

Sistemas de Automação

Segurança eléctrica e desempenho

João Luz Costa
API - Junho 2004

Tópicos

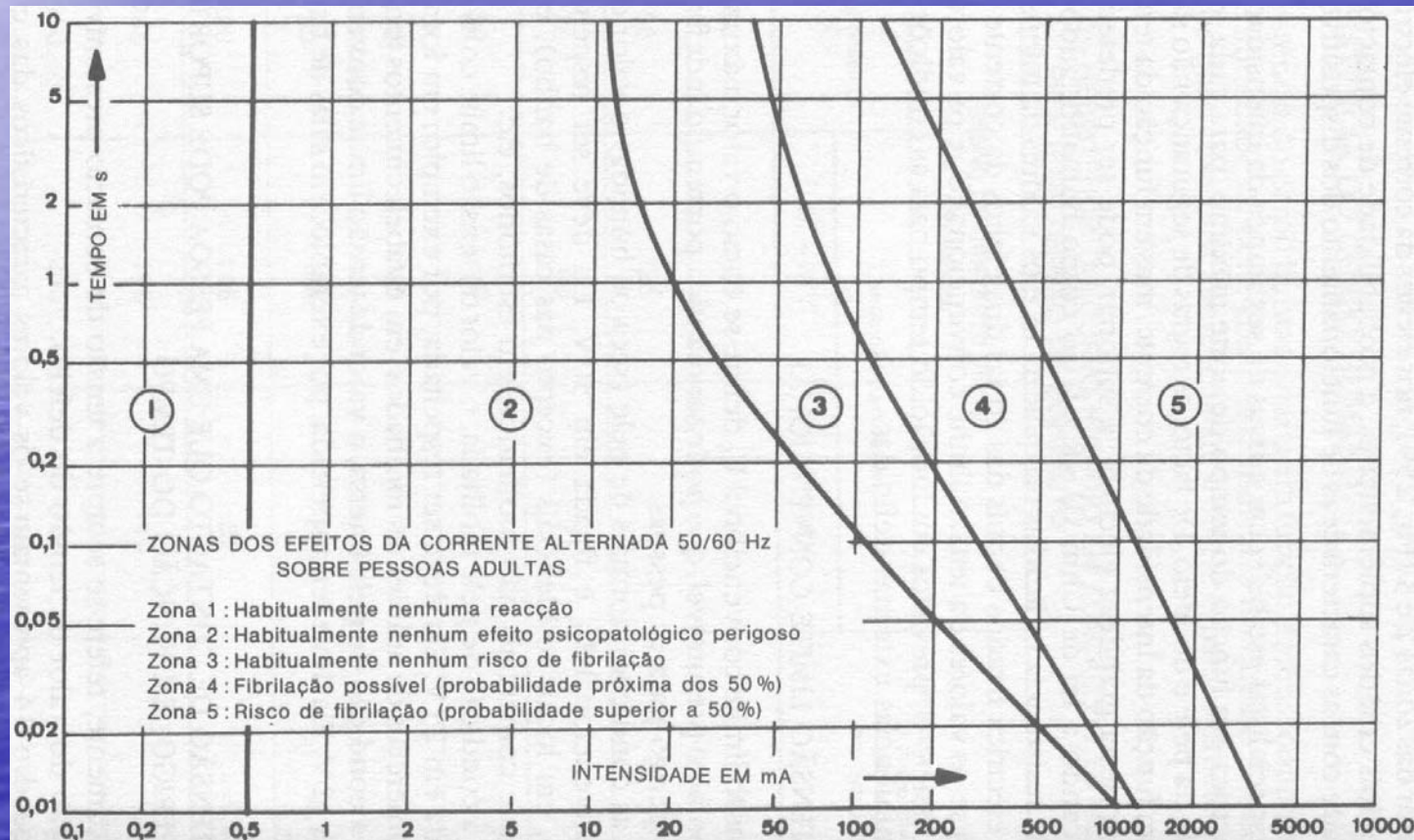
- Segurança
- Características principais
- Compatibilidade electromagnética (CEM)
- Desempenho

Perigos em sistemas de automação

- Choque eléctrico
- Temperaturas excessivas
- Radiação
- Energia armazenada
- Perigos mecânicos
- Fogo (geração e propagação)

Choque eléctrico

- O choque eléctrico resulta da passagem da corrente pelo corpo humano.



Choque eléctrico

tipos de tensões

- **Parte activa** – parte condutora que está submetida a uma tensão
- **Parte activa perigosa** – Parte condutora que está submetida a uma tensão que excede 42,4 Vdc ou de pico (ou 30 Vac)
- **Tensão baixa (ELV)** – “extra-low voltage” é uma tensão que não excede 42,4 Vdc ou de pico (30 Vac) entre condutores ou entre condutores e a terra
- **Tensão baixa de segurança (SELV)** – “safety extra-low voltage” é uma tensão que não excede 42,4 Vdc ou de pico (30 Vac) entre condutores ou entre condutores e a terra e se fornecida a partir da rede de alimentação deverá ser obtida a partir de um transformador de enrolamentos separados, cujo isolamento obedece ao isolamento duplo ou reforçado

Choque eléctrico

tipos de isolamentos

- **Isolamento funcional** – isolamento entre partes condutoras com potencial diferente que é necessária para o funcionamento do equipamento
- **Isolamento principal (ou básico)** – isolamento aplicado a partes activas para protecção contra o choque eléctrico
- **Isolamento suplementar** – isolamento independente aplicado adicionalmente ao isolamento principal de modo a fornecer protecção contra o choque eléctrico no caso de falha do isolamento principal
- **Isolamento duplo** – isolamento principal + suplementar
- **Isolamento reforçado** – isolamento único aplicado a partes activas que fornece um grau e protecção equivalente ao isolamento duplo

Choque eléctrico

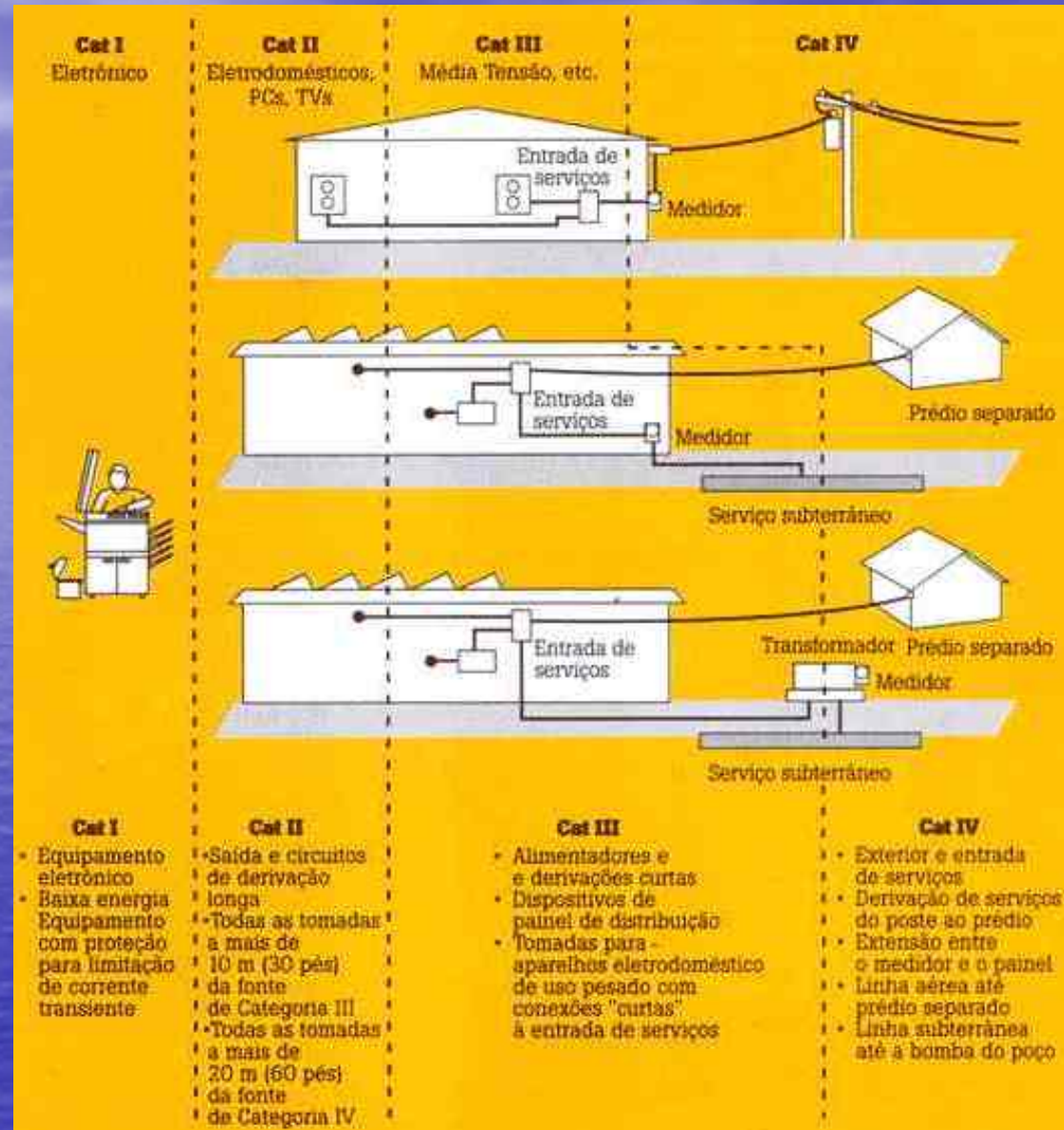
classes de isolamento

- Classe de isolamento consiste no modo como num equipamento é feita a protecção contra o choque eléctrico
- **Classe I** – equipamento no qual a protecção contra o choque eléctrico não depende unicamente do isolamento principal, mas inclui uma protecção adicional, em que todas as partes condutoras acessíveis estão ligadas ao circuito de terra de protecção
- **Classe II** – equipamento no qual a protecção contra o choque eléctrico não depende unicamente do isolamento principal, mas inclui uma protecção adicional, como a existência de isolamento duplo ou de isolamento reforçado
- **Classe III** – equipamento no qual a protecção contra o choque eléctrico depende da alimentação a partir de uma tensão baixa de segurança (“safety extra-low voltage” - SELV) e no qual não são geradas tensões maiores que SELV

Choque eléctrico

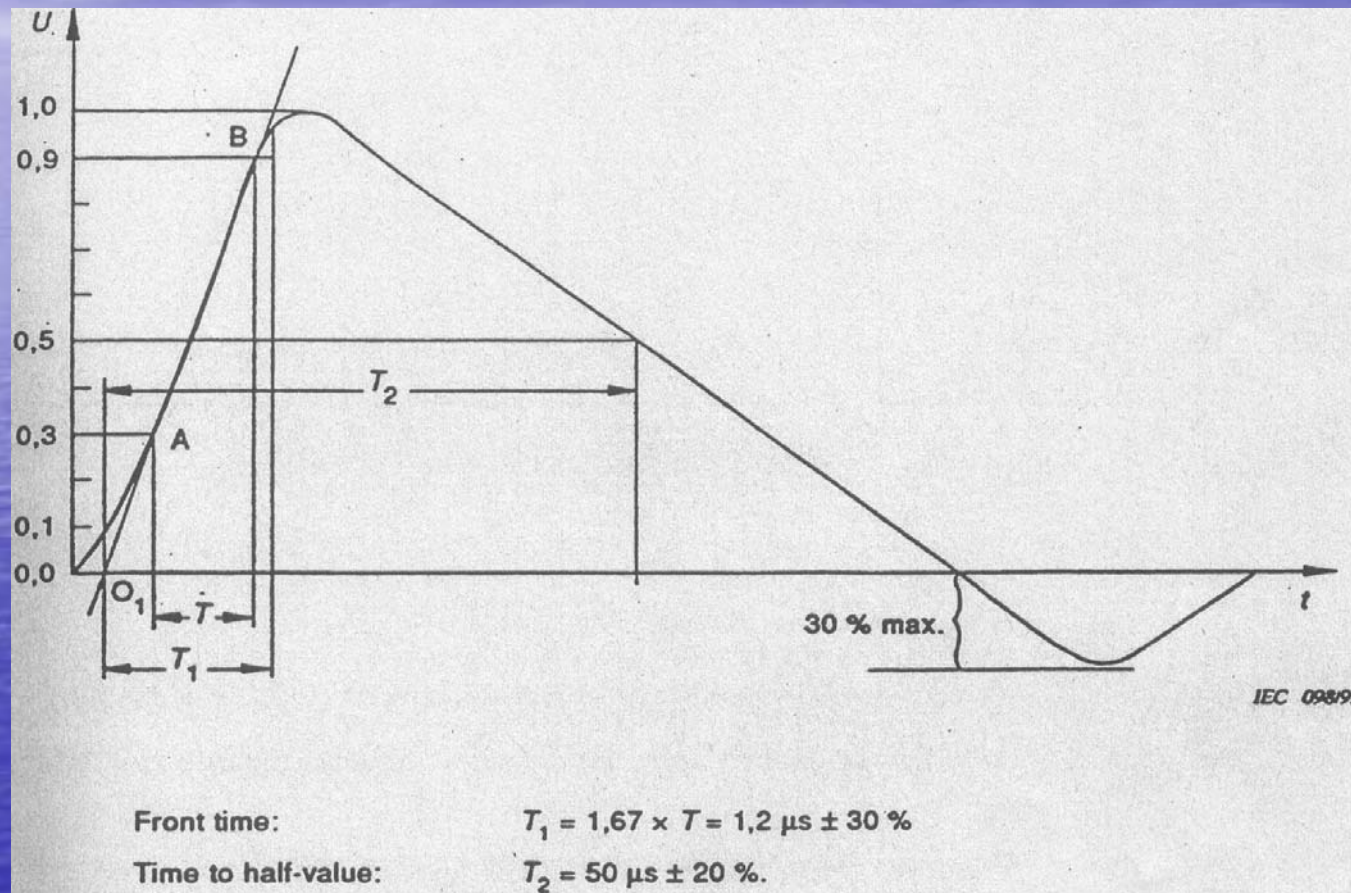
categorias de sobretensões

- As categorias de sobretensões têm a ver com o aparecimento de sobretensões no equipamento provocadas por descargas atmosféricas ou comutação de aparelhos na rede eléctrica. Depende da localização do equipamento na rede eléctrica
- **Categoria IV** – equipamento que se encontra na origem da instalação
- **Categoria III** – equipamento que tipicamente se encontra dentro de edifícios e que faz parte da instalação eléctrica fixa
- **Categoria II** – equipamento que se encontra ao nível do consumo (ao nível do utilizador). É o caso típico de autómatos e sistemas a ele ligados alimentados a partir da rede de energia
- **Categoria I** – equipamento ligado a circuitos em que foram tomadas precauções especiais para a limitação das sobretensões. É o caso de circuitos electrónicos alimentados a partir de transformadores



Choque eléctrico

onda de choque



Choque eléctrico

distância no ar e linha de fuga

- **Distância no ar ("clearance")** – é a mínima distância entre 2 partes condutoras ou uma parte condutora e uma superfície acessível
- **Linha de fuga ("creepage distance")** – é a mínima distância ao longo de uma superfície entre 2 partes condutoras ou uma parte condutora e uma superfície acessível

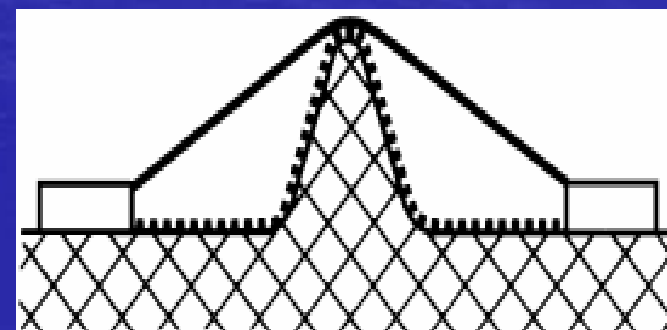
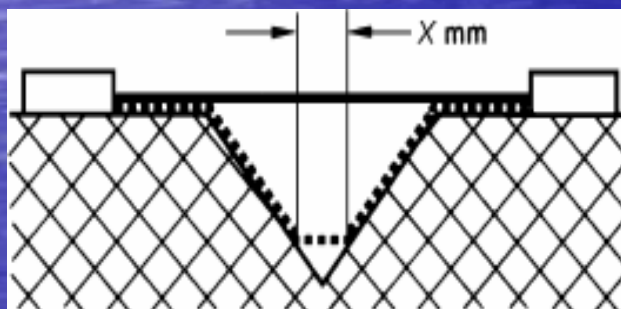
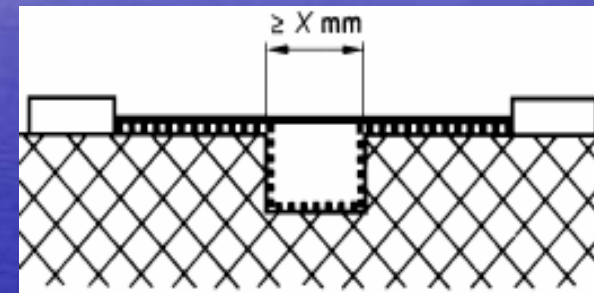
Choque eléctrico

grau de poluição

- O grau de poluição é uma medida da quantidade depositada de sujidade e detritos que um equipamento eléctrico sofre ao longo do tempo. O nível do grau de poluição influencia directamente a distância mínima que deverá existir entre 2 partes condutoras.
- **Grau de poluição I** – não ocorre poluição ou apenas existe poluição não condutora. É o caso de sistemas herméticos
- **Grau de poluição II** – apenas existe poluição não condutora, exceptuando quando ocorre ocasionalmente condensação. É geralmente o caso considerado em sistemas de automação
- **Grau de poluição III** – apenas existe poluição não condutora, mas que se pode tornar condutora de vido à ocorrência de condensação
- **Grau de poluição IV** – existe poluição condutora persistente

Exemplos de distâncias no ar e de linhas de fuga

Pollution degree (see 2.10.1)	X mm
1	0,25
2	1,0
3	1,5



Mínimas distâncias no ar

Rated voltage of circuit U_e (note 1) V a.c. r.m.s. or V d.c.		Rated impulse withstand voltage (notes 2 and 3) V	Minimum clearance mm		
For basic and supplementary insulation	For reinforced insulation	At 2 000 m altitude	Pollution degree		
			1	2	3
$0 < U_e \leq 50$		500	0,06	0,2	0,8
$50 < U_e \leq 100$	$0 < U_e \leq 50$	800	0,12	0,2	0,8
$100 < U_e \leq 150$	$50 < U_e \leq 100$	1 500	0,8	0,8	0,8
$150 < U_e \leq 300$	$100 < U_e \leq 150$	2 500	2,0	2,0	2,0
$300 < U_e \leq 600$	$150 < U_e \leq 300$	4 000	3,5	3,5	3,5
	$300 < U_e \leq 600$	6 000	6,5	6,5	6,5

- No entanto para o caso de pwb's (printed wiring boards) as distâncias permitidas são bem mais pequenas

Mínimas linhas de fuga

Working voltage V a.c. r.m.s. or V d.c. (note 2)		Pollution degree 1 (note 3)	Creepage distances (note 4) mm					
			Pollution degree 2			Pollution degree 3		
			Material group			Material group		
			I	II	IIIa, IIIb	I	II	IIIa, IIIb
Basic and supplementary insulation	$0 < U_e \leq 50$	0,18	0,6	0,85	1,2	1,5	1,7	1,9
	$50 < U_e \leq 100$	0,25	0,71	1,0	1,4	1,8	2,0	2,2
	$100 < U_e \leq 160$	0,32	0,8	1,1	1,6	2,0	2,2	2,5
	$160 < U_e \leq 320$	0,75	1,6	2,2	3,2	4,0	4,5	5,0
	$320 < U_e \leq 630$	1,8	3,2	4,5	6,3	8,0	9,0	10,0
	$630 < U_e \leq 1\ 000$	3,2	5,0	7,1	10,0	12,5	14,0	16,0
								(note 5)
Reinforced insulation	$0 < U_e \leq 50$	0,25	0,71	1,0	1,4	1,8	2,0	2,2
	$50 < U_e \leq 100$	0,42	1,0	1,4	2,0	2,5	2,8	3,2
	$100 < U_e \leq 160$	0,75	1,6	2,2	3,2	4,0	4,5	5,0
	$160 < U_e \leq 320$	1,8	3,2	4,5	6,3	8,0	9,0	10,0
	$320 < U_e \leq 630$	4,2	6,3	9,0	12,5	16,0	18,0	20,0
	$630 < U_e \leq 1\ 000$	7,5	10,0	14,0	20,0	25,0	28,0	32,0
								(note 5)

Temperaturas excessivas

- Temperaturas excessivas podem provocar:
 - queimaduras ou outros contactos desagradáveis para os utilizadores – pode haver acções involuntárias perigosas por parte dos utilizadores
 - envelhecimento prematuro dos isolamentos com a consequente degradação

Desempenho de sistemas de automação

requisitos gerais

- Os autómatos e circuitos periféricos deverão ser sujeitos a um conjunto de ensaios durante os quais não deverá haver:
 - destruição do hardware
 - modificação da execução do software
 - modificação não intencional de informação armazenada em memória
 - comportamento errático do sistema
 - desvio fora de determinados limites dos valores de entradas e saídas analógicas
 - funcionamento de acordo com os procedimentos de verificação de funcionamento (PFVPs) fornecidos pelo fabricante

Desempenho de sistemas de automação

testes

- **Climáticos:**
 - calor seco (+70°C)
 - frio (-25°C)
 - variações de temperatura
 - ensaios cíclicos
- **Mecânicos:**
 - vibração (sinusoidal)
 - choque (15g)
 - queda livre (só equipamentos móveis e portáteis)
 - queda livre (utilizando embalagem do fabricante)
 - impacto (associado ao transporte e armazenamento)

Desempenho de sistemas de automação

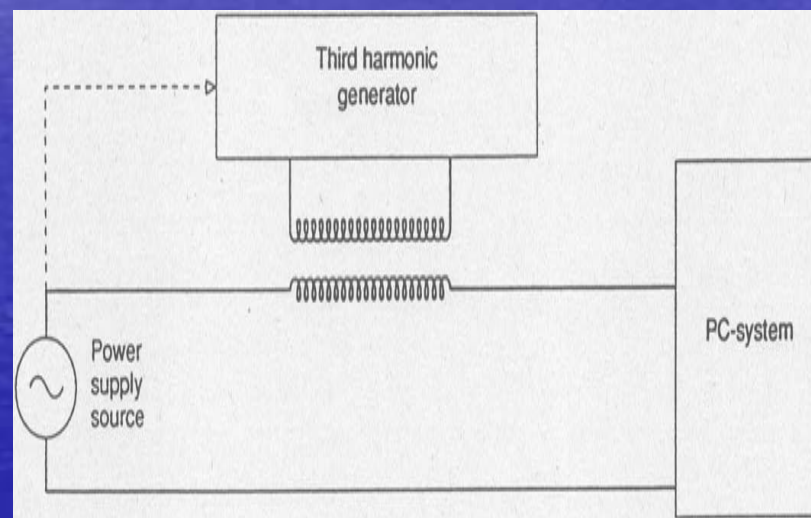
testes

- **Compatibilidade electromagnética (CEM)**
 - **imunidade (ou susceptibilidade)**
 - descargas electrostáticas (8 kV ou 15 kV)
 - campo radiado (de 27 MHz a 500 MHz, 10 V/m)
 - transitórios rápidos (“bursts”)
 - fontes de alimentação: 2 kV, 2,5kHz
 - I/O digitais $\geq 24V$: 1 kV, 5kHz
 - I/O digitais $< 24V$: 250 V, 5kHz
 - oscilação amortecida (1 MHz)
 - **emissão**
 - os autómatos e sistemas associados emitem perturbações electromagnéticas (conduzidas e radiadas) que deverão estar dentro de certos limites, mas que não tem a ver com o desempenho dos equipamentos

Desempenho de sistemas de automação

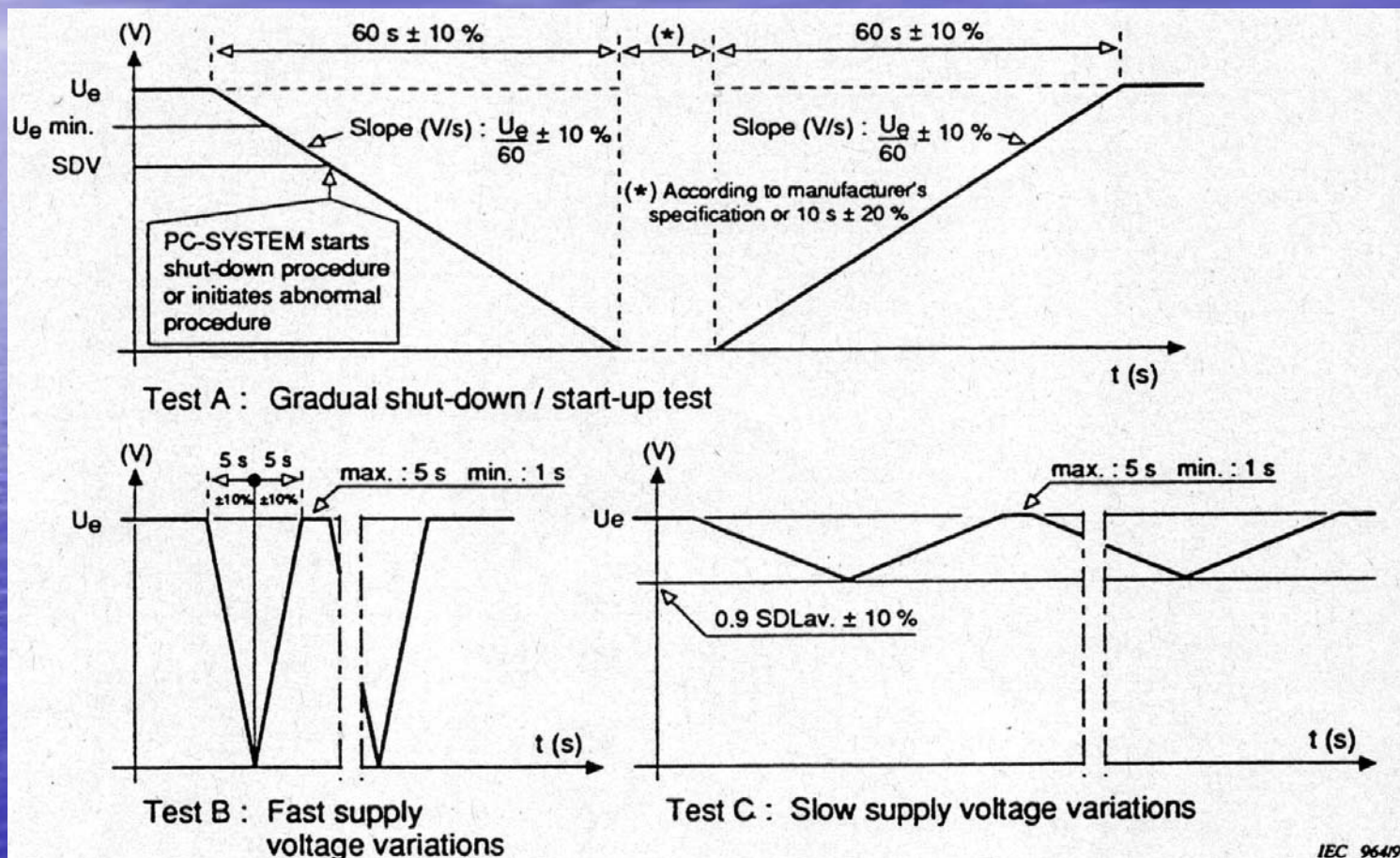
testes

- Características das fontes de alimentação
 - 3ª harmónica (10% do valor da tensão de alimentação)
 - interrupção momentânea
 - 1/2 período no caso AC
 - 10 ms no caso DC
 - “shut-down/start-up” súbitas
 - “shut-down/start-up” com variações graduais ($V_{\text{alimentação}} / 60$)
 - inversão de polaridade



Desempenho de sistemas de automação

testes



Regras a considerar no desenho de sistemas de automação

- Prevenção de arranque automático não controlado de um sistema
- Detecção do posicionamento das protecções móveis
- Comando do movimento de cilindros hidráulicos e pneumáticos
- Uso de barreiras luminosas e monitorização de peças em movimento
- Travagem de motores com comando electrónico
- Mecanismos de descarga de energia acumulada
- Para funções I/O o uso de redundância mecânica ou independente do autómato pode ser aconselhada
- Circuitos de paragem independentes do autómato, de modo a assegurar que condutores partidos ou contactos corroídos não comprometam a segurança

Controlo de sistemas de automação paragem

- Num autómatos e periféricos, o maior risco é devido ao perigo de choque eléctrico. Porém num sistema completo o perigo mecânico é determinante
- Tipos de paragem
 - **categoria 0:** paragem devida à remoção imediata de energia dos actuadores
 - **categoria 1:** paragem controlada com energia retirada dos actuadores apenas após se ter efectuado a paragem
 - **categoria 2:** paragem controlada com energia nos actuadores mesmo após se ter efectuado a paragem

Controlo de sistemas de automação paragem de emergência

- Deverá ter prioridade sobre todas as outras funções
- Deverá ser uma paragem de categoria 0 ou 1, conforme a avaliação do risco em causa
- Se for utilizada a categoria 0, a paragem apenas poderá ser feita utilizando componentes electromecânicos ⇒ não se pode utilizar um autómato (ou quaisquer componentes electrónicos)
- Se for utilizada a categoria 1, a remoção final da energia dos actuadores deverá ser sempre assegurada por meios electromecânicos

Controlo de sistemas de automação paragem de emergência

- A actuação de um botão de paragem de emergência deverá provocar a abertura do respectivo circuito (bem como em todas as funções críticas de segurança, como o caso de interruptores de fim-de-curso)
- A reinicialização do sistema após uma paragem de emergência só poderá acontecer após todos os botões de paragem de emergência que actuaram tiverem sido restaurados manualmente e se tiver actuado um comando independente

Conclusão

- Em sistemas de automação a avaliação dos riscos eléctricos e dos riscos mecânicos deve sempre ser tomada em consideração no desenho e selecção do "hardware" e na implementação do "software"
- O desempenho do sistema não poderá ser afectado, para além de certos limites, no caso da existência de perturbações externas