

# A ESTRUTURA TARIFÁRIA NO BRASIL E SUA ATUALIZAÇÃO PARA AMBIENTES DISTORCIDOS

Héctor Arango Carlos Alberto M. Guimarães José Policarpo G. Abreu Sérgio L.S. Cabral\*

Instituto de Engenharia Elétrica - EFEI  
Av. BPS, 1303 - 37500-000 - Itajubá (MG)  
e-mail: arango@iee.efei.rmg.br

\* Centro de Excelência em Distribuição - CED  
Av. Luciano Gualberto 1289 - São Paulo (SP)

**Resumo** - O objetivo deste artigo é propor uma metodologia para faturar os elementos da potência aparente atribuíveis às distorções harmônicas e assimétricas existentes no ponto de acoplamento do cliente. Esta metodologia é coerente com a política tarifária brasileira hoje vigente.

**Palavras-Chave** - Harmônico - Assimetria - Tarifas

**Abstract** - This paper proposes a methodology for billing the power elements attributable to harmonic distortions and asymmetries present or the Customer's coupling point. Such methodology match's with the revenue politics state in Brazil.

**Keywords** - Harmonic Distortion - Asymmetry - Revenue

## 1. INTRODUÇÃO

A história das definições de potência e fator de potência nos sistemas elétricos alastra-se por mais de um século, período no qual fluiu (tomando emprestado um dizer de Louis-Jean Calvet) "em uma espécie de Slalom teórico e epistemológico".

Nas postrimerias do milênio, entretanto, parece ter-se chegado a algum sentimento consentâneo, impulsionado pela convergência de duas escolas cuja credibilidade e competência estão solidamente firmadas: o Working Group on Non Sinusoidal Situations do IEEE coordenado por Alexander Emanuel, e os especialistas alemães que procuram estender a Norma DIN 40-110 ( Wechselstromgrößen ) para sistemas multifásicos, cujo coordenador é Manfred Depenbrock .

No Brasil, estes problemas foram discutidos pioneiramente por Ernesto J. Robba e José Carlos de Oliveira, e a partir de 1986, o emprego de Fator de Potência de um modo inovador no Sistema Tarifário estimulou estudos para estender esta prática aos casos não senoidais e assimétricos, os quais estão aparecendo com frequência crescente.

O trabalho [1] descreve de maneira clara as idéias sobre a potência aparente e o fator de potência, ilustrando-as, através de exemplos práticos.

No presente artigo, são oferecidas definições que permitem estender o regime tarifário

instituído pela Portaria 1569 do DNAEE às situações não convencionais, baseando-se nas propostas IEEE-DIN aludidas anteriormente.

## 2. A ESTRUTURA TARIFÁRIA ATUAL

No que diz respeito à tarifação da potência reativa, a Portaria do DNAEE nº 1569 com data 23.12.93 estabelece a medição dos Fornecimentos de Energia e Demanda Ativas e Reativas em cada Intervalo de Integralização "t" de 1 hora. Estas medições são utilizadas para o faturamento de Excedentes no consumo de reativos. O ponto de partida está no computo dos denominados "Fatores de Potência" cuja expressão geral tem a forma.

$$f_t = \cos \left( \arctg \left( \frac{\text{Medição Ativa}}{\text{Medição Reativa}} \right) \right)$$

Assim, o excedente é calculado ( quando existe) como

$$\left( \frac{0,92}{f_t} - 1 \right) \cdot \text{Medição Ativa}$$

e cobrado segundo a mesma tarifa unitária aplicada à correspondente Medição Ativa na parte convencional da fatura. Portanto, o total faturado é igual à tarifa unitária vezes um valor que resulta  $0,92 \{ ( \text{Medição ativa} )^2 + ( \text{Medição reativa} )^2 \}^{1/2}$

Conclui-se deste raciocínio que a tarifa brasileira atual cobra do cliente que por ventura opera a  $f_t < 0,92$  um valor proporcional a sua energia ( demanda ) APARENTE, ou seja, seus KVAH ou KVA máx. A divisão da fatura em uma parcela convencional que onera o consumo ativo e outra adicional que onera um “excedente” ( que não é de modo algum o consumo reativo ), máscara, de algum modo o fato de que a soma das parcelas aponta para uma política tarifária que estabelece um preço da eletricidade em proporção a “capacidade ocupada” do sistema.

### 3. A EXTENSÃO DA TARIFA A OUTROS VALORES NÃO ATIVOS

Quando a transmissão de energia se aparta do padrão ideal ( senoidal e simétrico ), a consequência principal no que se refere à filosofia tarifária anteriormente considerada, é a aparição de novas energias e demandas não ativas. Em outras palavras, os valores aparentes são formados não apenas pela soma geométrica de componentes ativos e reativos. Agregam-se a estes, energias e demandas que, não sendo ativas nem reativas, resultam da existência de desequilíbrios e harmônicos.

A presença destas novas energias e demandas traz por resultado um aumento da capacidade de sistema que é ocupada para transferir a componente ativa ( a única aproveitada na utilização ).

Destarte, entre dois clientes que absorvem o mesmo valor ativo e o mesmo reativo, sendo que o primeiro o faz em condições ideais e o segundo com desequilíbrios e harmônicos, este último “ocupa mais sistema” que o outro e, portanto, demanda maiores custos para seu atendimento.

A situação é, na verdade, semelhante à de dois clientes com o mesmo consumo ativo; o primeiro não absorve reativo em quanto o segundo tem um certo consumo reativo. Obviamente o segundo demanda mais do sistema e por este motivo, a tarifa brasileira tende a onerá-lo mais, no intuito de preservar uma equanimidade tarifária que leve em conta os maiores investimentos requeridos pelo segundo cliente.

Com a aparição de clientes que ocupam mais capacidade ainda devido as distorções próprias de suas cargas parece natural conceber uma tarifa que, além de agravar aos consumidores de reativos, o façam com os outros consumos não ativos, desde que estes implicam aumentos semelhantes em custos transmissão.

### 4. FATOR DE POTÊNCIA SOB CONDIÇÕES DISTORCIDAS

O Fator de Potência foi originalmente definido para sistemas trifásicos simétricos e senoidais. Quando estas condições operacionais não podem ser mantidas, faz-se necessário recorrer a uma definição deste Fator que seja de um caráter geral, isto é, independente do regime - distorcido ou não - com que a energia esteja sendo transportada.

Para isto, resulta conveniente observar que o fornecimento de uma mesma potência ativa P a duas cargas simétricas, (1) uma puramente resistiva e (2) outra com componente reativa, dará origem, na linha de transmissão, a perdas

$$W_1 = 3RI_1^2 = 3R \frac{P^2}{V^2}$$

$$W_2 = 3RI_2^2 = 3R \frac{P^2}{V^2 \cos^2 \varphi}$$

por tanto

$$\cos \varphi = \sqrt{\frac{W_1}{W_2}}$$

ou seja, o fator de potência de uma carga simétrica linear é a raiz quadrada da relação entre as perdas de transmissão requeridas para atender a carga simétrica resistiva linear que consome a mesma potência ativa, e as perdas para atender a própria carga considerada.

Esta relação entre fator de potência e eficiência da carga enquanto as perdas incorridas para fazê-lhe chegar energia, representa, uma das interpretações mais úteis do fator de potência enquanto conceito. Parece correto, então utilizará como uma definição do fator de potência FP ( que se reduz a  $\cos \varphi$  no caso ideal tão somente ).

Usando o caminho inverso, resulta possível calcular o FP de uma carga que contém assimetria e não-linearidade.

Com efeito, seja uma carga que, quando submetida a uma tensão contendo

1. Fundamental Simétrica  $V_{IB}$
2. Fundamental não Simétrica  $V_{IA}$
3. Harmônica total  $V_H$

absorve corrente contendo analogamente  $I_{IB}$ ,  $I_{IA}$ ,  $I_H$ .

A tensão fundamental completa escrever-se-á

$$V_1^2 = V_{IB}^2 + V_{IA}^2 \quad (1)$$

E a tensão total

$$V^2 = V_1^2 + V_H^2 \quad (2)$$

Em tais condições, pode-se escrever

$$FP = (\cos \varphi_\beta) \cdot (aFP) \cdot (hFP) \quad (3)$$

onde

$$\cos \phi_B = dFP = \frac{P_{1B}}{V_{1B} I_{1B}} \quad (4)$$

$$aFP = \frac{V_{1B} I_{1B}}{V_1 I_1} \quad (5)$$

$$hFP = \frac{V_1 I_1}{VI} \quad (6)$$

Note-se que o primeiro fator do 2º membro representa o efeito da defasagem entre as componentes fundamentais e simétricos da tensão e da corrente, sendo que na condição ideal coincide com o próprio fator de potência. Já os outros fatores levam em consideração os efeitos da assimetria e não linearidade da carga.

## 5. A PROPOSTA DE TARIFICAÇÃO DA ASSIMETRIA E DO CONTEÚDO HARMÔNICO

Com base na análise anterior, é possível estender a filosofia tarifária da Portaria 1569 aos outros componentes não ativos do consumo de maneira em um todo semelhante ao caso do reativo.

Considerando agora a existência de três componentes do fator de potência total, dados pelas (4, 5, 6), basta aplicar a cada um o conceito de excedente.

Poderá haver, assim, três excedentes. O primeiro é aquele já levado em conta pela Portaria, isto é, o excedente reativo

$$\left( \frac{dFR}{dFP} - 1 \right) \cdot \text{Medição Ativa}$$

a única diferença com a (1) se refere à terminologia usada. DFR é o fator de referência, que é hoje fixado no valor 0,92. Os outros excedentes teriam um formato análogo

$$\left( \frac{aFR}{aFP} - 1 \right) \cdot \text{Medição Ativa}$$

$$\left( \frac{hFR}{hFP} - 1 \right) \cdot \text{Medição Ativa}$$

Vale notar que a soma da parcela convencional da fatura destes três excedentes representa um valor aproximadamente proporcional aos consumos aparentes da carga, ou seja, aqueles gerados pela expressão

$$V \cdot I$$

produto dos valores eficazes de tensão e a corrente, e que corresponde a definição moderna de Potência Aparente em sistemas de três fios.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. "Practical Definitions for Powers in Systems With Non Sinusoidal Waveforms and Unbalanced Loads: a Discussion". IEEE Working Group on Non Sinusoidal Situations IEEE Trans. PD V&11 n°1 pp. 79-101 January 1996
2. Mc Eachern et alii "Harmonics: An Evaluation os Some Proposed Rate Structures" IEEE Trans PD Vol 10 n° 1 pp. 474-482 January 1995
3. Ishikida, T; Varaya P. "Pricing of Electric Power under Uncertainty: Information and Efficiency" IEEE Trans PS Vol 10 n° 2, pp. 884 - 90 May 1995