

## **COMPORTAMENTO DOS GERADORES NA PRESENÇA DE CAPACITORES**

Por Eng. Jose Starosta, MSc – Diretor da Ação Engenharia e Instalações Ltda e presidente da ABESCO

O uso de geradores como fonte de energia em instalações ( fonte principal ou “back-up”) tem se popularizado em função da importância que a energia elétrica assumiu nos processos de produção e administrativos e também nas oportunidades apresentadas pelos sistemas de cogeração largamente utilizados. Desta constatação valem algumas observações interessantes.

### **1-Comportamento das fontes na variação da carga**

O comportamento das fontes e conseqüentemente da tensão do sistema que a mesma alimenta as cargas, será dependente da relação da potencia de curto-circuito (ou da impedância) desta fonte e da solicitação ou comportamento da carga a cada instante. Isto é, a cada variação da carga haverá uma resposta da fonte, traduzida pelo comportamento da tensão. Casos mais extremos produzem afundamentos de tensão que podem atingir níveis não tolerados pelas próprias cargas, produzindo efeitos imediatos como a má operação ou desligamento das mesmas.

Este efeito é bastante perceptível quando da partida (e seus transientes associados) ou variação de cargas acionadas por motores como os elevadores, bombas, ventiladores, compressores, guindastes. No caso de geradores aplicados como fonte de “back up”, o que se nota é que o comportamento do sistema piora sensivelmente quando o mesmo assume o lugar da fonte principal (transformador), geralmente por conta da menor potencia de curto circuito do primeiro em relação o segundo.

Existe uma relação direta entre o comportamento da tensão do sistema e a energia reativa consumida pela carga, esta situação é tanto mais perceptível quanto menor for a relação da potencia de curto circuito da fonte em relação a carga consumidora de significativa quantidade de energia reativa; a tensão tende a “cair” causando os conhecidos afundamento de tensão. A figura 1 apresenta o comportamento da tensão do gerador com a operação de um elevador e a figura 2 apresenta o comportamento da tensão com a mudança de fonte (transformador para gerador) para uma carga industrial.

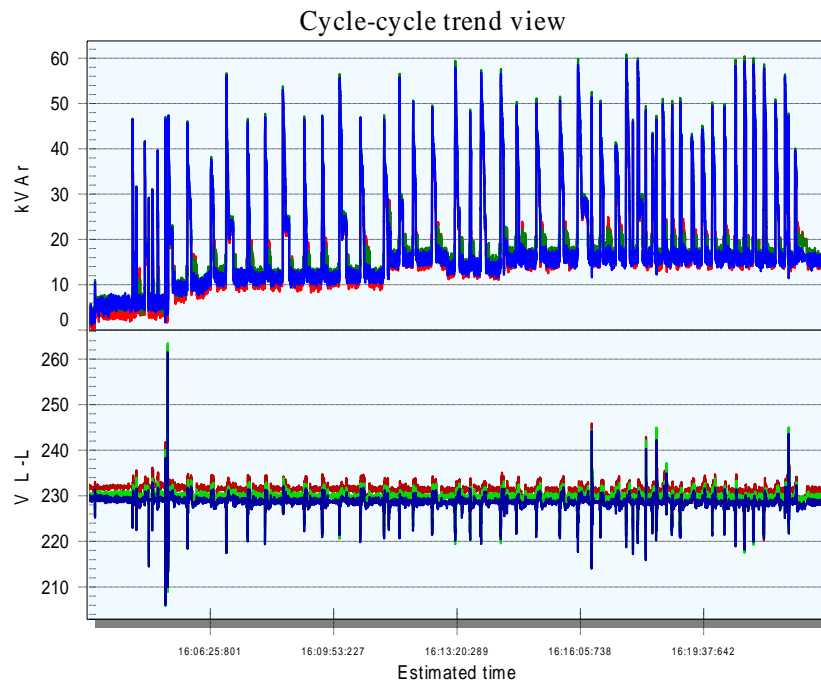


FIGURA 1 – COMPORTAMENTO DA TENSÃO DE GERADOR COM O CONSUMO DE ENERGIA REATIVA DE ELEVADOR.

### Comportamento Rede/Gerador Ação Engenharia e Instalações Ltda

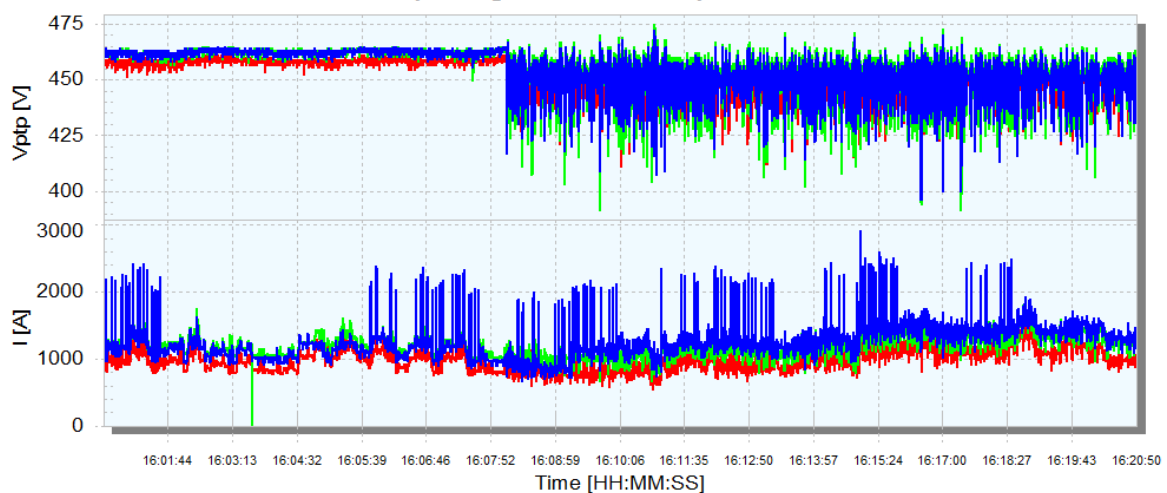


FIGURA 2 – COMPORTAMENTO DA TENSÃO COM FONTE PRINCIPAL (TRANSFORMADOR) E DE “BACK-UP” (GERADOR)

## **2- Limitação dos geradores - a curva de capacidade**

Os geradores apresentam uma característica de operação fortemente dependente da energia reativa consumida (indutiva) ou fornecida (capacitiva) pela carga.

A figura 3 apresenta esta curva de capacidade, onde se observa o regime de operação normal limitado pelas curvas azul e vermelha. Analisando-se esta curva, nota-se que na “região capacitiva” (faixa de valores negativos no eixo das abscissas (x)) existe uma importante restrição de operação em relação a região chamada de “indutiva”

Observa-se ainda na curva, que o mesmo eixo das abscissas define a relação da potência reativa instantânea da carga pela potência nominal do gerador; a potência reativa negativa seria aquela fornecida por carga capacitiva ou capacitor e a positiva aquela consumida pela carga. O eixo das ordenadas (y) apresenta a relação da potência ativa instantânea da carga pela potência nominal do gerador.

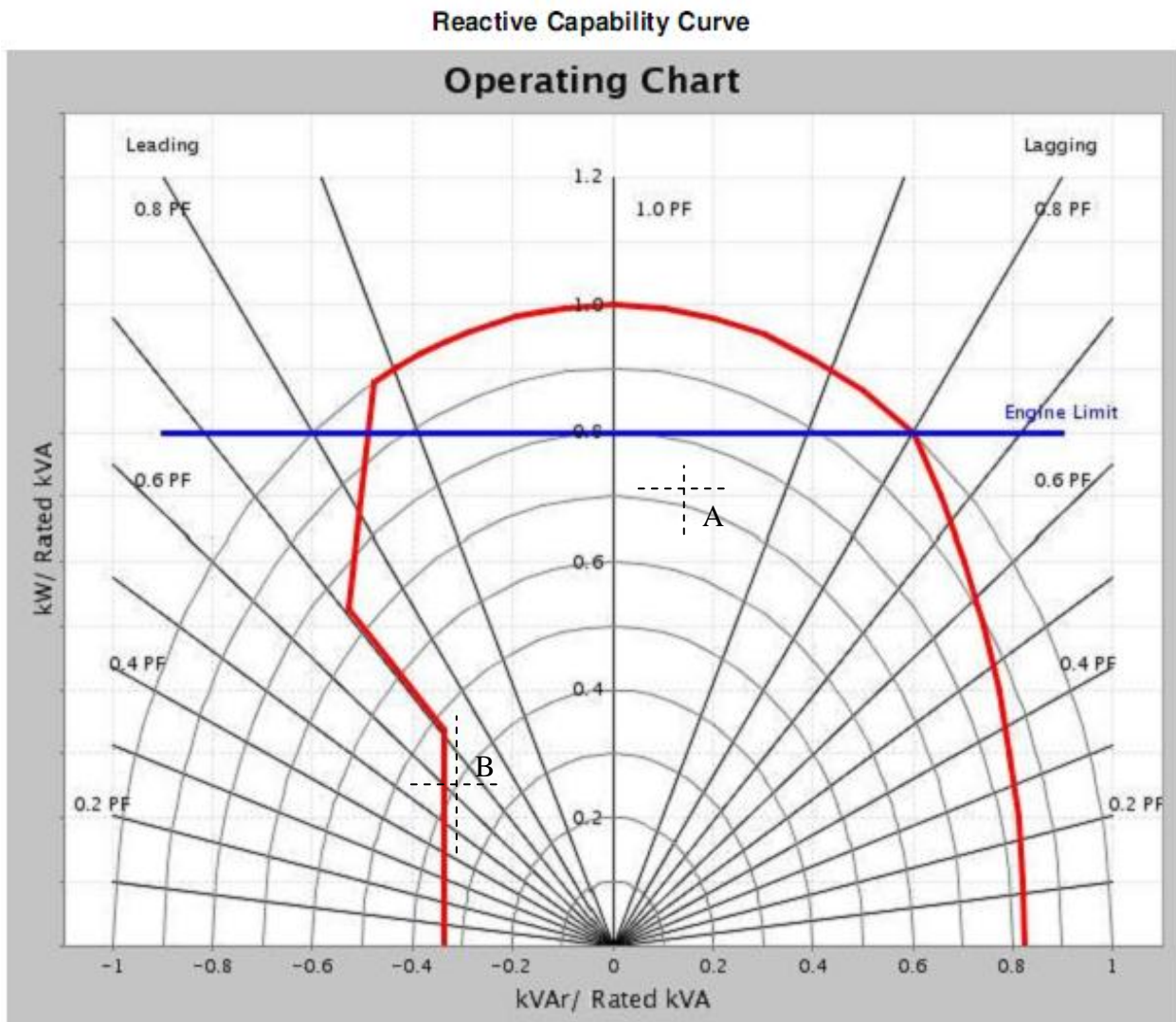


FIGURA 3 – CURVA DE CAPABILIDADE – FONTE: CATERPILLAR

Tomando-se para exemplo o caso de um grupo de motores com 1000 kW, fator de potência de regime de 80%; potência reativa da ordem de 750 kvar, alimentado por um gerador de 1500 kVA, e um sistema de compensação de energia reativa de 500 kvar que corrigiria o fator de potência para 97%; observa-se:

-A relação kvar/kVA do eixo das abscissas poderá assumir diversos valores, em função da potência reativa injetada pelos capacitores em relação aquela consumida pelos motores. O valor a se utilizar será, portanto o balanço de reativos

(a diferença dos valores consumidos pelos motores e injetados pelos capacitores) em relação a potencia nominal do gerador. No caso da situação de máxima demanda, o reativo fornecido pelo gerador será de 250 kvar (750kvar (carga)-500kvar(capacitor)), e a relação citada será portanto de  $250/1500=0,17$ . A relação kW/kVA será de  $1000/1500=0,67$ . Este ponto é representado no diagrama da figura 3 como ponto “A” e está na faixa adequada de operação

-Se em um segundo instante a carga variar sem que o banco de capacitores acompanhe esta variação, pela própria inércia e tempo de resposta do sistema, e que esta variação de carga seja reduzida em 60%, as novas relações serão:

Nova situação da carga: 400 kW; 80%; 300kvar  
Injeção de energia reativa mantida em 750 kvar  
Novo balanço de energia reativa: -450 kvar (energia reativa injetada)  
kvar/kVA=  $-450/1500=-0,3$ ; kW/kVA=0,26

-Esta segunda situação que é ilustrada como o ponto B na curva da figura 2, é uma situação limítrofe de operação do gerador, isto é, caso a carga fosse reduzida para valores ainda mais reduzidos que 60% do valor original sem o conseqüente acompanhamento do banco de capacitores, o gerador seria desligado pelo seu sistema de proteção de excitação. A situação é ainda mais crítica nas situações em que o sistema de compensação reativa é composto por bancos fixos. Portanto, caso o sistema de compensação de energia reativa não tenha velocidade para acompanhar a variação da carga, deve ser desligado quando o gerador assume a carga se aplicado como fonte de contingencia, caso a situação possa não atender os limites estabelecidos pela curva de capacidade.

### **3- Mudança da frequência de ressonância.**

A instalação de capacitores em redes indutivas como aquelas típicas em que as fontes são transformadores ou geradores, acaba por definir uma frequência de ressonância. O circuito ressonante apresenta valores diferentes em função de:

- Potencia de curto circuito da rede com transformador
- Idem porem com gerador
- Qual o valor da energia reativa injetada (em bancos automáticos, cada estagio deve ser considerado independentemente)

Assumindo-se transformador de 1500 kVA como fonte principal, com impedância de 5% e gerador de 1500 kVA com reatância subtransitória de 15% como fonte de “back up” e banco de capacitores de 750 kvar, obtém-se:

Harmônica de ressonância para operação pelo transformador: 6,3 (ou 378 Hz em rede 60 Hz)

Idem porem para o gerador: 3,6 (ou 220 Hz em rede 60 Hz)

O que se nota é que dependendo do conteúdo harmônico da carga, e da concepção do banco de capacitores a simples mudança de fonte poderá causar o indesejável efeito de ressonância harmônica.

As conclusões são evidentes e chamam a atenção para a necessidade de análise em separado do comportamento do sistema elétrico, seja ele de que aplicação for, em função de trocas de fontes e em especial aplicação de geradores como fontes de contingencia ou de “back-up” na presença de sistemas de compensação de energia reativa. Estes por sua vez devem atender as expectativas de operação do sistema em todo o ciclo, inclusive sob os aspectos de ressonância harmônica.