

TAREFA

MODELAGEM DE CARGA

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

QUESTÕES

1. O que é carga de um sistema elétrico?
2. O que é uma carga típica? Como ela está composta?
3. Quais são as dificuldades para modelar carga nos sistemas elétricos?
4. Explique porque a carga não é uma impedância.
5. Explique como a carga varia com a frequência e com a tensão

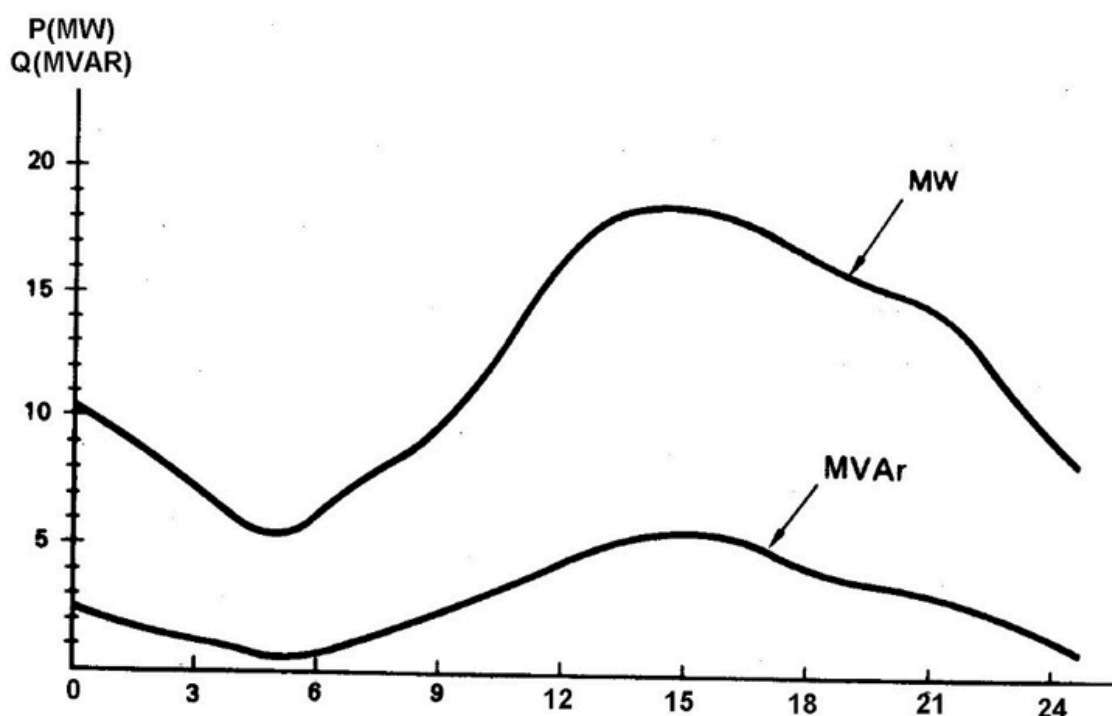


Figura - Curva de carga diária

6. O que é a curva de carga de um sistema elétrico? Porque ela é simétrica? Porque a cultura de um país faz a curva de carga variar?
7. O que é a carga mínima? Que problemas tipicamente a operação dos sistemas elétricos é submetida durante este período?
8. O que é a carga máxima? Que problemas tipicamente a operação dos sistemas elétricos é submetida durante este período?
9. Caracterize a carga máxima, média e mínima nas curvas de carga apresentadas na Figura 1.

10. Consulte no site do ONS uma curva de carga de um dia útil e identifique lá a carga máxima, média e mínima na curva de carga do SIN e do Nordeste. São diferentes?.
11. Consulte no site do ONS uma curva de carga de um dia de sábado e identifique lá a carga máxima, média e mínima na curva de carga do SIN e do Nordeste. São diferentes?.
12. Consulte no site do ONS uma curva de carga de um dia de domingo e identifique lá a carga máxima, média e mínima na curva de carga do SIN e do Nordeste. São diferentes?.
13. Conceitue e dê exemplos de cálculo do fator de carga, fator de demanda e fator de diversidade.
14. Como o fator de carga permite avaliar o custo com energia elétrica para um consumidor de alta tensão. Compare o custo de energia elétrica de dois consumidores de 13,8 kV que têm o mesmo consumo 14100 kWh um tem um fator de carga de 0,6 e outro de 0,9. Use as tarifas da CELPE atuais.
15. Procure em livros de Instalações elétricas e na internet exemplos de cálculo de fator de demanda para os circuitos de iluminação e tomadas de uma edificação.

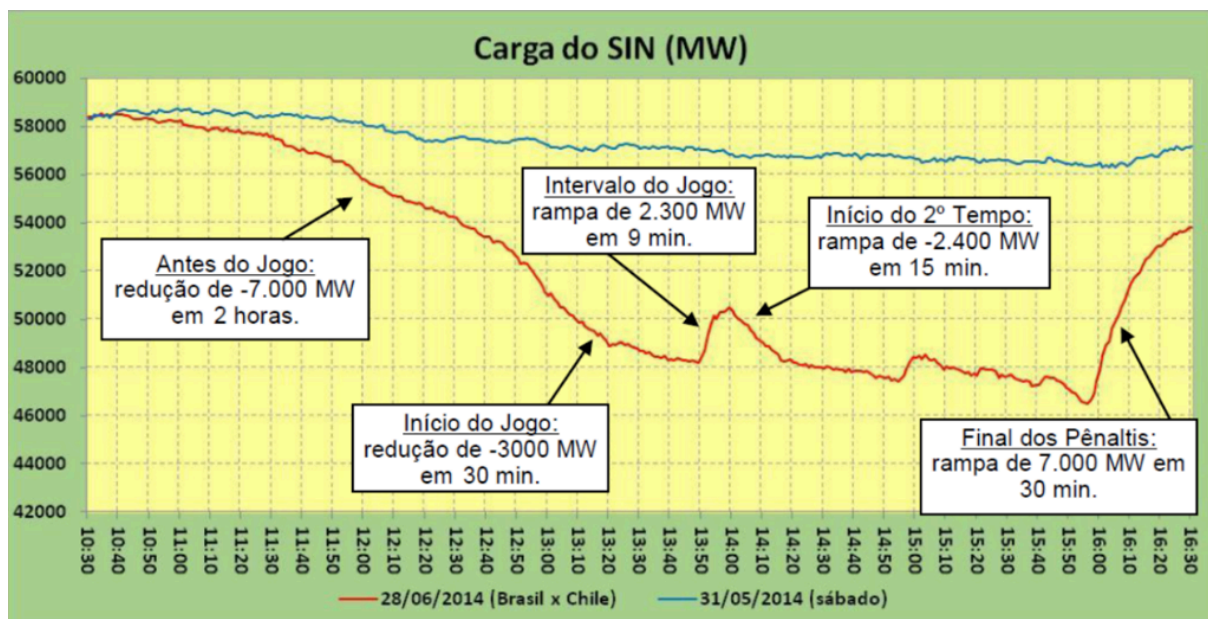


Figura 2 - Carga no SIN em jogo do Brasil na Copa do Mundo

16. Explique como eventos especiais podem modificar a curva de carga típica de um sistema elétrico
17. Analisando o gráfico da Figura 2, pede-se estimar a diferença de energia de forma aproximada entre a carga pesada de um dia normal e a de um dia de jogo e a energia que a concessionária de energia elétrica deixou de fornecer entre às 10 e 16:30 horas devido ao jogo do Brasil. Como você explica o aumento da carga que ocorreu entre o final do primeiro tempo e o início do segundo tempo?
18. Como o termo carga é utilizado nos sistemas elétricos de potência?
19. Como se pode entender a economia de energia elétrica proporcionada pela implantação do horário de verão. Por que no Nordeste esta economia é desprezível?
20. Explique como a temperatura influencia o consumo de alguns equipamentos de utilização de energia.
21. O que é um equipamento de utilização de energia e como eles se classificam?
22. De acordo com o ciclo de trabalho, as cargas se dividem em transitórias cíclicas, transitórias não cíclicas e contínuas. Dê exemplos de cada uma delas.
23. O que são cargas essenciais num sistema elétrico industrial? E não essenciais?
24. O que são cargas de alta confiabilidade num sistema elétrico? E de emergência?
25. Apresentar curvas de carga típica para um consumidor residencial, industrial e comercial.
26. Como atuar para reduzir o pico de uma curva de carga típica, cite medidas ou políticas públicas que podem ser adotadas com esta finalidade. A tarifa branca se encaixa nesta situação? Explique o que é e a quem ela se aplica.

27. Apresentar a curva de carga de um consumidor com microgeração. Explique como a curva de carga da microgeração afeta a operação de uma concessionária.
28. Como se modela uma carga elétrica com relação a variação com a tensão? E com relação a frequência?
29. Porque é inadequado realizar ensaios para obter modelos precisos para uma carga?
30. O que é o modelo ZIP de uma carga? Onde ele é utilizado?
31. A Figura 3 apresenta o diagrama unifilar de um sistema elétrico de potência com os resultados de um estudo de fluxo de carga. Pede-se completar os resultados faltantes no diagrama do fluxo de potência e obter a perda de potência ativa na ligação entre EAGLE e GOOSE. Obter a perda de potência reativa na ligação entre GOOSE e OWL. Comente o valor encontrado.

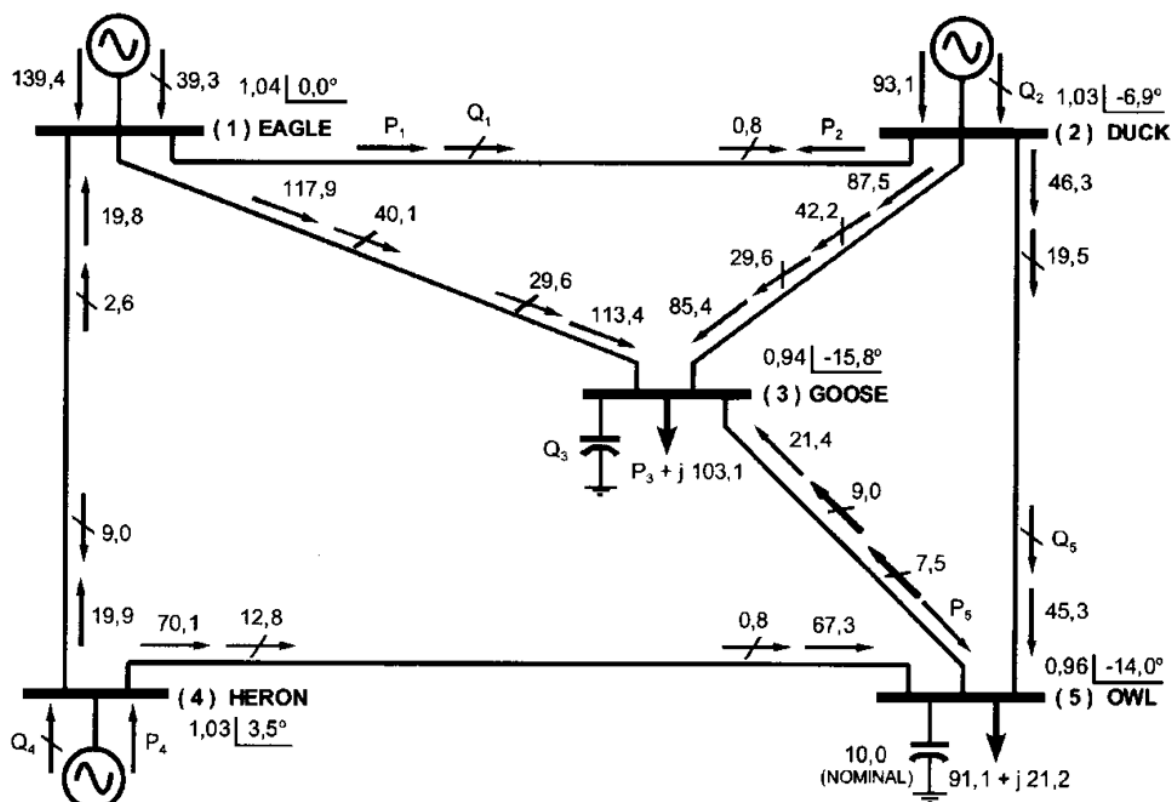


Figura 3 - Fluxo de carga de um sistema elétrico

32. A partir das informações disponíveis na Figura 3 sobre o sistema elétrico de potência, pede-se:
- Obter a perda de potência ativa e reativa total do sistema.
 - Considerando que o nível mínimo de tensão em um barramento é de 0,95 pu, qual o procedimento que você adotaria com relação a tensão do barramento de GOOSE?
 - Considerando que as máquinas geradoras não possam operar com um fator de potência menor que 0,9, qual o procedimento que você adotaria com o gerador do barramento de DUCK?
 - Ao desligar o capacitor ligado no barramento de OWL, o que acontecerá com a tensão neste barramento?
 - Como você procederia para aumentar a tensão do barramento de EAGLE?
 - Determine P3 e Q3 no sistema elétrico de potência mostrado na Figura 3.
 - A seu ver, o sistema opera satisfatoriamente? Em caso contrário, qual(is) a(s) providência(s) você tomaria para melhorar o desempenho? Justifique sua resposta.
33. Consulte o site da EPE e procure o boletim da carga do SIN no último mês. Procure comparar com o ano anterior. Avalie a variação.
34. Consulte o site da EPE e procure o boletim da carga do SIN no último mês. Procure identificar os percentuais da carga que são industriais, comerciais e residenciais.
35. Explique qual a importância de se ter um modelo da carga com a tensão para realização de estudos de regime permanente?
36. O que é uma carga sensível? Que problemas elas apresentam?
37. O que é uma carga do tipo potência constante? Qual a equação deste tipo de carga? Dê exemplos.
38. O que é uma carga do tipo corrente constante? Qual a equação deste tipo de carga? Dê exemplos.
-

39. O que é uma carga do tipo impedância constante? Qual a equação deste tipo de carga? Dê exemplos.
40. Explique quais são as dificuldades de se modelar a carga?
41. Como obter um modelo mais realista para a carga de uma dada região? Porque este modelo mais realista tem dificuldade e é até inadequado ser obtido?
42. Explique como o desequilíbrio entre as tensões de um alimentador afeta a carga? O que ocorre com os motores elétricos alimentados por tensões desequilibradas? O que pode causar tal desequilíbrio?
43. Como se distribui o consumo de energia elétrica por tipo de consumidor no Brasil? Qual o percentual do consumo de energia elétrica é do segmento industrial?
44. Explique porque o modelo de carga tipo impedância constante é considerado otimista em estudos de fluxo de potência.
45. Explique porque o modelo de carga tipo potência constante é considerado pessimista em estudos de fluxo de potência.
46. Dê exemplos de cargas que se aproximam de cargas do tipo impedância constante. Da mesma forma apresente exemplos para as cargas corrente constante e potência constante.
47. A Figura 4 apresenta trechos do 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. Pede-se obter as grandezas P_1 , P_2 , V_3 , P_4 e Q_4 , indicadas.
48. Apresente o circuito equivalente de um motor indução trifásico? Explique fisicamente o que significa cada parâmetro que modela do motor de indução.
49. Apresente os dados de placa de um motor de indução e explique o significado de cada um deles.

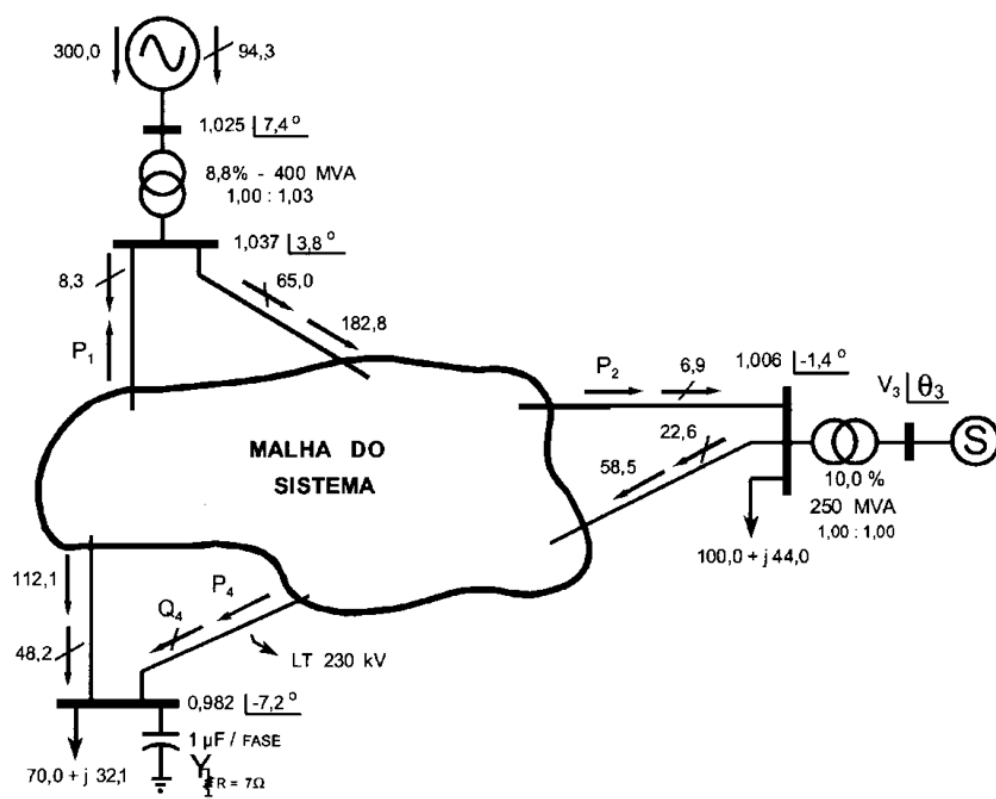


Figura 4 - Trecho de um sistema elétrico

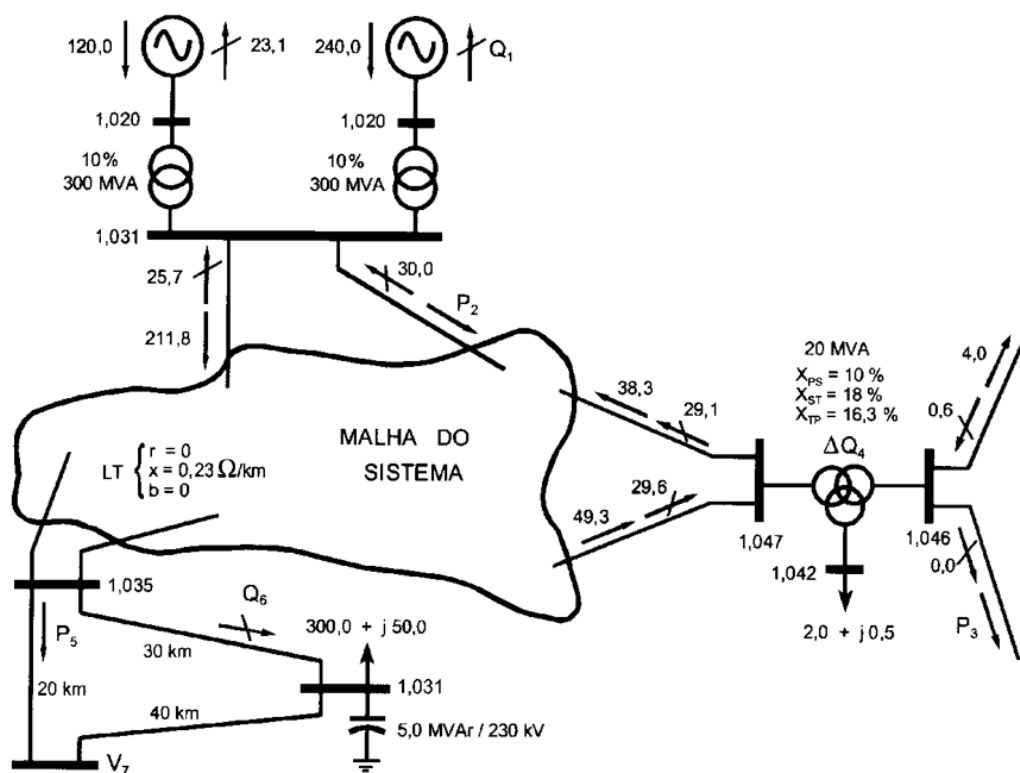


Figura 5 - Trecho de um sistema elétrico de potência

50. A Figura 5 destaca partes de um diagrama unifilar de um sistema elétrico no qual estão plotados alguns resultados obtidos de um estudo de fluxo de carga. 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. Pede-se obter as grandezas Q , P_2 , P_3 , Q_4 , P_5 , Q_6 e V_2 indicadas no diagrama.
51. Desenvolver o SCRIPT curvacarga com o objetivo de plotar a curva de carga de um dado consumidor, determinar a demanda média, a demanda máxima e o seu fator de carga. O SCRIPT deve apresentar gerar um arquivo de saída no formato ASCII com os dados e resultados obtidos que possa ser lido por outros aplicativos.
52. Um alimentador transporta uma carga de 6 MW e 5 MVAR quando a tensão é 13,8 kV, se a tensão variar para 12,8 kV qual o valor desta carga? Que considerações precisam serem feitas?
53. Um alimentador transporta uma carga de 6 MW e 5 MVAR quando a tensão é 13,8 kV, se a tensão variar para 12,8 kV qual o valor desta carga se ela é modelada por uma carga do tipo potência constante para a potência ativa e reativa.
54. Um alimentador transporta uma carga de 6 MW e 5 MVAR quando a tensão é 13,8 kV, se a tensão variar para 12,8 kV qual o valor desta carga se ela é modelada por uma carga do tipo corrente constante para a potência ativa e reativa.
55. Um alimentador transporta uma carga de 6 MW e 5 MVAR quando a tensão é 13,8 kV, se a tensão variar para 12,8 kV qual o valor desta carga se ela é modelada por uma carga do tipo impedância constante para a potência ativa e reativa.
56. Desenvolver em Python uma função MODCARGA que a partir dos resultados obtidos em ensaios num determinado barramento, onde a tensão foi variada através do chaveamento de capacitores e foram medidas as potências ativa e reativa consumidas pela carga do

barramento para modelar a carga por uma função do grau 5. Inclua uma variável saída para possibilitar apresentar ou não na Janela de comando os resultados obtidos, inclua uma variável Y para armazenar todos os dados de saída e uma variável nomearq para apresentar o nome do arquivo de saída no formato tipo texto para armazenar todos os dados de entrada e saída.

V (pu)	0,9	0,95	1,00	1,05	1,10
Pc (pu)	0.6924	0.7456	0.8	0.8575	0.9169
Qc (pu)	0.5192	0.5592	0.6	0.6427	0.6879

57. Desenvolva em Python uma função FLUCARGA que determine a tensão no terminal transmissor de um sistema elétrico com duas barras, interligado por uma linha de transmissão de impedância $(r+jx_l)$ pu e com uma admitância $(g+jwc)$ shunt, apresentado na Figura 6, quando a tensão no terminal receptor é V_c pu. Admita que a carga possa ser modelada por parte potência constante, parte corrente constante e parte impedância constante e que tenha seu modelo conhecido bem como a carga (P_0+jQ_0) pu na tensão de 1,0 pu. Inclua uma variável saída para possibilitar apresentar ou não na Janela de comando os resultados obtidos, inclua uma variável Y para armazenar todos os dados de saída e uma variável nomearq para apresentar o nome do arquivo de saída no formato tipo texto para armazenar todos os dados de entrada e saída.

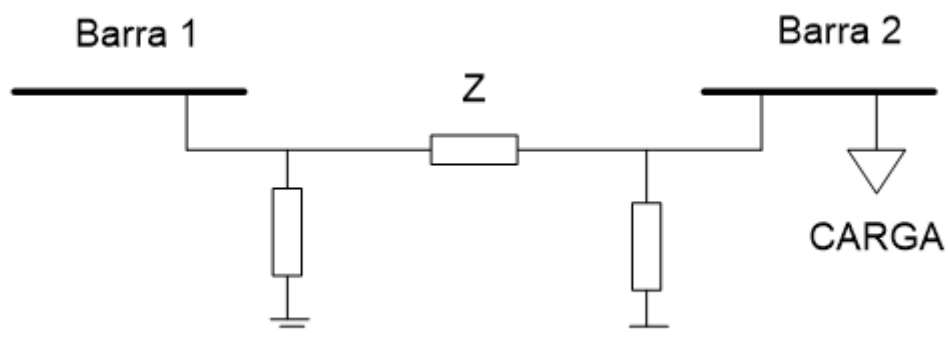


Figura 6 - Fluxo de carga de duas barras

58. O que é microgeração e minigeração? Que resolução da Aneel trata deste assunto? Mostre no Brasil como é a curva de carga típica de um consumidor residencial e no Nordeste a curva típica de geração solar?
59. Quais são as alternativas que os consumidores comerciais e industriais têm para evitar as tarifas horo-sazonais mais caras no período de ponta?
60. Quais são as alternativas para a conta de energia elétrica para uma grande empresa de eventos, que tem estrutura própria de eventos?
61. Desenvolva em Python uma função FLUXOCARGA que determine a tensão no terminal receptor de um sistema com duas barras, interligado por uma linha de transmissão de impedância $(r+j.xl)$ pu e com uma admitância shunt $(g+jwc)$, apresentado na Figura 6, quando a tensão no terminal transmissor é V_1 pu. Admita que a carga possa ser modelada por parte potência constante, parte corrente constante e parte impedância constante e que tenha seu modelo conhecido bem como a carga (P_0+jQ_0) pu na tensão na carga de 1,0 pu.
62. Desenvolver em Python uma função MODCARGA que a partir dos resultados obtidos em ensaios num determinado barramento, onde a tensão foi variada através do chaveamento de capacitores e foram medidas as potências ativa e reativa consumidas pela carga do barramento, obtenha um modelo ZIP para a carga dada. Inclua uma variável saída para possibilitar apresentar ou não na Janela de comando os resultados obtidos, inclua uma variável Y para armazenar todos os dados de saída e uma variável nomearq para apresentar o nome do arquivo de saída no formato tipo texto para armazenar todos os dados de entrada e saída.

V (pu)	0,9	0,95	1,00	1,05	1,10
Pc (pu)	0.6724	0.7356	0.8	0.8475	0.9119
Qc (pu)	0.5292	0.5592	0.62	0.6627	0.6879

63. Desenvolva uma função em Python para calcular o fluxo de potência ativa e reativa entre duas barras de um sistema elétrico, bem como o modelo pi e as perdas para transportar esse fluxo.

Parâmetro	Variável
resistência	R
indutância	L
condutância	G
capacitância	C
frequencia	FREQ
fasor tensão na barra 1	v1
fasor tensão na barra 2	v2

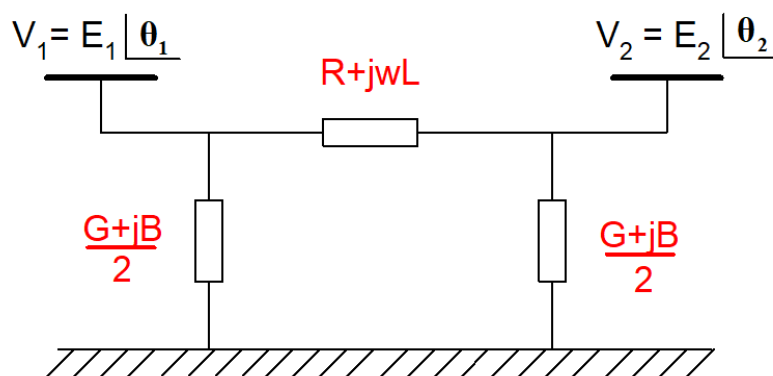


Figura 7

64. Um sistema elétrico de duas barras alimenta na barra 2 uma carga de $0,6+j0,4$ pu na tensão de 1,0 pu através de uma linha de impedância $(0,02 + j0,22)$ pu. Se a carga é do tipo potência constante, determine a tensão da barra 1? Compare este resultado com o obtido se carga é do tipo impedância constante?
65. Um sistema elétrico de duas barras alimenta na barra 2 uma carga de $0,6+j0,4$ pu na tensão de 1,0 pu através de uma linha de impedância $(0,02 + j0,22)$ pu. Se a carga é do tipo potência constante, determine a tensão da barra 1? Compare este resultado com o obtido se carga é do tipo corrente constante?
66. Um sistema elétrico de duas barras alimenta na barra 2 uma carga de $0,6+j0,4$ pu na tensão de 0,97 pu através de uma linha de impedância $(0,02$

- + j0,22) pu. Se a carga é do tipo impedância constante, determine a tensão da barra 1? Compare este resultado com o obtido se carga é do tipo corrente constante?
67. Explique como uma concessionária de energia pode determinar seu consumo de energia nos próximos cinco anos. Estes estudos são denominados Estudos de Mercado de Energia Elétrica. Que dados são requeridos?
68. Por que não se pode definir o consumo de energia elétrica nos próximos anos a partir do conhecimento dos dados do crescimento de energia elétrica nos últimos anos?
69. Como o crescimento ou não da economia de uma região influencia no consumo e na demanda de energia elétrica nesta região? Que parâmetros podem ser adotados para levar em conta tais fatores.
70. Procure no site da EPE informações sobre os estudos de mercado de energia elétrica? E no site do ONS?
71. Explique que políticas públicas podiam ser adotadas para reduzir o consumo de energia sem deixar de atender todos os seus consumidores. Usando a Ilha de Fernando de Noronha como exemplo. Como é produzida energia elétrica nela?
72. Um sistema elétrico de duas barras alimenta na barra 2 uma carga de $0,6+j0,4$ pu na tensão de 1,0 pu através de uma linha de impedância $(0,02 + j0,22)$ pu. Se a carga é do tipo 60% potência constante, 20% corrente constante e 20% impedância constante determine a tensão da barra 1?
73. Explique como o fator de diversidade e o fator de demanda devem ser usados com cuidado no dimensionamento de uma instalação elétrica. Porque o uso desses fatores não deve gerar risco para o consumidor?
74. Como o período de confinamento para evitar o COVID afetou o consumo de energia no SIN, procure dados no ONS, CCEE e EPE. Compare com os anos anteriores.

75. Como as empresas de distribuição foram afetadas durante o período de confinamento para evitar o COVID. Que medidas tomadas pelo governo federal impactaram duramente as empresas de distribuição.
76. Obtenha no site do ONS o Informativo Diário da Operação (IFDO) de um dia útil do subsistema Nordeste e o gráfico da geração de energia elétrica em formato de torta para balanço da geração do SIN por fonte primária (hidráulica, térmica, solar...) incluindo as interligações. Explicite o percentual de geração importado dos outros subsistemas. Porque a geração hidráulica está tão baixa no Nordeste? Verifique no IFDO como está o armazenamento de geração hidráulica no subsistema Nordeste, vem aumentando? Qual o percentual da geração eólica em relação a geração necessária para atender o Nordeste?

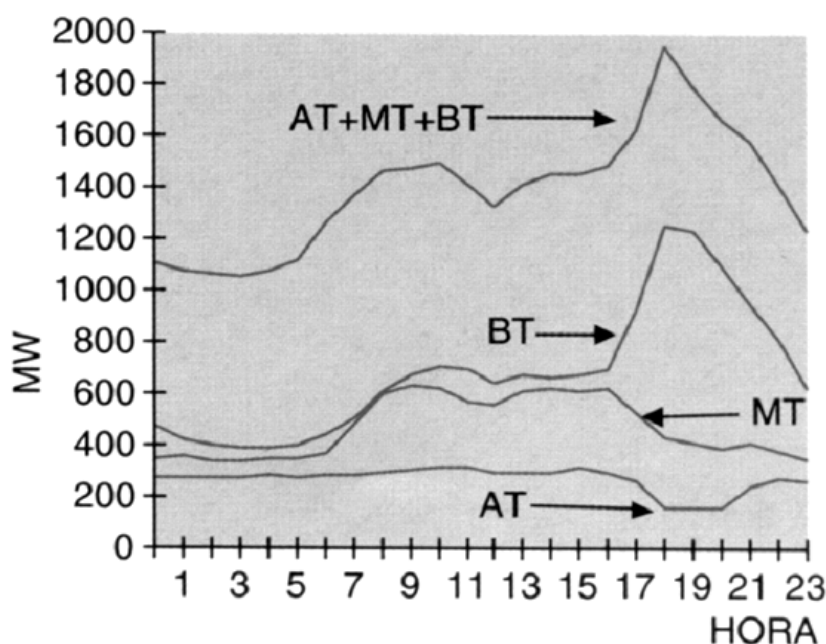


Figura 8 - Composição de uma curva de carga

77. Obtenha um conjunto de pontos aproximados para as quatro curvas da Figura 9 e use o Python para obter equações que reproduzam essas curvas de 0 a 24 horas usando uma regressão polinomial. Defina o grau

do polinômio mais adequado para realizar essa regressão. Plote os quatro gráficos usando o Python usando as curvas obtidas.

78. Consulte o site do ONS e identifique os horários das demandas máximas da carga do SIN e do Nordeste. Explique porque elas não ocorrem mais no período de 17 às 21 horas.

* OCORRÊNCIAS NA REDE DE OPERAÇÃO

Às 17h44min ocorreu o desligamento automático da transformação 230/69 kV da SE Sobral II (Chesf).

Causa: A ser identificada. O Agente informou que houve rompimento de jumper do alimentador J3 de 69 kV sobre o barramento de 69 kV da SE Sobral II.

Consequências: Interrupção de 192 MW de cargas da Enel-Ceará, derivadas da SE Sobral II, a qual atende municípios do interior do estado do Ceará.

Normalização: Às 17h46min foi iniciada a recomposição das cargas com a transferência de 19 MW para a SE Cauípe e 8 MW para a SE Tauá II às 17h47min, via rede de distribuição em 69 kV da Enel-Ceará. Às 18h13min foi iniciada a recomposição das cargas pela SE Sobral II, sendo concluída às 19h09min. Às 18h08min foi iniciada a normalização dos equipamentos, sendo concluída às 18h12min, com exceção do transformador T2 230/69 KV da SE Sobral II, que foi normalizado às 20h18min. O alimentador 69 kV J3 permaneceu indisponível até às 06h14min do dia 28/03/2018.

Figura 9 - Ocorrência no SIN

79. A Figura 9 apresenta a descrição de uma ocorrência que desligou quase 200 MW de carga afetando o interior do Ceará. Como o ONS deve atuar numa ocorrência deste porte?
80. No site do ONS, obtenha a curva de carga diária do SIN e caracterize a carga máxima, média e mínima nela. Obtenha no site a curva de carga de um dia de sábado e de um dia domingo para o SIN e três para a região Nordeste. Compare a curva de carga do SIN com a curva de carga da Região Nordeste e explique as diferenças.