

TAREFA

Aspectos Básicos da Transmissão de Energia

Resolva as questões da Tarefa a seguir de acordo com a TABELA a seguir associada ao seu número da Planilha de Monitoramento.

NÚMERO	QUESTÕES	NÚMERO	QUESTÕES
1 - 41	1 - 21 - 40 -90- 52 - 70	38 - 80	21 - 20- 39- 89- 49 - 77
2 - 42	2 - 22- 38 -88 - 50 - 71	37 - 79	22 - 19- 37- 87 - 47 - 79
3 - 43	3 - 23- 36 - 48- 86 - 72	36 - 78	23 - 18- 35 - 85 - 45 -78
4 - 44	4 - 24- 34 - 46 - 84 - 73	35 - 77	24 - 17- 33 - 83 - 43 - 84
5 - 45	5- 25- 32 - 44 - 82 - 74	34 - 76	25 - 16- 31- 81 - 60 - 85
6 - 46	6- 26 - 30 - 40 - 80 - 75	33 - 75	26 - 15- 29 - 79 - 61 - 87
7 - 47	7 - 27 - 28 - 50 - 78 - 76	32 - 74	27 - 14- 24- 77 - 63 - 86
8 - 48	8 - 28- 26 - 52 - 76 - 77	31 - 73	28 - 13- 25- 75 - 61 - 82
9 - 49	9 - 29 - 24 - 50 - 74 - 78	30 - 72	29 - 12- 23- 73 -59 - 81
10 - 50	10 - 30- 22 - 48 - 72 - 79	29 - 71	30 - 11- 21- 71 - 90 - 75
11 - 51	11 - 31 - 20 - 46 - 70 - 60	28 - 70	31- 10 - 19 - 53- 87- 76
12 - 52	12 - 32 - 18 - 48 - 68 - 71	27 - 69	32 - 9- 17 - 51 - 85 - 77
13 - 53	13 - 33 - 16 - 44 - 66 - 72	26 - 68	33 -8- 15 - 49 - 83 - 78
14 - 54	14 - 34- 12 - 42- 64 - 73	25 - 67	34 - 7 -13 - 47 - 81 - 79
15 - 55	15 - 35 - 14 - 41 - 62 - 74	24 - 66	35 - 6- 11- 51 -79 - 85
16 - 56	16 - 36 - 10 - 50 - 68 - 75	23 - 65	36 - 5- 9 - 61 - 77 - 86
17 - 57	17 - 37 - 8 - 52 - 90 - 76	22 - 64	37 - 4 - 7- 63 - 75 - 87
18 - 58	18 - 38 - 6 - 54 - 88 - 77	21 - 63	38 - 3- 5 - 65 - 77 - 88
19 - 59	19 - 39 - 5 - 52 - 86 - 78	20 - 62	39 - 2- 3 - 67 - 73 - 89
39 - 60	20 -40 - 4- 60 - 84 - 79	40 - 61	40 -1-20 - 65 - 71- 90

QUESTÕES

1. Conceituar potência ativa instantânea, potência reativa instantânea, potência aparente, potência ativa, potência reativa, potência complexa e fator de potência.
2. Explicar porque fisicamente a potência reativa não é consumida ou absorvida pela carga em um sistema elétrico.
3. Explicar porque é importante para o consumidor ser alimentado na tensão nominal.
4. Explicar porque é importante para o consumidor ser alimentado na frequência nominal.
5. Explicar porque se diz que um capacitor “fornece” reativo e um reator “absorve” reativo.
6. Mostrar que num sistema elétrico trifásico a potência reativa instantânea é nula.
7. Apresentar as equações e os gráficos das potências reativas instantâneas em um capacitor e em um indutor.
8. Explicar porque quando uma carga tem baixo fator de potência as perdas para transmitir energia para ela, são maiores.
9. Mostrar que a componente reativa da corrente que alimenta uma carga não produz trabalho.
10. Mostrar que num sistema elétrico trifásico a potência ativa instantânea é constante.
11. Porque as concessionárias incentivam os consumidores a operarem com fator de potência elevado?
12. Conceituar curva de carga, carga máxima, carga mínima, período de ponta e período fora de ponta.
13. Explicar porque a tensão na carga aumenta quando conectamos um banco capacitor em paralelo com ela.

14. Mostrar que o fluxo de potência ativa entre duas barras sempre se dá da barra com tensão mais adiantada para a barra com tensão mais atrasada.
15. Mostrar que o fluxo de potência reativa entre duas barras geralmente se dá da barra com tensão mais adiantada para a barra com tensão mais atrasada. Explique o porquê do “geralmente” e não “sempre”.
16. Explicar porque a tensão na carga cai quando conectamos um reator em paralelo com ela.
17. Porque é importante realizar a compensação reativa local na carga para transmitir energia entre duas barras?
18. Se num sistema elétrico num dado instante a frequência elétrica está acima frequência nominal, o que se pode afirmar sobre o balanço de potência ativa nesse instante?
19. Se num sistema elétrico o perfil das tensões nas barras deste sistema está acima da nominal num dado instante, o que se pode afirmar sobre o balanço de potência reativa no sistema elétrico neste instante?
20. Explicar o que deve estar ocorrendo num dado sistema elétrico quando a frequência elétrica desse sistema cai.
21. Explicar qual a função de um regulador de velocidade de um gerador síncrono e como ele funciona.
22. Explicar qual a função de um regulador de tensão de um gerador síncrono e como ele funciona.
23. Quais são as condições para colocarmos em paralelo com um sistema elétrico um gerador síncrono?
24. Explicar como uma máquina síncrona pode “fornecer” reativo ao sistema elétrico ao qual está conectado.
25. Explicar como uma máquina síncrona pode “absorver” reativo ao sistema elétrico ao qual está conectado.
26. Explicar o que ocorre com a tensão do terminal receptor de um sistema elétrico de duas barras onde no terminal transmissor a tensão é mantida constante e a carga conectada no terminal receptor aumenta sua potência ativa consumida.

27. Explicar o que ocorre com a tensão do terminal receptor de um sistema elétrico de duas barras onde no terminal transmissor a tensão é mantida constante e a carga conectada no terminal receptor aumenta sua potência reativa consumida.
28. Explicar o que ocorre com a tensão do terminal receptor de um sistema elétrico de duas barras onde no terminal transmissor a tensão é mantida constante e a carga conectada no terminal receptor aumenta seu fator de potência.
29. Explique o que ocorre com a tensão do terminal receptor de um sistema elétrico de duas barras onde no terminal transmissor a tensão é mantida constante e a carga conectada no terminal receptor reduz seu fator de potência.
30. O que é um compensador síncrono? Como ele funciona?
31. Como é construído um reator shunt? Procure na internet catálogos e fotos e envie junto com a Tarefa.
32. Como é construído um capacitor shunt de alta tensão? Procure na internet catálogos e fotos e envie junto com a Tarefa.
33. O que é um capacitor série? Como ele é instalado nos sistemas elétricos de potência? Qual a sua função?
34. O que é um compensador estático? Como ele funciona? Como ele opera? Procure na internet catálogos e fotos e envie junto com a Tarefa.
35. O que ocorre com a frequência do sistema elétrico quando a ocorrência de um curto circuito no alimentador de um grande consumidor industrial, faz com que seu disjuntor de entrada abra interrompendo o fornecimento de energia elétrica?
36. O que deve ser feito num trecho de um dado sistema elétrico para manter o seu funcionamento, quando 40% de sua geração é desligada devido a problemas no sistema de transmissão?
37. Explicar como a frequência elétrica pode ser um indicador do balanço de potência ativa no sistema elétrico?
38. Para o trecho do sistema elétrico da Figura 1 explique o que provoca as variações no fluxo de potência ativa e reativa?

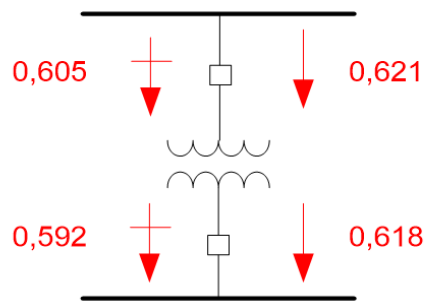


Figura 1

39. O que são dispositivos FACTS? Como eles funcionam? Como eles operam? Procure na internet catálogos e fotos e envie junto com a Tarefa.
40. Analise as diferentes situações mostradas na Figura 2 e explique em cada caso que tipo de carga pode estar conectada e como se comporta a linha de transmissão admitindo sua impedância do tipo $R+jX_L$.

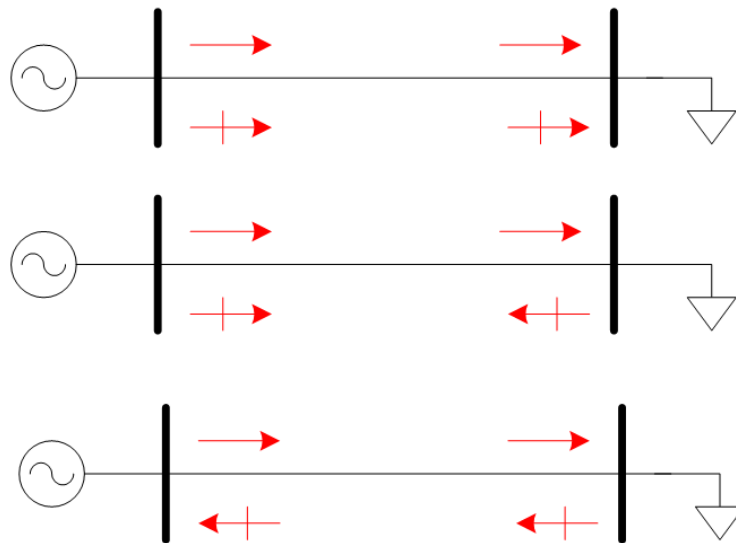


Figura 2 - Operação de sistema elétrico P

41. Explicar o que é uma rejeição de carga e o que ela pode provocar num dado sistema elétrico.
42. O que significa para o sistema de transmissão atender uma carga com baixo ou alto fator de potência?
43. Que tipo de carga corresponde ao período compreendido usualmente entre as 20:30 horas até 07:00 horas do dia seguinte. Nesta condição de carga as

cargas comerciais e industriais foram reduzidas aos seus patamares mínimos e as cargas residenciais são bastante reduzidas. Nesta situação, as linhas de transmissão encontram-se com seus carregamentos bastante reduzidos e é muito pequena a demanda de potência reativa? Que problemas tem o operador de um sistema elétrico nestas condições?

44. Que tipo de carga corresponde ao período compreendido usualmente entre as 17:30h e 20:30h, onde as cargas comerciais e industriais ainda permanecem elevadas e verifica-se um pico no consumo residencial e na iluminação pública. Nesta situação, as linhas de transmissão encontram-se com seus carregamentos elevados e é elevada a demanda de potência reativa? Que problemas tem o operador de um sistema elétrico nestas condições?
45. Para a barra k de sistema elétrico apresentado na Figura 3, determine a potência ativa e reativa na linha de transmissão LT1 nas direções apresentadas na figura 3.

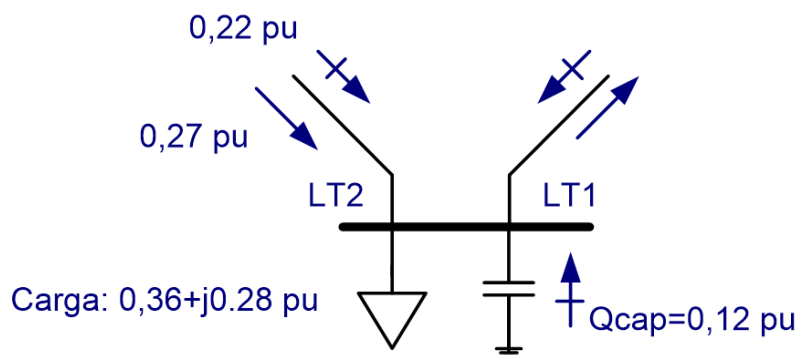


Figura 3 - Barra k

46. Explicar porque o principal critério para utilização dos equipamentos de controle de reativo é de se utilizar inicialmente equipamentos de efeito local e, apenas caso não seja suficiente, utilizar equipamentos de efeito global.
47. Explicar porque nos sistemas elétricos de potência os compensadores síncronos e estáticos devem operar em regime permanente o mais próximo possível de 0 MVar.
48. Explicar porque as manobras de bancos de capacitores e reatores nos sistemas elétricos de potência devem obedecer à seguinte ordem de prioridade:

equipamentos conectados a níveis de tensão igual ou inferior a 15kV, depois equipamentos conectados a níveis de tensão superior a 15kV e por último equipamentos conectados às linhas de transmissão

49. Explique o que o operador de um sistema elétrico de potência deve fazer na carga leve para manter as tensões nas barras de carga.
50. Explique porque o reativo que entra num alimentador de impedância $R+jX$ não é o mesmo que sai.
51. Explique como o fator de potência da carga de um alimentador influencia nas perdas neste alimentador.
52. Responda o seguinte exercício retirado do Livro: Transmissão de Energia Elétrica de Celso de Brasil Camargo: $XX = 50 + \text{sua idade}$.

2.5.1 Seja uma linha de transmissão em 230kV, 60Hz, de XX km de comprimento e interligando as subestações a e b de um determinado sistema de potência, os parâmetros da linha são os seguintes:

$$R = 0,099 \, \Omega/\text{km} \quad (\text{a } 50^\circ\text{C})$$

$$X = 0,518 \, \Omega/\text{km}.$$

Admitindo que as tensões $v_a = 238\text{kV}$ e $v_b = 230\text{kV}$ estejam defasadas de 15° , calcular as potências ativas e reativas em cada extremo da linha e as perdas ativas na transmissão.

53. Responder o seguinte exercício retirado do Livro: Transmissão de Energia Elétrica de Celso de Brasil Camargo:

2.11.5 Uma das maneiras de aumentar a potência transmitida numa linha de transmissão consiste em usar capacitores em série nesta, com o objetivo de diminuir a reatância indutiva entre dois pontos a e b da rede. Supondo que tal dispositivo permite a redução de 40% no valor da reatância do exemplo 2.5.1, recalcular os valores de potência ativa e reativa obtidas neste caso. Qual o aumento percentual obtido na transmissão de potência ativa? Como se reflete este procedimento no montante das perdas ativas?

54. Responder o seguinte exercício retirado do Livro: Transmissão de Energia Elétrica de Celso de Brasil Camargo:

- 2.11.6 Uma linha de transmissão de 500kV possui uma extensão de 266km e impedância $Z = 6,1 + j 77,25$. Supondo a tensão na recepção fixa em 510kV e $\delta = 20^\circ$, qual deverá ser a tensão na emissão para que a potência ativa transmitida pela linha seja de 1.200MW.

Nestas condições, calcule ainda as expressões S_{ab} , S_{ba} e as perdas na transmissão.

55. Obtenha a expressão de S_{ab} e S_{ba} em pu para a questão 52 (2.5.1.). Assumir os valores base de 100 MVA e 230 kV na linha de transmissão, obtenha a máxima potência ativa transmitida na linha admitindo $V_a = 1,05$ pu e $V_b = 0,95$ pu. Se a defasagem entre as tensões for no máximo 30° qual a máxima potência transmitida pela LT?
56. Obtenha a expressão de S_{ab} e S_{ba} em pu para a questão 52 (2.5.1.). Assumir os valores base de 100 MVA e 230 kV na linha de transmissão, obtenha a máxima potência ativa transmitida na linha admitindo $V_a = 1,05$ pu e $V_b = 0,95$ pu. Se a defasagem entre as tensões for no máximo 40° qual a máxima potência transmitida pela LT?
57. Para a questão anterior considere que na barra b existe um compensador síncrono que mantém a tensão V_b em 1,05 pu. Recalcule os valores e comente a diferença dos resultados de ambos as questões.
58. Para a questão 52 considere que na linha de transmissão é colocada uma compensação série que reduz a reatância da linha em $(30+DN)\%$. Recalcule os valores e comente a diferença dos resultados calculados de ambas as questões.(DN – data de seu aniversário)
59. Para questão 52 considere que na linha de transmissão tem um comprimento acrescido de $(30+DN)$ km.. Recalcule os valores e comente a diferença dos resultados calculados de ambas as questões.(DN – data de seu aniversário)
60. Usando o PYTHON, obtenha para uma carga monofásica cuja tensão é de 1,0 com fase 0° e está submetida a uma corrente de 0,95 com fase -60° , pede-se obter os gráficos das seguintes grandezas: potência instantânea, potência ativa

instantânea e potência reativa instantânea. Envie o arquivo *.m para a obtenção das curvas e os gráficos plotados.

61. Como se pode manter a frequência constante num sistema elétrico. Porque é importante manter a frequência constante? O que é o Esquema Regional de Alívio de Carga (ERAC)? Como ele opera?
62. Explique como a frequência sobe quando a potência consumida é menor que a potência gerada. De onde vem essa energia necessária a atender o acréscimo de energia absorvida pela rede?
63. Quais são os instrumentos para manter a frequência do sistema elétrico constante? O que é o regulador de velocidade de uma máquina síncrona e como ele funciona? O que é o estatismo de um regulador de velocidade?
64. Como o operador de um sistema elétrico deve atuar quando a tensão de um dado barramento de carga está baixa?
65. Como o operador de um sistema elétrico deve atuar quando a tensão de um dado barramento de carga está alta?
66. Como o operador de um sistema elétrico deve atuar quando a frequência de um dado sistema elétrico está baixa?
67. Como o operador de um sistema elétrico deve atuar quando a frequência de um dado sistema elétrico está alta?
68. Explicar porque é importante para quem opera um sistema elétrico de potência manter as tensões equilibradas. O que pode desequilibrar as tensões?
69. Explicar porque é importante para quem opera um sistema elétrico de potência manter os harmônicos de tensão reduzidos, isto é uma baixa distorção harmônica. O que pode gerar harmônicos das tensões?
70. Como quem opera um sistema elétrico deve atuar para aumentar a confiabilidade de um sistema elétrico?
71. Explicar porque é importante reduzir as interferências nos sistemas de telecomunicação e TV. Como quem opera um sistema elétrico deve atuar para reduzir estas interferências?

A figura 2-5 destaca partes de um diagrama unifilar de um Sistema Elétrico de Potência, no qual estão plotados alguns resultados obtidos de um estudo de fluxo de potência. Os fluxos de potência nos ramos, as gerações e cargas estão plotados em MW e MVar e as tensões em pu. Os demais dados do sistema estão apresentados no diagrama. Pode-se obter as grandezas P_1 , P_2 , V_3 , P_4 e Q_4 , indicadas.



76. Entre na página do ONS e explique quais são as regiões do SIN e o que são os Procedimentos de Rede. Quantos são? Quais são eles?
77. Explicar o que ocorre com a frequência elétrica do subsistema Norte do SIN e a frequência elétrica do subsistema Nordeste do SIN quando uma linha de interligação transportando 1200 MW e 203 MVAR do Norte para o Nordeste é repentinamente retirada do sistema pela proteção.
78. Usando o PYTHON, obtenha para uma carga monofásica cuja tensão é de 1,0 com fase 00 e está submetida a uma corrente de 0,95 com fase +60, pede-se obter os gráficos das seguintes grandezas: potência instantânea, potência ativa instantânea e potência reativa instantânea. Envie o arquivo *.m para a obtenção das curvas e os gráficos plotados.
79. Use o PYTHON, para o sistema elétrico mostrado na Figura 4, de forma a obter o gráfico da variação do módulo da tensão na barra 1 requerido para manter a tensão na barra 2 em 1 pu em função da carga que varia de 0 pu até 1,5 pu com fator de potência 0,8 indutivo. Apresente o mesmo gráfico para os seguintes fatores de potência: 0,9 indutivo, unitário, 0,9 capacitivo e 0,8 capacitivo. Avalie e comente os resultados obtidos.

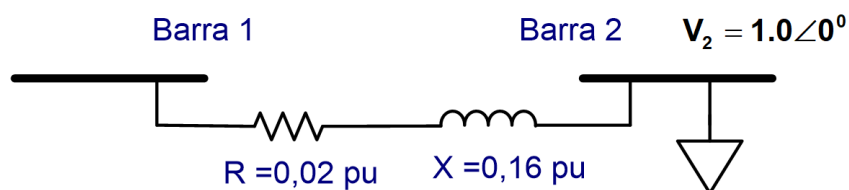


Figura 4 - Sistema elétrico de duas barras

80. Use o PYTHON, para o sistema elétrico mostrado na Figura 4, de forma a obter o gráfico das perdas ativas e reativas na linha de transmissão para manter a tensão na barra 2 em 1 pu em função da carga que varia de 0 pu até 1,5 pu com fator de potência 0,8 indutivo. Apresente o mesmo gráfico para os seguintes fatores de potência: 0,9 indutivo, unitário, 0,9 capacitivo e 0,8 capacitivo. Avalie e comente os resultados obtidos.

81. Considere o sistema elétrico mostrado na Figura 5, obtenha as expressões da potência ativa e reativa transmitida da barra 1 para a barra 2

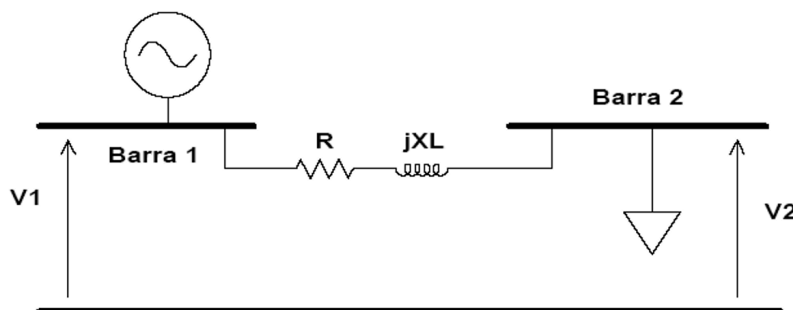


Figura 5 - Sistema elétrico de duas barras

82. Desenvolver para um sistema elétrico de duas barras, uma FUNCTION fluxo, que a partir do módulo e da fase das tensões das duas barras (e_1, f_1, e_2, f_2 , nomearq, saída) e da impedância da linha de transmissão (r, xl) deve determinar os fluxos de potência ativa e reativa da barra 1 para a barra 2 e da barra 2 para a barra 1, bem como as perdas ativas e reativas na transmissão.
83. Considere o sistema elétrico de duas barras apresentado na Figura 5. Na barra 1 está a geração que mantém o módulo da tensão nesta barra constante. Na barra 2 está conectada uma carga $P_o + jQ_o$. Mostre que variações da potência ativa consumida pela carga afetam muito mais a defasagem entre as tensões que as diferenças entre as magnitudes das tensões das duas barras.
84. Para o mesmo sistema elétrico da Figura 5 mostrar que variações da potência reativa consumida pela carga afetam muito mais as diferenças entre as magnitudes das tensões das duas barras que a defasagem entre elas.
85. Para o sistema elétrico da Figura 5 explique de que depende as perdas ativas na transmissão de energia elétrica da barra 1 para a barra 2. Explique o que pode ser feito para reduzir estas perdas, assumindo a potência ativa e reativa absorvida pela carga sendo constante.
86. Para o sistema elétrico da Figura 5, assumir que a carga consome uma potência de $(0.8 + j0.6)$ pu, considerando que a resistência R é 0.02 pu, XL é 0.12 pu, determine a tensão da barra 1 para que a barra de carga opere na tensão 1 pu.

87. Para o sistema elétrico da Figura 5, assumir que a carga consome uma potência de $(0.8+j0.6)$ pu e que o módulo da tensão na barra 1 é 1 pu, a resistência R é 0.02 pu e XL é 0.12 pu, determine a tensão da barra 2.
88. Para o sistema elétrico da Figura 5, assumir que a tensão na barra 1 é 1 pu e fase 0° , a tensão na barra 2 é 1.05 e fase -2° , a resistência R é 0.02 pu e XL é 0.12 pu, determine o fluxo de potência ativa e reativa que vai da barra 1 para a barra 2.
89. Para o sistema elétrico da Figura 5, assumir que a tensão na barra 1 é 1 pu com fase 0° , a tensão na barra 2 é 1.05 com fase -4° , a resistência R é 0.02 pu e XL é 0.12 pu, determine o fluxo de potência ativa e reativa que vai da barra 1 para a barra 2.
90. Analisar os resultados de um estudo de fluxo de potência num dado sistema elétrico (Figura 6) e determinar as potências ativas e reativas das duas cargas conectadas nas barras 1 e 3 e a potência gerada suprida a barra 2.

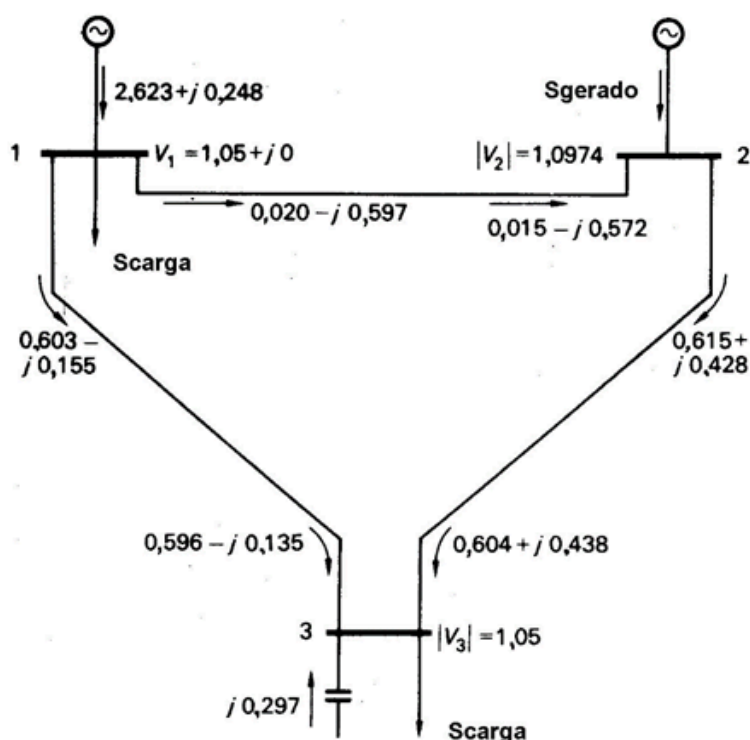


Figura 6 - Estudo de Fluxo de Carga