

Capítulo I



Sistemas de distribuição – natureza, análise das cargas e definições

Por Manuel Luís Barreira Martinez*

*“Achieve much, appear little”**

[Heinz Guderian]

A NATUREZA DAS CARGAS

A modelagem e a análise dos sistemas de potência dependem fundamentalmente da carga. No entanto, surge uma pergunta: “o que é carga?” O interessante neste caso é que a resposta para esta pergunta depende de qual é o tipo de análise desejada. Por exemplo, a análise em regime permanente – Estudo de Fluxo de Potência – de um sistema de transmissão – uma vez que as constantes de tempo dos fenômenos a serem avaliados são distintas, e, por conseguinte, também o são suas equações representativas – requer uma definição de carga diferente da que é usada na análise do comportamento transitório de um circuito secundário de um transformador instalado em um alimentador de distribuição.

O principal problema para qualquer tipo de análise é que as cargas conectadas aos sistemas de potência estão em constante variação e, quanto mais próximo do consumidor final se situa o ponto de observação, mais pronunciadas são estas oscilações. Em suma, é possível afirmar que, no sentido literal, não existe uma “carga em regime permanente”. Finalmente, também é possível ponderar que, para se ter um bom conhecimento da carga conectada a um sistema elétrico, é necessário primeiro conhecer o comportamento, de forma individual, de seus consumidores.

DEFINIÇÕES

Conforme discutido, a carga que um consumidor individual ou um grupo de consumidores apresenta para um sistema de distribuição está em constante variação, uma vez que, caso um equipamento elétrico, ou mesmo uma lâmpada seja ligada ou desligada, a carga vista pelo sistema é modificada.

Deste modo, para facilitar a descrição do comportamento variável e aleatório das cargas, é usual definir um conjunto de termos e conceitos, que devem sempre considerar e incluir o intervalo de medição da grandeza, um período específico e as unidades:

✓ Demanda

Carga média durante um período específico.

- A demanda, ou seja, a carga pode ser expressa em kW, kVAr, kVA ou A.

Exemplo: A demanda a cada 15 minutos em kW é de 100 kW.

✓ Demanda máxima

Maior de todas as demandas que ocorrem durante um período de tempo específico.

Exemplo: A demanda máxima a cada 15 minutos em kW durante esta semana foi de 150 kW.

✓ Demanda média

A média das demandas durante um período de tempo específico (dia, semana, mês, etc.).

Exemplo: A demanda média a cada 15 minutos em kW do mês de fevereiro foi de 350 kW.

✓ Demanda diversificada

Soma das demandas impostas por um grupo de cargas durante um período específico de tempo.

Exemplo: A demanda diversificada a cada 15 minutos em kW no período que se encerrou às 9h30 foi de 200 kW.

✓ Demanda máxima diversificada

Valor máximo da soma das demandas impostas por um grupo de cargas durante um período específico de tempo.

Exemplo: A demanda máxima diversificada a cada 15 minutos em kW da semana foi de 500 kW.

✓ Demanda máxima não coincidente

Para um grupo de cargas é a soma das demandas individuais, máximas, sem nenhuma restrição de ocorrência simultânea no tempo.

Exemplo: A demanda máxima não coincidente a cada 15 minutos em kW da semana foi de 700 kW.

✓ Fator de demanda

Razão entre a demanda máxima e a carga conectada.

* “Consigna muito, apareça pouco”.

✓ Fator de utilização

Razão entre demanda máxima e a potência máxima da instalação.

✓ Fator de carga

Razão entre a demanda média de um consumidor individual ou grupo de consumidores durante um período de tempo e a sua demanda máxima.

✓ Fator de diversidade

Razão entre a demanda máxima não coincidente e a demanda máxima diversificada.

✓ Diversidade de carga

Diferença entre demanda máxima não coincidente e a máxima demanda diversificada.

ANÁLISE DA CARGA DE CONSUMIDORES INDIVIDUAIS

Uma vez conhecidas as principais definições necessárias à caracterização

das cargas, sejam sua aplicação quando da análise do carregamento de consumidores individuais e, por fim, de seus agrupamentos.

A Figura 1 mostra como a carga

instantânea, em kW, de um consumidor varia durante cinco intervalos consecutivos de tempo de 15 minutos, em termos instantâneos e médios – “Efeito de um Processo de Integração”.

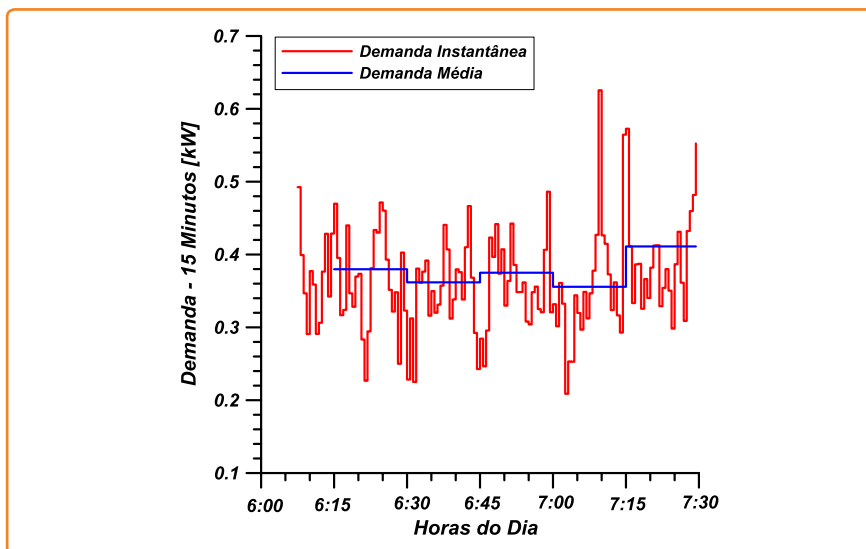


Figura 1 – Curva de demanda de um consumidor

Nota: A unidade utilizada para descrever uma carga pode ser, em tese, qualquer uma. Quando se utiliza a unidade kW, tem-se por intenção trabalhar, de modo complementar, com a "energia consumida" ou "fornecida". A unidade kVA, em geral, é associada aos conceitos de "perdas" ou ainda "potência nominal". As relações entre as unidades seguem os padrões das relações que regem as redes e sistemas elétricos.

DEMANDA

De modo a definir uma carga, a curva de demanda é dividida em intervalos de tempo, usualmente iguais. Na Figura 1, foi escolhido o intervalo de tempo de 15 minutos. Para cada intervalo de tempo, foi determinado o valor médio da demanda. Na Figura 1, as linhas retas, paralelas à abscissa, também representam a carga média no intervalo de tempo de 15 minutos. Quanto mais curto for o intervalo de tempo, mais "exato" é o modelo para a carga representada. Esse processo é similar a um procedimento de integração numérica. O valor médio da carga no intervalo de tempo definido é a demanda em kW, neste caso, a cada 15 minutos.

Nota: É possível discretizar a carga a níveis de minuto a minuto, ou qualquer outro intervalo de tempo que se considere adequado. O ponto em questão é que existem limites para este procedimento. Primeiro, existem os limites técnicos na armazenagem, no tratamento e na transferência de dados. Segundo, é necessário observar que os modelos de carga são associados a outros modelos físicos, por exemplo mecânicos, como uma característica térmica. Logo, é conveniente verificar a coerência entre as constantes de tempo. Finalmente, é razoável e conveniente usar o bom senso necessário a qualquer atividade envolvendo engenharia.

A Figura 2 mostra a curva de demanda em kW a cada 15 minutos no período de 24 horas de um consumidor genérico. Esta curva é desenvolvida, por exemplo, a partir de uma planilha que fornece a demanda em kW para cada 15 minutos para um período de 24 horas.

DEMANDA MÁXIMA

A curva de demanda mostrada na Figura 2 representa um consumidor residencial típico. Cada barra fornece a demanda em kW a cada 15 minutos. Neste caso, é conveniente notar que, durante o período de 24 horas, ocorre uma grande variação da demanda. Este consumidor em particular apresenta três períodos em que a demanda em kW excede o valor de 6 kW. O maior deles é a demanda máxima em kW a cada 15 minutos. Para este consumidor a demanda máxima em kW a cada 15 minutos ocorre às 13h15 e tem o valor de 6,34 kW.

DEMANDA MÉDIA

Uma vez que a unidade utilizada para definir a característica do consumidor mostrado na Figura 2 é na forma de kW, é possível, por meio da Equação 1, calcular a energia em kWh consumida durante um determinado período de tempo.

$$E_T = T_{\rightarrow H} \frac{\sum_{i=1}^{N_i} D[kW]_i}{60} \quad (1)$$

E_T - Energia [kWh];

$D[kW]_i$ - Demanda no Intervalo i ;

N_i - Número Intervalos de tempo no período de cálculo;

$T_{\rightarrow H}$ - Intervalo de tempo em minutos.

Para intervalos de tempo de 15 minutos, ou seja, 96 intervalos a cada 24 horas a energia total consumida em um dia é o somatório de todos 96 os consumos registrados para os intervalos de 15 minutos, intervalos de $\frac{1}{4}$ de hora, ou seja, quatro intervalos de tempo em uma hora, conforme mostra a Equação 2.

$$E_T = \frac{\sum_{i=1}^{96} D[kW]_{15-Min_i}}{4} \quad (2)$$

Deste modo, durante o período de 24 horas (1-Dia) o **Consumidor #1**, como mostra a Figura 2, consome 63,18 - kWh.

Por sua vez, a demanda média, ainda em kW, em um determinado período de tempo é calculada conforme a Equação 3:

$$D_M = T_{\rightarrow H} \frac{\sum_{i=1}^{N_i} D[kW]_i}{1440} \quad (3)$$

Alternativamente, a demanda média, novamente em kW, em um determinado período tempo pode ser calculada pela Equação 4:

$$D_M = \frac{E_T}{\text{Horas PERÍODO}} \quad (4)$$

Logo, considerando no período de tempo de 24 horas, o **Consumidor #1** apresenta uma demanda média a cada 15 minutos, de 2,63 - kW:

FATOR DE CARGA

"Fator de carga" é um dos termos

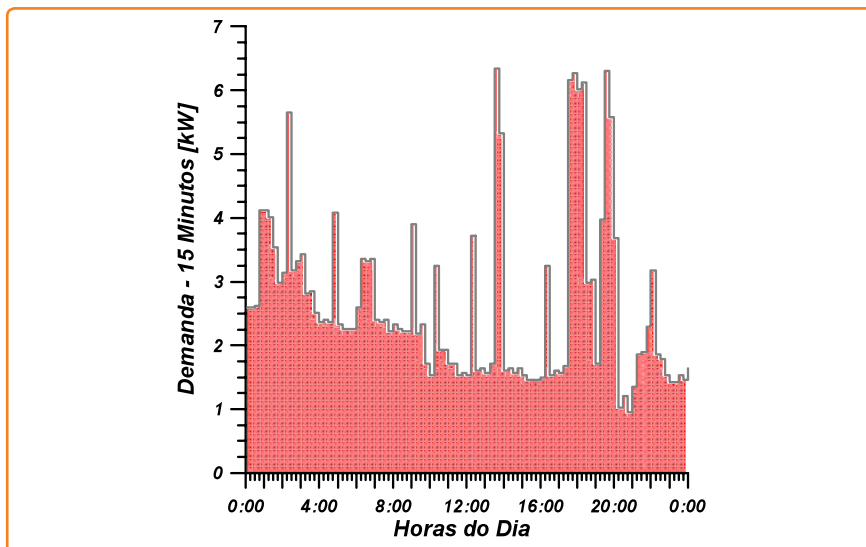


Figura 2 – Curva de demanda em kW a cada 15 minutos para o período de 24 horas do consumidor - 1.

freqüentemente utilizados quando se descreve uma carga. Ele é definido como a razão entre a demanda média e a demanda máxima. Em muitos casos, o fator de carga fornece uma indicação de como os recursos de um serviço público de concessão estão sendo utilizados.

Do ponto de vista das concessionárias de serviço público, o fator de carga ótimo deve ser 1,0, uma vez que os sistemas são projetados para fornecer, pelo menos o que se considera como demanda máxima. Deste modo, algumas vezes as concessionárias encorajam vários consumidores a aumentarem seus fatores de carga. Em geral, um dos métodos adequados é apenas os consumidores que têm um baixo fator de carga nas suas contas de energia.

Para o **Consumidor #1**, como mostra a *Figura 2*, o fator de carga pode ser calculado conforme a Equação 5, em que se assume que o fator de potência é constante.

$$F_C = \frac{D_M}{D_{MÁXIMA}} \quad (5)$$

Logo:

$$F_C = \frac{2,63}{6,34} = 0,415$$

Manuel Luís Barreira Martinez possui graduação e mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Itajubá e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo. Atualmente, é professor associado da Universidade Federal de Itajubá. Tem experiência na área de engenharia elétrica, com ênfase em equipamentos, materiais elétricos, distribuição de energia elétrica e técnicas em alta tensão. É autor e coautor de 350 artigos em revistas e seminários, associados a trabalhos de engenharia e 45 orientações de mestrado e doutorado. Atua, principalmente, nos seguintes segmentos: métodos de ensaios, ensaios dielétricos, para-raios para sistemas de média e alta tensão e equipamentos elétricos.

CONTINUA NA PRÓXIMA EDIÇÃO

Acompanhe todos os artigos deste fascículo em www.osetoreletrico.com.br
Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para redacao@atitudeeditorial.com.br