Perturbações em sistemas de energia

Impacto dos problemas da qualidade da energia nas instalações eléctricas.

Estratégias para a resolução dos problemas

Apresentação da empresa

- Equipamentos para verificação da qualidade da energia e da onda de tensão
- Equipamento para verificação das instalações eléctricas
- Equipamento para medidas eléctricas, gestão de energia e telecontagem
- Sistemas integrados para qualidade e gestão de energia
- Inspecções, auditorias, consultoria na qualidade da energia, na qualidade das instalações e gestão de energia
- Sistemas e soluções para imunizar as instalações contra perturbações na qualidade da energia
- Formação

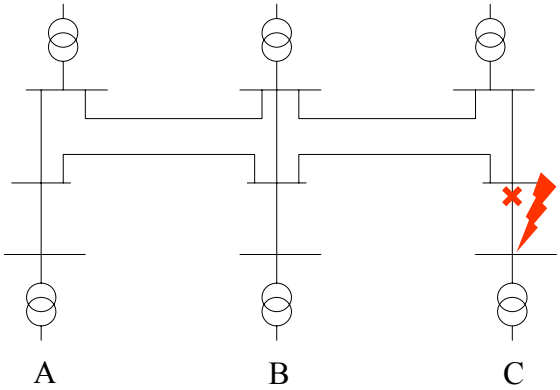
Natureza especial do produto electricidade

- Não pode ser armazenado – é produzido ao mesmo tempo que é consumido.
- Para consumidores diferentes a definição de qualidade é muito diferente
- A qualidade pode ser afectada pelo fornecedor, pelo distribuidor ou pelo cliente
- Os acidentes na rede de distribuição tem um forte impacto na qualidade da electricidade
- Estes acidentes são imprevisíveis e frequentes

Causas para as perturbações em sistemas de energia

- Factores atmosféricos (descargas atmosféricas, ventos fortes...)
- Acidentes (gruas, escavações...)
- Aves
- Fogos florestais, contacto com árvores
- Acidentes em clientes
- Envelhecimento das redes (quebra de isoladores, avarias em seccionadores...)
- Erros de operação
- ....

Causas para as perturbações em sistemas de energia



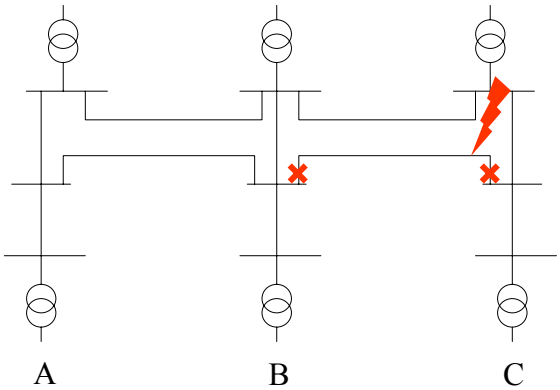
C – Interrupção

B – Perturbação (Cava) profunda

A – Perturbação (Cava) ligeira

A Cava em A e B vai durar entre 0,1 e 0,5 segundos

Causas para as perturbações em sistemas de energia



B e C– Perturbação (Cava) profunda

A – Perturbação (Cava) ligeira

Cava em A, B e C vai durar entre 0,4 e 0,8 segundos

Consequências

As principais perturbações nas redes de distribuição de energia são:

- Interrupções
- Cavas

A produtividade das empresas é directamente afectada por estes eventos. De que instrumentos dispomos para reduzir (ou anular) os efeitos destas perturbações?

Quadro normativo e regulamentar

- NP EN50160
  - Norma europeia para a qualidade da onda de tensão. Define o que são perturbações e estabelece alguns limites
- O Regulamento da Qualidade de Serviço (RQS)
  - Dá enquadramento legislativo às normas existentes
  - Estabelece penalidades por não cumprimento
  - Estabelece padrões de atendimento e bom serviço comercial
- Normas complementares ao RQS
  - Documento técnico complementar.
  - Estabelece procedimentos a observar para cálculo dos indicadores

Indicadores - definições

- A continuidade da alimentação caracteriza-se pelo número e duração das interrupções, existindo diversos índices para a sua avaliação.
- O Regulamento da Qualidade de Serviço (RQS) estabelece que as Empresas de Distribuição e Transporte deverão fornecer anualmente os seguintes indicadores:
  - END Energia não fornecida (MWh)
  - TIE Tempo de interrupção equivalente (min)
  - TIEPI Tempo de interrupção equivalente da potência instalada
  - SAIDI Duração média das interrupções (min/cliente)
  - SAIFI Frequência média das interrupções (Nº/cliente)
  - SARI Tempo médio de reposição em serviço

Interrupções

- Interrupções de curta duração
  - Apesar do RQS não definir valores limites para estas interrupções, o seu número e duração são contabilizados na determinação dos índices SAIDI (duração média das interrupções do sistema) e SAIFI (frequência média de interrupções do sistema). Cerca de 70% das interrupções têm uma duração inferior a 1 seg.
- Interrupções de longa duração
  - O RQS define em função da zona e da rede os limites máximos anuais admissíveis, em número e horas, para estas interrupções

Indicadores					
	MT			BT	
Zona	**TIEPI (horas)** (Tempo de Interrupção Equivalente da Potência Instalada)	**SAIFI (nº)** (Frequência Média de Interrupções do Sistema)	**SAIDI (horas)** (Duração Média das Interrupções do Sistema)	**SAIFI (nº)** (Frequência Média de Interrupções do Sistema)	**SAIDI (horas)** (Duração Média das Interrupções do Sistema)
A	2	3	3	3	4
B	4	6	5	6	8
C	12	9	12	9	14

Zona A: >25000 habitantes; Zona B: 2500-25000 habitantes; Zona C: <2500 habitantes

Número e duração das interrupções longas (> 3 min) por ano								
Zona	MAT		AT		MT		BT	
	Nº	min	Nº	h	Nº	h	Nº	h
A					8	4	12	6
B	3	45	8	4	18	8	23	10
C					30	16	36	20

Zona A: >25000 habitantes; Zona B: 2500-25000 habitantes; Zona C: <2500 habitantes
Caso estes limites sejam ultrapassados as Empresas são obrigadas a compensações

Compensações

- Os valores das compensações a creditar automaticamente pelo distribuidor vinculado, caso se ultrapasse o nº de interrupções, são calculados da seguinte forma:

  $C_N=[(NI-NI_P)]xFC$

  NI nº de interrupções longas não abrangidas pelo nº1 do artigo 13º do RQS*

  NI_P valor padrão das interrupções longas

  FC:

  1,00 € para clientes de baixa tensão, de potência contratada < 20,7 kVA

  5,00 € para os restantes clientes de baixa tensão

  20,00 € para os clientes de média tensão

  100,00 € para os clientes de alta e muito alta tensão

  **Excluem-se casos fortuitos ou de força maior, razões de interesse público, razões de serviço, razões de segurança, acordo com o cliente e facto imputável ao cliente*

Compensações

- Os valores das compensações a creditar automaticamente pelo distribuidor vinculado, caso se ultrapasse a duração total de interrupções, são calculados da seguinte forma:

  $C_D=[(DI-DI_P)]xPCxK_C$

  DI duração total em horas das interrupções longas não abrangidas pelo nº1 do artigo 13º do RQS*

  DI_P valor padrão em horas da duração das interrupções longas

  PC valor médio da potência contratada durante o último ano em kW

  K_C: 0,35 € para clientes BTN

  0,30 € para clientes BTE

  0,28 € para clientes MT

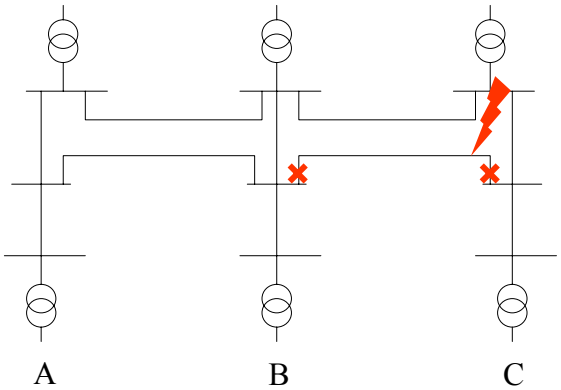
  0,16 € para clientes AT e MAT

  **Excluem-se casos fortuitos ou de força maior, razões de interesse público, razões de serviço, razões de segurança, acordo com o cliente e facto imputável ao cliente*

Compensações

- Compensações não são indemnizações. O impacto económico nas empresas afectadas é nulo
- O impacto económico nas empresas distribuidoras pode ser muito elevado

Perturbações em sistemas de energia



Cada perturbação deste tipo pode ou não originar uma interrupção. Mas o número de consumidores afectado por cavas de tensão é muito elevado

Registo de cavas, 2003 – Instalação industrial alimentada em 30 kV – Marinha Grande

Data e hora	Duração (seg)	Valor extremo(%)
23-2-03 7:50	0,541	84,6
26-2-03 8:50	0,459	83,0
26-2-03 8:54	0,161	86,3
17-3-03 9:10	0,420	87,1
26-3-03 20:27	0,420	86,0
1-4-03 8:25	0,439	83,1
1-4-03 21:25	0,444	87,6
2-4-03 2:27	0,380	88,6
2-4-03 3:23	0,361	88,2
22-4-03 6:56	0,458	86,7
22-4-03 15:55	0,161	85,0
6-5-03 1:12	0,454	87,2
8-6-03 10:00	0,259	41,0
29-6-03 14:52	1,473	79,6
29-6-03 14:55	0,210	83,4
29-6-03 15:34	0,478	80,3
29-6-03 15:55	0,478	78,9
29-6-03 17:03	0,400	83,0
29-6-03 17:07	0,463	82,9
29-6-03 17:08	0,478	81,1
29-6-03 18:27	0,459	82,7
29-6-03 18:32	0,468	78,6
29-6-03 18:40	0,468	82,2
29-6-03 19:14	0,468	83,6
11-7-03 9:10	0,229	76,3
11-7-03 9:10	1,351	43,4
11-7-03 9:10	6,590	110,2
11-7-03 9:13	0,102	78,6
17-7-03 9:02	1,259	84,0

Data e hora	Duração (seg)	Valor extremo(%)
17-7-03 9:03	0,400	88,1
1-8-03 18:32	0,078	81,9
1-8-03 18:32	0,327	65,5
2-8-03 15:11	0,122	47,7
2-8-03 17:47	0,098	85,4
2-8-03 17:47	0,093	87,2
2-8-03 17:54	0,093	72,1
2-8-03 17:56	1,161	69,5
3-8-03 18:26	0,059	87,9
4-8-03 12:02	0,220	87,0
7-8-03 17:37	0,049	86,0
22-8-03 8:00	0,029	89,9
22-8-03 8:17	0,029	88,9
23-8-03 8:01	0,029	89,5
25-8-03 8:53	0,493	7,5
27-8-03 9:03	0,059	82,1
27-8-03 9:06	0,151	68,9
1-9-03 2:56	0,112	87,8
2-9-03 14:23	0,063	78,8
2-9-03 14:24	0,073	83,6
21-9-03 4:33	0,049	87,4
21-9-03 6:08	0,059	85,8
30-9-03 14:28	0,278	11,8
1-10-03 4:13	0,122	88,3
1-10-03 7:33	0,112	87,3
27-10-03 4:55	0,532	87,5
27-10-03 8:01	0,059	87,3
28-10-03 14:15	0,229	87,3
9-11-03 6:45	0,054	86,6

Data e hora	Duração (seg)	Valor extremo(%)
9-11-03 6:45	0,059	86,5
15-11-03 6:50	0,039	87,9
15-11-03 23:39	0,054	87,6
16-11-03 2:01	0,068	87,4
16-11-03 2:55	0,078	86,3
16-11-03 5:31	0,068	87,5
16-11-03 5:43	0,078	86,1
16-11-03 5:43	0,073	87,6
16-11-03 7:27	0,093	85,6
19-11-03 11:00	0,020	88,2
30-11-03 10:28	0,098	88,3
30-11-03 10:59	0,078	88,9
30-11-03 10:59	0,059	89,2
30-11-03 11:00	0,059	89,1
30-11-03 11:02	0,190	88,9
30-11-03 11:10	0,083	88,5
1-12-03 7:59	0,610	20,3
1-12-03 8:38	0,771	83,0
9-12-03 12:30	0,220	86,7
9-12-03 13:05	0,210	88,2
9-12-03 15:47	0,229	85,4
9-12-03 16:31	0,220	86,8
21-12-03 16:34	0,039	89,6
23-12-03 21:59	0,054	85,1

Perturbações relevantes e prováveis

- Flutuação de tensão
- Variação rápida da tensão
- Variação da tensão
- Tremulação
- Severidade da tremulação
- Cava
- Interrupção da alimentação
- Sobretensão temporária
- Sobretensão transitória
- Tensão Harmónica
- Tensão Inter. harmónica
- Desequilíbrio da tensão
- .....
- Harmónicas de corrente

NP EN50160

- Esta norma descreve as características principais, no ponto de entrega ao cliente, da tensão de alimentação por uma rede de distribuição pública em baixa ou média tensão, em condições de exploração normais

Esta norma não se aplica quando:

.....

.....

Condições excepcionais independentes da vontade do fornecedor tais como:

- Condições climatéricas excepcionais
- ....
- Causas de força maior

Características da tensão de alimentação

- Tensão nominal – Un = 230V entre fase e neutro (BT)

- Variação da tensão de alimentação – Não considerando as interrupções, 95% dos valores eficazes médios de 10 min para cada período de uma semana devem situar-se na gama Un ± 10%

Características da tensão de alimentação

- Frequência - Deve ser igual a 50 Hz. Em condições normais o valor médio medido em intervalos de 10m deve estar:
  - Entre 49,5 e 50,5 Hz durante 95% de uma semana
  - Entre 47 e 52 Hz durante 100% de uma semana

Características da tensão de alimentação

- Desequilíbrio das tensões de alimentação – Para cada período de uma semana 95% dos valores eficazes médios de 10 min da componente inversa das tensões, não devem ultrapassar 2% da correspondente componente directa

Características da tensão de alimentação

- Tensão harmónica – Tensão sinusoidal cuja frequência é um múltiplo inteiro da frequência fundamental da tensão de alimentação. A taxa de distorção harmónica

$$THD = \sqrt{\sum_{h=2}^{40} U_h^2}$$ não deve ultrapassar 8%

- Tensão Interharmónica – tensão sinusoidal cuja frequência não é um múltiplo inteiro da fundamental

Características da tensão de alimentação

- Severidade da tremulação (flicker) –
  - Para qualquer período de uma semana, a severidade de longa duração deve ser Plt < 1 durante 95% do tempo

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^{12} \frac{P_{st}^3}{12}}$$

Em que Pst é a severidade de curta duração medida num período de 10 min

Características da tensão de alimentação

- Cava – Abaixamento de tensão de alimentação para:
  - Um valor situado entre 90% e 1% de Uc durante um período entre 10ms e 1 min
- Interrupção da alimentação – Variação de tensão para menos de 1% de Uc
  - Interrupção curta < 3 min – defeito transitório
  - Interrupção longa > 3 min – defeito permanente

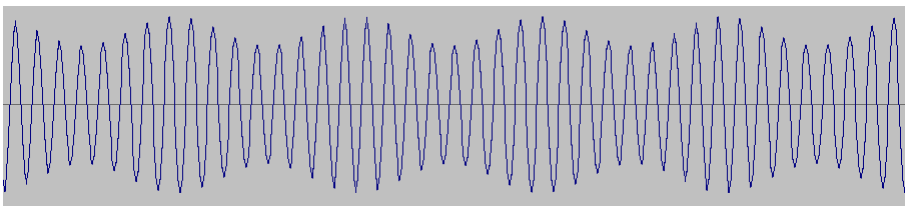
Características da tensão de alimentação

- Sobretensões temporárias – entre condutores activos e a terra
  - Exemplo a falta de neutro de uma instalação
- Sobretensões transitórias – entre condutores activos e a terra
  - Origem – Manobras de comutação e descargas atmosféricas

1 – Tremulação ou flicker

Tremulação (flicker)

A tremulação resulta das flutuações contínuas periódicas da tensão, que são percebidas pelo ser humano como variação das intensidades do fluxo luminoso produzido por lâmpadas.

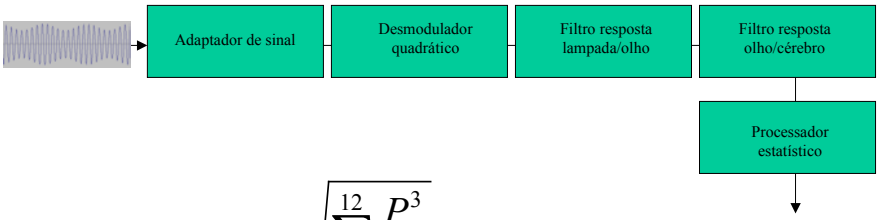


Tremulação (flicker)

A tremulação é gerada por diversos equipamentos. Os fornos de arco (siderurgias) e os geradores eólicos são hoje uma das principais fontes de tremulação.

Não existem consequências especiais para equipamentos ou instalações além do desconforto provocado pela cintilação da iluminação. No entanto como a propagação da tremulação depende dos parâmetros da rede eléctrica, o nível de tremulação dá-nos uma boa imagem sobre a boa adaptação das redes eléctricas às cargas que alimentam

Tremulação (flicker) – Processo de medição



$$P_{lt} = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^{12} \frac{P_{st}^3}{12}}$$

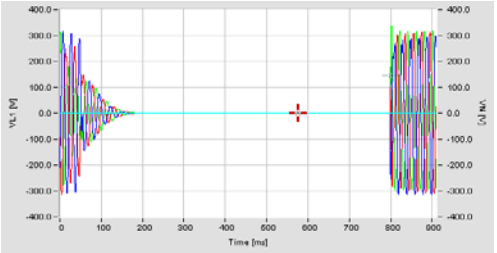
2 – Interrupções

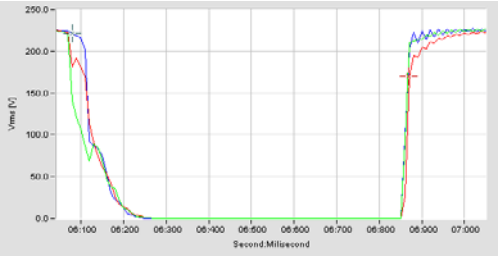
Interrupções

- Interrupções de curta duração
  - O valor eficaz desce abaixo de 1% de Uc
  - Duração inferior a 3 min
- Interrupções de longa duração
  - O valor eficaz desce abaixo de 1% de Uc
  - Duração superior a 3 min

Interrupções

Mostra-se o valor eficaz e o valor instantâneo durante uma interrupção nas três fases





Universidade do Porto
FEUP Faculdade de Engenharia

3 – Cavas

Cavas

- Cava – Abaixamento de tensão de alimentação para:
  - Um valor situado entre 90% e 1% de Uc durante um período entre 10ms e 1 min

Origem das cavas

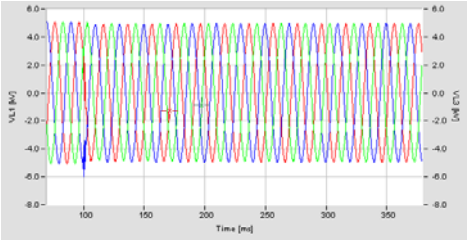
1 – Arranque de uma grande carga

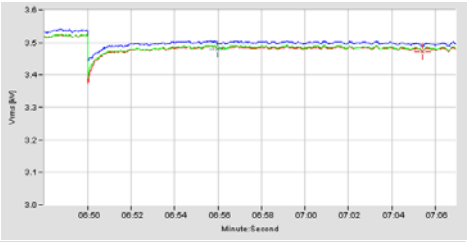
Um motor assíncrono absorve no arranque entre 3 a 6 In. O arranque de um grande motor pode provocar um abaixamento de tensão que pode chegar a cava

Origem das cavas

1 – Arranque de uma grande carga

Representação do valor instantâneo e do valor eficaz da tensão no arranque de um motor de 2 MW num moinho de uma cimenteira. Medida em média tensão





Origem das cavas

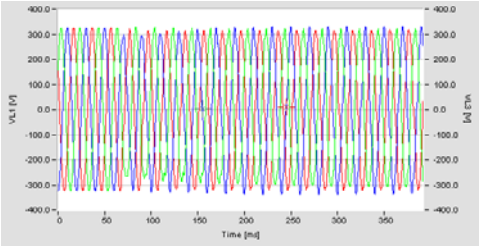
2 – Magnetização de um grande transformador

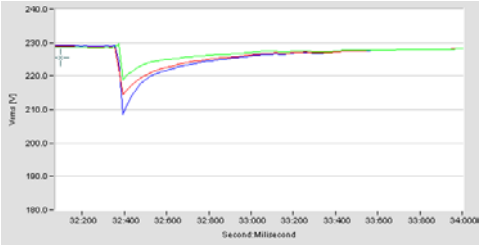
Quando se liga um grande transformador, a corrente necessária para o magnetizar é muito elevada. Os utilizadores ligados nas proximidades, podem sentir uma variação da tensão que em alguns casos cabe na categoria de cavas.

Origem das cavas

2 – Magnetização de um grande transformador

Representação do valor instantâneo e do valor eficaz da tensão no barramento de baixa tensão de uma fábrica cerâmica. Esta curva é típica da queda de tensão originada pela magnetização de um grande transformador na rede de média tensão.





Origem das cavas

3 - Cablagens defeituosas

Por exemplo um aperto defeituoso é uma elevada impedância que origina uma queda de tensão suplementar quando existe uma solicitação de corrente muito elevada

Origem das cavas

4 – Avarias nos reguladores de tensão

O Nível de tensão é regulado automaticamente na distribuição e no transporte por reguladores automáticos. Estes dispositivos são principalmente constituídos por condensadores e e transformadores com tomadas variáveis. Estas avarias são no entanto muito pouco prováveis.

Origem das cavas

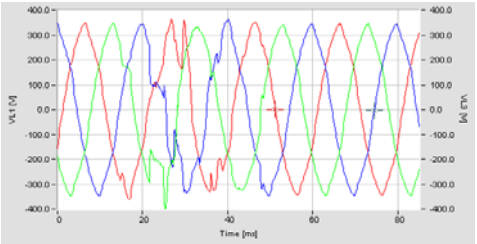
5 – Defeitos e curto circuitos na própria instalação

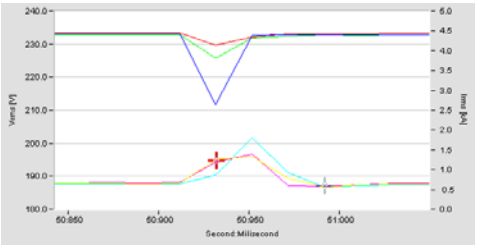
Quando existe um curto circuito num determinado ponto a tensão cai para valores próximo de zero. No barramento a montante a queda de tensão vai depender da impedância do circuito em defeito e do tempo de actuação das protecções de máxima intensidade. A medida efectiva das correntes de curto circuito previstas ajudam a dimensionar correctamente as protecções para reduzir a duração das cavas

Origem das cavas

5 – Defeitos e curto circuitos na própria instalação

Representação do valor instantâneo e do valor eficaz da tensão no barramento de baixa tensão de uma máquina de pasta de papel. Incluímos também o valor eficaz da corrente. Neste caso o defeito foi limitado pela impedância de um cabo muito longo (300 m) e pelo comportamento de um variador de velocidade. O defeito durou cerca de 65 mseg.





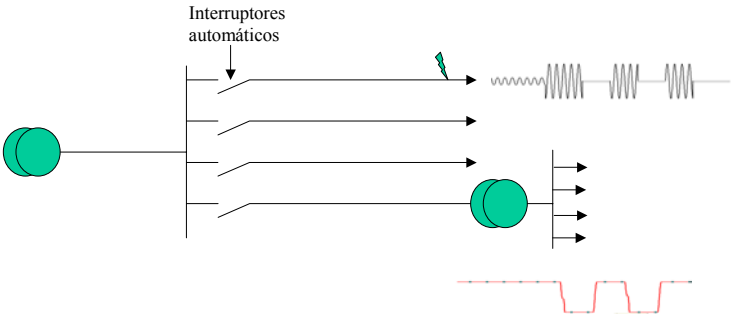
Origem das cavas

6 – Defeitos nas redes de transporte e distribuição

A maior parte destes defeitos são entre uma fase e a terra. Têm como origem raios, gelo e neve, contaminação de isoladores, aves, vento, fogos florestais, contactos acidentais, erros de operação, etc. São muito frequentes e imprevisíveis.

Origem das cavas

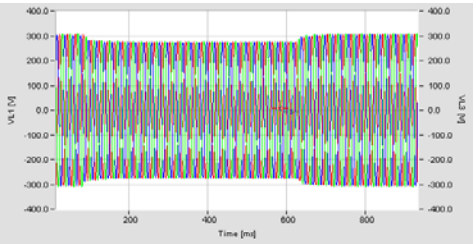
6 – Defeitos nas redes de transporte e distribuição

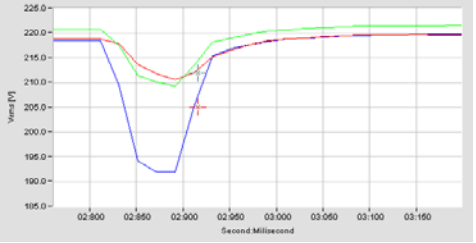


Origem das Cavas

6 – Defeitos nas redes de transporte e distribuição

Representação do valor instantâneo e do valor eficaz da tensão no barramento de baixa tensão numa fábrica de moldes. Esta cava resultou de um defeito na rede de distribuição em média tensão.

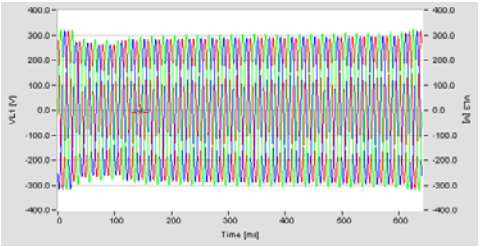


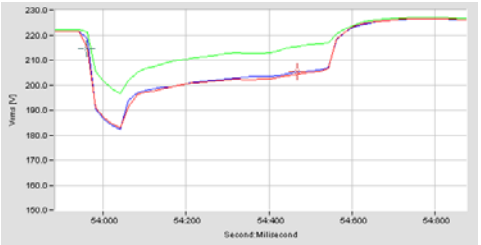


Origem das Cavas

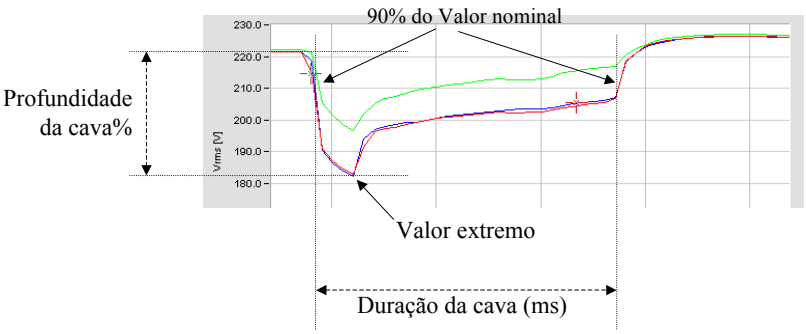
6 – Defeitos nas redes de transporte e distribuição

Representação do valor instantâneo e do valor eficaz da tensão no barramento de baixa tensão numa cimenteira. Esta cava resultou de um defeito na rede de transporte em alta tensão.





Classificação das Cavas

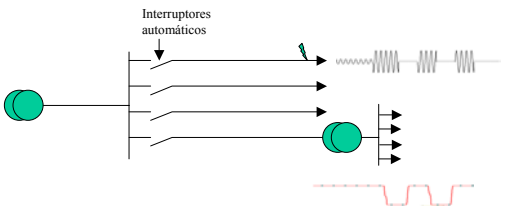


Profundidade das Cavas

Mais de 80% das cavas tem origem em defeitos entre uma fase e a terra. A profundidade de uma cava num dado ponto, depende da impedância (distância e geometria das linhas) entre esse ponto e o defeito. Quanto mais afastado, menor é a profundidade da cava.

Duração das Cavas

- A duração de uma cava de tensão está dependente do tempo de actuação das protecções na rede de média tensão



Duração das Cavas

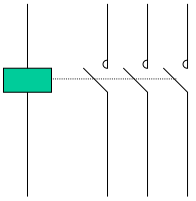
Duração típica	Tipo de protecção
< 20 ms	Os defeitos na rede de média tensão são eliminados por fusíveis
80 ~ 150 ms	Protecção com rearme instantâneo
300 ~ 750 ms	Protecção com rearme temporizado

Sensibilidade dos equipamentos a cavas de tensão

- A sensibilidade dos equipamentos a cavas de tensão varia segundo a tecnologia utilizada e, dentro da mesma tecnologia varia entre diferentes fabricantes. Nas características técnicas do equipamento nunca é referida a sua robustez na presença de cavas de tensão

Sensibilidade dos equipamentos a cavas de tensão

- Relés electromecânicos e contactores



Em muitos casos relés e contactores mudam de estado com uma cava de tensão de 30% a 50% com uma duração superior a 20 ms. Com cavas de 30% com duração superior 600 ms, os relés mudam de estado.

Universidade do Porto
FEUP Faculdade de Engenharia

Sensibilidade dos equipamentos a cavas de tensão

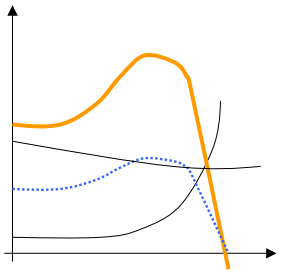
- Lâmpadas de descarga de alta intensidade

As lâmpadas de mercúrio apagam-se com uma cava de 20% de profundidade durante mais 600 ms. Para reacender é necessário algum tempo.

Sensibilidade dos equipamentos a cavas de tensão

- Motores de indução

O binário de uma máquina assíncrona é praticamente proporcional a V^2. O comportamento da máquina depende do binário resistente e do momento de inércia da carga. Um ventilador apresenta um binário resistente de característica quadrática e uma elevada inércia. Neste caso uma flutuação de tensão é irrelevante. Se estivermos na presença de uma bomba de pistons (binário decrescente com a velocidade), o comportamento do motor depende da cava e da relação binário resistente / binário nominal



Sensibilidade dos equipamentos a cavas de tensão

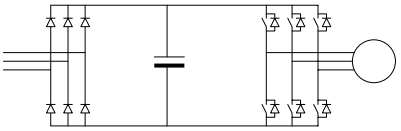
- Accionamentos velocidade variável (I)

Os variadores de velocidade para motores de indução são muito sensíveis a cavas de tensão. O comportamento varia consoante o fabricante, mas de um modo geral entram em alarme quando a profundidade da cava ultrapassa 15% durante mais de 200 ms. Nos variadores para potências elevadas, a sensibilidade a cavas aumenta. Em muitos casos uma profundidade de 10% durante mais de 100 ms é suficiente para interromper o normal funcionamento.

Sensibilidade dos equipamentos a cavas de tensão

- Accionamentos velocidade variável (II)

Esquema simplificado de um variador de velocidade

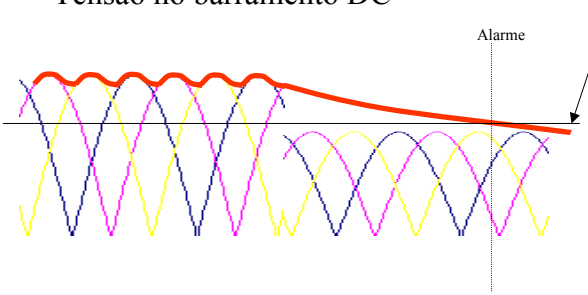


Estes equipamentos monitorizam permanentemente a tensão no barramento DC. Se porventura esta tensão desce demasiado, corre-se o risco de os semicondutores entrarem na zona linear com destruição imediata. Assim, é sempre estabelecido um determinado limiar abaixo do qual não é permitido o funcionamento. Este limiar é programado na fábrica e não pode ser alterado pelo utilizador

Sensibilidade dos equipamentos a cavas de tensão

- Accionamentos velocidade variável (III)

Tensão no barramento DC



Tensão DC limiar de funcionamento

Note-se que se a cava fosse mais curta não haveria nenhum problema.

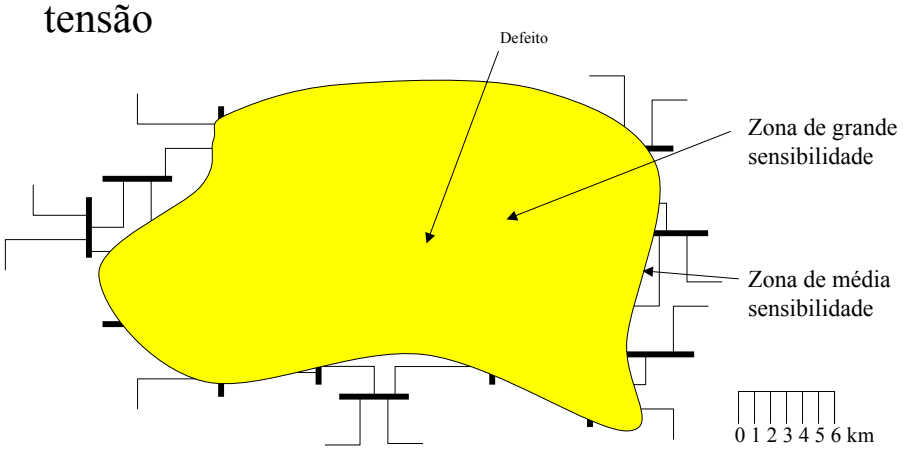
Aumentar o condensador seria uma solução. No entanto isto não é viável para cavas de duração superior a 100 mseg.

Sensibilidade dos equipamentos a cavas de tensão

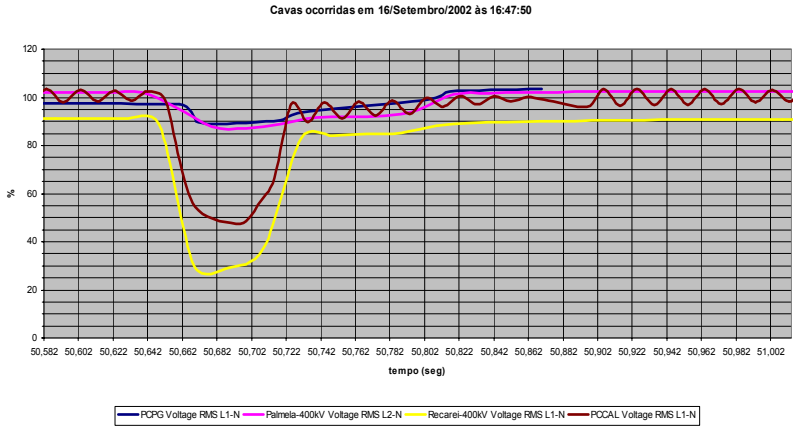
- Autómatos programáveis / módulos de entrada saída

Estes equipamentos são muito sensíveis a cavas de tensão. Tipicamente entram em modo alarme com cavas entre 10 e 20% de profundidade com duração superior a 100 mseg

Sensibilidade dos equipamentos a cavas de tensão



Medidas em Sub-Estações 400 kV



Classificação das Cavas - UNIPEDE

Phase L1, L2, L3	< 20 ms	20...< 100 ms	100...< 500 ms	0.5...< 1 s	1...< 3 s	3...< 20 s	20...< 60 s	>= 1 min
Surge > 10.00%		1						
Dip > 10.00%								
10...< 15 %		33	14					
15...< 30 %		3	13					
30...< 60 %								
60...< 99 %								
Interruption								3

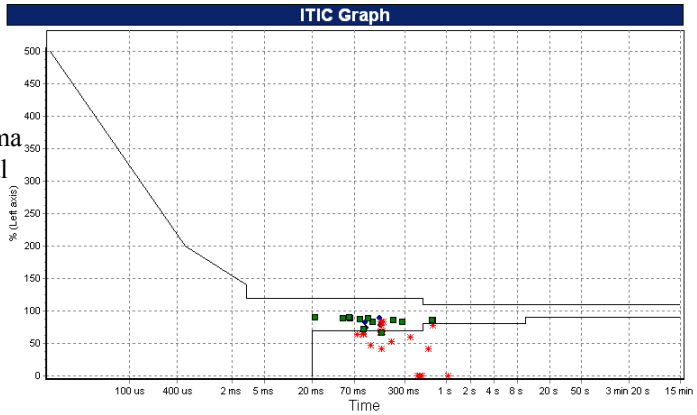
Recording as events from -10.00/+10.00% of the nominal voltage

Dip according to UNIPEDE measurement guide

Number of surges	1
Number of Dips	63
Number of short interruptions (<3 min)	0
Number of long interruptions (>=3 min)	3
Number of interruptions	3
Total events and interruptions	67

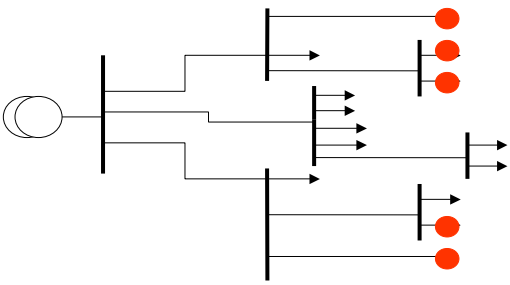
Classificação das Cavas

Sensibilidade de uma instalação industrial face a cavas



Universidade do Porto
FEUP Faculdade de Engenharia

Procedimentos para imunizar uma instalação a cavas de tensão



1 –Localizar as cargas sensíveis

2 – Caracterizar essas cargas

Procedimentos para imunizar uma instalação a cavas de tensão

- Caracterizar as cavas de uma dada instalação

Registo do número de eventos num dado período

Profundidade das cavas %	<20 ms	>20.. <100 ms	>100.. <500 ms	>0,5.. <1 s	>1.. <3 s	>3.. <20 s	>20.. 60 s
>10..<15%							
>15..<30%							
>30..<60%							
>60..<99%							
Interrupções							

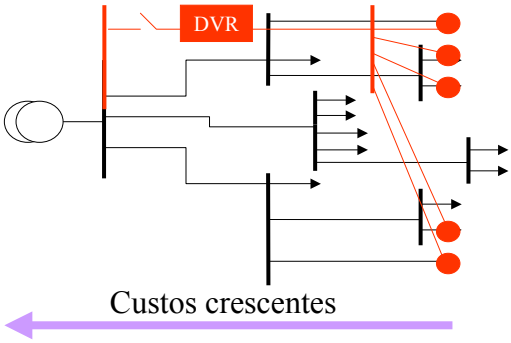
Procedimentos para imunizar uma instalação a cavas de tensão

- Cargas sensíveis
  - Contactores e relés de comando, autómatos e módulos de entrada saída
    - Alterar as tensões de comando (passar de AC para DC)
    - Colocar UPS em circuitos de comando AC

    (garantir sempre correntes CC elevadas)
  - Variadores de velocidade e motores
    - Potências elevadas – DVR, UPS Dinâmicas

Procedimentos para imunizar uma instalação a cavas de tensão

- Custo dos sistemas de imunização



A existência de cargas sensíveis com potências elevadas implica a alteração da instalação.

Deve-se criar uma nova alimentação protegida por um dispositivo capaz de suportar cavas de tensão e simultaneamente com elevada corrente de CC

Universidade do Porto
FEUP Faculdade de Engenharia

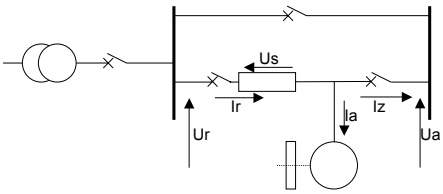
Procedimentos para imunizar uma instalação a cavas de tensão

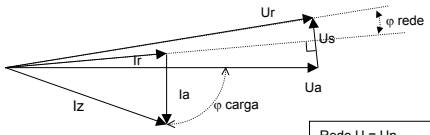
•CleanWave KSC

•Tensão constante na saída
•Elimina as harmónicas de corrente na rede
•Corrente de CC de 15 In
•Compensação automática do factor de potência
•Redução drástica da tremulação (flicker)
•Elevada eficiência (>97%)
•Instalação muito rápida
•Ligação em paralelo de vários módulos
•Disponível para baixa ou média tensão

Procedimentos para imunizar uma instalação a cavas de tensão

KSC – Regime permanente



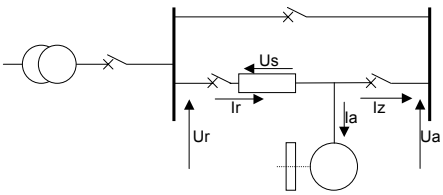


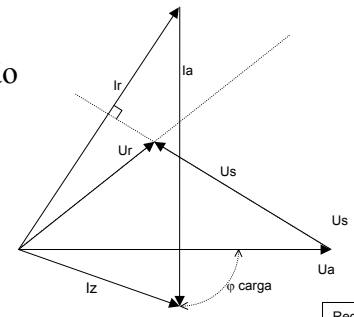
Rede U = Un
Ua=Un
Carga I = In
Cos φ carga = 0,8

Rede I = 0,82In
Cos φ rede = 0,99

Procedimentos para imunizar uma instalação a cavas de tensão

KSC – com uma cava de tensão



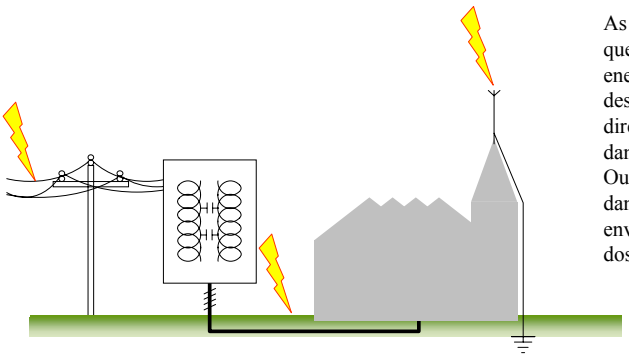


Rede U = 0,5Un
Ua=Un
Carga I = In
Cos φ carga = 0,8

Rede I = 1,9In
Cos φ rede = 0,83

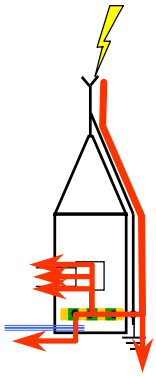
4 – Sobretensões transitórias

Sobretensões transitórias



As sobretensões transitórias que envolvem maiores energias estão associadas a descargas atmosféricas directas. Muitas vezes os danos são importantes. Outras vezes, os não há danos directos, mas um envelhecimento prematuro dos componentes

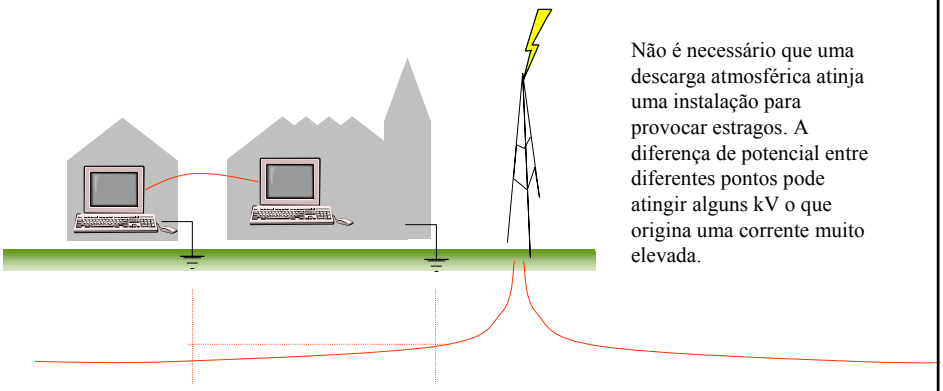
Sobretensões transitórias – Descargas atmosféricas



Uma descarga atmosférica gera uma onda de corrente precedida de uma onda de choque da tensão. Mesmo nas condições mais favoráveis com uma boa ligação à terra, existem sempre uma onda de choque que se propaga a toda a instalação. O IEC 1312-1 refere que 50% da corrente de descarga se fecha pela instalação.

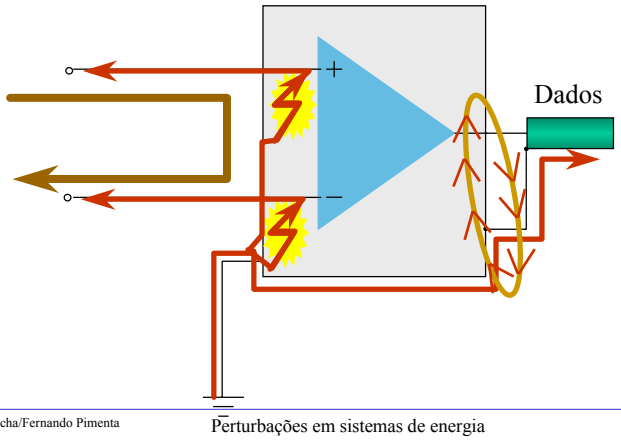
A onda de choque propaga-se pelos condutores de protecção. Estão criadas as condições para a existência de danos significativos.

Sobretensões transitórias – Descargas atmosféricas

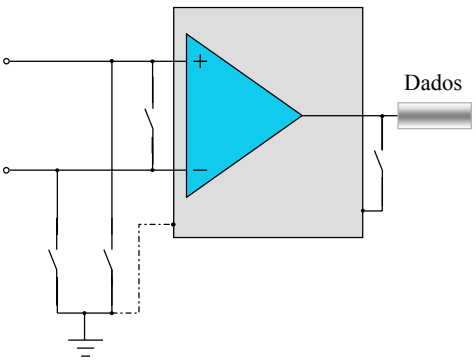


Não é necessário que uma descarga atmosférica atinja uma instalação para provocar estragos. A diferença de potencial entre diferentes pontos pode atingir alguns kV o que origina uma corrente muito elevada.

Sobretensões transitórias – Descargas atmosféricas – danos em equipamento



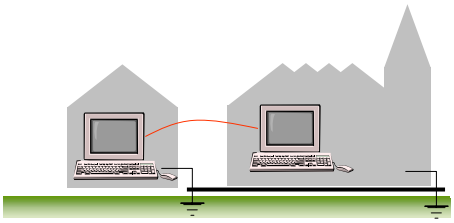
Sobretensões transitórias – Protecção contra Descargas atmosféricas (I)



Dispositivos do tipo varistor protegem os equipamentos quando a tensão ultrapassa um dado valor. Estes interruptores abrem quando a tensão se normaliza, permitindo um funcionamento normal dos equipamentos

A QEnergia e a Infocontrol estudam e fornecem sistemas de protecção contra sobretensões

Sobretensões transitórias – Protecção contra Descargas atmosféricas (II)



A equipotencialização dos circuitos de protecção é uma medida indispensável.

Qual deve ser a secção do condutor que garante esta equipotencialidade?

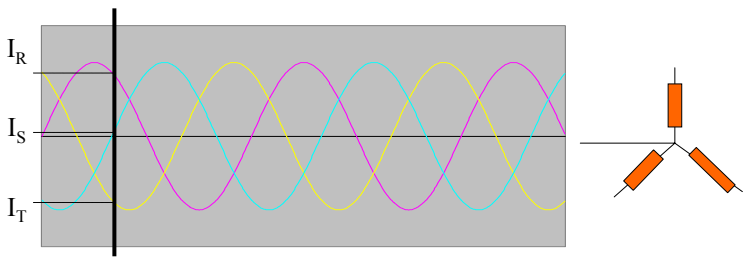
5 – Harmónicas de tensão e harmónicas de corrente

Conteúdos harmónicos

- A utilização intensiva de cargas não lineares é generalizada nas instalações modernas. Um edifício de escritórios ou comércio apresenta tem hoje em dia mais de 80% de cargas não lineares. Em muitas indústrias as cargas não lineares representam mais de 45% da carga total

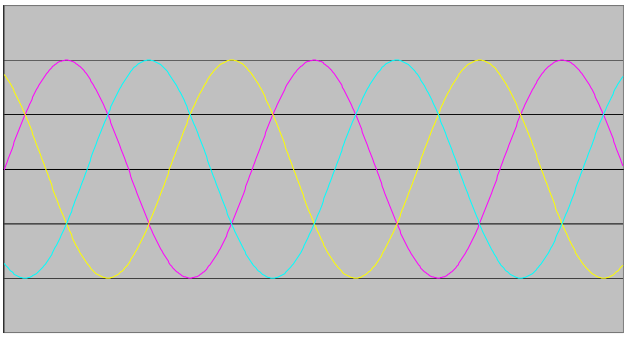
- As cargas não lineares geram harmónicas de corrente. Que tipo de harmónicas perturbam as instalações

Conteúdos harmónicos



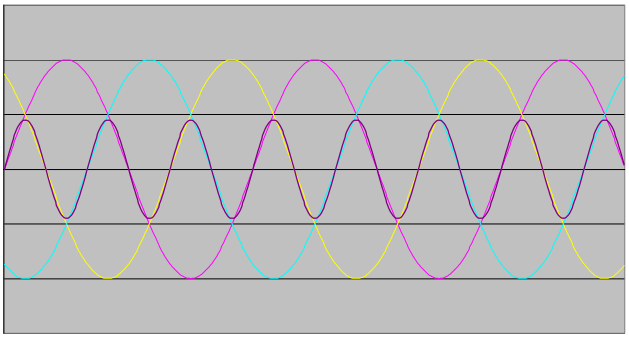
$$I_R + I_S + I_T = 0$$

Harmónicas de corrente – presença da 3ª harmónica

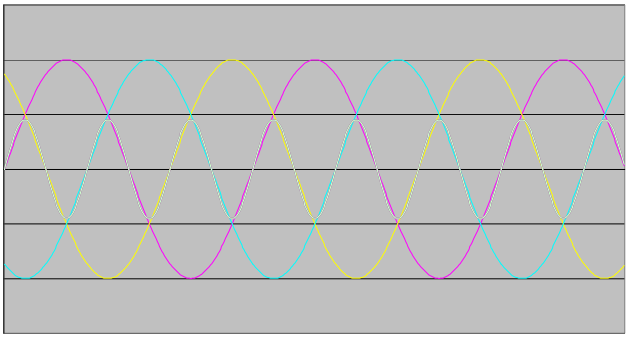


Universidade do Porto
FEUP Faculdade de Engenharia

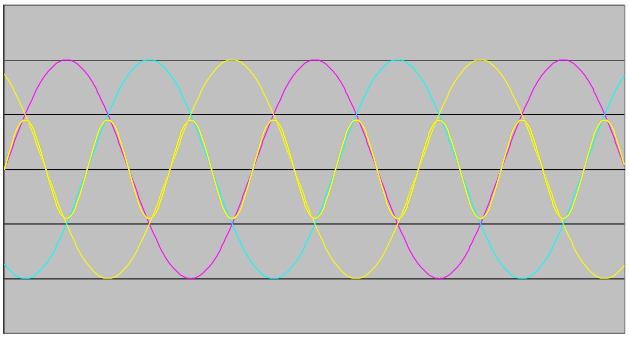
Harmónicas de corrente – presença da 3ª harmónica



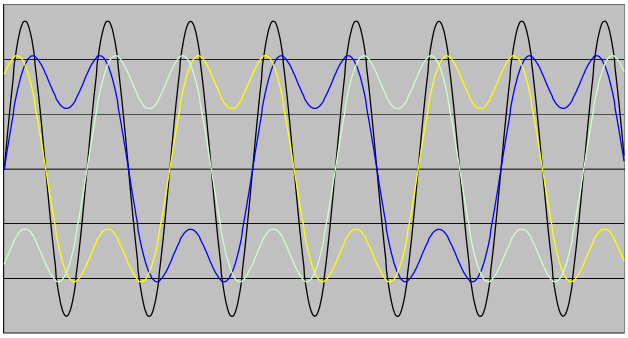
Harmónicas de corrente – presença da 3ª harmónica



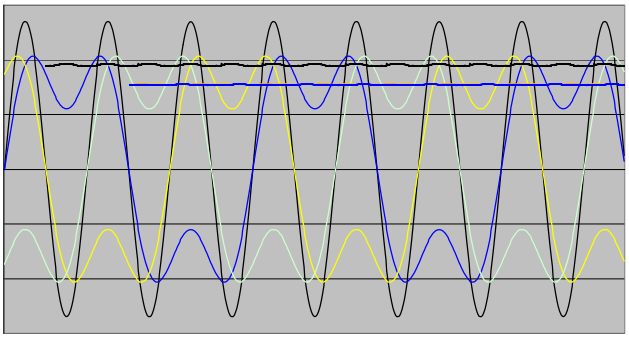
Harmónicas de corrente – presença da 3ª harmónica



Harmónicas de corrente – presença da 3ª harmónica



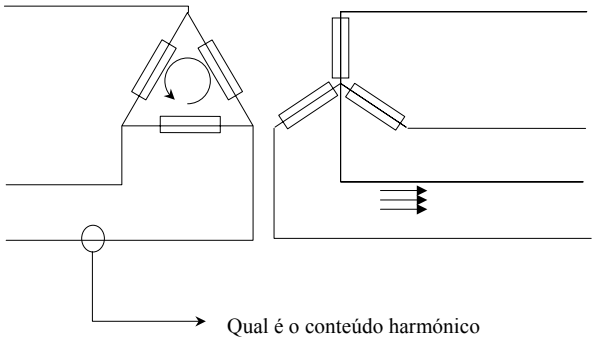
Harmónicas de corrente – presença da 3ª harmónica



Conclusão: para uma taxa de distorção harmónica THD I* >38% a corrente no neutro > corrente nas fases

* A taxa de distorção harmónica resultantes das harmónicas múltiplas de 3 > 38%

Harmónicas de corrente – presença da 3ª harmónica



Qual é o conteúdo harmónico da corrente nesta linha?

Harmónicas de corrente – presença da 3ª harmónica

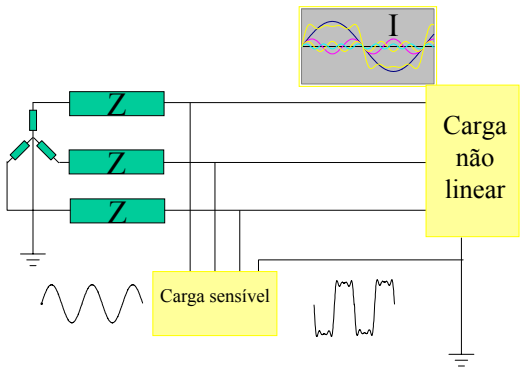
A presença de harmónicas múltiplas de 3 conduz-nos a uma corrente no neutro muito superior à esperada, e em muitos casos superior à corrente nas fases. Especial cuidado merecem aplicações com cabos longos onde L é relevante porque neste caso a queda de tensão na reactância pode assumir valores significativos

Quando estamos na presença de regimes TN o problema pode ter outras implicações pela circulação em regime permanente de correntes elevadas nos condutores de protecção, destruindo as equipotencialidades e provocando aquecimentos não esperados

Harmónicas de corrente ou Harmónicas de tensão

- A forma de onda da corrente depende da carga
- Como é que se formam as harmónicas de tensão?

Harmónicas de corrente ou Harmónicas de tensão



Harmónicas de tensão – Impacto nos Motores

- As harmónicas de tensão originam perdas suplementares (devido às correntes de Foulcaut) que diminuem a eficiência dos motores.
- As harmónicas de tensão induzem harmónicas de corrente nos rotores dos motores que produzem binários pulsantes responsáveis por vibração das máquinas

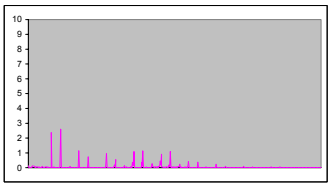
Harmónicas de tensão – Impacto nos condensadores

- A presença de harmónicas de tensão faz circular nos circuitos com condensadores correntes superiores à corrente nominal porque

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C}$$

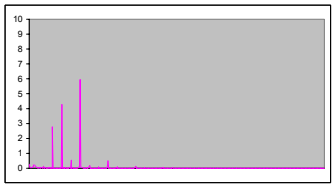
- Não deve ser desprezado o efeito amplificador que os circuitos ressonantes LC têm muitas vezes.

Harmónicas de tensão – Impacto nos condensadores



Conteúdo harmónico da tensão (excluindo a 1ª harmónica) nas mesmas condições de carga

Sem bateria de condensadores para correcção do factor de potência



Com bateria de condensadores para correcção do factor de potência

Harmónicas de tensão

- A presença de harmónicas de tensão aumenta os erros na transmissão de dados, reduzindo as velocidade de comunicação. Na indústria os sinais de processo são afectados, originando medidas erradas e perturbando os sistemas de controlo de processo
- Os efeitos das harmónicas de tensão sobre equipamentos que usam a rede como sinal de sincronismo (por exemplo soft starters) levam a perturbações que muitas vezes originam o reset do sistema

Soluções QEnergia para mitigar os problemas causados pelas harmónicas de corrente e tensão

Muito obrigado pela vossa atenção

QEnergia, Sistemas para a Qualidade e Gestão de Energia, lda
Pctª Cesário Verde nº 10, sub/cav
2745-740 Massamá
Tel – 214309320
pedro.rocha@qenergia.pt
www.qenergia.pt