-se uma análise comparativa de 3 métodos de cálculo do fluxo de carga, a saber: (i) Gauss-Seidel; (ii) Newton-Raphson - sem desacoplamento; e (iii) Newton-Raphson - desacoplado. A implementação foi realizada em *Python*.

O método de Gauss-Seidel, apesar de possuir procedimentos mais simplificados, apresentou maior dificuldade de convergência. Nele, necessitou-se de 27 iterações para alcançar a precisão desejada. Contudo, sua simplicidade facilita o desenvolvimento e revisão do código.

Por outro lado, o método de Newton-Rapshon - sem desacoplamento necessitou de apenas 5 iterações. Contudo, trata-se de um método com maior complexidade de implementação.

Conclui-se que a escolha do método deve considerar o sistema analisado e o esforço computacional. Diante de sistemas maiores e mais complexos, as diferenças no número de iterações podem ser ainda mais elevadas.