

Área de Aplicação: Distribuição

Título do Documento: Critério para Atendimento a Aparelho de Raio X

UN Distribuição

SUMÁRIO

- 1- FINALIDADE
- 2- ÂMBITO DE APLICAÇÃO
- 3- CONCEITOS BÁSICOS
- 4- PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO
- 5- REGIME DE FUNCIONAMENTO DOS APARELHOS DE RAIO X
- 5.1- Regime de Exposições Seguidas Ritmo Lento
- 5.2- Regime de Exposições Seguidas Ritmo Rápido
- 5.3- Regime de Cine Pulse
- 6- FATOR CARACTERÍSTICO (f)
- 7- DEMANDA DO APARELHO DE RAIO X
- 8- EFEITO CAUSADO PELO APARELHO DE RAIO X
- 9- DETERMINAÇÃO DA FLUTUAÇÃO DE TENSÃO
- 10- CRITÉRIO PARA ATENDIMENTO
- 11- EXEMPLO DE APLICAÇÃO
- 12- MEDIDAS CORRETIVAS
- 13- DADOS A SEREM FORNECIDOS PELO CONSUMIDOR

ANEXO I - DADOS A SEREM FORNECIDOS PELO CONSUMIDOR



Área de Aplicação: Distribuição

Título do Documento: Critério para Atendimento a Aparelho de Raio X

UN Distribuição

1- FINALIDADE

A presente norma tem como objetivo estabelecer um modelo de cálculo, a fim de se quantificar os efeitos causados pelo acionamento de aparelhos de Raio X na rede de distribuição secundária da CPFL e estabelecer critério fundamental para atendimento desses aparelhos objetivando assegurar a manutenção da qualidade do fornecimento de energia elétrica a todos os consumidores.

2- ÂMBITO DE APLICAÇÃO

Departamento de Engenharia e Planejamento;

Departamento de Serviço de Rede Sudeste, Nordeste, Noroeste, Oeste e Baixada Santista;

Departamento de Gestão de Ativos Sudeste, Nordeste, Noroeste e Piratininga.

3- CONCEITOS BÁSICOS

- a) BARRA: Qualquer ponto significativo do sistema em que se queira destacar qualquer grandeza elétrica.
- b) BARRAMENTO INFINITO: É uma barra do sistema que possui potência de curto-circuito infinita, na qual não existe variação de tensão ou de freqüência.
- c) FLUTUAÇÃO DE TENSÃO: É uma série de variações na tensão, podendo ser regular ou não.
- d) FLICKER: É a impressão visual de uma variação na luminosidade, regular ou não, podendo dependendo do grau, causar irritações à visão do ser humano.

4-PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

O princípio de funcionamento de um aparelho de Raios X se dá através do seguinte conceito:

Quando o corpo metálico é atingido por um elétron livre, se deslocando em alta velocidade, há emissão de raios X.

N.Documento: Categoria: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página: 239 Instrução 1.1 Ronaldo Antônio Roncolatto 10/09/2003 2 de 11



Tipo de Documento:	Orientação Técnica
--------------------	--------------------

Área de Aplicação: Distribuição

Título do Documento:

Critério para Atendimento a Aparelho de Raio X

UN Distribuição

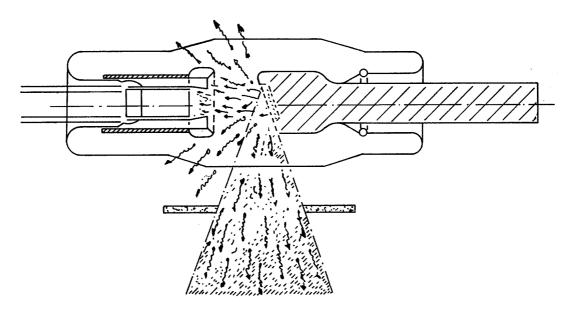


Figura 1

O deslocamento destes elétrons livres, em alta velocidade, se faz através de duas etapas contidas no funcionamento do aparelho, que são:

Etapa 1 - Aquecimento do Filamento

Esta etapa inicia o processo. Ao se aplicar a tensão da rede no filamento que compõe o cátodo do aparelho, circulará uma corrente, denominada corrente de filamento, provocando seu aquecimento. Em conseqüência, os elétrons periféricos tornam-se livres, originando uma nuvem de elétrons livres em torno do filamento (Vide Figura 2).

Neste instante os primeiros elétrons já estão prontos para se deslocarem.

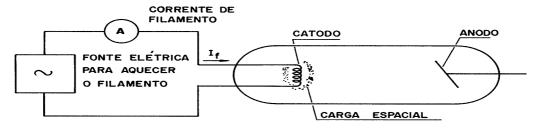


Figura 2

N.Documento: Categoria: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página: 239 Instrução 1.1 Ronaldo Antônio Roncolatto 10/09/2003 3 de 11



UN Distribuição

Tipo de Documento:	Orientação Técnica
--------------------	--------------------

Área de Aplicação: Distribuição

Título do Documento: Critério para Atendimento a Aparelho de Raio X

Etapa 2 - Formação do Campo Elétrico - Deslocamento dos Elétrons

Para o deslocamento de elétrons do cátodo para o ânodo, é necessário um alto campo elétrico entre estes dois pontos, a fim de proporcionar a locomoção em alta velocidade.

Desta forma, aplica-se entre o cátodo e o ânodo uma diferença de potencial (corrente contínua), da ordem de dezenas de kilovolts, criando-se um campo elétrico capaz de atrair os elétrons livres em volta do filamento, surgindo assim à circulação de uma corrente anódica, da ordem de miliamperes no interior do tubo do aparelho. (Vide Figura 3).

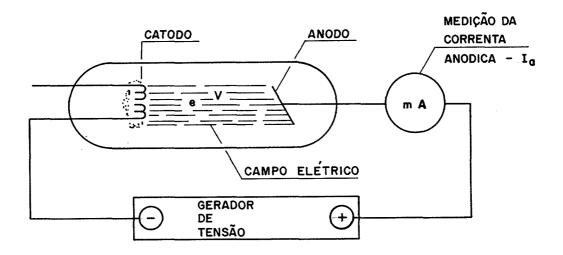


Figura 3

A corrente anódica é função do campo elétrico (que por sua vez é função da tensão entre ânodo e cátodo) e também da temperatura do filamento.

Apesar da corrente anódica (la) ser uma corrente de baixo valor, o aparelho de Raio X é considerado uma carga especial, devido a alta tensão aplicada entre ânodo e cátodo, proporcionando uma elevada potência absorvida da rede e também ao seu regime de funcionamento.

N.Documento: Categoria: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página: 1.1 Ronaldo Antônio Roncolatto 10/09/2003 4 de 11



Área de Aplicação: Distribuição

Título do Documento: Critério para Atendimento a Aparelho de Raio X

UN Distribuição

5- REGIME DE FUNCIONAMENTO DOS APARELHOS DE RAIO X

O regime de funcionamento de um aparelho de Raio X está dividido basicamente em três tipos.

5.1- REGIME DE EXPOSIÇÕES SEGUIDAS -RITMO LENTO

É o caso da radiografia em geral, onde há a tomada de várias chapas com um intervalo entre uma posição e outra em torno de 50 segundos. Este tempo depende do tipo de aparelho usado e o seu valor mínimo deverá ser fornecido pelo usuário.

5.2- REGIME DE EXPOSIÇÕES SEGUIDAS - RITMO RÁPIDO

É o caso técnica chamada seriografia rápida, utilizando um trocador de filmes ou uma câmara fotográfica rápida, podendo se obter uma série de 5 a 30 exposições num tempo de 10 a 30 segundos.

5.3- REGIME DE CINE - PULSE

A técnica de cine - pulse consiste em se utilizar o gerador de Raio X sincronizado a uma filmadora, de maneira a fazer uma pequena exposição para cada imagem do filme. Dependendo do aparelho utilizado, pode-se ter filmagens de 10 segundos a uma velocidade de 60 imagens por segundo.

6- FATOR CARACTÉRISTICO (f)

O fator característico de um aparelho de Raio X relaciona a potência do tubo com a corrente e tensão anódica, variando seus valores de acordo com o regime de funcionamento do aparelho, ou seja:

TIPO DE GERADOR	FATOR CARACTERÍSTICO (f)	
Até duas pulsações	0,73	
Até seis pulsações	0,95	
Até doze pulsações	0,98	
Pulsações contínuas	1,00	



Área de Aplicação: Distribuição

Título do Documento:

Critério para Atendimento a Aparelho de Raio X

UN Distribuição

7- DEMANDA DO APARELHO DE RAIO X

A demanda absorvida pelo aparelho de Raio X da rede é dada por:

$$Srx = f x la x Va x 10^{-3} (1)$$

Onde:

f = fator característico determinado de acordo com a tabela do item 6.

NOTA: caso f não seja disponível, utilizar f =1.

la = corrente anódica (mA) do aparelho de Raio X obtida na placa de identificação do equipamento.

Va = tensão anódica (kV) do aparelho de Raio X obtida na placa de identificação do equipamento.

Srx = potência aparente ou demanda (kVA) absorvida da rede pelo aparelho de Raio X. Este valor será usado para o dimensionamento da rede (trafo e cabos).

OBSERVAÇÃO:

O fator de potência de um aparelho de Raio X é considerado aproximadamente 0,8 indutivo.

Desta forma, se na placa de identificação estiver contido somente a potência em kW do aparelho, basta fazer:

Onde

P = potência do aparelho em kW, obtida na placa de identificação.

FP = fator de potência do aparelho obtido na placa de identificação. Caso não seja disponível considerar FP = 0,8.

8- EFEITO CAUSADO PELO APARELHO DE RAIO X

Os aparelhos de Raio X quando acionados, causam na rede de distribuição flutuações rápidas de tensão, podendo ou não ocasionar o efeito "flicker", dependendo do seu regime de funcionamento e das condições da rede de energia elétrica.

	Tipo de Documento:	Orientação Técnica
	Área de Aplicação:	Distribuição
CPFL	Título do Documento:	Critério para Atendimento a Aparelho de Raio X
UN Distribuição		

O módulo do valor da flutuação de tensão é função da potência absorvida de acordo com a equação (1) do item anterior, e das condições da rede elétrica (Vide item 9).

9- DETERMINAÇÃO DA FLUTUAÇÃO DE TENSÃO

Consideremos o seguinte circuito:

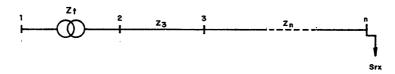


Figura 4

A flutuação de tensão provocada pela demanda (Srx) absorvida pelo aparelho de Raio X será:

$$VB - (Zt + Z3 + ... + Zn) \times Irx$$

 $DV = ---- \times 100$ (3)

Para aparelhos de Raio X trifásicos:

Srx Com: Irx =
$$\frac{10^{-3} \text{ (A)}}{V_3 \text{ x VB}}$$

Para aparelhos de Raio X bifásicos e monofásicos:

$$Srx$$
 $Irx = ---- x 10^{-3} (A)$
 VB
(5)

Onde:

DV = módulo da flutuação de tensão em %.

1,2,...,n = barras do circuito em que se definem alterações físicas do circuito, como mudanças de bitolas ou pontos onde se queira calcular a flutuação de tensão.

Zt = impedância do transformador (Ohm).

Z3,...,Zn = impedância dos trechos (Ohm) de acordo com as características ôhmicas dos cabos utilizados.

N.Documento: Categoria: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página: 239 Instrução 1.1 Ronaldo Antônio Roncolatto 10/09/2003 7 de 11



Área de Aplicação: Distribuição

Título do Documento: Critério para Atendimento a Aparelho de Raio X

UN Distribuição

VB = tensão nominal do sistema (V) da seguinte forma:

- VB = 127 V para sistema em 220 Volts e aparelhos de Raio X monofásico (fase-neutro).
- VB = 220 V para sistema em 220 Volts e aparelhos de Raio X bifásico ou trifásico.
- VB = 220 V para sistema em 380 Volts e aparelhos de Raio X monofásico (fase-neutro)
- VB = 380 V para sistema em 380 Volts e aparelhos de Raio X bifásico ou trifásico.

Irx = corrente absorvida pelo aparelho de Raio X (A).

Srx = potência aparente (kVA) absorvida pelo aparelho de Raio X.

OBSERVAÇÃO:

- A barra 1, ou seja, o primário do transformador de distribuição, será considerada como um barramento infinito.
- Para a análise de atendimento de aparelhos de Raio X, foi desenvolvido dentro do programa computacional "CE", o qual fornece as flutuações de tensão em todas as barras do sistema.

10- CRITÉRIO PARA ATENDIMENTO

Na presente norma, a limitação da flutuação de tensão não será proporcional ao regime de operação do aparelho de Raio X, haja visto a dificuldade de se determinar o número de radiografias por unidade de tempo, pois este dado na maioria absoluta dos casos é determinado por fatores sem controle, tais como:

- conhecimento do usuário em relação ao aparelho de Raio X.
- número de pacientes, por unidade de tempo, que entram na clínica para ser radiografados.
- etc.

Assim, será definido como máxima flutuação de tensão, o valor:

Dvmáx = 3%



Área de Aplicação: Distribuição

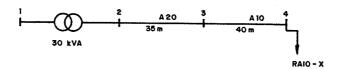
Título do Documento:

UN Distribuição

Critério para Atendimento a Aparelho de Raio X

11- EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Calcular as flutuações de tensão provocadas pelo aparelho de Raio x na rede abaixo:



- dados do aparelho de Raio X

gerador: até doze pulsos

tensão anódica: Va = 50 kV

corrente anódica: la = 320 mA

fator característico: f = 0.73

A seguir será apresentada a folha de resposta gerada pelo programa "CE".

LISTAGEM DOS RESULTADOS

DEQ/DEQQ - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DA DISTRIBUIÇÃO CARGA ESPECIAL APARELHO DE RAIO-X

RESULTADOS OBTIDOS:

TR	ECHO	CABO	COMP(M)	TENSÃO (V)	FLUT (%)
1	TR			220.0	
1	2			217.4	1.17
2	3	A20	35	216.0	1.81
3	4	A10	40	214.0	2.73

CAPACIDADE DO TRANSFORMADOR (kVA): 30

APAREL. RAIO-X: TENSÃO DE ALIMENTAÇÃO (V): 220.0

POTÊNCIA (kVA): 11.68
TENSÃO ANÓDICA (kV): 50.00
CORRENTE ANÓDICA (mA): 320.00
FATOR CARACTERÍSTICO (f): .73

N.Documento: Categoria: Versão: Aprovado por: Data Publicação: Página: 239 Instrução 1.1 Ronaldo Antônio Roncolatto 10/09/2003 9 de 11

^{*} FLUTUAÇÃO DE TENSÃO MÁXIMA PERMISSIVEL = 3%



Área de Aplicação: Distribuição

Título do Documento: Critério para Atendimento a Aparelho de Raio X

UN Distribuição

12- MEDIDAS CORRETIVAS

A medida corretiva para o atendimento de um aparelho de Raio X se faz pelo aumento da potência de curto circuito disponível no ponto de instalação do aparelho, diminuindo a impedância equivalente do circuito.

Ou seja:

- a) recondutoramento da rede secundária por cabos de bitola maior.
- b) aumento da capacidade do transformador.
- c) divisão do circuito, locando o consumidor o mais próximo possível do transformador.

13- DADOS A SEREM FORNECIDOS PELO CONSUMIDOR

Vide Anexo I.



Área de Aplicação: Distribuição

Título do Documento:

Critério para Atendimento a Aparelho de Raio X

UN Distribuição

ANEXO I

AIVEXO I	
NECIDOS PELO CONSUMIDOR:	
() 2 fases	()1 fase
m aparelho de Raio X, preencher uma foll	na para cada unidade.
anexar junto a esta folha catálogos do fabi	ricante do aparelho.
RESPONSÁVEL P Nome: Telefone:	ELAS INFORMAÇÕES Ramal:
	() 2 fases () 2 fases O Gerador I do item 6) Im aparelho de Raio X, preencher uma folitanexar junto a esta folha catálogos do fabrilization (Company). RESPONSÁVEL P Nome:

N.Documento:
239Categoria:
InstruçãoVersão:
1.1Aprovado por:
Ronaldo Antônio RoncolattoData Publicação:
10/09/2003Página:
11 de 11