

## DESEQUILÍBRIO (DESBALANCEAMENTO) DE TENSÃO

Por: Eng Jose Starosta; MSc. – Diretor da Ação Engenharia e Instalações e Presidente da ABESCO

### 1-Definição:

O fenômeno tratado pelo modulo 8 do PRODIST (procedimento da distribuição-ANEEL) como “desequilíbrio de tensão” é definido matematicamente como a relação da tensão de sequencia negativa e da tensão de sequência positiva no ponto de acoplamento comum entre a concessionaria e consumidor – PAC. Contudo esta definição pode ser aplicada à qualquer ponto de um sistema de potência. A figura 1 apresenta a definição matemática do assim definido fator de desequilíbrio de tensão (FD) proposto pelo documento citado no item 5.3.2.

$$FD\% = (V-/V+).100$$

IDENTIFICAÇÃO DA GRANDEZA	SÍMBOLO
Fator de desequilíbrio	FD
Magnitude da tensão de sequência negativa (RMS)	V-
Magnitude da tensão de sequência positiva (RMS)	V+
Magnitudes das tensões trifásicas de linha (RMS)	V <sub>ab</sub> , V <sub>bc</sub> e V <sub>ca</sub>

Figura 1 – expressão para o calculo do desequilíbrio de tensão  
Fonte: modulo 8 – prodist

Esta definição é a mesma que as apresentadas pelas normas IEC e ANSI ou mesmo pelo conjunto das normas IEEE. Portanto e pelo exposto, definições aproximadas de desequilíbrio como as variações de máximos e mínimos relacionados à média de valores não são aplicáveis nem para obtenção de “ordens de grandeza” e estão em desuso. Outra razão que facilita o uso da expressão da figura 1 é a existência de medidores que efetuam estas avaliações de tensões de sequencia positiva, negativa e o desbalanceamento como aquela ilustrada pela figura 2. O que se observa nesta figura 2 é avaliação do

comportamento do desequilíbrio de tensão ao longo de um período de 3 dias de monitoração, junto com outras variáveis elétricas como as tensões eficazes entre as fases. Observa-se o comportamento do fator de desequilíbrio de tensão variando da ordem de 0,95% a 1,3%, no alimentador com tensão nominal de 4,16 kV.

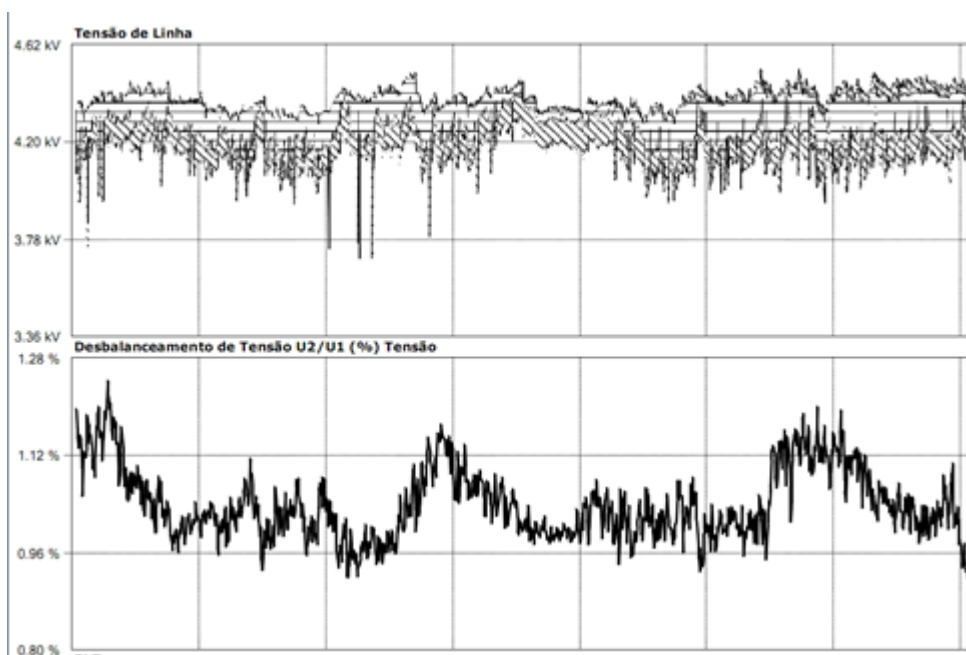


Figura 2 – relatório de monitoração de ponto de acoplamento (concessionária e consumidor).  
Fonte: Ação Engenharia e Instalações Ltda

## 2- Ocorrência:

A origem deste fenômeno está relacionada a ocorrência de situações típicas em instalações elétricas e em alguns casos pode ser corrigida ou pelo menos atenuada.

As razões mais conhecidas para a ocorrência deste fenômeno são:

-Problemas nas fontes como curto entre espiras em transformadores ou geradores. Neste caso a solução é a correção da máquina elétrica/equipamento. Estas anomalias são normalmente detectáveis por testes

efetuados em campo e cada vez mais adotados por empresas alimentadas por subestações próprias, como rotina de manutenção preventiva. Uma vez detectado o problema a solução é a correção em oficina de assistência técnica habilitada.

-Defeito em capacitores: Quando a correção de fator de potencia é efetuada com a instalação de capacitores na média tensão, normalmente a injeção é efetuada por capacitores monofásicos ligados entre fases e neutro ou entre fases; neste caso havendo a queima de algumas células monofásicas isoladamente, ou mesmo de fusíveis de proteção, a injeção de energia reativa não será equilibrada e como consequência haverá em maior ou menor proporção o desbalanceamento de tensão, por conta da injeção de energia reativa desequilibrada. Do ponto de vista quantitativo, o desbalanceamento dependerá da potencia de curto no ponto onde os capacitores estão instalados e da quantidade de células queimadas em relação ao total, em cada uma das fases.

Na baixa tensão, o mesmo fenômeno poderá ocorrer, uma vez que um capacitor trifásico é formado por células monofásicas, isto é, a queima de "parte" de um capacitor trifásico (ou mesmo de um banco de capacitores) incorrerá em desbalanceamento de tensão.

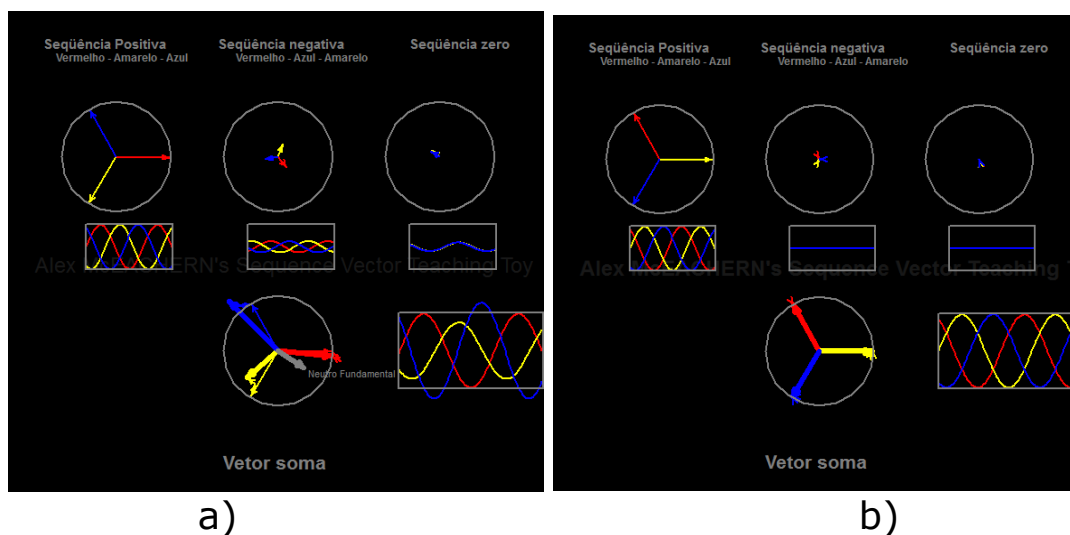
-Cargas monofásicas não equilibradas entre as fases, proporcionarão consumos de corrente desequilibradas, causando por consequência desequilíbrio de tensões.

-As ocorrências de descargas atmosféricas com influência em circuitos de distribuição ou ainda curto circuito nos mesmos, provocam variações de curta duração, refletindo em curtos períodos em que ocorrerão desequilíbrios de tensão.

-Outras causas para o desequilíbrio podem estar associadas a outros fatores como pontos de mau-contato, defeitos em dispositivos de acionamentos e mesmo motores com enrolamentos em má condição de operação.

### 3-Modelamentos:

De acordo com o simulador proposto por Alex McEachern, as tensões eficazes de fase (ou de linha) podem ser interpretadas pela influencia da componente de sequencia positiva, expressas na figura 3.



Figuras 3 a);b) – representação das tensões de sequencia positiva, negativa, zero e tensão eficaz (parte inferior dos graficos). Fonte: Alex McEachern

O que se observa nas figuras 3.a e 3.b é que as forma de onda de tensão eficaz (parte inferior dos gráficos) é significativamente alterada em função da existência (ou não, na figura 3.b) da tensão de sequencia negativa. A corrente no neutro representada no diagrama fasorial da figura 3.a está associada à tensão de sequencia zero.

#### 4-Consequências:

A principal consequência do desequilíbrio de tensão é o aumento das perdas elétricas; em outras palavras, sistemas elétricos desequilibrados ou desbalanceados provocam aumento considerável das perdas elétricas contribuindo para o desperdício de energia elétrica. Soluções para correção de redes desbalanceadas são, portanto, além de adequações econômicas e operacionais, ações sustentáveis do ponto de vista ambiental.

Por outro lado caso os valores de desbalanceamento sejam significativos podem chegar a desligar plantas industriais ou prédios comerciais, pela atuação do relé de proteção específico.

A figura 4 apresenta o comportamento da elevação de perdas em motores devido ao desequilíbrio de tensão na alimentação. O que se pode observar é que valores da ordem de 2% de desequilíbrio impõem ao motor alimentado aumento de perdas da ordem de 8%. Valores acima de 1% de desequilíbrio costumam ser objeto de análise das causas, notadamente em sistemas de distribuição.

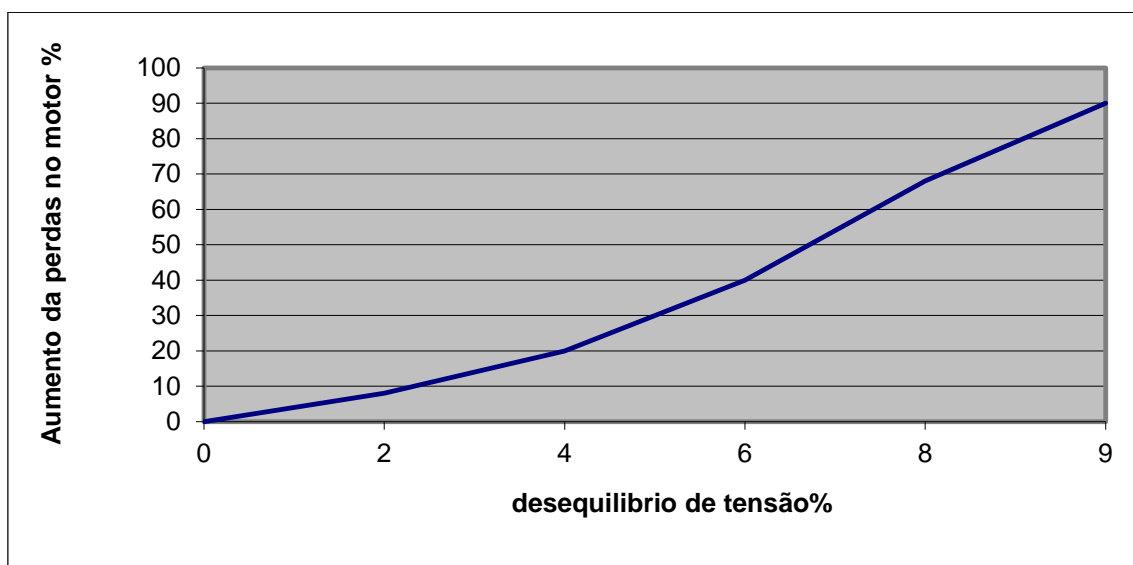


Figura 4 – Aumento das perdas em motor em função do desequilíbrio de tensão. Fonte IEEE

## 5. Conclusão:

O acompanhamento e medição do desequilíbrio de tensão é uma ação preventiva importante não só para redução de perdas elétricas como para a mitigação de fenômenos de qualidade de energia e interferências operacionais em plantas industriais, prédios comerciais e mesmo em residências. Sua avaliação requer o uso de instrumentação adequada as prescrições da IEC 61000-4-15.

As soluções corretivas são tomadas nas fontes, cargas ou mesmo nas instalações elétricas.