



ESE[®]
EFFICIENCY
SAVING
ENVIRONMENT



ant
EFFICIENCY
SAVING
ENVIRONMENT



IoT **INDUSTRY 4.0** Ready
MADE IN ITALY

RELATÓRIO TÉCNICO

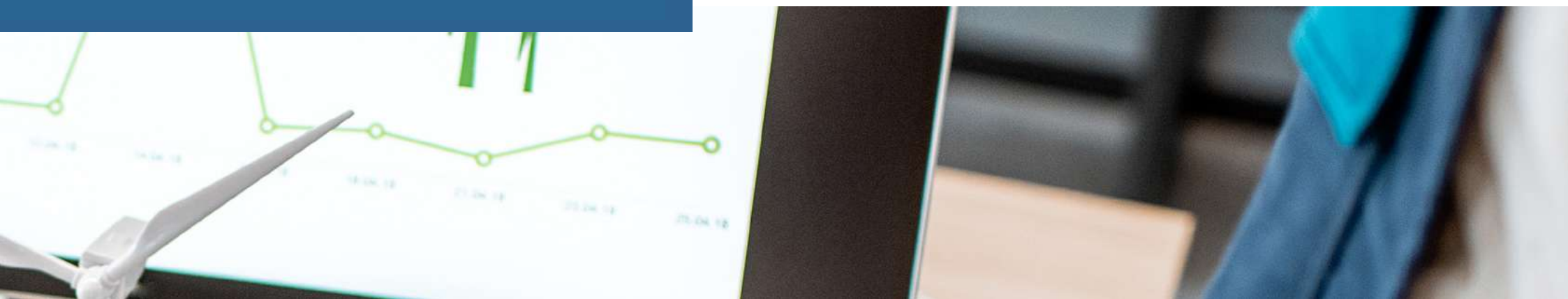


divisão de eficiência energética



» SUMÁRIO /

1. SITUAÇÃO ATUAL DO ABASTECIMENTO	4	3. TECNOLOGIAS EXISTENTES	18
1.1 A TRANSIÇÃO PARA A ERA DIGITAL	4	3.1 OTIMIZAÇÃO DA TENSÃO	18
1.2 A PRODUÇÃO DISTRIBUÍDA	5	3.2 CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA	18
1.3 SOBRETENSÃO OU SUBTENSÃO.....	6	3.3 FILTRAGEM HARMÓNICA	19
1.4 DISTORÇÃO HARMÓNICA.....	7	3.4 FILTRO EMI.....	20
1.5 BALANCEAMENTO DAS FASES	9	3.5 PERFILAGEM DOS CONSUMOS	20
1.6 DESFASAMENTO.....	10	4. ANT	21
2. RESPOSTA DAS CARGAS	11	4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	21
2.1 PREMISA	11	4.2 PROJETO ATUAL	22
2.2 SOBRETENSÃO ESTACIONÁRIA EM CARGA ÓHMICA.....	12	4.3 DADOS DO PROJETO E SIMULAÇÕES	25
2.3 DESFASAMENTO.....	14		
2.4 DISTORÇÃO HARMÓNICA.....	16		



1. SITUAÇÃO ATUAL DO ABASTECIMENTO

Nos últimos anos, assistimos a 2 fenómenos muito importantes na distribuição e utilização da eletricidade a nível mundial:

- A transição para a era digital
- A produção distribuída

Estes 2 fenómenos têm um impacto importante na distribuição de eletricidade e na sua boa gestão.

Analisemo-las em pormenor.

1.1 A TRANSIÇÃO PARA A ERA DIGITAL

Há pouco mais de uma década, iniciou-se uma verdadeira revolução em todos os domínios, devido à utilização crescente das tecnologias digitais para melhorar o desempenho dos sistemas utilizados para realizar as funções tecnológicas mais importantes. Os computadores são atualmente utilizados de forma intensiva em todas as instalações e em todos os domínios, desde o ambiente doméstico até aos processos industriais mais complexos. Atualmente, todas as máquinas de uso corrente são controladas e operadas por sistemas informáticos totalmente digitais. Além disso, estão a aparecer nas nossas vidas, ferramentas que eram simplesmente inconcebíveis há alguns anos (tablets, smartphones, etc.). Mesmo conceitos básicos como a iluminação estão a mudar

cada vez mais para tecnologias digitais, especialmente com o advento dos LEDs. Mais adiante, examinaremos as consequências deste fenómeno para as questões energéticas e para uma gestão eficiente da energia. Para já, constatamos que o desenvolvimento cada vez mais maciço das tecnologias digitais gera uma presença cada vez maior de cargas não lineares ligadas às nossas instalações.



1.2 A PRODUÇÃO DISTRIBUÍDA

Nos últimos anos, especialmente na Europa, mas em todo o mundo, a produção de eletricidade está a mudar profundamente. Só até há 2 décadas a produção de eletricidade estava substancialmente centralizada, sobretudo graças à exploração da energia atómica, que deu a possibilidade de implementar grandes usinas de energia para atender uma base de usuários cada vez maior e com uso intensivo de energia. No entanto, nos últimos anos, assistiu-se também a uma revolução notável na produção de eletricidade, principalmente graças à energia fotovoltaica, que, em parte devido a fortes políticas de incentivo, tem vindo a entrar cada vez mais nas nossas vidas, mas também a outras tecnologias como a energia eólica, a hidroeletricidade, a co-geração, etc., estão a ser cada vez mais desenvolvidas.

A forma como este fenómeno afetará a transmissão de energia aos utilizadores finais está fora do âmbito desta discussão, mas pode certamente ser interessante avaliar primeiro quais são as principais diferenças entre as duas abordagens. Para simplificar a discussão, descrevemos a seguir a situação da rede de transporte de eletricidade nos dois casos, a fim de avaliar qualitativamente o impacto desta mudança no utilizador final:

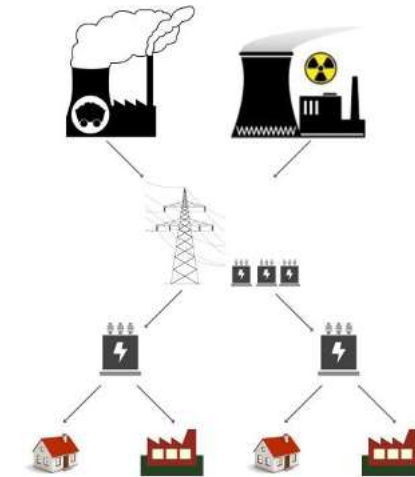


Figura 1: Rede de transmissão gerada centralmente

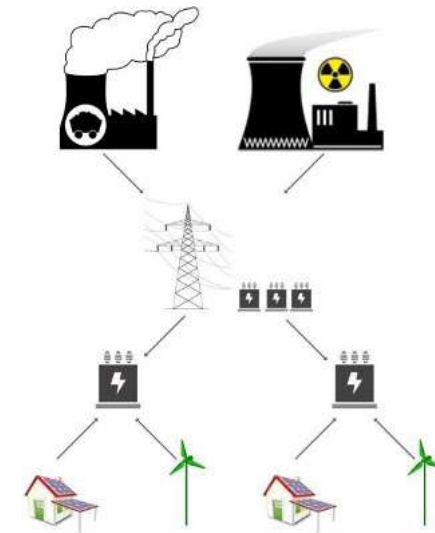


Figura 2: Rede de transmissão de produção distribuída

Como podemos ver nas 2 figuras acima, a diferença mais importante que podemos detetar é topológica. Em particular, no caso da produção distribuída, a energia introduzida na rede passa sempre por sistemas de distribuição centralizados antes de chegar aos utilizadores finais, ao passo que, no caso da produção distribuída, nem sempre é esse o caso; na prática, a energia pode ser trocada diretamente do produtor para o utilizador sem passar por sistemas de distribuição centralizados

Este fenómeno tem um impacto significativo na qualidade da energia fornecida pelos geradores, uma vez que não existem etapas intermédias para o equipamento de distribuição, a energia fornecida pelos geradores distribuídos é menos eficiente do que a fornecida pelos geradores centralizados. Nos últimos anos, no domínio elétrico e eletrotécnico, ouve-se cada vez mais falar de Qualidade da Energia, referindo-se à qualidade da energia transmitida das linhas elétricas para os consumidores.

1.3 SOBRETENSÃO OU SUBTENSÃO

A sobretensão é um fenómeno em que a rede transfere energia a uma tensão superior à tensão nominal. O fenómeno pode ser transitório ou estacionário. No primeiro caso, o desvio em relação ao valor nominal ocorre durante alguns instantes ou alguns ciclos, com amplitudes de alguns volts até centenas de volts, muitas vezes provocado pela comutação de cargas indutivas, transformadores em carga, etc..., é claro que este tipo

de perturbação também pode gerar ineficiências energéticas, mas o verdadeiro problema associado a este tipo de perturbação é a possibilidade de danificar os dispositivos ligados ao sistema. No segundo caso, a perturbação pode ser considerada estacionária quando a tensão de alimentação é constantemente superior à tensão nominal de funcionamento, que em Itália é de 230 V para os sistemas monofásicos de baixa tensão e de 400 V para os sistemas trifásicos de baixa tensão. Mesmo neste caso, a perturbação pode, a longo prazo, causar danos aos dispositivos ligados ao sistema, embora este fenómeno deva estar relacionado com a conceção dos próprios dispositivos, que devem ter uma tolerância de tensão de entrada de $\pm 10\%$. Em particular, para a maioria das cargas lineares ligadas às redes, um aumento da tensão provoca uma redução do tempo de vida do dispositivo e aumenta o consumo de energia sem melhorias apreciáveis no desempenho.

1.4 DISTORÇÃO HARMÓNICA

A transmissão de energia na rede elétrica deve ser feita através de uma onda sinusoidal com uma frequência de 50Hz (em Itália) e uma tensão nominal de 230V, e esta onda, ao fechar-se sobre impedâncias lineares, deve gerar uma corrente no circuito elétrico, também sinusoidal com uma frequência de 50 Hz, com uma amplitude dependente da parte óhmica da impedância e, no máximo, um desfasamento em relação à onda de tensão dependente da parte imaginária da própria impedância. Utilizamos o termo “deveria” em referência tanto à entrada de tensão como à geração de corrente de linha, uma vez que, no primeiro caso, não é certo que a onda de tensão seja perfeitamente sinusoidal à entrada, mas mesmo que o seja, não é certo que a onda de corrente resultante seja perfeitamente sinusoidal. De um ponto de vista matemático, a onda em questão é, de qualquer modo, periódica e pode, portanto, ser desenvolvida em séries de Fourier, representando-a como a soma de infinitas componentes sinusoidais com frequência, amplitude e fase diferentes. Tecnicamente, os componentes individuais do desenvolvimento em série são designados por harmónicos; em particular, a onda sinusoidal na frequência fundamental é também um harmónico.

Considerando um qualquer circuito elétrico alimentado por uma onda sinusoidal pura e fechado apenas em cargas lineares, como acabámos de referir, a onda de corrente resultante terá uma única componente à

frequência da fonte de alimentação e não terá qualquer componente harmónica a uma frequência diferente da fundamental, enquanto que no caso em que pelo menos uma das cargas é não linear, podem ocorrer harmónicas de corrente a uma frequência diferente da fundamental, negligenciando de momento o fenómeno das inter-harmónicas, para as cargas elétricas, as componentes de corrente resultantes com maior contribuição são normalmente as que se situam a frequências múltiplas da fundamental, pelo que as harmónicas produzidas podem ser ordenadas numericamente por referência ao múltiplo da frequência de interesse, ou seja, por exemplo, uma segunda harmónica é uma harmónica com o dobro da frequência da fundamental. Além disso, para a maioria das cargas não lineares ligadas às redes (por exemplo, fontes de alimentação comutadas), os harmónicos com maior amplitude são os de ordem ímpar, o terceiro, o quinto, o sétimo, etc. Além disso, em casos reais, os harmónicos têm normalmente uma maior contribuição de amplitude nos números ordinais mais baixos e são, portanto, decrescentes, ou seja, em geral, o terceiro harmónico tem uma amplitude maior do que o quinto, o quinto do que o sétimo, e assim por diante. É claro que, mesmo neste caso, devem ser analisadas situações individuais, uma vez que diferentes cargas não lineares ligadas à rede em questão podem gerar uma contribuição harmónica diferente umas das outras e, por conseguinte, a soma dessas contribuições pode ser diferente.

Referindo-nos à onda de corrente gerada, podemos definir a distorção harmónica total da seguinte forma:

$$THD_i = \frac{I_t - I_f}{I_f} = \frac{\sum_2^{\infty} I_n - I_f}{I_f}$$

em que:

I_t é a corrente total

I_f é a corrente à frequência fundamental

O mesmo se aplica à onda de tensão:

$$THD_v = \frac{V_t - V_f}{V_f} = \frac{\sum_2^{\infty} V_n - V_f}{V_f}$$

E, de um modo mais geral, para a potência transmitida:

$$THD_p = \frac{P_t - P_f}{P_f}$$

Este índice dá-nos informação, como o próprio nome indica, sobre a distorção global presente nas formas de onda. Naturalmente, quanto mais o valor for superior a 0, mais a forma de onda se afasta do caso ideal. A presença de distorções harmónicas, por si só, também cria problemas energéticos nas instalações. De facto, pode ser demonstrado que a distorção da corrente também tem um efeito na forma de onda da tensão que alimenta as cargas e, por conseguinte, este fenómeno também tem consequências nas cargas lineares ligadas aos sistemas, para além de gerar outras perdas no

sistema como resultado do aumento da dissipação de potência na impedância da linha e na impedância interna do gerador.

Em geral, uma carga linear tem uma largura de banda quase infinita, por exemplo, uma lâmpada incandescente transforma toda a energia eléctrica que fornece em energia térmica, o que significa que se eu, por exemplo, alimentar a lâmpada com 5V a uma frequência de 400 Hz, o filamento na lâmpada aquecerá e será gerado calor pelo efeito Joule.

O problema é que a transformação em questão não gera emissões de luz na banda visível, ou melhor, gerará uma quantidade mínima de emissões de luz no visível e talvez outras emissões em bandas de luz não visíveis a olho nu, por exemplo, ultravioleta ou infravermelho, porque o filamento foi concebido para funcionar na frequência da rede eléctrica.

Este facto tem 3 implicações muito importantes:

- O funcionamento fora dos parâmetros nominais pode levar à avaria prematura do aparelho.
- A energia luminosa fornecida tem uma componente indesejada, pelo que se pode dizer que a energia em excesso não é utilizada para realizar o trabalho para o qual o dispositivo foi concebido, constituindo apenas uma perturbação.
- A emissão de radiação fora da luz visível pode ser prejudicial para o corpo humano que a ela está exposto.

Se considerássemos outros tipos de carga, como motores elétricos, bombas ou outras coisas, as consequências poderiam ser ainda piores.

O resultado geral é que essas distorções transferem energia para as cargas, que a utilizam em parte para realizar o trabalho para o qual foram concebidas e em parte para gerar ineficiências que aumentam a possibilidade de falha da carga. Assim, para além dos prejuízos económicos resultantes do aumento do consumo de energia, há também prejuízos devidos ao encurtamento da vida útil dos próprios aparelhos.

1.5 BALANCEAMENTO DAS FASES

No caso de sistemas trifásicos, outro fator que contribui negativamente para a qualidade do fornecimento é o desbalanceamento entre as fases, ou seja, a diferença entre as formas de onda nas fases individuais do fornecimento, estas diferenças em geral podem ser atribuídas à tensão na frequência fundamental ou harmónica. Tais perturbações ocorrem normalmente quando cargas monofásicas e cargas trifásicas são misturadas na mesma linha. Mais uma vez, este fenómeno tem consequências energéticas nas cargas trifásicas ligadas, bem como consequências em termos de eficiência e de vida útil dos aparelhos. A literatura nesta área mostra-nos que a maioria das ineficiências é gerada nos motores trifásicos ligados ao sistema.

1.6 DESFASAMENTO

Outra perturbação importante que ocorre em cargas ligadas a uma rede elétrica é a mudança de fase entre a forma de onda da tensão e a forma de onda da corrente gerada. O desfasamento entre a tensão e a corrente em geral não gera, por si só, problemas energéticos nas cargas, ou pelo menos não gera problemas em termos de energia ativa absorvida pelas cargas, é claro que a presença de mudança de fase gera ineficiências e maior compromisso de potência na fase de transmissão de energia. Em geral, mesmo uma carga linear, que não é completamente óhmica, gera uma diferença de fase da corrente em relação à tensão de alimentação, com antecedência ou com atraso, dependendo se a carga em questão é óhmica-capacitiva ou óhmica-indutiva. Isto gera a transmissão da chamada potência reativa, que não é utilizada pelas cargas para realizar trabalho, mas simplesmente para suportar o campo magnético. O problema é que a potência reativa é transmitida através de uma corrente indutiva, o que aumenta a carga nos cabos elétricos ligados à rede e, além disso, uma maior circulação de corrente no circuito gera maiores perdas nas impedâncias série do próprio circuito, em particular na impedância interna do gerador e na impedância da linha, gerando assim perdas óhmicas (ou seja, potência ativa) no próprio sistema.

Aqui, 2 fatores são importantes para o equilíbrio energético e económico do sistema:

- Em alguns casos, a utilização de energia reativa gera um custo para o utilizador em termos de penalizações na fatura.
- A corrente reativa em circulação gera uma dissipação de energia ativa na linha.

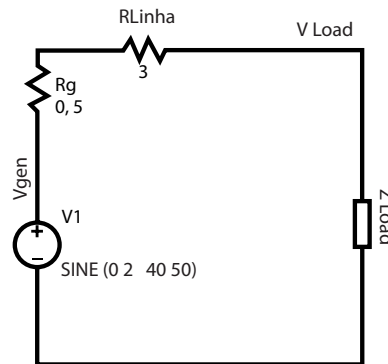
Além disso, pode simplesmente demonstrar-se que este fator também tem consequências na tensão de alimentação das cargas, uma vez que a queda de tensão na linha gera uma tensão útil inferior na própria carga para a mesma potência total de entrada, por outras palavras, a transmissão de energia torna-se altamente ineficiente.

Muitas vezes, quando se fala de redes elétricas, é habitual falar-se do fator de potência que se refere à relação entre a potência total transmitida (potência aparente) e a potência ativa, sendo este fator normalmente confundido com o chamado custo. Em particular, esta última afirmação só é verdadeira se apenas forem consideradas cargas lineares, pelo que, para uma rede de cargas lineares, o custo corresponde ao fator de potência. No entanto, em geral, o fator de potência também tem em conta a distorção harmónica total.

2. RESPOSTA DAS CARGAS

2.1 PREMISSA

Nesta secção, analisaremos, também com recurso a algumas simulações, o comportamento das cargas na presença das perturbações acima referidas. Para simplificar, vamos referir-nos a um circuito elétrico do tipo doméstico, com uma potência contratual de 3 kW, que pode ser esquematizado da seguinte forma: Para as simulações, será utilizado um modelo de parâmetros concentrados.



Nomeadamente:

- R_g é a resistência "interna" do gerador
- R_{Linha} é a resistência de linha da rede, principalmente devido à presença de cabos de alimentação para distribuição de energia. Por uma questão de simplicidade, os efeitos capacitivos e indutivos

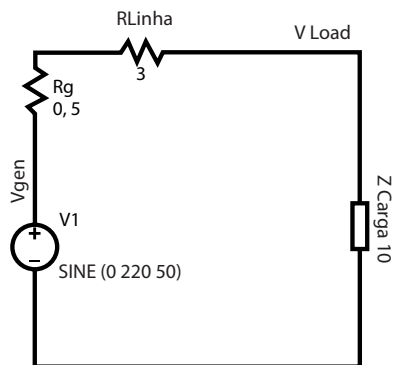
da própria impedância serão negligenciados; o valor resistivo definido de 3 Ohm corresponde a aproximadamente 350 m de cabo com uma secção transversal média de 2 mm².

- Z_{Carga} é a impedância de carga, esquematizada como a impedância equivalente vista do gerador. O circuito em consideração pode ser dividido em duas secções, uma é a parte da fonte de alimentação e a outra é a parte da carga.

Para avaliar o balanço energético do circuito em si, vamos considerar uma série de fatores que serão úteis de vez em quando, mas, em geral, vamos concentrar-nos na potência ativa fornecida pelo gerador e na potência ativa absorvida pela carga, de modo a podermos avaliar a eficiência da transferência de energia em várias situações.

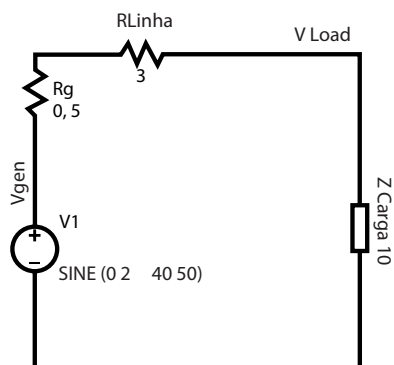
2.2 SOBRETENSÃO ESTACIONÁRIA EM CARGA ÔHMICA

Consideremos como primeiro exemplo a presença de uma carga puramente ôhmica e analisemos os efeitos de uma tensão de alimentação acima da tensão ótima no sistema, assumindo uma tensão ótima de 220V:



Potência ativa fornecida pelo gerador: 1785 W

Potência ativa absorvida pela carga: 1322 W



Potência ativa fornecida pelo gerador: 2124 W

Potência ativa absorvida pela carga: 1573 W

Para recapitular:

CARGA ÔHMICA – EFEITOS DA VARIAÇÃO DA TENSÃO EM ESTADO ESTACIONÁRIO		
	Tensão de rede ideal	Tensão de rede elevada
Tensão de alimentação:	220V	240V
Corrente de linha:	16.28A	17.73A
Fator de potência:	≈ 1	≈ 1
Distorção harmônica total:	0%	0%
Impedância de carga resistiva:	10 Ohm	10 Ohm
Potência de saída do gerador:	1785 W	2124 W
Potência dissipada na carga:	1322 W	1573 W

Considerações

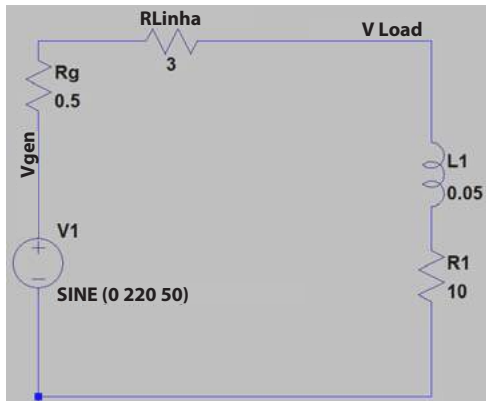
A primeira consideração a fazer é que, no caso em apreço, a potência total comprometida pelo gerador é cerca de 16% inferior no caso de uma alimentação ótima. Naturalmente, devido à linearidade do circuito, a potência distribuída à carga é também 16% menor, mas como vimos ao tratar dos efeitos das altas tensões sobre as cargas, isso nem sempre resulta num aumento da eficiência da carga em questão, por exemplo, se a carga for uma ou mais lâmpadas incandescentes ligadas em paralelo, certamente que alimentá-las com uma tensão mais elevada na frequência fundamental resultará numa energia luminosa mais elevada na banda visível, mas também resultará numa energia mais elevada nas outras bandas de emissão da luminária, pelo que a potência luminosa global na banda visível não será aumentada em 16%, mas sim numa percentagem inferior. Além disso, sair da gama de tensão ideal para o aparelho em questão significa reduzir a sua vida útil em muito mais do que 16%; estudos efetuados pela Omran, no caso das lâmpadas incandescentes, mostram que alimentar uma lâmpada a 240V diminui a sua vida útil em 55% em comparação com a alimentação à sua tensão nominal de funcionamento.

Outro fator a ter em conta é a perda de energia óhmica através da rede, no caso da fonte de alimentação ideal temos uma perda de $(1785 - 1322)W = 463W$, enquanto no caso da fonte de tensão mais elevada temos $(2124 - 1173)W = 551W$, novamente, do ponto de vista relativo, a perda percentual é a mesma, mas em valor absoluto, a perda de potência é maior no caso da alimentação

de tensão mais elevada, pois temos cerca de 100W a mais dissipados na linha, o que significa mais energia contabilizada no contador, e mais aquecimento e ineficiência dos cabos elétricos.

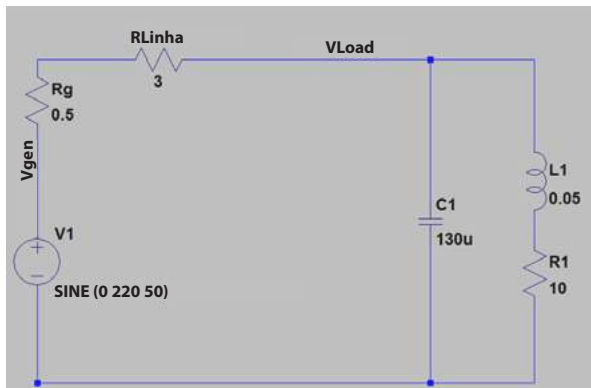
2.3 DESFASAMENTO

Consideremos agora a presença de uma carga ôhmica indutiva no circuito:



Potência de saída do gerador: 632 W
Potência absorvida pela carga: 561 W

Introduzimos em paralelo com a carga uma impedância capacitiva para obter, a partir do mesmo circuito, uma impedância ôhmica equivalente à vista do gerador:



Potência de saída do gerador: 758 W
Potência absorvida pela carga: 573 W

Para recapitular:

CARGA ÔHMICA - EFEITOS DA VARIAÇÃO DA TENSÃO EM ESTADO ESTACIONÁRIO

	Carga equivalente ôhmica	Carga equivalente ôhmico-indutivo
Tensão de alimentação:	220V	220V
Corrente de linha:	5.73A	8.03A
Fator de potência:	0.99	0.66
Distorção harmónica total:	0%	0%
Potência de saída do gerador:	758 W	632 W
Potência dissipada na carga:	561 W	573 W

Considerações

Para o caso em apreço, podemos fazer 2 considerações importante:

1. A potência fornecida pelo gerador no caso de uma carga ôhmica indutiva é aproximadamente 18% maior do que no caso do seu equivalente ôhmico.
2. A potência efetivamente utilizada na carga é cerca de 3% superior.

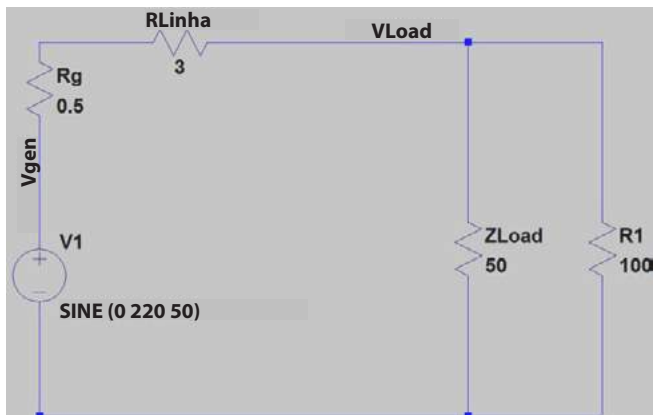
A primeira afirmação permite-nos dizer que, ao melhorar o fator de potência do circuito, obtemos também uma poupança significativa na potência total utilizada, pelo que o balanço energético é positivo neste caso, e notamos também que a própria carga beneficia, uma vez que a potência que utiliza nas mesmas condições é ligeiramente superior à do caso anterior.

Naturalmente que esta condição é verificada com uma tensão de alimentação de 220V, para tensões superiores o problema é mais articulado, pois a inserção de cargas indutivas gera um desfasamento com uma consequente queda de tensão na carga devido ao efeito da impedância da linha, naturalmente ao refazer a fase do sistema, a situação melhora do ponto de vista energético, da mesma forma que acabamos de analisar, mas na realidade encontramos na condição anterior de sobretensão estacionária da carga, pelo que a dissipação na carga deve, em qualquer caso, ser remodelada para que funcione nas suas condições ótimas de funcionamento, este último

fator gera ainda maiores poupanças e é, portanto, um elemento desejável, que trataremos mais adiante.

2.4 DISTORÇÃO HARMÔNICA

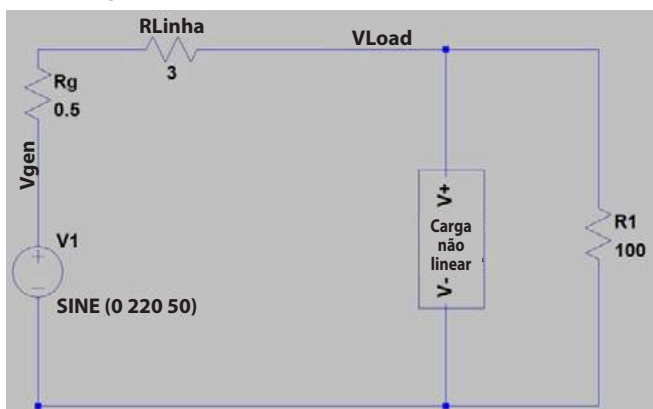
Consideremos agora a presença de cargas lineares e não lineares mistas no circuito:



Potência de saída do gerador: 654 W

Potência absorvida pela carga: 592 W

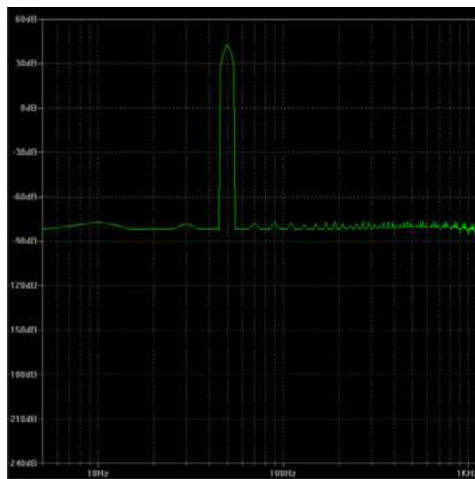
Substituímos a carga de 50 ohm por uma carga com a mesma potência mas não linear:



Potência de saída do gerador: 656 W

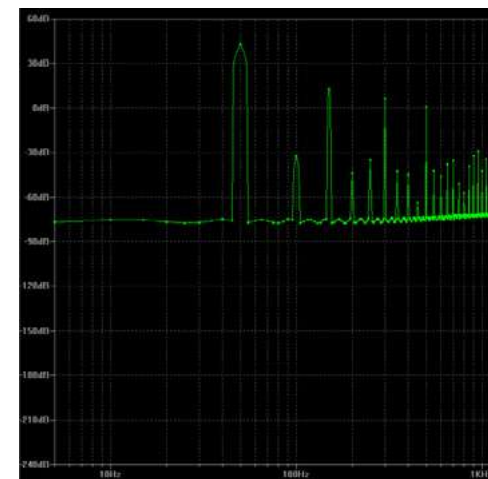
Potência absorvida pela carga: 586 W

Vejamos esta situação em pormenor, consideremos a transformada de Fourier da tensão na carga na banda 0 - 1kHz.



Circuito totalmente linear.

Distorção harmónica total: 0.000473%



Circuito com carga não linear

Distorção harmónica total: 3.550619%

Para recapitular:

CARGA ÓHMICA INDUTIVA – EFEITOS HARMÔNICOS		
	Carga equivalente óhmica	Carga equivalente óhmico-indutivo
Tensão de alimentação:	220V	220V
Corrente de linha:	4.21A	4.46A
Fator de potência:	≈ 1	0.95
Distorção harmónica total:	≈ 0%	3.55%
Potência de saída do gerador:	654 W	656 W
Potência dissipada na carga:	592 W	586 W

Considerações

Para o caso em apreço, há 3 considerações a ter em conta:

- A potência de saída do gerador no caso de um circuito não linear é cerca de 0,4% mais elevada do que no caso do seu equivalente óhmico.
- A potência global transmitida à carga é cerca de 1% superior.
- A potência transmitida à carga a uma frequência de 50 Hz é inferior em 3,5 por cento, sendo esta percentagem transmitida fora da banda.

Neste caso, a carga não linear gera a circulação de uma corrente com um elevado conteúdo harmónico fora de banda; esta corrente, por si só, não gera problemas

para as outras cargas, uma vez que apenas circula entre o gerador e a carga em causa. O problema é que a variação da tensão sobre a impedância da linha tem também um elevado conteúdo harmónico, pelo que a tensão global de alimentação das cargas é afetada por distorções harmónicas que dependem, como se referiu, da potência da carga distorcedora e da impedância da linha, sendo naturalmente estas distorções absorvidas pelas cargas óhmicas e transformadas em calor, sem presumivelmente qualquer vantagem em termos de eficiência, aliás com desvantagens por vezes substanciais no que respeita à vida útil do dispositivo. Podemos assim afirmar que, se numa primeira fase, do ponto de vista do balanço energético, parece não haver grandes variações (1%), do ponto de vista da eficiência das cargas há variações mais substanciais (3–4%), pelo que a potência total absorvida pela carga é praticamente 5% inferior quando se considera a potência útil para trabalho (a fornecida a 50 Hz).

3 TECNOLOGIAS EXISTENTES

3.1 OTIMIZAÇÃO DA TENSÃO

A otimização da tensão é uma técnica de poupança de energia que é adotada através da instalação de um transformador em série com a linha de alimentação, a fim de diminuir ou aumentar a tensão disponível para a carga.

A otimização pode ter lugar de forma estática ou dinâmica, consoante a tensão seja reduzida de forma fixa numa determinada percentagem ou variada dinamicamente durante o funcionamento normal do circuito.

Normalmente há uma economia de energia, como tivemos oportunidade de constatar nas simulações anteriores, na presença de cargas predominantemente óhmicas com problemas de sobretensão estacionária, ou em qualquer caso lineares, no caso de cargas não lineares particulares (como os alimentadores de comutação por exemplo) a redução de tensão pode até levar a aumentos de consumo, na verdade, essas cargas operam em potência constante, ou seja, absorvem sempre a mesma quantidade de energia mesmo diante de variações de tensão, portanto uma tensão decrescente a variação leva a um aumento da corrente no nó e, portanto, na linha, esta corrente aumenta naturalmente as perdas nos cabos de transmissão.

3.2 CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA

A correção do fator de potência é definida como qualquer medida utilizada para aumentar (ou, como se costuma dizer, melhorar) o fator de potência ($\cos \phi$) de uma determinada carga, de modo a reduzir o valor da corrente que circula no sistema pela mesma quantidade de potência ativa absorvida. O objetivo da correção do fator de potência é, acima de tudo, diminuir as perdas de energia e reduzir a absorção de potência aparente em proporção às máquinas e linhas existentes numa instalação industrial. O faseamento das instalações ganhou importância à medida que o distribuidor de eletricidade impôs cláusulas contratuais através das medidas tarifárias CIP (n.º 12/1984 e n.º 26/1989) que obrigavam o utilizador a fasear a sua instalação sob pena de pagamento. Em circuitos com consumidores específicos, como lâmpadas de incandescência, aquecedores de água, certos tipos de fornos, a potência aparente de entrada é toda a potência ativa. Nos circuitos com utilizadores que têm enrolamentos no seu interior, como motores, soldadores, balastos de lâmpadas fluorescentes, transformadores, uma parte da potência aparente absorvida é utilizada para excitar circuitos magnéticos e, portanto, não é utilizada como potência ativa, mas como potência geralmente designada por potência reativa. Do ponto de vista do balanço energético global, a correção do fator de potência diminui a quantidade de energia reativa absorvida pelo circuito, mas não diminui diretamente a energia

ativa utilizada, ou seja, a diminuição da energia ativa é geralmente uma consequência do facto de as perdas nos condutores diminuírem, uma vez que a impedância série dos próprios condutores é atravessada por uma corrente global mais baixa, mas na realidade nem toda essa energia ativa é realmente poupada, uma vez que a menor dissipação nos condutores leva a uma menor queda de tensão na carga e, no caso de cargas óhmicas, isto significa uma maior dissipação de energia.

É claro, no entanto, que neste caso o excesso de energia é positivo para a carga, a menos que estejamos no caso de sobretensões estacionárias. A correção do fator de potência de cargas pode ser centralizado, distribuído ou misto: no primeiro caso, todo o sistema é corrigido a montante da carga e a jusante do gerador, pelo que à saída do gerador o custo melhora, mas não há necessariamente uma melhoria em todos os elos do circuito; no segundo caso, as cargas são corrigidas individualmente, e o efeito é uma melhoria no custo global a jusante do gerador; no terceiro caso, há uma solução mista entre os dois primeiros. Normalmente, a correção do fator de potência das cargas é conseguida colocando um gerador de potência reativa em paralelo com as próprias cargas em fase contrária à potência reativa da carga, de modo a que a potência reativa de saída seja cancelada. O gerador mais simples de potência reativa em circuitos sinusoidais é o condensador, pelo que um ou mais condensadores são inseridos em paralelo com as cargas, a fim de obter uma

melhoria de custos. No entanto, existem outras técnicas, como os compensadores estáticos ou os filtros ativos.

3.3 FILTRAGEM HARMÓNICA

A filtragem de harmónicas em sistemas de energia é normalmente feita através da inserção de dispositivos no circuito para diminuir a distorção harmónica total normalmente na corrente, de modo a melhorar também os efeitos de distorção na tensão. Existem 2 categorias principais de filtros adequados para este fim:

- **Filtros passivos**
- **Filtros ativos**

No primeiro caso, há uma distinção adicional entre filtros sintonizados e indutivos. Os filtros sintonizados são filtros rlc especiais sintonizados para uma frequência específica e normalmente ligados à terra. Nalguns casos, podem também ser utilizados filtros passa-banda ou passa-alto para criar uma via de baixa impedância para a terra para as perturbações nessas frequências e eliminar as perturbações na sua fonte. No caso das bobinas de linha, por outro lado, o princípio é o dos filtros passa-baixo LR; de facto, a bobina de linha forma com o circuito óhmico a jusante um filtro passa-baixo que não deixa passar a potência a frequências muito afastadas de 50 Hz. Este tipo de solução, evidentemente, melhora a situação em carga, atenuando o fator de distorção harmónica total, mas do ponto de vista do balanço energético

a situação mantém-se inalterada, de facto as perturbações são encaminhadas para a terra, depois de atravessarem o contador, pelo que a energia que é desviada para a terra continua a ser contabilizada. Os filtros ativos são, do ponto de vista da carga, geradores de corrente em paralelo que injetam uma corrente igual e oposta à da carga distorcida fora da banda, cancelando assim as correntes harmónicas geradas pelas próprias cargas.

Funcionam através da modulação da tensão da linha, analisam a situação da rede e injetam as correntes de compensação. Naturalmente, para injetar corretamente essas correntes são necessárias frequências de comutação muito altas, superiores a mais que o dobro da frequência harmónica máxima. dispositivos internos particularmente eficientes e rápidos, os IGBT são normalmente usados para poder trabalhar na frequência de comutação desejada. Este facto torna, naturalmente, estes dispositivos particularmente dispendiosos. Além disso, do ponto de vista do balanço energético, a situação é semelhante ao caso dos filtros passivos, na medida em que, dependendo da eficiência dos filtros i , é absorvida uma quantidade equivalente de energia para compensar as perturbações. O que é interessante é que os filtros ativos também podem melhorar os custos do sistema, uma vez que também funcionam como geradores de energia reativa. Além disso, outro aspeto muito interessante é o facto de os filtros, mesmo de capacidades diferentes, poderem ser inseridos em paralelo, sem perturbar o circuito nem correr o risco de ressonância.

3.4 FILTRO EMI

O filtro EMI é um filtro passivo que se encontra na maioria dos equipamentos eletrónicos para permitir que esses dispositivos cumpram os regulamentos de compatibilidade eletromagnética, especialmente os relativos a emissões conduzidas. Essencialmente, o filtro EMI é um filtro passa-baixo que é ligado como último estágio entre o equipamento e a fonte de alimentação, de modo a atenuar os componentes de ruído que qualquer dispositivo eletrónico tende a emitir. Obviamente, o filtro deve ser transparente na frequência de alimentação (50-60 Hz) para permitir o bom funcionamento do aparelho, ao mesmo tempo que deve atuar na gama de frequências definida pela norma (150kHz-30MHz).

3.5 PERFILAGEM DOS CONSUMOS

Existem vários dispositivos no mercado que permitem traçar o perfil de consumo dos utilizadores, ou seja, compreender como estes utilizam a eletricidade durante um determinado período de interesse. É claro que estes sistemas, por si só, não produzem qualquer melhoria no consumo de energia do utilizador, mas têm 2 implicações importantes que permitem otimizar o consumo:

- A sensibilização dos utilizadores para o consumo pode levar a uma maior atenção e poupança.

- A implementação de um sistema pericial que analise estes dados e os processe pode levar a uma gestão mais eficiente da energia e a poupanças substanciais, sem alterar os hábitos de consumo.

4. ANT

4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Antes de entrar nos méritos do projeto, é bom fazer alguns esclarecimentos sobre os problemas que abordámos nos capítulos anteriores e as soluções atualmente existentes no mercado.

Em seguida, analisámos os sistemas de otimização da tensão. Existem vários tipos no mercado, embora, na prática, sejam dispositivos que se limitam a reduzir a tensão da rede, alguns de forma estática, outros de forma dinâmica, incluindo os estabilizadores de tensão. É evidente que, neste caso, um sistema de otimização da tensão pode ser útil para poupar dinheiro, mas é preciso ter muito cuidado com o seu funcionamento. A redução estática da tensão não é certamente uma solução eficiente, uma vez que a subida ou descida da tensão depende normalmente das condições de carga. É claro que, neste caso, também é preciso ter cuidado com o estado da linha de alimentação, pois isso pode criar problemas de funcionamento ou danificar as próprias cargas. Na prática, uma sobretensão ou

subtensão estacionária pode ser positiva ou negativa para um sistema, dependendo se estamos a lidar com cargas de potência variável ou cargas de potência constante (alimentadas – não lineares), para as quais o modo de funcionamento correto não pode ser previsto a priori.

Em seguida, estudámos os sistemas de correção e de filtragem do fator de potência, mais uma vez há muitos esclarecimentos a fazer em termos de energia e de segurança das instalações. Em particular, suponhamos que estamos perante o caso de um sistema com uma carga predominantemente óhmico-indutiva e na presença de uma sobretensão estacionária, caso em que, dependendo do fator de potência da carga, haverá uma queda de tensão de um certo valor entre o gerador e a própria carga, esta queda de tensão poderia trazer a carga para o valor da tensão nominal, a introdução de um sistema de correção e filtragem do fator de potência traz como benefício um aumento do fator de potência, logo uma menor circulação de corrente no ramo série do circuito e portanto um aumento da tensão útil à carga. Esta última resulta muito frequentemente num maior desperdício de energia ativa, dependendo da relação entre a impedância da linha e a impedância da carga. O mesmo se aplica, como pudemos verificar nas simulações, à contribuição harmónica para as correntes e tensões de linha, neste caso acentuada e agravada pelo facto de, na presença de perturbações harmónicas, existir também o problema da segurança das cargas e de todo o sistema.

O projeto ANT nasceu da necessidade de combinar os contributos positivos de cada uma das tecnologias consideradas num único produto. A verdadeira novidade e o valor acrescentado mais importante do produto é precisamente a sua abordagem dinâmica da gestão das cargas. Em particular, o dispositivo é capaz de analisar instantaneamente a rede elétrica à qual está ligado, tanto em termos de alimentação como de carga, e de alimentar as cargas de forma ótima em qualquer configuração de funcionamento. O dispositivo é capaz de analisar os parâmetros da rede com uma precisão de 0,1% nos espectros de tensão e de corrente e, através da análise do nível emissivo das cargas, é capaz de compreender a composição interna da rede, bem como interpretar por inferência a contribuição das impedâncias individuais, com particular referência à diferença entre as impedâncias de carga e as impedâncias de transmissão e parasitas, de modo a que o dispositivo seja capaz de otimizar a transferência de potência para as impedâncias de carga, minimizando as perdas de transmissão e parasitas.

O projeto ANT foi criado em resposta à necessidade crescente de otimizar a transferência de energia entre qualquer gerador elétrico e uma rede de cargas a ele ligadas.

Neste contexto, por otimização entendemos uma série de medidas destinadas a melhorar a qualidade da energia à entrada do sistema e a compensar os efeitos negativos devidos à inserção de cargas, como vimos nas simulações analisadas.

É de salientar que, atualmente, tal como o sistema é composto, não existem soluções alternativas iguais, mas existem produtos de substituição que se aproximam da solução proposta.

4.2 DESCRIÇÃO ATUAL DO PROJETO/DISPOSITIVO

Sistema para adaptar a impedância dos circuitos elétricos de consumo à impedância do gerador, para melhorar a eficiência das instalações, salvaguardar os dispositivos e poupar energia.

O dispositivo, uma vez ligado à rede elétrica, é capaz de analisar todos os parâmetros de funcionamento da rede, tanto a qualidade da energia externa como os fatores de perturbação interna. Pode atenuar as perturbações e utilizar a energia para otimizar a tensão e os fluxos de corrente interna. Também é capaz de balancear o perfil de carga nas fases e as tensões de alimentação, pelo que também é capaz de balancear as 3 correntes e as 3 correntes de fase. O perfil de funcionamento é totalmente configurável e pode também ser gerido remotamente, tal como os dados da análise da rede.

O produto inclui a variante básica denominada ANT versão 2.1, a variante TG que inclui as funcionalidades de gestão remota do dispositivo, como melhor especificado acima, e a variante TL que inclui as funcionalidades de leitura remota como melhor especificado acima.

O dispositivo deve ser ligado à rede, doméstica ou comercial, a jusante do contador e à entrada da linha de distribuição primária. Uma vez ligado ao circuito, é capaz de calcular a impedância vista pelo contador em relação ao circuito e otimizar essa impedância de modo a melhorar a transferência de energia entre o contador e o sistema, reduzindo efetivamente a energia dissipada pelo sistema devido a fatores não atribuíveis à utilização dos próprios dispositivos. Além disso, o dispositivo também atua como um otimizador da qualidade da energia em relação à linha de entrada. A qualidade da energia é a característica da rede elétrica de transferir energia de forma eficiente para os consumidores e de eliminar o desperdício tanto quanto possível.

Gestão remota

O dispositivo de controlo remoto inclui todas as funcionalidades básicas com a possibilidade adicional de controlo totalmente remoto de todos os aparelhos instalados. A gestão remota de dispositivos é muito importante para a melhoria dos parâmetros de funcionamento dos dispositivos, uma vez que existe a possibilidade de reconfigurar remotamente cada dispositivo individual de acordo com a situação de funcionamento padrão. Além disso, através da gestão remota, é possível ter, a qualquer momento, a partir do próprio escritório, uma visão completa da situação de funcionamento dos dispositivos e, se necessário, contornar cada dispositivo, desligando-o do sistema ao qual está ligado. Além disso, existe a possibilidade

de ser notificado do tipo de avaria ocorrida em caso de falha do dispositivo e, se alguma peça se partir internamente, é possível saber antecipadamente qual a peça a substituir e prestar um serviço mais preciso e eficiente, naturalmente com a possibilidade de contactar diretamente o cliente e informá-lo de que houve uma avaria e que o serviço está a ser prestado.

Monitorização

O produto, como é óbvio, está equipado com uma rede interna de sensores que verifica o funcionamento de todos os componentes internos individuais para monitorizar todos os parâmetros de funcionamento do dispositivo e, por conseguinte, é capaz de detetar imediatamente a existência de anomalias ou avarias no sistema e de indicar ao serviço de assistência o problema encontrado e as possíveis soluções a aplicar para resolver o problema rapidamente.

Software

De um ponto de vista arquitetónico, o produto gerido à distância consiste num servidor central dedicado que comunica com todos os dispositivos, de modo a que a situação e os parâmetros de funcionamento de todos os dispositivos ligados estejam sempre claros. Além disso, a empresa tem a possibilidade de aceder a um software e verificar o estado de todos os dispositivos a qualquer momento. É também possível, através do mesmo software, alterar a configuração de cada dispositivo individual e, se necessário, desligá-

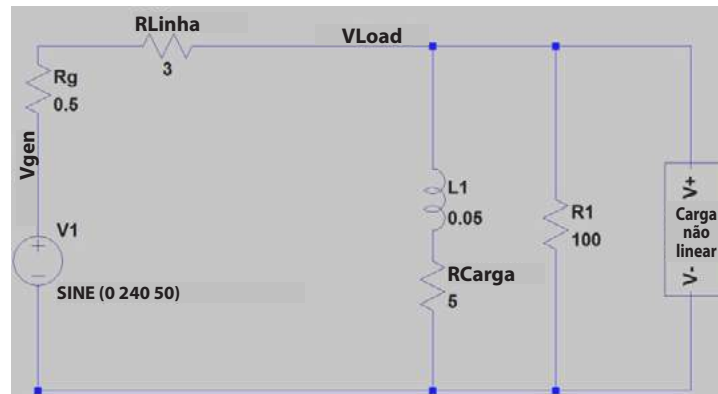
lo do sistema, tudo de uma forma simples e rápida. Existe também a possibilidade de fornecer software dedicado a outros utilizadores que prestam serviços a zonas individuais, para que possam gerir todos os dispositivos na sua zona. Naturalmente, em cada caso, tanto a empresa como o prestador de serviços recebem notificações sobre possíveis avarias dos dispositivos e, possivelmente, sobre os pedidos de assistência a tratar.

Leitura remota

O produto teletransportado inclui todas as funcionalidades do produto gerido à distância, com a possibilidade de ter também disponíveis todos os dados de consumo dos utilizadores, tudo numa plataforma única, simples e funcional. As funcionalidades de leitura à distância são acessíveis à empresa, podem também, se a empresa assim o entender, ser disponibilizadas à rede de serviços, mas sobretudo podem ser disponibilizadas aos utilizadores individuais que possuem o dispositivo. Os utilizadores podem aceder comodamente aos seus perfis de consumo tanto através da Web no sítio Web da empresa como através de smartphones e tablets, com uma interface simples e intuitiva. A grande novidade é que, graças ao sistema, é possível monitorizar não só o consumo de eletricidade, mas também o consumo de água e de gás, sendo mesmo possível gerir os dados de produção de quaisquer sistemas de energias renováveis existentes na propriedade, tais como sistemas fotovoltaicos, mini-eólicos, solares térmicos e outros.

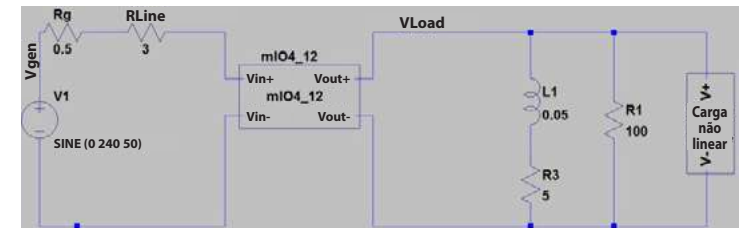
4.2 DADOS DE PROJETO E SIMULAÇÕES

Vejamos agora como o sistema interage com o sistema elétrico, simulando uma situação real, onde estão presentes fenômenos de sobretensão estacionária, defasamento de fase e a presença de cargas não lineares. Neste caso, como se pode ver no diagrama, não estamos a ter em conta a não linearidade da linha de alimentação, ou seja, não são consideradas quaisquer perturbações do exterior, mas apenas as perturbações geradas na linha interna:



Potência de saída do gerador: 1094 W

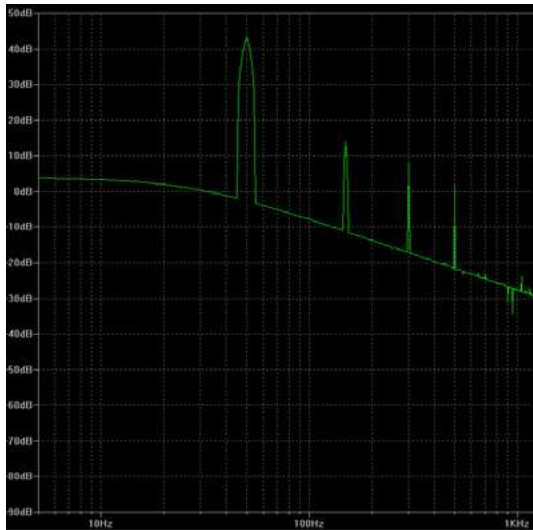
Potência absorvida pela carga: 738 W



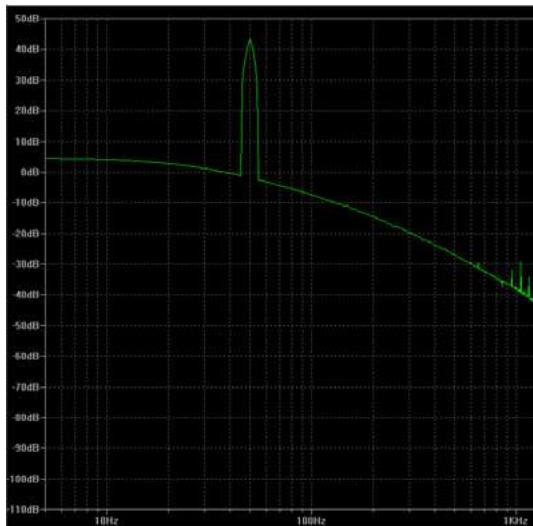
Potência de saída do gerador: 843 W

Potência absorvida pela carga: 756 W

Análise harmónica da tensão de alimentação da carga (VLoad):

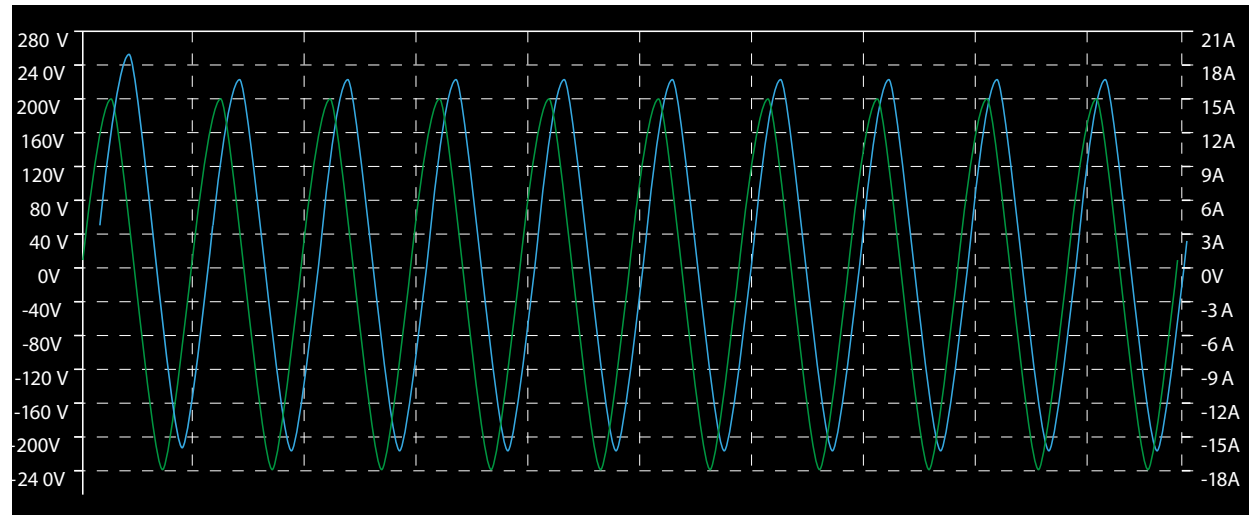


Distorção harmónica total: 3.479955.

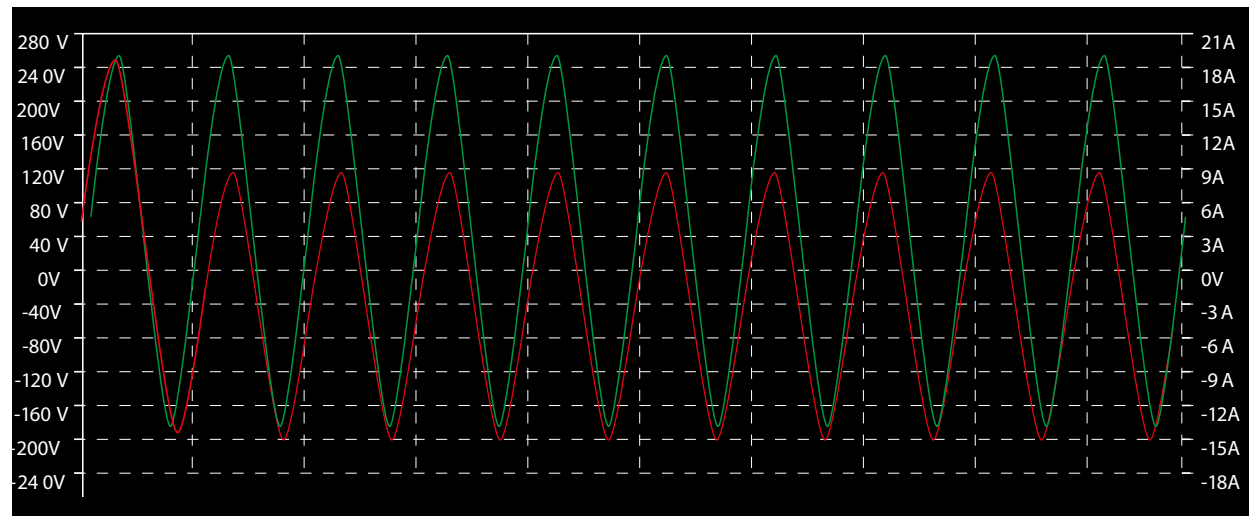


Distorção harmónica total: 3.479955.

As formas de onda resultantes:
Sem ANT:



Com ANT



Efeitos de inserção ANT

	Sem ANT	Com ANT
Tensão de alimentação:	240V	240V
Corrente de linha:	10A	5A
Fator de potência:	0.64	0.99
Distorção harmónica total:	3.5%	0.01%
Potência ativa fornecida pelo gerador:	1094 W	843 W
Potência ativa dissipada na carga:	738 W	756 W

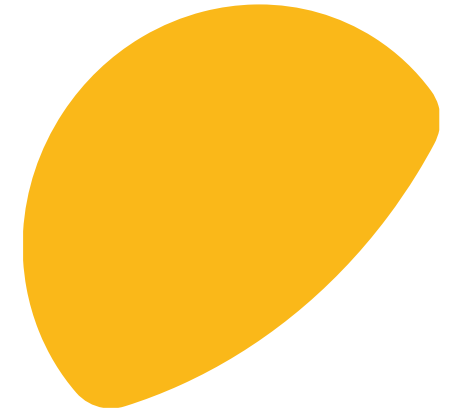
CONSIDERAÇÕES

- A potência ativa distribuída pelo gerador sem o sistema é superior a 18%;
- A eficiência da carga é de cerca de 3% com a ativação do sistema
- A distorção harmónica total da tensão na carga é insignificante quando o dispositivo está ligado, caso contrário seria de cerca de 3,5%. Assim, a carga do sistema (50 Hz) é otimizada em 3%.
- O fator de potência do circuito aumenta significativamente e aproxima-se da eficiência máxima permitida.
- A corrente circulante é cerca de 50 por cento menor depois de o sistema ter sido ligado e, consequentemente, as perdas no cabo são claramente menores.

» **Escreve-se
ESE, lê-se EASY,
fácil** como
poupar energia.



» **Descubra
o mundo ESE
e todas as oportunidades
para o seu negócio!**





Sede social
Corso Giuseppe Garibaldi 86
20121 - Milano (MI) Italy



Sede Administrativa
Via San Martino, 87
Parco dei Ciliegi
82016 Montesarchio (BN) Italy

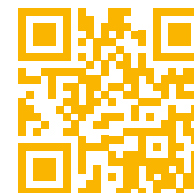
+39 02 87.368.229
+39 02 87.368.222

info@ese.energy

assistência técnica
service@ese.energy

C.F. e P.I.: 08999150967
R.E.A.: MI2061570

www.ese.energy  
sigam-nos em



Ler o código QR
e descubra a **ESE.ENERGY**



parceiro de negócios



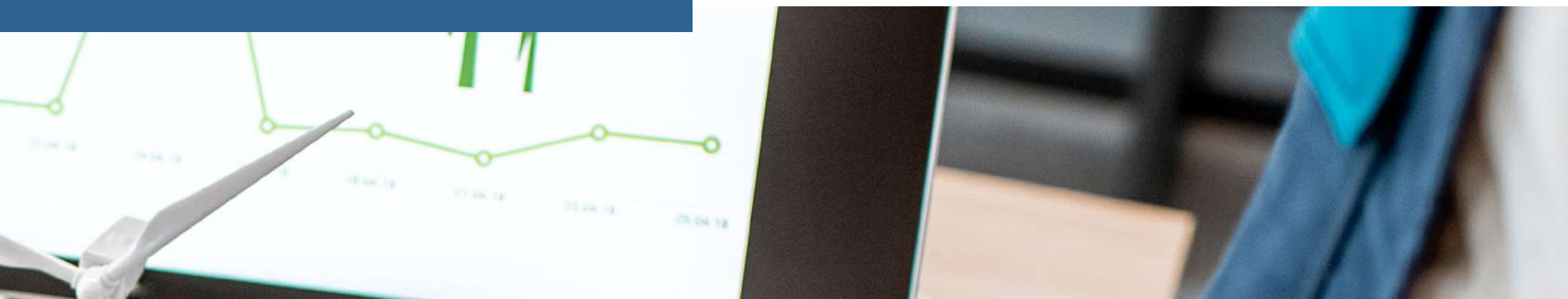
IoT INDUSTRY 4.0 Ready
MADE IN ITALY

RELATÓRIO TÉCNICO



» SUMÁRIO /

1. SITUAÇÃO ATUAL DO ABASTECIMENTO	4	3. TECNOLOGIAS EXISTENTES	18
1.1 A TRANSIÇÃO PARA A ERA DIGITAL	4	3.1 OTIMIZAÇÃO DA TENSÃO	18
1.2 A PRODUÇÃO DISTRIBUÍDA	5	3.2 CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA	18
1.3 SOBRETENSÃO OU SUBTENSÃO.....	6	3.3 FILTRAGEM HARMÓNICA	19
1.4 DISTORÇÃO HARMÓNICA.....	7	3.4 FILTRO EMI.....	20
1.5 BALANCEAMENTO DAS FASES	9	3.5 PERFILAGEM DOS CONSUMOS	20
1.6 DESFASAMENTO.....	10	4. ANT	21
2. RESPOSTA DAS CARGAS	11	4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	21
2.1 PREMISA	11	4.2 PROJETO ATUAL	22
2.2 SOBRETENSÃO ESTACIONÁRIA EM CARGA ÓHMICA.....	12	4.3 DADOS DO PROJETO E SIMULAÇÕES	25
2.3 DESFASAMENTO.....	14		
2.4 DISTORÇÃO HARMÓNICA.....	16		



1. SITUAÇÃO ATUAL DO ABASTECIMENTO

Nos últimos anos, assistimos a 2 fenómenos muito importantes na distribuição e utilização da eletricidade a nível mundial:

- A transição para a era digital
- A produção distribuída

Estes 2 fenómenos têm um impacto importante na distribuição de eletricidade e na sua boa gestão.

Analisemo-las em pormenor.

1.1 A TRANSIÇÃO PARA A ERA DIGITAL

Há pouco mais de uma década, iniciou-se uma verdadeira revolução em todos os domínios, devido à utilização crescente das tecnologias digitais para melhorar o desempenho dos sistemas utilizados para realizar as funções tecnológicas mais importantes. Os computadores são atualmente utilizados de forma intensiva em todas as instalações e em todos os domínios, desde o ambiente doméstico até aos processos industriais mais complexos. Atualmente, todas as máquinas de uso corrente são controladas e operadas por sistemas informáticos totalmente digitais. Além disso, estão a aparecer nas nossas vidas, ferramentas que eram simplesmente inconcebíveis há alguns anos (tablets, smartphones, etc.). Mesmo conceitos básicos como a iluminação estão a mudar

cada vez mais para tecnologias digitais, especialmente com o advento dos LEDs. Mais adiante, examinaremos as consequências deste fenómeno para as questões energéticas e para uma gestão eficiente da energia. Para já, constatamos que o desenvolvimento cada vez mais maciço das tecnologias digitais gera uma presença cada vez maior de cargas não lineares ligadas às nossas instalações.



1.2 A PRODUÇÃO DISTRIBUÍDA

Nos últimos anos, especialmente na Europa, mas em todo o mundo, a produção de eletricidade está a mudar profundamente. Só até há 2 décadas a produção de eletricidade estava substancialmente centralizada, sobretudo graças à exploração da energia atómica, que deu a possibilidade de implementar grandes usinas de energia para atender uma base de usuários cada vez maior e com uso intensivo de energia. No entanto, nos últimos anos, assistiu-se também a uma revolução notável na produção de eletricidade, principalmente graças à energia fotovoltaica, que, em parte devido a fortes políticas de incentivo, tem vindo a entrar cada vez mais nas nossas vidas, mas também a outras tecnologias como a energia eólica, a hidroeletricidade, a co-geração, etc., estão a ser cada vez mais desenvolvidas.

A forma como este fenómeno afetará a transmissão de energia aos utilizadores finais está fora do âmbito desta discussão, mas pode certamente ser interessante avaliar primeiro quais são as principais diferenças entre as duas abordagens. Para simplificar a discussão, descrevemos a seguir a situação da rede de transporte de eletricidade nos dois casos, a fim de avaliar qualitativamente o impacto desta mudança no utilizador final:

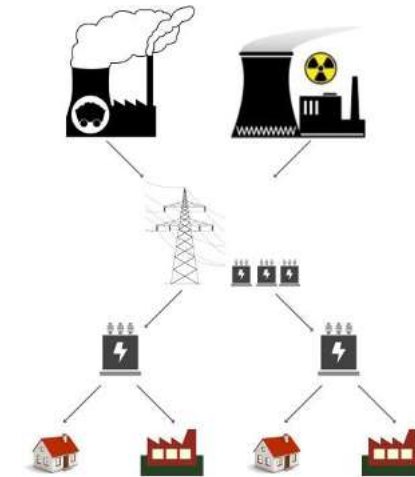


Figura 1: Rede de transmissão gerada centralmente

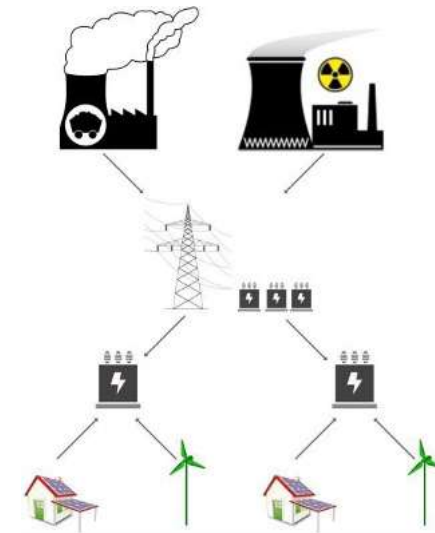


Figura 2: Rede de transmissão de produção distribuída

Como podemos ver nas 2 figuras acima, a diferença mais importante que podemos detetar é topológica. Em particular, no caso da produção distribuída, a energia introduzida na rede passa sempre por sistemas de distribuição centralizados antes de chegar aos utilizadores finais, ao passo que, no caso da produção distribuída, nem sempre é esse o caso; na prática, a energia pode ser trocada diretamente do produtor para o utilizador sem passar por sistemas de distribuição centralizados

Este fenómeno tem um impacto significativo na qualidade da energia fornecida pelos geradores, uma vez que não existem etapas intermédias para o equipamento de distribuição, a energia fornecida pelos geradores distribuídos é menos eficiente do que a fornecida pelos geradores centralizados. Nos últimos anos, no domínio elétrico e eletrotécnico, ouve-se cada vez mais falar de Qualidade da Energia, referindo-se à qualidade da energia transmitida das linhas elétricas para os consumidores.

1.3 SOBRETENSÃO OU SUBTENSÃO

A sobretensão é um fenómeno em que a rede transfere energia a uma tensão superior à tensão nominal. O fenómeno pode ser transitório ou estacionário. No primeiro caso, o desvio em relação ao valor nominal ocorre durante alguns instantes ou alguns ciclos, com amplitudes de alguns volts até centenas de volts, muitas vezes provocado pela comutação de cargas indutivas, transformadores em carga, etc..., é claro que este tipo

de perturbação também pode gerar ineficiências energéticas, mas o verdadeiro problema associado a este tipo de perturbação é a possibilidade de danificar os dispositivos ligados ao sistema. No segundo caso, a perturbação pode ser considerada estacionária quando a tensão de alimentação é constantemente superior à tensão nominal de funcionamento, que em Itália é de 230 V para os sistemas monofásicos de baixa tensão e de 400 V para os sistemas trifásicos de baixa tensão. Mesmo neste caso, a perturbação pode, a longo prazo, causar danos aos dispositivos ligados ao sistema, embora este fenómeno deva estar relacionado com a conceção dos próprios dispositivos, que devem ter uma tolerância de tensão de entrada de $\pm 10\%$. Em particular, para a maioria das cargas lineares ligadas às redes, um aumento da tensão provoca uma redução do tempo de vida do dispositivo e aumenta o consumo de energia sem melhorias apreciáveis no desempenho.

1.4 DISTORÇÃO HARMÓNICA

A transmissão de energia na rede elétrica deve ser feita através de uma onda sinusoidal com uma frequência de 50Hz (em Itália) e uma tensão nominal de 230V, e esta onda, ao fechar-se sobre impedâncias lineares, deve gerar uma corrente no circuito elétrico, também sinusoidal com uma frequência de 50 Hz, com uma amplitude dependente da parte óhmica da impedância e, no máximo, um desfasamento em relação à onda de tensão dependente da parte imaginária da própria impedância. Utilizamos o termo “deveria” em referência tanto à entrada de tensão como à geração de corrente de linha, uma vez que, no primeiro caso, não é certo que a onda de tensão seja perfeitamente sinusoidal à entrada, mas mesmo que o seja, não é certo que a onda de corrente resultante seja perfeitamente sinusoidal. De um ponto de vista matemático, a onda em questão é, de qualquer modo, periódica e pode, portanto, ser desenvolvida em séries de Fourier, representando-a como a soma de infinitas componentes sinusoidais com frequência, amplitude e fase diferentes. Tecnicamente, os componentes individuais do desenvolvimento em série são designados por harmónicos; em particular, a onda sinusoidal na frequência fundamental é também um harmónico.

Considerando um qualquer circuito elétrico alimentado por uma onda sinusoidal pura e fechado apenas em cargas lineares, como acabámos de referir, a onda de corrente resultante terá uma única componente à

frequência da fonte de alimentação e não terá qualquer componente harmónica a uma frequência diferente da fundamental, enquanto que no caso em que pelo menos uma das cargas é não linear, podem ocorrer harmónicas de corrente a uma frequência diferente da fundamental, negligenciando de momento o fenómeno das inter-harmónicas, para as cargas elétricas, as componentes de corrente resultantes com maior contribuição são normalmente as que se situam a frequências múltiplas da fundamental, pelo que as harmónicas produzidas podem ser ordenadas numericamente por referência ao múltiplo da frequência de interesse, ou seja, por exemplo, uma segunda harmónica é uma harmónica com o dobro da frequência da fundamental. Além disso, para a maioria das cargas não lineares ligadas às redes (por exemplo, fontes de alimentação comutadas), os harmónicos com maior amplitude são os de ordem ímpar, o terceiro, o quinto, o sétimo, etc. Além disso, em casos reais, os harmónicos têm normalmente uma maior contribuição de amplitude nos números ordinais mais baixos e são, portanto, decrescentes, ou seja, em geral, o terceiro harmónico tem uma amplitude maior do que o quinto, o quinto do que o sétimo, e assim por diante. É claro que, mesmo neste caso, devem ser analisadas situações individuais, uma vez que diferentes cargas não lineares ligadas à rede em questão podem gerar uma contribuição harmónica diferente umas das outras e, por conseguinte, a soma dessas contribuições pode ser diferente.

Referindo-nos à onda de corrente gerada, podemos definir a distorção harmónica total da seguinte forma:

$$THD_i = \frac{I_t - I_f}{I_f} = \frac{\sum_2^{\infty} I_n - I_f}{I_f}$$

em que:

I_t é a corrente total

I_f é a corrente à frequência fundamental

O mesmo se aplica à onda de tensão:

$$THD_v = \frac{V_t - V_f}{V_f} = \frac{\sum_2^{\infty} V_n - V_f}{V_f}$$

E, de um modo mais geral, para a potência transmitida:

$$THD_p = \frac{P_t - P_f}{P_f}$$

Este índice dá-nos informação, como o próprio nome indica, sobre a distorção global presente nas formas de onda. Naturalmente, quanto mais o valor for superior a 0, mais a forma de onda se afasta do caso ideal. A presença de distorções harmónicas, por si só, também cria problemas energéticos nas instalações. De facto, pode ser demonstrado que a distorção da corrente também tem um efeito na forma de onda da tensão que alimenta as cargas e, por conseguinte, este fenómeno também tem consequências nas cargas lineares ligadas aos sistemas, para além de gerar outras perdas no

sistema como resultado do aumento da dissipação de potência na impedância da linha e na impedância interna do gerador.

Em geral, uma carga linear tem uma largura de banda quase infinita, por exemplo, uma lâmpada incandescente transforma toda a energia eléctrica que fornece em energia térmica, o que significa que se eu, por exemplo, alimentar a lâmpada com 5V a uma frequência de 400 Hz, o filamento na lâmpada aquecerá e será gerado calor pelo efeito Joule.

O problema é que a transformação em questão não gera emissões de luz na banda visível, ou melhor, gerará uma quantidade mínima de emissões de luz no visível e talvez outras emissões em bandas de luz não visíveis a olho nu, por exemplo, ultravioleta ou infravermelho, porque o filamento foi concebido para funcionar na frequência da rede eléctrica.

Este facto tem 3 implicações muito importantes:

- O funcionamento fora dos parâmetros nominais pode levar à avaria prematura do aparelho.
- A energia luminosa fornecida tem uma componente indesejada, pelo que se pode dizer que a energia em excesso não é utilizada para realizar o trabalho para o qual o dispositivo foi concebido, constituindo apenas uma perturbação.
- A emissão de radiação fora da luz visível pode ser prejudicial para o corpo humano que a ela está exposto.

Se considerássemos outros tipos de carga, como motores elétricos, bombas ou outras coisas, as consequências poderiam ser ainda piores.

O resultado geral é que essas distorções transferem energia para as cargas, que a utilizam em parte para realizar o trabalho para o qual foram concebidas e em parte para gerar ineficiências que aumentam a possibilidade de falha da carga. Assim, para além dos prejuízos económicos resultantes do aumento do consumo de energia, há também prejuízos devidos ao encurtamento da vida útil dos próprios aparelhos.

1.5 BALANCEAMENTO DAS FASES

No caso de sistemas trifásicos, outro fator que contribui negativamente para a qualidade do fornecimento é o desbalanceamento entre as fases, ou seja, a diferença entre as formas de onda nas fases individuais do fornecimento, estas diferenças em geral podem ser atribuídas à tensão na frequência fundamental ou harmónica. Tais perturbações ocorrem normalmente quando cargas monofásicas e cargas trifásicas são misturadas na mesma linha. Mais uma vez, este fenómeno tem consequências energéticas nas cargas trifásicas ligadas, bem como consequências em termos de eficiência e de vida útil dos aparelhos. A literatura nesta área mostra-nos que a maioria das ineficiências é gerada nos motores trifásicos ligados ao sistema.

1.6 DESFASAMENTO

Outra perturbação importante que ocorre em cargas ligadas a uma rede elétrica é a mudança de fase entre a forma de onda da tensão e a forma de onda da corrente gerada. O desfasamento entre a tensão e a corrente em geral não gera, por si só, problemas energéticos nas cargas, ou pelo menos não gera problemas em termos de energia ativa absorvida pelas cargas, é claro que a presença de mudança de fase gera ineficiências e maior compromisso de potência na fase de transmissão de energia. Em geral, mesmo uma carga linear, que não é completamente óhmica, gera uma diferença de fase da corrente em relação à tensão de alimentação, com antecedência ou com atraso, dependendo se a carga em questão é óhmica-capacitiva ou óhmica-indutiva. Isto gera a transmissão da chamada potência reativa, que não é utilizada pelas cargas para realizar trabalho, mas simplesmente para suportar o campo magnético. O problema é que a potência reativa é transmitida através de uma corrente indutiva, o que aumenta a carga nos cabos elétricos ligados à rede e, além disso, uma maior circulação de corrente no circuito gera maiores perdas nas impedâncias série do próprio circuito, em particular na impedância interna do gerador e na impedância da linha, gerando assim perdas óhmicas (ou seja, potência ativa) no próprio sistema.

Aqui, 2 fatores são importantes para o equilíbrio energético e económico do sistema:

- Em alguns casos, a utilização de energia reativa gera um custo para o utilizador em termos de penalizações na fatura.
- A corrente reativa em circulação gera uma dissipação de energia ativa na linha.

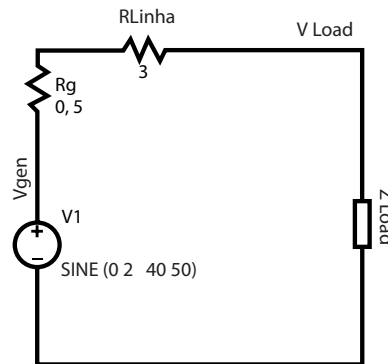
Além disso, pode simplesmente demonstrar-se que este fator também tem consequências na tensão de alimentação das cargas, uma vez que a queda de tensão na linha gera uma tensão útil inferior na própria carga para a mesma potência total de entrada, por outras palavras, a transmissão de energia torna-se altamente ineficiente.

Muitas vezes, quando se fala de redes elétricas, é habitual falar-se do fator de potência que se refere à relação entre a potência total transmitida (potência aparente) e a potência ativa, sendo este fator normalmente confundido com o chamado custo. Em particular, esta última afirmação só é verdadeira se apenas forem consideradas cargas lineares, pelo que, para uma rede de cargas lineares, o custo corresponde ao fator de potência. No entanto, em geral, o fator de potência também tem em conta a distorção harmónica total.

2. RESPOSTA DAS CARGAS

2.1 PREMISSA

Nesta secção, analisaremos, também com recurso a algumas simulações, o comportamento das cargas na presença das perturbações acima referidas. Para simplificar, vamos referir-nos a um circuito elétrico do tipo doméstico, com uma potência contratual de 3 kW, que pode ser esquematizado da seguinte forma: Para as simulações, será utilizado um modelo de parâmetros concentrados.



Nomeadamente:

- R_g é a resistência "interna" do gerador
- R_{Linha} é a resistência de linha da rede, principalmente devido à presença de cabos de alimentação para distribuição de energia. Por uma questão de simplicidade, os efeitos capacitivos e indutivos

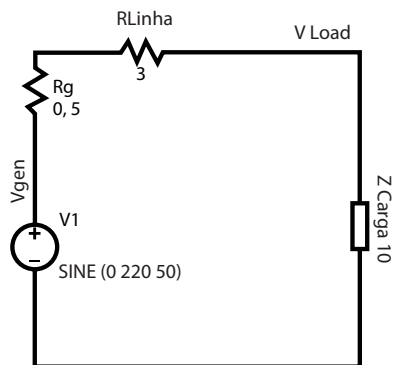
da própria impedância serão negligenciados; o valor resistivo definido de 3 Ohm corresponde a aproximadamente 350 m de cabo com uma secção transversal média de 2 mm².

- Z_{Carga} é a impedância de carga, esquematizada como a impedância equivalente vista do gerador. O circuito em consideração pode ser dividido em duas secções, uma é a parte da fonte de alimentação e a outra é a parte da carga.

Para avaliar o balanço energético do circuito em si, vamos considerar uma série de fatores que serão úteis de vez em quando, mas, em geral, vamos concentrar-nos na potência ativa fornecida pelo gerador e na potência ativa absorvida pela carga, de modo a podermos avaliar a eficiência da transferência de energia em várias situações.

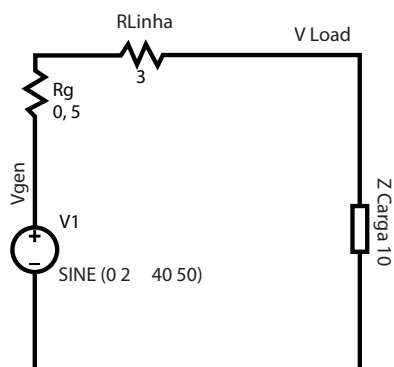
2.2 SOBRETENSÃO ESTACIONÁRIA EM CARGA ÔHMICA

Consideremos como primeiro exemplo a presença de uma carga puramente ôhmica e analisemos os efeitos de uma tensão de alimentação acima da tensão ótima no sistema, assumindo uma tensão ótima de 220V:



Potência ativa fornecida pelo gerador: 1785 W

Potência ativa absorvida pela carga: 1322 W



Potência ativa fornecida pelo gerador: 2124 W

Potência ativa absorvida pela carga: 1573 W

Para recapitular:

CARGA ÔHMICA – EFEITOS DA VARIAÇÃO DA TENSÃO EM ESTADO ESTACIONÁRIO		
	Tensão de rede ideal	Tensão de rede elevada
Tensão de alimentação:	220V	240V
Corrente de linha:	16.28A	17.73A
Fator de potência:	≈ 1	≈ 1
Distorção harmônica total:	0%	0%
Impedância de carga resistiva:	10 Ohm	10 Ohm
Potência de saída do gerador:	1785 W	2124 W
Potência dissipada na carga:	1322 W	1573 W

Considerações

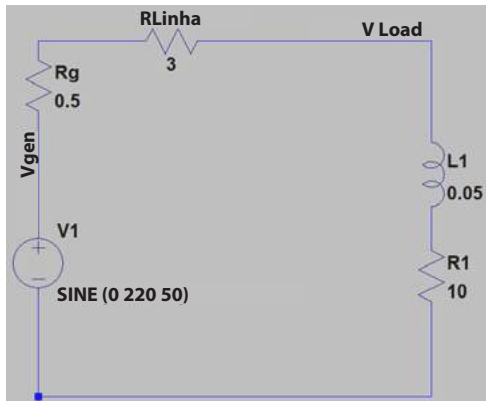
A primeira consideração a fazer é que, no caso em apreço, a potência total comprometida pelo gerador é cerca de 16% inferior no caso de uma alimentação ótima. Naturalmente, devido à linearidade do circuito, a potência distribuída à carga é também 16% menor, mas como vimos ao tratar dos efeitos das altas tensões sobre as cargas, isso nem sempre resulta num aumento da eficiência da carga em questão, por exemplo, se a carga for uma ou mais lâmpadas incandescentes ligadas em paralelo, certamente que alimentá-las com uma tensão mais elevada na frequência fundamental resultará numa energia luminosa mais elevada na banda visível, mas também resultará numa energia mais elevada nas outras bandas de emissão da luminária, pelo que a potência luminosa global na banda visível não será aumentada em 16%, mas sim numa percentagem inferior. Além disso, sair da gama de tensão ideal para o aparelho em questão significa reduzir a sua vida útil em muito mais do que 16%; estudos efetuados pela Omran, no caso das lâmpadas incandescentes, mostram que alimentar uma lâmpada a 240V diminui a sua vida útil em 55% em comparação com a alimentação à sua tensão nominal de funcionamento.

Outro fator a ter em conta é a perda de energia óhmica através da rede, no caso da fonte de alimentação ideal temos uma perda de $(1785 - 1322)W = 463W$, enquanto no caso da fonte de tensão mais elevada temos $(2124 - 1173)W = 551W$, novamente, do ponto de vista relativo, a perda percentual é a mesma, mas em valor absoluto, a perda de potência é maior no caso da alimentação

de tensão mais elevada, pois temos cerca de 100W a mais dissipados na linha, o que significa mais energia contabilizada no contador, e mais aquecimento e ineficiência dos cabos elétricos.

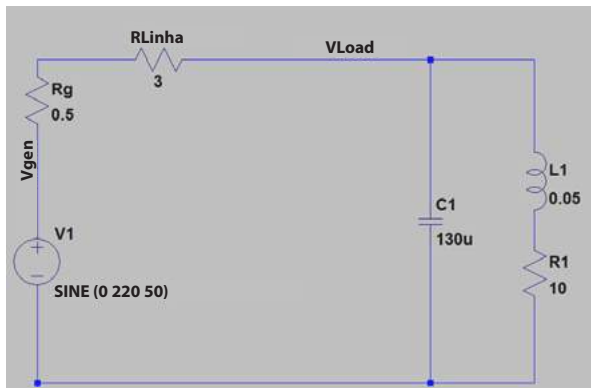
2.3 DESFASAMENTO

Consideremos agora a presença de uma carga ôhmica indutiva no circuito:



Potência de saída do gerador: 632 W
Potência absorvida pela carga: 561 W

Introduzimos em paralelo com a carga uma impedância capacitiva para obter, a partir do mesmo circuito, uma impedância ôhmica equivalente à vista do gerador:



Potência de saída do gerador: 758 W
Potência absorvida pela carga: 573 W

Para recapitular:

CARGA ÔHMICA - EFEITOS DA VARIAÇÃO DA TENSÃO EM ESTADO ESTACIONÁRIO

	Carga equivalente ôhmica	Carga equivalente ôhmico-indutivo
Tensão de alimentação:	220V	220V
Corrente de linha:	5.73A	8.03A
Fator de potência:	0.99	0.66
Distorção harmônica total:	0%	0%
Potência de saída do gerador:	758 W	632 W
Potência dissipada na carga:	561 W	573 W

Considerações

Para o caso em apreço, podemos fazer 2 considerações importante:

1. A potência fornecida pelo gerador no caso de uma carga ôhmica indutiva é aproximadamente 18% maior do que no caso do seu equivalente ôhmico.
2. A potência efetivamente utilizada na carga é cerca de 3% superior.

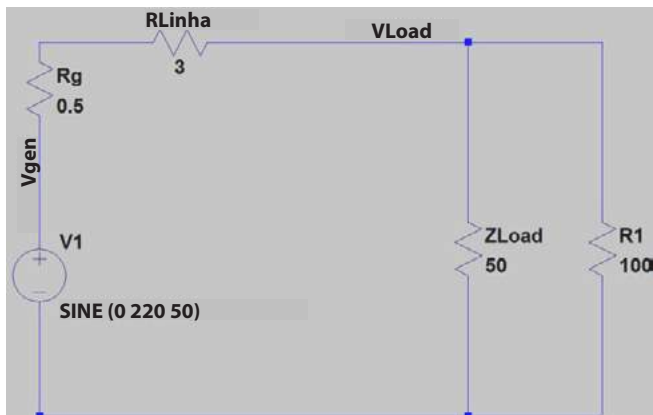
A primeira afirmação permite-nos dizer que, ao melhorar o fator de potência do circuito, obtemos também uma poupança significativa na potência total utilizada, pelo que o balanço energético é positivo neste caso, e notamos também que a própria carga beneficia, uma vez que a potência que utiliza nas mesmas condições é ligeiramente superior à do caso anterior.

Naturalmente que esta condição é verificada com uma tensão de alimentação de 220V, para tensões superiores o problema é mais articulado, pois a inserção de cargas indutivas gera um desfasamento com uma conseqüente queda de tensão na carga devido ao efeito da impedância da linha, naturalmente ao refazer a fase do sistema, a situação melhora do ponto de vista energético, da mesma forma que acabamos de analisar, mas na realidade encontramos na condição anterior de sobretensão estacionária da carga, pelo que a dissipação na carga deve, em qualquer caso, ser remodelada para que funcione nas suas condições ótimas de funcionamento, este último

fator gera ainda maiores poupanças e é, portanto, um elemento desejável, que trataremos mais adiante.

2.4 DISTORÇÃO HARMÔNICA

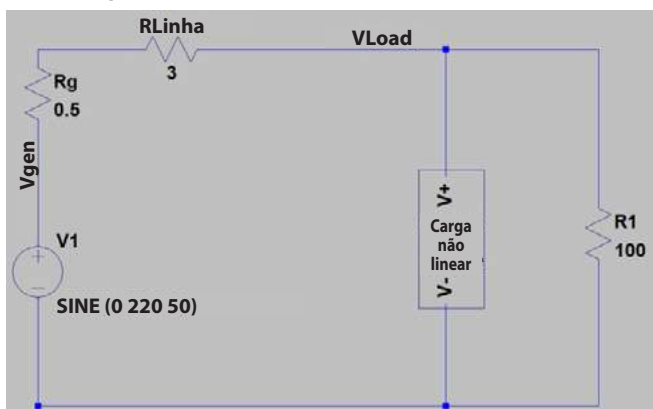
Consideremos agora a presença de cargas lineares e não lineares mistas no circuito:



Potência de saída do gerador: 654 W

Potência absorvida pela carga: 592 W

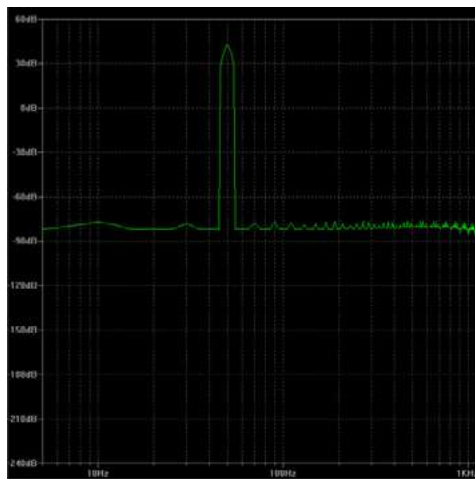
Substituímos a carga de 50 ohm por uma carga com a mesma potência mas não linear:



Potência de saída do gerador: 656 W

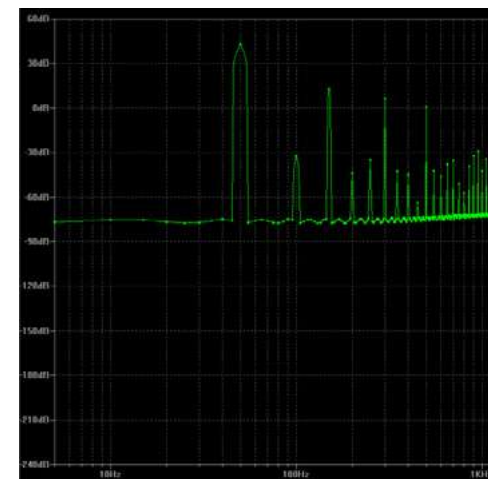
Potência absorvida pela carga: 586 W

Vejamos esta situação em pormenor, consideremos a transformada de Fourier da tensão na carga na banda 0 - 1kHz.



Circuito totalmente linear.

Distorção harmónica total: 0.000473%



Circuito com carga não linear

Distorção harmónica total: 3.550619%

Para recapitular:

CARGA ÓHMICA INDUTIVA – EFEITOS HARMÓNICOS		
	Carga equivalente óhmica	Carga equivalente óhmico-indutivo
Tensão de alimentação:	220V	220V
Corrente de linha:	4.21A	4.46A
Fator de potência:	≈ 1	0.95
Distorção harmónica total:	≈ 0%	3.55%
Potência de saída do gerador:	654 W	656 W
Potência dissipada na carga:	592 W	586 W

Considerações

Para o caso em apreço, há 3 considerações a ter em conta:

- A potência de saída do gerador no caso de um circuito não linear é cerca de 0,4% mais elevada do que no caso do seu equivalente óhmico.
- A potência global transmitida à carga é cerca de 1% superior.
- A potência transmitida à carga a uma frequência de 50 Hz é inferior em 3,5 por cento, sendo esta percentagem transmitida fora da banda.

Neste caso, a carga não linear gera a circulação de uma corrente com um elevado conteúdo harmónico fora de banda; esta corrente, por si só, não gera problemas

para as outras cargas, uma vez que apenas circula entre o gerador e a carga em causa. O problema é que a variação da tensão sobre a impedância da linha tem também um elevado conteúdo harmónico, pelo que a tensão global de alimentação das cargas é afetada por distorções harmónicas que dependem, como se referiu, da potência da carga distorcedora e da impedância da linha, sendo naturalmente estas distorções absorvidas pelas cargas óhmicas e transformadas em calor, sem presumivelmente qualquer vantagem em termos de eficiência, aliás com desvantagens por vezes substanciais no que respeita à vida útil do dispositivo. Podemos assim afirmar que, se numa primeira fase, do ponto de vista do balanço energético, parece não haver grandes variações (1%), do ponto de vista da eficiência das cargas há variações mais substanciais (3-4%), pelo que a potência total absorvida pela carga é praticamente 5% inferior quando se considera a potência útil para trabalho (a fornecida a 50 Hz).

3 TECNOLOGIAS EXISTENTES

3.1 OTIMIZAÇÃO DA TENSÃO

A otimização da tensão é uma técnica de poupança de energia que é adotada através da instalação de um transformador em série com a linha de alimentação, a fim de diminuir ou aumentar a tensão disponível para a carga.

A otimização pode ter lugar de forma estática ou dinâmica, consoante a tensão seja reduzida de forma fixa numa determinada percentagem ou variada dinamicamente durante o funcionamento normal do circuito.

Normalmente há uma economia de energia, como tivemos oportunidade de constatar nas simulações anteriores, na presença de cargas predominantemente óhmicas com problemas de sobretensão estacionária, ou em qualquer caso lineares, no caso de cargas não lineares particulares (como os alimentadores de comutação por exemplo) a redução de tensão pode até levar a aumentos de consumo, na verdade, essas cargas operam em potência constante, ou seja, absorvem sempre a mesma quantidade de energia mesmo diante de variações de tensão, portanto uma tensão decrescente a variação leva a um aumento da corrente no nó e, portanto, na linha, esta corrente aumenta naturalmente as perdas nos cabos de transmissão.

3.2 CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA

A correção do fator de potência é definida como qualquer medida utilizada para aumentar (ou, como se costuma dizer, melhorar) o fator de potência ($\cos \phi$) de uma determinada carga, de modo a reduzir o valor da corrente que circula no sistema pela mesma quantidade de potência ativa absorvida. O objetivo da correção do fator de potência é, acima de tudo, diminuir as perdas de energia e reduzir a absorção de potência aparente em proporção às máquinas e linhas existentes numa instalação industrial. O faseamento das instalações ganhou importância à medida que o distribuidor de eletricidade impôs cláusulas contratuais através das medidas tarifárias CIP (n.º 12/1984 e n.º 26/1989) que obrigavam o utilizador a fasear a sua instalação sob pena de pagamento. Em circuitos com consumidores específicos, como lâmpadas de incandescência, aquecedores de água, certos tipos de fornos, a potência aparente de entrada é toda a potência ativa. Nos circuitos com utilizadores que têm enrolamentos no seu interior, como motores, soldadores, balastos de lâmpadas fluorescentes, transformadores, uma parte da potência aparente absorvida é utilizada para excitar circuitos magnéticos e, portanto, não é utilizada como potência ativa, mas como potência geralmente designada por potência reativa. Do ponto de vista do balanço energético global, a correção do fator de potência diminui a quantidade de energia reativa absorvida pelo circuito, mas não diminui diretamente a energia

ativa utilizada, ou seja, a diminuição da energia ativa é geralmente uma consequência do facto de as perdas nos condutores diminuírem, uma vez que a impedância série dos próprios condutores é atravessada por uma corrente global mais baixa, mas na realidade nem toda essa energia ativa é realmente poupada, uma vez que a menor dissipação nos condutores leva a uma menor queda de tensão na carga e, no caso de cargas óhmicas, isto significa uma maior dissipação de energia.

É claro, no entanto, que neste caso o excesso de energia é positivo para a carga, a menos que estejamos no caso de sobretensões estacionárias. A correção do fator de potência de cargas pode ser centralizado, distribuído ou misto: no primeiro caso, todo o sistema é corrigido a montante da carga e a jusante do gerador, pelo que à saída do gerador o custo melhora, mas não há necessariamente uma melhoria em todos os elos do circuito; no segundo caso, as cargas são corrigidas individualmente, e o efeito é uma melhoria no custo global a jusante do gerador; no terceiro caso, há uma solução mista entre os dois primeiros. Normalmente, a correção do fator de potência das cargas é conseguida colocando um gerador de potência reativa em paralelo com as próprias cargas em fase contrária à potência reativa da carga, de modo a que a potência reativa de saída seja cancelada. O gerador mais simples de potência reativa em circuitos sinusoidais é o condensador, pelo que um ou mais condensadores são inseridos em paralelo com as cargas, a fim de obter uma

melhoria de custos. No entanto, existem outras técnicas, como os compensadores estáticos ou os filtros ativos.

3.3 FILTRAGEM HARMÓNICA

A filtragem de harmónicas em sistemas de energia é normalmente feita através da inserção de dispositivos no circuito para diminuir a distorção harmónica total normalmente na corrente, de modo a melhorar também os efeitos de distorção na tensão. Existem 2 categorias principais de filtros adequados para este fim:

- **Filtros passivos**
- **Filtros ativos**

No primeiro caso, há uma distinção adicional entre filtros sintonizados e indutivos. Os filtros sintonizados são filtros rlc especiais sintonizados para uma frequência específica e normalmente ligados à terra. Nalguns casos, podem também ser utilizados filtros passa-banda ou passa-alto para criar uma via de baixa impedância para a terra para as perturbações nessas frequências e eliminar as perturbações na sua fonte. No caso das bobinas de linha, por outro lado, o princípio é o dos filtros passa-baixo LR; de facto, a bobina de linha forma com o circuito óhmico a jusante um filtro passa-baixo que não deixa passar a potência a frequências muito afastadas de 50 Hz. Este tipo de solução, evidentemente, melhora a situação em carga, atenuando o fator de distorção harmónica total, mas do ponto de vista do balanço energético a situação

mantém-se inalterada, de facto as perturbações são encaminhadas para a terra, depois de atravessarem o contador, pelo que a energia que é desviada para a terra continua a ser contabilizada. Os filtros ativos são, do ponto de vista da carga, geradores de corrente em paralelo que injetam uma corrente igual e oposta à da carga distorcida fora da banda, cancelando assim as correntes harmónicas geradas pelas próprias cargas.

Funcionam através da modulação da tensão da linha, analisam a situação da rede e injetam as correntes de compensação. Naturalmente, para injetar corretamente essas correntes são necessárias frequências de comutação muito altas, superiores a mais que o dobro da frequência harmónica máxima. dispositivos internos particularmente eficientes e rápidos, os IGBT são normalmente usados para poder trabalhar na frequência de comutação desejada. Este facto torna, naturalmente, estes dispositivos particularmente dispendiosos. Além disso, do ponto de vista do balanço energético, a situação é semelhante ao caso dos filtros passivos, na medida em que, dependendo da eficiência dos filtros i , é absorvida uma quantidade equivalente de energia para compensar as perturbações. O que é interessante é que os filtros ativos também podem melhorar os custos do sistema, uma vez que também funcionam como geradores de energia reativa. Além disso, outro aspeto muito interessante é o facto de os filtros, mesmo de capacidades diferentes, poderem ser inseridos em paralelo, sem perturbar o circuito nem correr o risco de ressonância.

3.4 FILTRO EMI

O filtro EMI é um filtro passivo que se encontra na maioria dos equipamentos eletrónicos para permitir que esses dispositivos cumpram os regulamentos de compatibilidade eletromagnética, especialmente os relativos a emissões conduzidas. Essencialmente, o filtro EMI é um filtro passa-baixo que é ligado como último estágio entre o equipamento e a fonte de alimentação, de modo a atenuar os componentes de ruído que qualquer dispositivo eletrónico tende a emitir. Obviamente, o filtro deve ser transparente na frequência de alimentação (50-60 Hz) para permitir o bom funcionamento do aparelho, ao mesmo tempo que deve atuar na gama de frequências definida pela norma (150kHz-30MHz).

3.5 PERFILAGEM DOS CONSUMOS

Existem vários dispositivos no mercado que permitem traçar o perfil de consumo dos utilizadores, ou seja, compreender como estes utilizam a eletricidade durante um determinado período de interesse. É claro que estes sistemas, por si só, não produzem qualquer melhoria no consumo de energia do utilizador, mas têm 2 implicações importantes que permitem otimizar o consumo:

- A sensibilização dos utilizadores para o consumo pode levar a uma maior atenção e poupança.

- A implementação de um sistema pericial que analise estes dados e os processe pode levar a uma gestão mais eficiente da energia e a poupanças substanciais, sem alterar os hábitos de consumo.

4. ANT

4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Antes de entrar nos méritos do projeto, é bom fazer alguns esclarecimentos sobre os problemas que abordámos nos capítulos anteriores e as soluções atualmente existentes no mercado.

Em seguida, analisámos os sistemas de otimização da tensão. Existem vários tipos no mercado, embora, na prática, sejam dispositivos que se limitam a reduzir a tensão da rede, alguns de forma estática, outros de forma dinâmica, incluindo os estabilizadores de tensão. É evidente que, neste caso, um sistema de otimização da tensão pode ser útil para poupar dinheiro, mas é preciso ter muito cuidado com o seu funcionamento. A redução estática da tensão não é certamente uma solução eficiente, uma vez que a subida ou descida da tensão depende normalmente das condições de carga. É claro que, neste caso, também é preciso ter cuidado com o estado da linha de alimentação, pois isso pode criar problemas de funcionamento ou danificar as próprias cargas. Na prática, uma sobretensão ou

subtensão estacionária pode ser positiva ou negativa para um sistema, dependendo se estamos a lidar com cargas de potência variável ou cargas de potência constante (alimentadas – não lineares), para as quais o modo de funcionamento correto não pode ser previsto a priori.

Em seguida, estudámos os sistemas de correção e de filtragem do fator de potência, mais uma vez há muitos esclarecimentos a fazer em termos de energia e de segurança das instalações. Em particular, suponhamos que estamos perante o caso de um sistema com uma carga predominantemente óhmico-indutiva e na presença de uma sobretensão estacionária, caso em que, dependendo do fator de potência da carga, haverá uma queda de tensão de um certo valor entre o gerador e a própria carga, esta queda de tensão poderia trazer a carga para o valor da tensão nominal, a introdução de um sistema de correção e filtragem do fator de potência traz como benefício um aumento do fator de potência, logo uma menor circulação de corrente no ramo série do circuito e portanto um aumento da tensão útil à carga. Esta última resulta muito frequentemente num maior desperdício de energia ativa, dependendo da relação entre a impedância da linha e a impedância da carga. O mesmo se aplica, como pudemos verificar nas simulações, à contribuição harmónica para as correntes e tensões de linha, neste caso acentuada e agravada pelo facto de, na presença de perturbações harmónicas, existir também o problema da segurança das cargas e de todo o sistema.

O projeto ANT nasceu da necessidade de combinar os contributos positivos de cada uma das tecnologias consideradas num único produto. A verdadeira novidade e o valor acrescentado mais importante do produto é precisamente a sua abordagem dinâmica da gestão das cargas. Em particular, o dispositivo é capaz de analisar instantaneamente a rede elétrica à qual está ligado, tanto em termos de alimentação como de carga, e de alimentar as cargas de forma ótima em qualquer configuração de funcionamento. O dispositivo é capaz de analisar os parâmetros da rede com uma precisão de 0,1% nos espectros de tensão e de corrente e, através da análise do nível emissivo das cargas, é capaz de compreender a composição interna da rede, bem como interpretar por inferência a contribuição das impedâncias individuais, com particular referência à diferença entre as impedâncias de carga e as impedâncias de transmissão e parasitas, de modo a que o dispositivo seja capaz de otimizar a transferência de potência para as impedâncias de carga, minimizando as perdas de transmissão e parasitas.

O projeto ANT foi criado em resposta à necessidade crescente de otimizar a transferência de energia entre qualquer gerador elétrico e uma rede de cargas a ele ligadas.

Neste contexto, por otimização entendemos uma série de medidas destinadas a melhorar a qualidade da energia à entrada do sistema e a compensar os efeitos negativos devidos à inserção de cargas, como vimos nas simulações analisadas.

É de salientar que, atualmente, tal como o sistema é composto, não existem soluções alternativas iguais, mas existem produtos de substituição que se aproximam da solução proposta.

4.2 DESCRIÇÃO ATUAL DO PROJETO/DISPOSITIVO

Sistema para adaptar a impedância dos circuitos elétricos de consumo à impedância do gerador, para melhorar a eficiência das instalações, salvaguardar os dispositivos e poupar energia.

O dispositivo, uma vez ligado à rede elétrica, é capaz de analisar todos os parâmetros de funcionamento da rede, tanto a qualidade da energia externa como os fatores de perturbação interna. Pode atenuar as perturbações e utilizar a energia para otimizar a tensão e os fluxos de corrente interna. Também é capaz de balancear o perfil de carga nas fases e as tensões de alimentação, pelo que também é capaz de balancear as 3 correntes e as 3 correntes de fase. O perfil de funcionamento é totalmente configurável e pode também ser gerido remotamente, tal como os dados da análise da rede.

O produto inclui a variante básica denominada ANT versão 2.1, a variante TG que inclui as funcionalidades de gestão remota do dispositivo, como melhor especificado acima, e a variante TL que inclui as funcionalidades de leitura remota como melhor especificado acima.

O dispositivo deve ser ligado à rede, doméstica ou comercial, a jusante do contador e à entrada da linha de distribuição primária. Uma vez ligado ao circuito, é capaz de calcular a impedância vista pelo contador em relação ao circuito e otimizar essa impedância de modo a melhorar a transferência de energia entre o contador e o sistema, reduzindo efetivamente a energia dissipada pelo sistema devido a fatores não atribuíveis à utilização dos próprios dispositivos. Além disso, o dispositivo também atua como um otimizador da qualidade da energia em relação à linha de entrada. A qualidade da energia é a característica da rede elétrica de transferir energia de forma eficiente para os consumidores e de eliminar o desperdício tanto quanto possível.

Gestão remota

O dispositivo de controlo remoto inclui todas as funcionalidades básicas com a possibilidade adicional de controlo totalmente remoto de todos os aparelhos instalados. A gestão remota de dispositivos é muito importante para a melhoria dos parâmetros de funcionamento dos dispositivos, uma vez que existe a possibilidade de reconfigurar remotamente cada dispositivo individual de acordo com a situação de funcionamento padrão. Além disso, através da gestão remota, é possível ter, a qualquer momento, a partir do próprio escritório, uma visão completa da situação de funcionamento dos dispositivos e, se necessário, contornar cada dispositivo, desligando-o do sistema ao qual está ligado. Além disso, existe a possibilidade

de ser notificado do tipo de avaria ocorrida em caso de falha do dispositivo e, se alguma peça se partir internamente, é possível saber antecipadamente qual a peça a substituir e prestar um serviço mais preciso e eficiente, naturalmente com a possibilidade de contactar diretamente o cliente e informá-lo de que houve uma avaria e que o serviço está a ser prestado.

Monitorização

O produto, como é óbvio, está equipado com uma rede interna de sensores que verifica o funcionamento de todos os componentes internos individuais para monitorizar todos os parâmetros de funcionamento do dispositivo e, por conseguinte, é capaz de detetar imediatamente a existência de anomalias ou avarias no sistema e de indicar ao serviço de assistência o problema encontrado e as possíveis soluções a aplicar para resolver o problema rapidamente.

Software

De um ponto de vista arquitetónico, o produto gerido à distância consiste num servidor central dedicado que comunica com todos os dispositivos, de modo a que a situação e os parâmetros de funcionamento de todos os dispositivos ligados estejam sempre claros. Além disso, a empresa tem a possibilidade de aceder a um software e verificar o estado de todos os dispositivos a qualquer momento. É também possível, através do mesmo software, alterar a configuração de cada dispositivo individual e, se necessário, desligá-

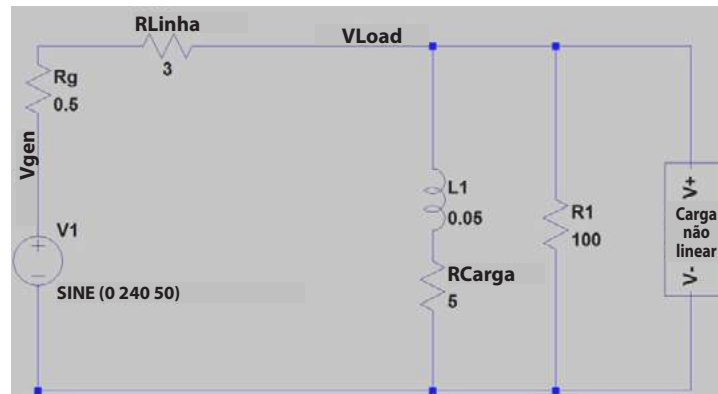
lo do sistema, tudo de uma forma simples e rápida. Existe também a possibilidade de fornecer software dedicado a outros utilizadores que prestam serviços a zonas individuais, para que possam gerir todos os dispositivos na sua zona. Naturalmente, em cada caso, tanto a empresa como o prestador de serviços recebem notificações sobre possíveis avarias dos dispositivos e, possivelmente, sobre os pedidos de assistência a tratar.

Leitura remota

O produto teletransportado inclui todas as funcionalidades do produto gerido à distância, com a possibilidade de ter também disponíveis todos os dados de consumo dos utilizadores, tudo numa plataforma única, simples e funcional. As funcionalidades de leitura à distância são acessíveis à empresa, podem também, se a empresa assim o entender, ser disponibilizadas à rede de serviços, mas sobretudo podem ser disponibilizadas aos utilizadores individuais que possuem o dispositivo. Os utilizadores podem aceder comodamente aos seus perfis de consumo tanto através da Web no sítio Web da empresa como através de smartphones e tablets, com uma interface simples e intuitiva. A grande novidade é que, graças ao sistema, é possível monitorizar não só o consumo de eletricidade, mas também o consumo de água e de gás, sendo mesmo possível gerir os dados de produção de quaisquer sistemas de energias renováveis existentes na propriedade, tais como sistemas fotovoltaicos, mini-eólicos, solares térmicos e outros.

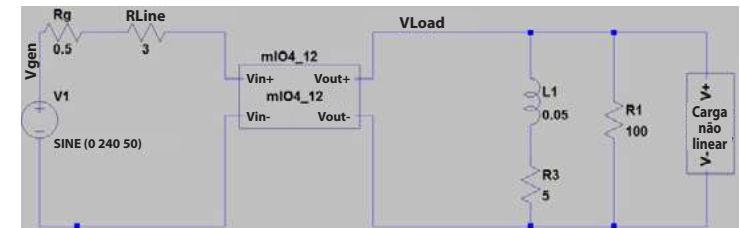
4.2 DADOS DE PROJETO E SIMULAÇÕES

Vejamos agora como o sistema interage com o sistema elétrico, simulando uma situação real, onde estão presentes fenômenos de sobretensão estacionária, defasamento de fase e a presença de cargas não lineares. Neste caso, como se pode ver no diagrama, não estamos a ter em conta a não linearidade da linha de alimentação, ou seja, não são consideradas quaisquer perturbações do exterior, mas apenas as perturbações geradas na linha interna:



Potência de saída do gerador: 1094 W

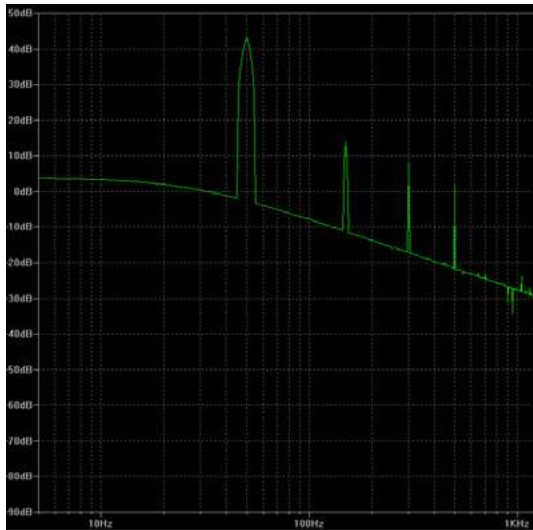
Potência absorvida pela carga: 738 W



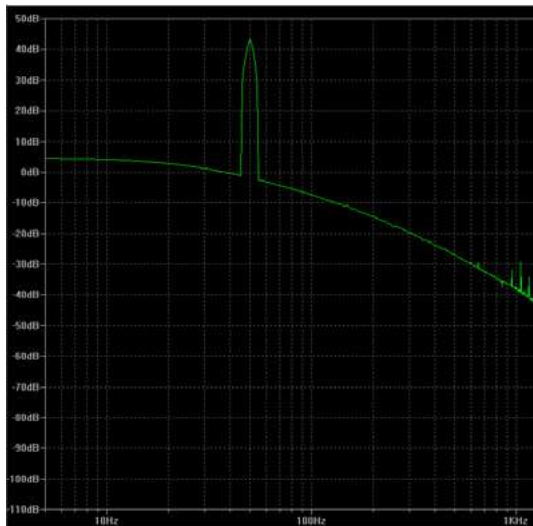
Potência de saída do gerador: 843 W

Potência absorvida pela carga: 756 W

Análise harmónica da tensão de alimentação da carga (VLoad):

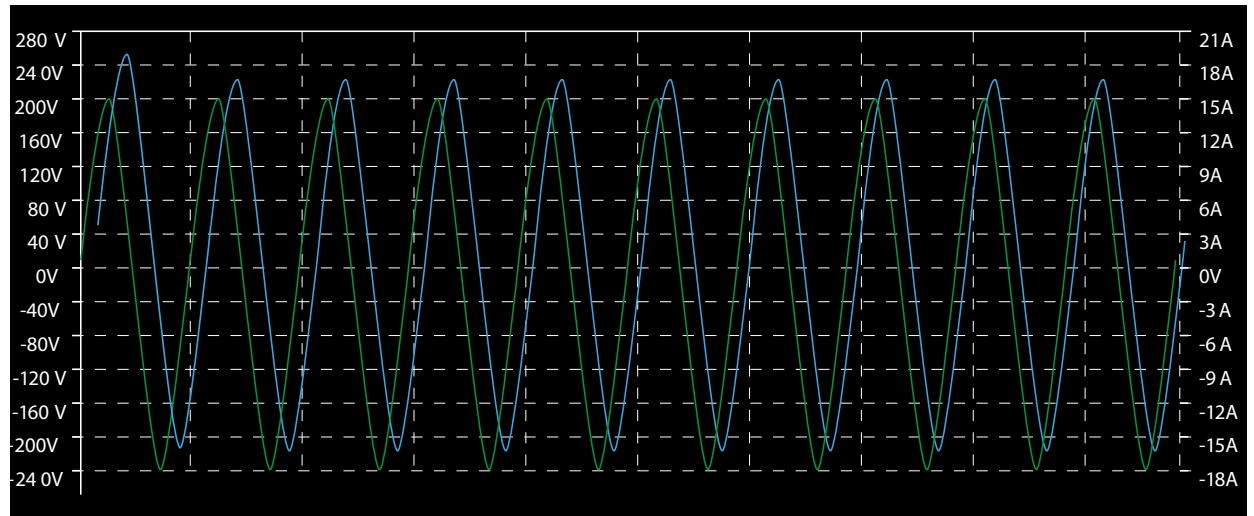


Distorção harmónica total: 3.479955.

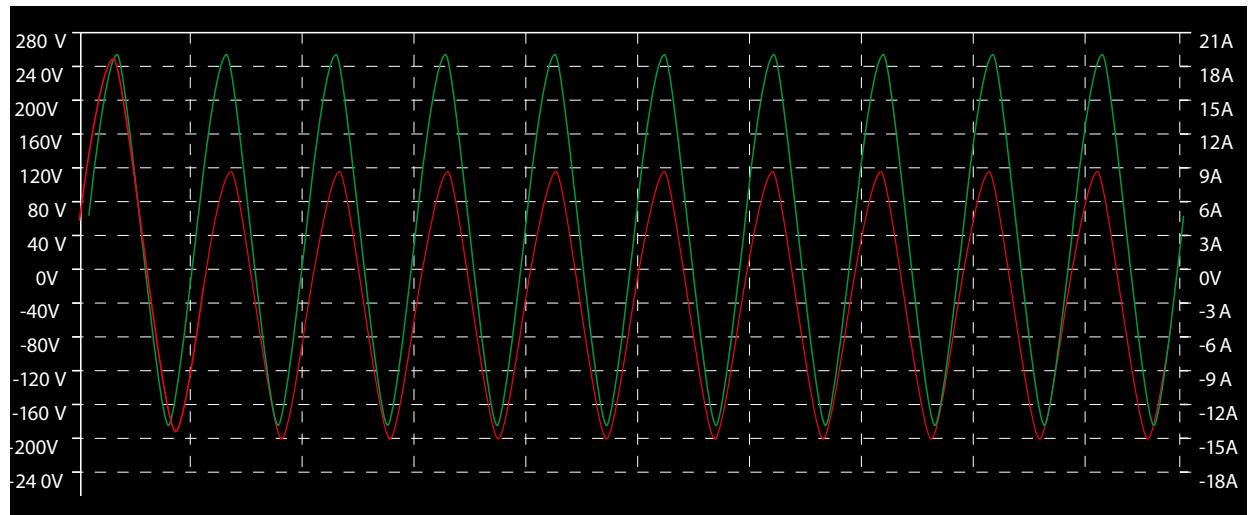


Distorção harmónica total: 3.479955.

As formas de onda resultantes:
Sem ANT:



Com ANT



Efeitos de inserção ANT

	Sem ANT	Com ANT
Tensão de alimentação:	240V	240V
Corrente de linha:	10A	5A
Fator de potência:	0.64	0.99
Distorção harmónica total:	3.5%	0.01%
Potência ativa fornecida pelo gerador:	1094 W	843 W
Potência ativa dissipada na carga:	738 W	756 W

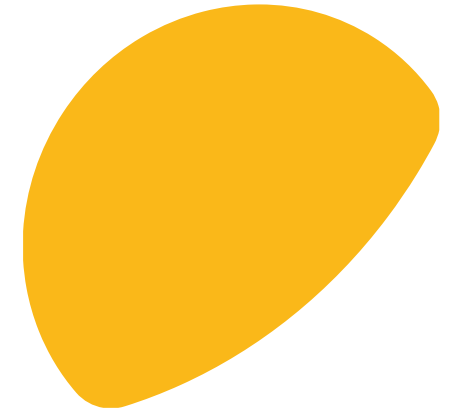
CONSIDERAÇÕES

- A potência ativa distribuída pelo gerador sem o sistema é superior a 18%;
- A eficiência da carga é de cerca de 3% com a ativação do sistema
- A distorção harmónica total da tensão na carga é insignificante quando o dispositivo está ligado, caso contrário seria de cerca de 3,5%. Assim, a carga do sistema (50 Hz) é otimizada em 3%.
- O fator de potência do circuito aumenta significativamente e aproxima-se da eficiência máxima permitida.
- A corrente circulante é cerca de 50 por cento menor depois de o sistema ter sido ligado e, conseqüentemente, as perdas no cabo são claramente menores.

» **Escreve-se
ESE, lê-se EASY,
fácil** como
poupar energia.



» **Descubra
o mundo ESE
e todas as oportunidades
para o seu negócio!**





parceiro de negócios



Innova ICT s.r.l.
Via Val di Non, 88
00144 Roma
IVA: 01592450629

Tel. Fax +39 0884.090204
Telemóvel +39 340 1238107

Correio eletrónico e.innovaict@gmail.com
Web www.innovaict.net



Ler o código QR
e descubra a **ESE.ENERGY**

siga-nos em





IoT **INDUSTRY 4.0** Ready
MADE IN ITALY

RELATIONSHIP TECHNICAL



divisione efficientamento energetico



» SUMÁRIO/

1. SITUAÇÃO ATUAL DO ABASTECIMENTO.....	4	3. TECNOLOGIAS EXISTENTES	18
1.1 A TRANSIÇÃO PARA A ERA DIGITAL	4	3.1 OTIMIZAÇÃO DA TENSÃO	18
1.2 A PRODUÇÃO DISTRIBUÍDA	5	3.2 CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA	18
1.3 SOBRETENSÃO OU SUBTENSÃO.....	6	3.3 FILTRAGEM HARMÓNICA	19
1.4 DISTORÇÃO HARMÓNICA.....	7	3.4 FILTRO EMI.....	20
1.5 BALANCEAMENTO DAS FASES	9	3.5 PERFILAGEM DOS CONSUMOS	20
1.6 DESFASAMENTO.....	10	4. ANT	21
2. RESPOSTA DAS CARGAS	11	4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	21
2.1 PREMISA	11	4.2 PROJETO ATUAL	22
2.2 SOBRETENSÃO ESTACIONÁRIA EM CARGA ÓHMICA.....	12	4.3 DADOS DO PROJETO E SIMULAÇÕES	25
2.3 DESFASAMENTO.....	14		
2.4 DISTORÇÃO HARMÓNICA.....	16		



1. SITUAÇÃO ATUAL DO ABASTECIMENTO

Nos últimos anos, assistimos a 2 fenómenos muito importantes na distribuição e utilização da eletricidade a nível mundial:

- A transição para a era digital
- A produção distribuída

Estes 2 fenómenos têm um impacto importante na distribuição de eletricidade e na sua boa gestão.

Analisemo-las em pormenor.

1.1 A TRANSIÇÃO PARA A ERA DIGITAL

Há pouco mais de uma década, iniciou-se uma verdadeira revolução em todos os domínios, devido à utilização crescente das tecnologias digitais para melhorar o desempenho dos sistemas utilizados para realizar as funções tecnológicas mais importantes. Os computadores são atualmente utilizados de forma intensiva em todas as instalações e em todos os domínios, desde o ambiente doméstico até aos processos industriais mais complexos. Atualmente, todas as máquinas de uso corrente são controladas e operadas por sistemas informáticos totalmente digitais. Além disso, estão a aparecer nas nossas vidas, ferramentas que eram simplesmente inconcebíveis há alguns anos (tablets, smartphones, etc.). Mesmo conceitos básicos como a iluminação estão a mudar

cada vez mais para tecnologias digitais, especialmente com o advento dos LEDs. Mais adiante, examinaremos as consequências deste fenómeno para as questões energéticas e para uma gestão eficiente da energia. Para já, constatamos que o desenvolvimento cada vez mais maciço das tecnologias digitais gera uma presença cada vez maior de cargas não lineares ligadas às nossas instalações.



1.2 A PRODUÇÃO DISTRIBUÍDA

Nos últimos anos, especialmente na Europa, mas em todo o mundo, a produção de eletricidade está a mudar profundamente. Só até há 2 décadas a produção de eletricidade estava substancialmente centralizada, sobretudo graças à exploração da energia atómica, que deu a possibilidade de implementar grandes usinas de energia para atender uma base de usuários cada vez maior e com uso intensivo de energia. No entanto, nos últimos anos, assistiu-se também a uma revolução notável na produção de eletricidade, principalmente graças à energia fotovoltaica, que, em parte devido a fortes políticas de incentivo, tem vindo a entrar cada vez mais nas nossas vidas, mas também a outras tecnologias como a energia eólica, a hidroeletricidade, a co-geração, etc., estão a ser cada vez mais desenvolvidas.

A forma como este fenómeno afetará a transmissão de energia aos utilizadores finais está fora do âmbito desta discussão, mas pode certamente ser interessante avaliar primeiro quais são as principais diferenças entre as duas abordagens. Para simplificar a discussão, descrevemos a seguir a situação da rede de transporte de eletricidade nos dois casos, a fim de avaliar qualitativamente o impacto desta mudança no utilizador final:

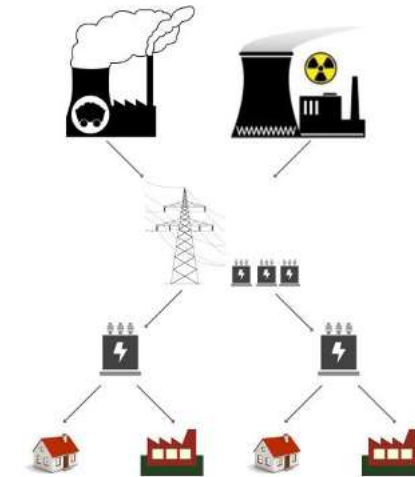


Figura 1: Rede de transmissão gerada centralmente

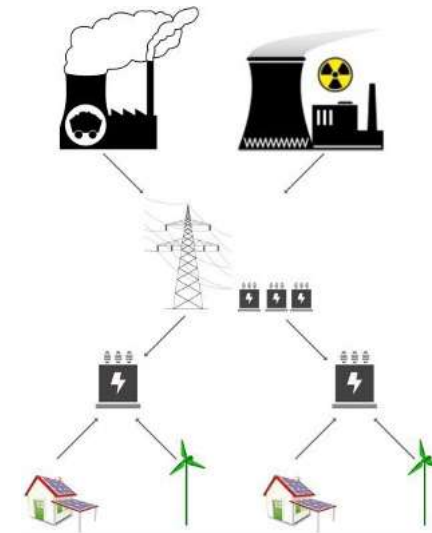


Figura 2: Rede de transmissão de produção distribuída

Como podemos ver nas 2 figuras acima, a diferença mais importante que podemos detetar é topológica. Em particular, no caso da produção distribuída, a energia introduzida na rede passa sempre por sistemas de distribuição centralizados antes de chegar aos utilizadores finais, ao passo que, no caso da produção distribuída, nem sempre é esse o caso; na prática, a energia pode ser trocada diretamente do produtor para o utilizador sem passar por sistemas de distribuição centralizados

Este fenómeno tem um impacto significativo na qualidade da energia fornecida pelos geradores, uma vez que não existem etapas intermédias para o equipamento de distribuição, a energia fornecida pelos geradores distribuídos é menos eficiente do que a fornecida pelos geradores centralizados. Nos últimos anos, no domínio elétrico e eletrotécnico, ouve-se cada vez mais falar de Qualidade da Energia, referindo-se à qualidade da energia transmitida das linhas elétricas para os consumidores.

1.3 SOBRETENSÃO OU SUBTENSÃO

A sobretensão é um fenómeno em que a rede transfere energia a uma tensão superior à tensão nominal. O fenómeno pode ser transitório ou estacionário. No primeiro caso, o desvio em relação ao valor nominal ocorre durante alguns instantes ou alguns ciclos, com amplitudes de alguns volts até centenas de volts, muitas vezes provocado pela comutação de cargas indutivas, transformadores em carga, etc..., é claro que este tipo

de perturbação também pode gerar ineficiências energéticas, mas o verdadeiro problema associado a este tipo de perturbação é a possibilidade de danificar os dispositivos ligados ao sistema. No segundo caso, a perturbação pode ser considerada estacionária quando a tensão de alimentação é constantemente superior à tensão nominal de funcionamento, que em Itália é de 230 V para os sistemas monofásicos de baixa tensão e de 400 V para os sistemas trifásicos de baixa tensão. Mesmo neste caso, a perturbação pode, a longo prazo, causar danos aos dispositivos ligados ao sistema, embora este fenómeno deva estar relacionado com a conceção dos próprios dispositivos, que devem ter uma tolerância de tensão de entrada de $\pm 10\%$. Em particular, para a maioria das cargas lineares ligadas às redes, um aumento da tensão provoca uma redução do tempo de vida do dispositivo e aumenta o consumo de energia sem melhorias apreciáveis no desempenho.

1.4 DISTORÇÃO HARMÓNICA

A transmissão de energia na rede elétrica deve ser feita através de uma onda sinusoidal com uma frequência de 50Hz (em Itália) e uma tensão nominal de 230V, e esta onda, ao fechar-se sobre impedâncias lineares, deve gerar uma corrente no circuito elétrico, também sinusoidal com uma frequência de 50 Hz, com uma amplitude dependente da parte óhmica da impedância e, no máximo, um desfasamento em relação à onda de tensão dependente da parte imaginária da própria impedância. Utilizamos o termo “deveria” em referência tanto à entrada de tensão como à geração de corrente de linha, uma vez que, no primeiro caso, não é certo que a onda de tensão seja perfeitamente sinusoidal à entrada, mas mesmo que o seja, não é certo que a onda de corrente resultante seja perfeitamente sinusoidal. De um ponto de vista matemático, a onda em questão é, de qualquer modo, periódica e pode, portanto, ser desenvolvida em séries de Fourier, representando-a como a soma de infinitas componentes sinusoidais com frequência, amplitude e fase diferentes. Tecnicamente, os componentes individuais do desenvolvimento em série são designados por harmónicos; em particular, a onda sinusoidal na frequência fundamental é também um harmónico.

Considerando um qualquer circuito elétrico alimentado por uma onda sinusoidal pura e fechado apenas em cargas lineares, como acabámos de referir, a onda de corrente resultante terá uma única componente à

frequência da fonte de alimentação e não terá qualquer componente harmónica a uma frequência diferente da fundamental, enquanto que no caso em que pelo menos uma das cargas é não linear, podem ocorrer harmónicas de corrente a uma frequência diferente da fundamental, negligenciando de momento o fenómeno das inter-harmónicas, para as cargas elétricas, as componentes de corrente resultantes com maior contribuição são normalmente as que se situam a frequências múltiplas da fundamental, pelo que as harmónicas produzidas podem ser ordenadas numericamente por referência ao múltiplo da frequência de interesse, ou seja, por exemplo, uma segunda harmónica é uma harmónica com o dobro da frequência da fundamental. Além disso, para a maioria das cargas não lineares ligadas às redes (por exemplo, fontes de alimentação comutadas), os harmónicos com maior amplitude são os de ordem ímpar, o terceiro, o quinto, o sétimo, etc. Além disso, em casos reais, os harmónicos têm normalmente uma maior contribuição de amplitude nos números ordinais mais baixos e são, portanto, decrescentes, ou seja, em geral, o terceiro harmónico tem uma amplitude maior do que o quinto, o quinto do que o sétimo, e assim por diante. É claro que, mesmo neste caso, devem ser analisadas situações individuais, uma vez que diferentes cargas não lineares ligadas à rede em questão podem gerar uma contribuição harmónica diferente umas das outras e, por conseguinte, a soma dessas contribuições pode ser diferente.

Referindo-nos à onda de corrente gerada, podemos definir

a distorção harmónica total da seguinte forma:

$$THD_i = \frac{I_t - I_f}{I_f} = \frac{\sum_2^{\infty} I_n - I_f}{I_f}$$

em que:

I_t é a corrente total

I_f é a corrente à frequência fundamental

O mesmo se aplica à onda de tensão:

$$THD_v = \frac{V_t - V_f}{V_f} = \frac{\sum_2^{\infty} V_n - V_f}{V_f}$$

E, de um modo mais geral, para a potência transmitida:

$$THD_p = \frac{P_t - P_f}{P_f}$$

Este índice dá-nos informação, como o próprio nome indica, sobre a distorção global presente nas formas de onda. Naturalmente, quanto mais o valor for superior a 0, mais a forma de onda se afasta do caso ideal. A presença de distorções harmónicas, por si só, também cria problemas energéticos nas instalações. De facto, pode ser demonstrado que a distorção da corrente também tem um efeito na forma de onda da tensão que alimenta as cargas e, por conseguinte, este fenómeno também tem consequências nas cargas lineares ligadas

aos sistemas, para além de gerar outras perdas no sistema como resultado do aumento da dissipação de potência na impedância da linha e na impedância interna do gerador.

Em geral, uma carga linear tem uma largura de banda quase infinita, por exemplo, uma lâmpada incandescente transforma toda a energia eléctrica que fornece em energia térmica, o que significa que se eu, por exemplo, alimentar a lâmpada com 5V a uma frequência de 400 Hz, o filamento na lâmpada aquecerá e será gerado calor pelo efeito Joule.

O problema é que a transformação em questão não gera emissões de luz na banda visível, ou melhor, gerará uma quantidade mínima de emissões de luz no visível e talvez outras emissões em bandas de luz não visíveis a olho nu, por exemplo, ultravioleta ou infravermelho, porque o filamento foi concebido para funcionar na frequência da rede eléctrica.

Este facto tem 3 implicações muito importantes:

- O funcionamento fora dos parâmetros nominais pode levar à avaria prematura do aparelho.
- A energia luminosa fornecida tem uma componente indesejada, pelo que se pode dizer que a energia em excesso não é utilizada para realizar o trabalho para o qual o dispositivo foi concebido, constituindo apenas uma perturbação.
- A emissão de radiação fora da luz visível pode ser prejudicial para o corpo humano que a ela está exposto.

Se considerássemos outros tipos de carga, como motores elétricos, bombas ou outras coisas, as consequências poderiam ser ainda piores.

O resultado geral é que essas distorções transferem energia para as cargas, que a utilizam em parte para realizar o trabalho para o qual foram concebidas e em parte para gerar ineficiências que aumentam a possibilidade de falha da carga. Assim, para além dos prejuízos económicos resultantes do aumento do consumo de energia, há também prejuízos devidos ao encurtamento da vida útil dos próprios aparelhos.

1.5 BALANCEAMENTO DAS FASES

No caso de sistemas trifásicos, outro fator que contribui negativamente para a qualidade do fornecimento é o desbalanceamento entre as fases, ou seja, a diferença entre as formas de onda nas fases individuais do fornecimento, estas diferenças em geral podem ser atribuídas à tensão na frequência fundamental ou harmónica. Tais perturbações ocorrem normalmente quando cargas monofásicas e cargas trifásicas são misturadas na mesma linha. Mais uma vez, este fenómeno tem consequências energéticas nas cargas trifásicas ligadas, bem como consequências em termos de eficiência e de vida útil dos aparelhos. A literatura nesta área mostra-nos que a maioria das ineficiências é gerada nos motores trifásicos ligados ao sistema.

1.6 DESFASAMENTO

Outra perturbação importante que ocorre em cargas ligadas a uma rede elétrica é a mudança de fase entre a forma de onda da tensão e a forma de onda da corrente gerada. O desfasamento entre a tensão e a corrente em geral não gera, por si só, problemas energéticos nas cargas, ou pelo menos não gera problemas em termos de energia ativa absorvida pelas cargas, é claro que a presença de mudança de fase gera ineficiências e maior compromisso de potência na fase de transmissão de energia. Em geral, mesmo uma carga linear, que não é completamente óhmica, gera uma diferença de fase da corrente em relação à tensão de alimentação, com antecedência ou com atraso, dependendo se a carga em questão é óhmica-capacitiva ou óhmica-indutiva. Isto gera a transmissão da chamada potência reativa, que não é utilizada pelas cargas para realizar trabalho, mas simplesmente para suportar o campo magnético. O problema é que a potência reativa é transmitida através de uma corrente indutiva, o que aumenta a carga nos cabos elétricos ligados à rede e, além disso, uma maior circulação de corrente no circuito gera maiores perdas nas impedâncias série do próprio circuito, em particular na impedância interna do gerador e na impedância da linha, gerando assim perdas óhmicas (ou seja, potência ativa) no próprio sistema.

Aqui, 2 fatores são importantes para o equilíbrio energético e económico do sistema:

- Em alguns casos, a utilização de energia reativa gera um custo para o utilizador em termos de penalizações na fatura.
- A corrente reativa em circulação gera uma dissipação de energia ativa na linha.

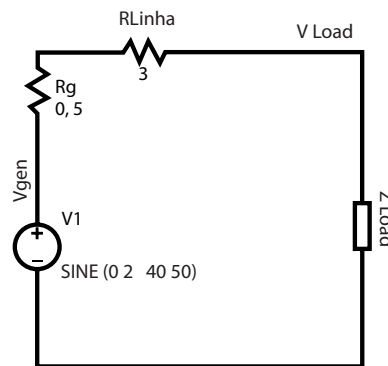
Além disso, pode simplesmente demonstrar-se que este fator também tem consequências na tensão de alimentação das cargas, uma vez que a queda de tensão na linha gera uma tensão útil inferior na própria carga para a mesma potência total de entrada, por outras palavras, a transmissão de energia torna-se altamente ineficiente.

Muitas vezes, quando se fala de redes elétricas, é habitual falar-se do fator de potência que se refere à relação entre a potência total transmitida (potência aparente) e a potência ativa, sendo este fator normalmente confundido com o chamado custo. Em particular, esta última afirmação só é verdadeira se apenas forem consideradas cargas lineares, pelo que, para uma rede de cargas lineares, o custo corresponde ao fator de potência. No entanto, em geral, o fator de potência também tem em conta a distorção harmónica total.

2. RESPOSTA DAS CARGAS

2.1 PREMISSA

Nesta secção, analisaremos, também com recurso a algumas simulações, o comportamento das cargas na presença das perturbações acima referidas. Para simplificar, vamos referir-nos a um circuito elétrico do tipo doméstico, com uma potência contratual de 3 kW, que pode ser esquematizado da seguinte forma: Para as simulações, será utilizado um modelo de parâmetros concentrados.



Nomeadamente:

- R_g é a resistência "interna" do gerador
- R_{Linha} é a resistência de linha da rede, principalmente devido à presença de cabos de alimentação para distribuição de energia. Por uma questão de simplicidade, os efeitos capacitivos e indutivos

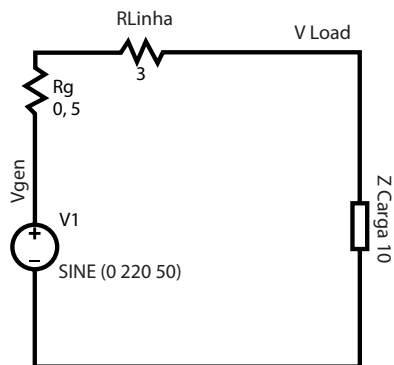
da própria impedância serão negligenciados; o valor resistivo definido de 3 Ohm corresponde a aproximadamente 350 m de cabo com uma secção transversal média de 2 mm².

- Z_{Carga} é a impedância de carga, esquematizada como a impedância equivalente vista do gerador. O circuito em consideração pode ser dividido em duas secções, uma é a parte da fonte de alimentação e a outra é a parte da carga.

Para avaliar o balanço energético do circuito em si, vamos considerar uma série de fatores que serão úteis de vez em quando, mas, em geral, vamos concentrar-nos na potência ativa fornecida pelo gerador e na potência ativa absorvida pela carga, de modo a podermos avaliar a eficiência da transferência de energia em várias situações.

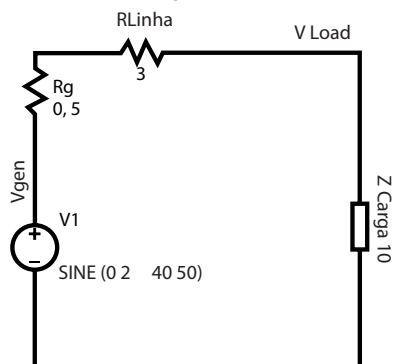
2.2 SOBRETENSÃO ESTACIONÁRIA EM CARGA ÔHMICA

Consideremos como primeiro exemplo a presença de uma carga puramente ôhmica e analisemos os efeitos de uma tensão de alimentação acima da tensão ótima no sistema, assumindo uma tensão ótima de 220V:



Potência ativa fornecida pelo gerador: 1785 W

Potência ativa absorvida pela carga: 1322 W



Potência ativa fornecida pelo gerador: 2124 W

Potência ativa absorvida pela carga: 1573 W

Para recapitular:

CARGA ÔHMICA – EFEITOS DA VARIAÇÃO DA TENSÃO EM ESTADO ESTACIONÁRIO		
	Tensão de rede ideal	Tensão de rede elevada
Tensão de alimentação:	220V	240V
Corrente de linha:	16.28A	17.73A
Fator de potência:	≈ 1	≈ 1
Distorção harmônica total:	0%	0%
Impedância de carga resistiva:	10 Ohm	10 Ohm
Potência de saída do gerador:	1785 W	2124 W
Potência dissipada na carga:	1322 W	1573 W

Considerações

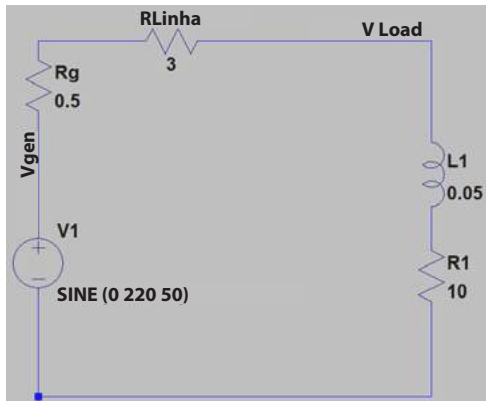
A primeira consideração a fazer é que, no caso em apreço, a potência total comprometida pelo gerador é cerca de 16% inferior no caso de uma alimentação ótima. Naturalmente, devido à linearidade do circuito, a potência distribuída à carga é também 16% menor, mas como vimos ao tratar dos efeitos das altas tensões sobre as cargas, isso nem sempre resulta num aumento da eficiência da carga em questão, por exemplo, se a carga for uma ou mais lâmpadas incandescentes ligadas em paralelo, certamente que alimentá-las com uma tensão mais elevada na frequência fundamental resultará numa energia luminosa mais elevada na banda visível, mas também resultará numa energia mais elevada nas outras bandas de emissão da luminária, pelo que a potência luminosa global na banda visível não será aumentada em 16%, mas sim numa percentagem inferior. Além disso, sair da gama de tensão ideal para o aparelho em questão significa reduzir a sua vida útil em muito mais do que 16%; estudos efetuados pela Omran, no caso das lâmpadas incandescentes, mostram que alimentar uma lâmpada a 240V diminui a sua vida útil em 55% em comparação com a alimentação à sua tensão nominal de funcionamento.

Outro fator a ter em conta é a perda de energia óhmica através da rede, no caso da fonte de alimentação ideal temos uma perda de $(1785 - 1322)W = 463W$, enquanto no caso da fonte de tensão mais elevada temos $(2124 - 1173)W = 551W$, novamente, do ponto de vista relativo, a perda percentual é a mesma, mas em valor absoluto, a perda de potência é maior no caso da alimentação

de tensão mais elevada, pois temos cerca de 100W a mais dissipados na linha, o que significa mais energia contabilizada no contador, e mais aquecimento e ineficiência dos cabos elétricos.

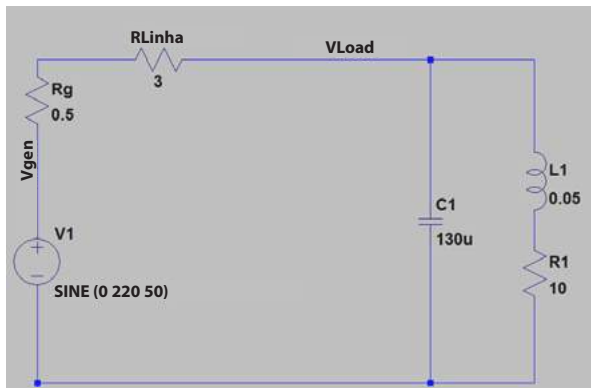
2.3 DESFASAMENTO

Consideremos agora a presença de uma carga ôhmica indutiva no circuito:



Potência de saída do gerador: 632 W
Potência absorvida pela carga: 561 W

Introduzimos em paralelo com a carga uma impedância capacitiva para obter, a partir do mesmo circuito, uma impedância ôhmica equivalente à vista do gerador:



Potência de saída do gerador: 758 W
Potência absorvida pela carga: 573 W

Para recapitular:

CARGA ÔHMICA - EFEITOS DA VARIAÇÃO DA TENSÃO EM ESTADO ESTACIONÁRIO

	Carga equivalente ôhmica	Carga equivalente ôhmico-indutivo
Tensão de alimentação:	220V	220V
Corrente de linha:	5.73A	8.03A
Fator de potência:	0.99	0.66
Distorção harmónica total:	0%	0%
Potência de saída do gerador:	758 W	632 W
Potência dissipada na carga:	561 W	573 W

Considerações

Para o caso em apreço, podemos fazer 2 considerações importante:

1. A potência fornecida pelo gerador no caso de uma carga ôhmica indutiva é aproximadamente 18% maior do que no caso do seu equivalente ôhmico.
2. A potência efetivamente utilizada na carga é cerca de 3% superior.

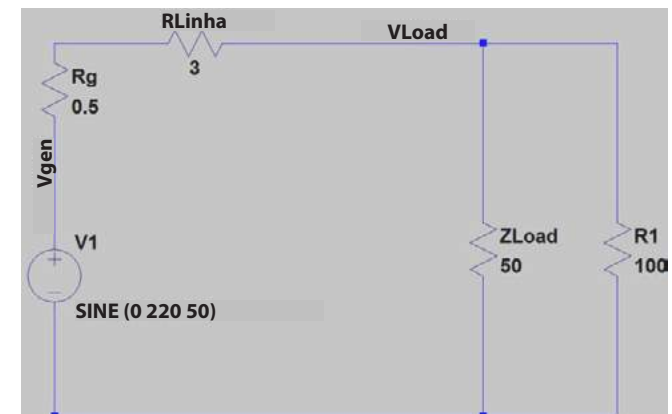
A primeira afirmação permite-nos dizer que, ao melhorar o fator de potência do circuito, obtemos também uma poupança significativa na potência total utilizada, pelo que o balanço energético é positivo neste caso, e notamos também que a própria carga beneficia, uma vez que a potência que utiliza nas mesmas condições é ligeiramente superior à do caso anterior.

Naturalmente que esta condição é verificada com uma tensão de alimentação de 220V, para tensões superiores o problema é mais articulado, pois a inserção de cargas indutivas gera um desfasamento com uma conseqüente queda de tensão na carga devido ao efeito da impedância da linha, naturalmente ao refazer a fase do sistema, a situação melhora do ponto de vista energético, da mesma forma que acabamos de analisar, mas na realidade encontramos na condição anterior de sobretensão estacionária da carga, pelo que a dissipação na carga deve, em qualquer caso, ser remodelada para que funcione nas suas condições ótimas de funcionamento, este último

fator gera ainda maiores poupanças e é, portanto, um elemento desejável, que trataremos mais adiante.

2.4 DISTORÇÃO HARMÓNICA

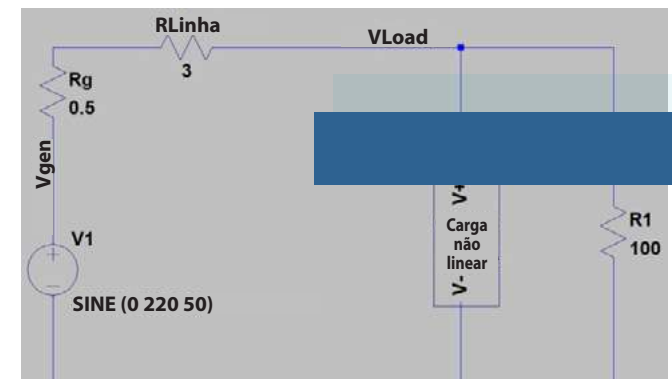
Consideremos agora a presença de cargas lineares e não lineares mistas no circuito:



Potência de saída do gerador: 654 W

Potência absorvida pela carga: 592 W

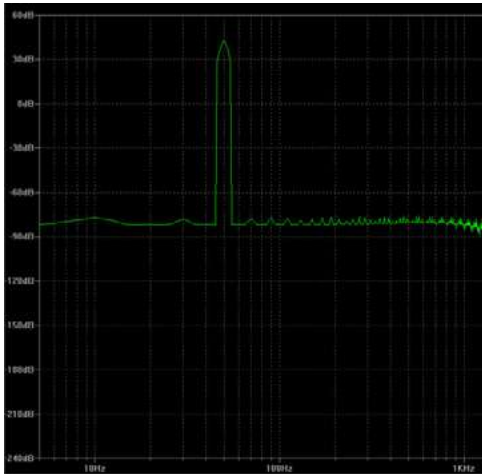
Substituímos a carga de 50 ohm por uma carga com a mesma potência mas não linear:



Potência de saída do gerador: 656 W

Potência absorvida pela carga: 586 W

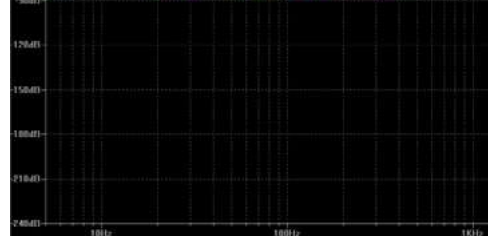
Vejam esta situação em pormenor, consideremos a transformada de Fourier da tensão na carga na banda 0 - 1kHz.



Circuito totalmente linear. Circuito com carga não linear

Distorção harmónica total: 0.000473%

Distorção harmónica total: 3.550619%



Para recapitular:

CARGA ÓHMICA INDUTIVA - EFEITOS HARMÓNICOS		
	Carga equivalente óhmica	Carga equivalente óhmico-indutivo
Tensão de alimentação:	220V	220V
Corrente de linha:	4.21A	4.46A
Fator de potência:	≈ 1	0.95
Distorção harmónica total:	≈ 0%	3.55%
Potência de saída do gerador:	654 W	656 W
Potência dissipada na carga:	592 W	586 W

Considerações

Para o caso em apreço, há 3 considerações a ter em conta:

- A potência de saída do gerador no caso de um circuito não linear é cerca de 0,4% mais elevada do que no caso do seu equivalente óhmico.
- A potência global transmitida à carga é cerca de 1% superior.
- A potência transmitida à carga a uma frequência de 50 Hz é inferior em 3,5 por cento, sendo esta percentagem transmitida fora da banda.

Neste caso, a carga não linear gera a circulação de uma corrente com um elevado conteúdo harmónico fora de banda; esta corrente, por si só, não gera problemas para as outras cargas, uma vez que apenas circula entre o gerador e a carga em causa. O problema é que a variação da tensão sobre a impedância da linha tem também um elevado conteúdo harmónico, pelo que a tensão global de alimentação das cargas é afetada por distorções harmónicas que dependem, como se referiu, da potência da carga distorcedora e da impedância da linha, sendo naturalmente estas distorções absorvidas pelas cargas óhmicas e transformadas em calor, sem presumivelmente qualquer vantagem em termos de eficiência, aliás com desvantagens por vezes substanciais no que respeita à vida útil do dispositivo. Podemos assim afirmar que, se numa primeira fase, do ponto de vista do balanço energético, parece não haver grandes variações (1%), do ponto de vista da eficiência das cargas há variações mais substanciais (3-4%), pelo que a potência total absorvida pela carga é praticamente 5% inferior quando se considera a potência útil para trabalho (a fornecida a 50 Hz).

3 TECNOLOGIAS EXISTENTES

3.1 OTIMIZAÇÃO DA TENSÃO

A otimização da tensão é uma técnica de poupança de energia que é adotada através da instalação de um transformador em série com a linha de alimentação, a fim de diminuir ou aumentar a tensão disponível para a carga.

A otimização pode ter lugar de forma estática ou dinâmica, consoante a tensão seja reduzida de forma fixa numa determinada percentagem ou variada dinamicamente durante o funcionamento normal do circuito.

Normalmente há uma economia de energia, como tivemos oportunidade de constatar nas simulações anteriores, na presença de cargas predominantemente óhmicas com problemas de sobretensão estacionária, ou em qualquer caso lineares, no caso de cargas não lineares particulares (como os alimentadores de comutação por exemplo) a redução de tensão pode até levar a aumentos de consumo, na verdade, essas cargas operam em potência constante, ou seja, absorvem sempre a mesma quantidade de energia mesmo diante de variações de tensão, portanto uma tensão decrescente a variação leva a um aumento da corrente no nó e, portanto, na linha, esta corrente aumenta naturalmente as perdas nos cabos de transmissão.

3.2 CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA

A correção do fator de potência é definida como qualquer medida utilizada para aumentar (ou, como se costuma dizer, melhorar) o fator de potência ($\cos \phi$) de uma determinada carga, de modo a reduzir o valor da corrente que circula no sistema pela mesma quantidade de potência ativa absorvida. O objetivo da correção do fator de potência é, acima de tudo, diminuir as perdas de energia e reduzir a absorção de potência aparente em proporção às máquinas e linhas existentes numa instalação industrial. O faseamento das instalações ganhou importância à medida que o distribuidor de eletricidade impôs cláusulas contratuais através das medidas tarifárias CIP (n.º 12/1984 e n.º 26/1989) que obrigavam o utilizador a fasear a sua instalação sob pena de pagamento. Em circuitos com consumidores específicos, como lâmpadas de incandescência, aquecedores de água, certos tipos de fornos, a potência aparente de entrada é toda a potência ativa. Nos circuitos com utilizadores que têm enrolamentos no seu interior, como motores, soldadores, balastos de lâmpadas fluorescentes, transformadores, uma parte da potência aparente absorvida é utilizada para excitar circuitos magnéticos e, portanto, não é utilizada como potência ativa, mas como potência geralmente designada por potência reativa. Do ponto de vista do balanço energético global, a correção do fator de potência diminui a quantidade de energia reativa absorvida pelo circuito,

mas não diminui diretamente a energia ativa utilizada, ou seja, a diminuição da energia ativa é geralmente uma consequência do facto de as perdas nos condutores diminuírem, uma vez que a impedância série dos próprios condutores é atravessada por uma corrente global mais baixa, mas na realidade nem toda essa energia ativa é realmente poupada, uma vez que a menor dissipação nos condutores leva a uma menor queda de tensão na carga e, no caso de cargas óhmicas, isto significa uma maior dissipação de energia.

É claro, no entanto, que neste caso o excesso de energia é positivo para a carga, a menos que estejamos no caso de sobretensões estacionárias. A correção do fator de potência de cargas pode ser centralizado, distribuído ou misto: no primeiro caso, todo o sistema é corrigido a montante da carga e a jusante do gerador, pelo que à saída do gerador o custo melhora, mas não há necessariamente uma melhoria em todos os elos do circuito; no segundo caso, as cargas são corrigidas individualmente, e o efeito é uma melhoria no custo global a jusante do gerador; no terceiro caso, há uma solução mista entre os dois primeiros. Normalmente, a correção do fator de potência das cargas é conseguida colocando um gerador de potência reativa em paralelo com as próprias cargas em fase contrária à potência reativa da carga, de modo a que a potência reativa de saída seja cancelada. O gerador mais simples de potência reativa em circuitos sinusoidais é o condensador, pelo

que um ou mais condensadores são inseridos em paralelo com as cargas, a fim de obter uma melhoria de custos. No entanto, existem outras técnicas, como os compensadores estáticos ou os filtros ativos.

3.3 FILTRAGEM HARMÓNICA

A filtragem de harmónicas em sistemas de energia é normalmente feita através da inserção de dispositivos no circuito para diminuir a distorção harmónica total normalmente na corrente, de modo a melhorar também os efeitos de distorção na tensão. Existem 2 categorias principais de filtros adequados para este fim:

- **Filtros passivos**
- **Filtros ativos**

No primeiro caso, há uma distinção adicional entre filtros sintonizados e indutivos. Os filtros sintonizados são filtros rlc especiais sintonizados para uma frequência específica e normalmente ligados à terra. Nalguns casos, podem também ser utilizados filtros passa-banda ou passa-alto para criar uma via de baixa impedância para a terra para as perturbações nessas frequências e eliminar as perturbações na sua fonte. No caso das bobinas de linha, por outro lado, o princípio é o dos filtros passa-baixo LR; de facto, a

bobina de linha forma com o circuito óhmico a jusante um filtro passa-baixo que não deixa passar a potência a frequências muito afastadas de 50 Hz. Este tipo de solução, evidentemente, melhora a situação em carga, atenuando o fator de distorção harmónica total, mas do ponto de vista do balanço energético a situação mantém-se inalterada, de facto as perturbações são encaminhadas para a terra, depois de atravessarem o contador, pelo que a energia que é desviada para a terra continua a ser contabilizada. Os filtros ativos são, do ponto de vista da carga, geradores de corrente em paralelo que injetam uma corrente igual e oposta à da carga distorcida fora da banda, cancelando assim as correntes harmónicas geradas pelas próprias cargas.

Funcionam através da modulação da tensão da linha, analisam a situação da rede e injetam as correntes de compensação. Naturalmente, para injetar corretamente essas correntes são necessárias frequências de comutação muito altas, superiores a mais que o dobro da frequência harmónica máxima. dispositivos internos particularmente eficientes e rápidos, os IGBT são normalmente usados para poder trabalhar na frequência de comutação desejada. Este facto torna, naturalmente, estes dispositivos particularmente dispendiosos. Além disso, do ponto de vista do balanço energético, a situação é semelhante ao caso dos filtros passivos, na medida em que, dependendo da eficiência dos filtros i , é absorvida uma quantidade equivalente de energia para compensar as perturbações. O que é interessante

é que os filtros ativos também podem melhorar os custos do sistema, uma vez que também funcionam como geradores de energia reativa. Além disso, outro aspeto muito interessante é o facto de os filtros, mesmo de capacidades diferentes, poderem ser inseridos em paralelo, sem perturbar o circuito nem correr o risco de ressonância.

3.4 FILTRO EMI

O filtro EMI é um filtro passivo que se encontra na maioria dos equipamentos eletrónicos para permitir que esses dispositivos cumpram os regulamentos de compatibilidade eletromagnética, especialmente os relativos a emissões conduzidas. Essencialmente, o filtro EMI é um filtro passa-baixo que é ligado como último estágio entre o equipamento e a fonte de alimentação, de modo a atenuar os componentes de ruído que qualquer dispositivo eletrónico tende a emitir. Obviamente, o filtro deve ser transparente na frequência de alimentação (50-60 Hz) para permitir o bom funcionamento do aparelho, ao mesmo tempo que deve atuar na gama de frequências definida pela norma (150kHz-30MHz).

3.5 PERFILAGEM DOS CONSUMOS

Existem vários dispositivos no mercado que permitem traçar o perfil de consumo dos utilizadores, ou seja, compreender como estes utilizam a eletricidade durante um determinado período de interesse. É claro que estes sistemas, por si só, não produzem qualquer melhoria no consumo de energia do utilizador, mas têm 2 implicações importantes que permitem otimizar o consumo:

- A sensibilização dos utilizadores para o consumo pode levar a uma maior atenção e poupança.

- A implementação de um sistema pericial que analise estes dados e os processe pode levar a uma gestão mais eficiente da energia e a poupanças substanciais, sem alterar os hábitos de consumo.

4. ANT

4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Antes de entrar nos méritos do projeto, é bom fazer alguns esclarecimentos sobre os problemas que abordámos nos capítulos anteriores e as soluções atualmente existentes no mercado.

Em seguida, analisámos os sistemas de otimização da tensão. Existem vários tipos no mercado, embora, na prática, sejam dispositivos que se limitam a reduzir a tensão da rede, alguns de forma estática, outros de forma dinâmica, incluindo os estabilizadores de tensão. É evidente que, neste caso, um sistema de otimização da tensão pode ser útil para poupar dinheiro, mas é preciso ter muito cuidado com o seu funcionamento. A redução estática da tensão não é certamente uma solução eficiente, uma vez que a subida ou descida da tensão depende normalmente das condições de carga. É claro que, neste caso, também é preciso ter cuidado com o estado da linha de alimentação, pois isso pode criar problemas de funcionamento ou danificar as próprias cargas. Na prática, uma sobretensão ou

subtensão estacionária pode ser positiva ou negativa para um sistema, dependendo se estamos a lidar com cargas de potência variável ou cargas de potência constante (alimentadas – não lineares), para as quais o modo de funcionamento correto não pode ser previsto a priori.

Em seguida, estudámos os sistemas de correção e de filtragem do fator de potência, mais uma vez há muitos esclarecimentos a fazer em termos de energia e de segurança das instalações. Em particular, suponhamos que estamos perante o caso de um sistema com uma carga predominantemente óhmico-indutiva e na presença de uma sobretensão estacionária, caso em que, dependendo do fator de potência da carga, haverá uma queda de tensão de um certo valor entre o gerador e a própria carga, esta queda de tensão poderia trazer a carga para o valor da tensão nominal, a introdução de um sistema de correção e filtragem do fator de potência traz como benefício um aumento do fator de potência, logo uma menor circulação de corrente no ramo série do circuito e portanto um aumento da tensão útil à carga. Esta última resulta muito frequentemente num maior desperdício de energia ativa, dependendo da relação entre a impedância da linha e a impedância da carga. O mesmo se aplica, como pudemos verificar nas simulações, à contribuição harmónica para as correntes e tensões de linha, neste caso acentuada e agravada pelo facto de, na presença de perturbações harmónicas, existir também o problema da segurança das cargas e de todo o sistema.

O projeto ANT nasceu da necessidade de combinar os contributos positivos de cada uma das tecnologias consideradas num único produto. A verdadeira novidade e o valor acrescentado mais importante do produto é precisamente a sua abordagem dinâmica da gestão das cargas. Em particular, o dispositivo é capaz de analisar instantaneamente a rede elétrica à qual está ligado, tanto em termos de alimentação como de carga, e de alimentar as cargas de forma ótima em qualquer configuração de funcionamento. O dispositivo é capaz de analisar os parâmetros da rede com uma precisão de 0,1% nos espectros de tensão e de corrente e, através da análise do nível emissivo das cargas, é capaz de compreender a composição interna da rede, bem como interpretar por inferência a contribuição das impedâncias individuais, com particular referência à diferença entre as impedâncias de carga e as impedâncias de transmissão e parasitas, de modo a que o dispositivo seja capaz de otimizar a transferência de potência para as impedâncias de carga, minimizando as perdas de transmissão e parasitas.

O projeto ANT foi criado em resposta à necessidade crescente de otimizar a transferência de energia entre qualquer gerador elétrico e uma rede de cargas a ele ligadas.

Neste contexto, por otimização entendemos uma série de medidas destinadas a melhorar a qualidade da energia à entrada do sistema e a compensar os efeitos negativos devidos à inserção de cargas, como vimos nas simulações analisadas.

É de salientar que, atualmente, tal como o sistema é composto, não existem soluções alternativas iguais, mas existem produtos de substituição que se aproximam da solução proposta.

4.2 DESCRIÇÃO ATUAL DO PROJETO/DISPOSITIVO

Sistema para adaptar a impedância dos circuitos elétricos de consumo à impedância do gerador, para melhorar a eficiência das instalações, salvaguardar os dispositivos e poupar energia.

O dispositivo, uma vez ligado à rede elétrica, é capaz de analisar todos os parâmetros de funcionamento da rede, tanto a qualidade da energia externa como os fatores de perturbação interna. Pode atenuar as perturbações e utilizar a energia para otimizar a tensão e os fluxos de corrente interna. Também é capaz de balancear o perfil de carga nas fases e as tensões de alimentação, pelo que também é capaz de balancear as 3 correntes e as 3 correntes de fase. O perfil de funcionamento é totalmente configurável e pode também ser gerido remotamente, tal como os dados da análise da rede.

O produto inclui a variante básica denominada ANT versão 2.1, a variante TG que inclui as funcionalidades de gestão remota do dispositivo, como melhor especificado acima, e a variante TL que inclui as funcionalidades de leitura remota como melhor especificado acima.

O dispositivo deve ser ligado à rede, doméstica ou comercial, a jusante do contador e à entrada da linha de distribuição primária. Uma vez ligado ao circuito, é capaz de calcular a impedância vista pelo contador em relação ao circuito e otimizar essa impedância de modo a melhorar a transferência de energia entre o contador e o sistema, reduzindo efetivamente a energia dissipada pelo sistema devido a fatores não atribuíveis à utilização dos próprios dispositivos. Além disso, o dispositivo também atua como um otimizador da qualidade da energia em relação à linha de entrada. A qualidade da energia é a característica da rede elétrica de transferir energia de forma eficiente para os consumidores e de eliminar o desperdício tanto quanto possível.

Gestão remota

O dispositivo de controlo remoto inclui todas as funcionalidades básicas com a possibilidade adicional de controlo totalmente remoto de todos os aparelhos instalados. A gestão remota de dispositivos é muito importante para a melhoria dos parâmetros de funcionamento dos dispositivos, uma vez que existe a possibilidade de reconfigurar remotamente cada dispositivo individual de acordo com a situação de funcionamento padrão. Além disso, através da gestão remota, é possível ter, a qualquer momento, a partir do próprio escritório, uma visão completa da situação de funcionamento dos dispositivos e, se necessário, contornar cada dispositivo, desligando-o do sistema ao qual está ligado. Além disso, existe a possibilidade

de ser notificado do tipo de avaria ocorrida em caso de falha do dispositivo e, se alguma peça se partir internamente, é possível saber antecipadamente qual a peça a substituir e prestar um serviço mais preciso e eficiente, naturalmente com a possibilidade de contactar diretamente o cliente e informá-lo de que houve uma avaria e que o serviço está a ser prestado.

Monitorização

O produto, como é óbvio, está equipado com uma rede interna de sensores que verifica o funcionamento de todos os componentes internos individuais para monitorizar todos os parâmetros de funcionamento do dispositivo e, por conseguinte, é capaz de detetar imediatamente a existência de anomalias ou avarias no sistema e de indicar ao serviço de assistência o problema encontrado e as possíveis soluções a aplicar para resolver o problema rapidamente.

Software

De um ponto de vista arquitetónico, o produto gerido à distância consiste num servidor central dedicado que comunica com todos os dispositivos, de modo a que a situação e os parâmetros de funcionamento de todos os dispositivos ligados estejam sempre claros. Além disso, a empresa tem a possibilidade de aceder a um software e verificar o estado de todos os dispositivos a qualquer momento. É também possível, através do mesmo software, alterar a configuração de cada dispositivo individual e, se necessário, desligá-

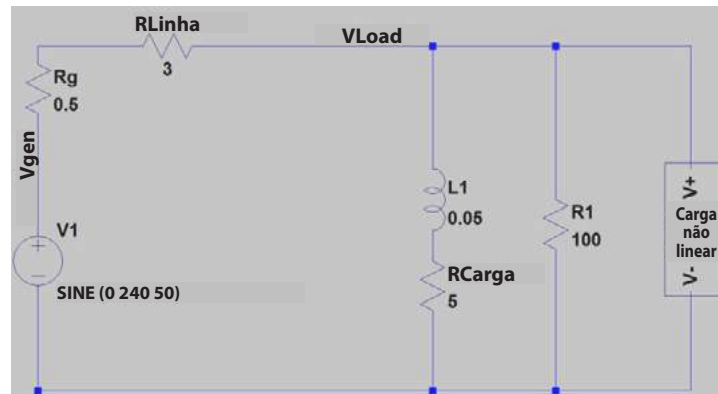
lo do sistema, tudo de uma forma simples e rápida. Existe também a possibilidade de fornecer software dedicado a outros utilizadores que prestam serviços a zonas individuais, para que possam gerir todos os dispositivos na sua zona. Naturalmente, em cada caso, tanto a empresa como o prestador de serviços recebem notificações sobre possíveis avarias dos dispositivos e, possivelmente, sobre os pedidos de assistência a tratar.

Leitura remota

O produto teletransportado inclui todas as funcionalidades do produto gerido à distância, com a possibilidade de ter também disponíveis todos os dados de consumo dos utilizadores, tudo numa plataforma única, simples e funcional. As funcionalidades de leitura à distância são acessíveis à empresa, podem também, se a empresa assim o entender, ser disponibilizadas à rede de serviços, mas sobretudo podem ser disponibilizadas aos utilizadores individuais que possuem o dispositivo. Os utilizadores podem aceder comodamente aos seus perfis de consumo tanto através da Web no sítio Web da empresa como através de smartphones e tablets, com uma interface simples e intuitiva. A grande novidade é que, graças ao sistema, é possível monitorizar não só o consumo de eletricidade, mas também o consumo de água e de gás, sendo mesmo possível gerir os dados de produção de quaisquer sistemas de energias renováveis existentes na propriedade, tais como sistemas fotovoltaicos, mini-eólicos, solares térmicos e outros.

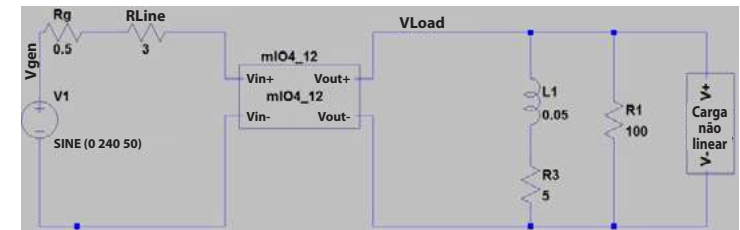
4.2 DADOS DE PROJETO E SIMULAÇÕES

Vejamos agora como o sistema interage com o sistema elétrico, simulando uma situação real, onde estão presentes fenômenos de sobretensão estacionária, defasamento de fase e a presença de cargas não lineares. Neste caso, como se pode ver no diagrama, não estamos a ter em conta a não linearidade da linha de alimentação, ou seja, não são consideradas quaisquer perturbações do exterior, mas apenas as perturbações geradas na linha interna:



Potência de saída do gerador: 1094 W

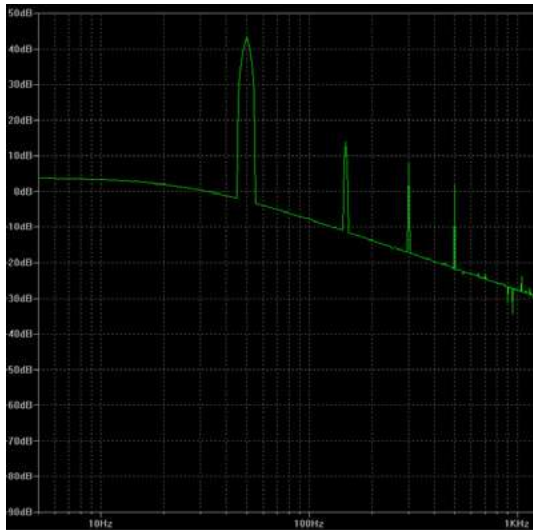
Potência absorvida pela carga: 738 W



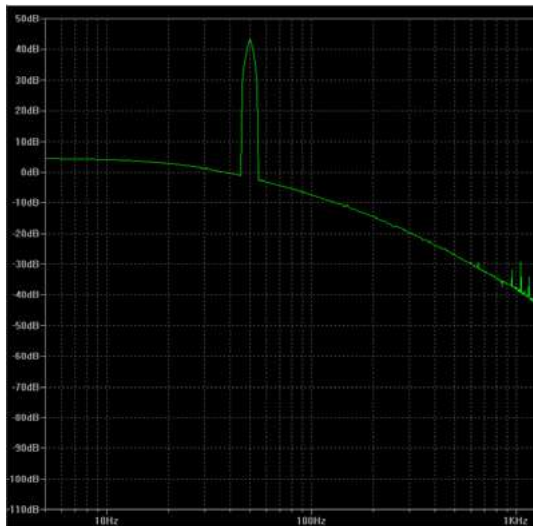
Potência de saída do gerador: 843 W

Potência absorvida pela carga: 756 W

Análise harmónica da tensão de alimentação da carga (VLoad):

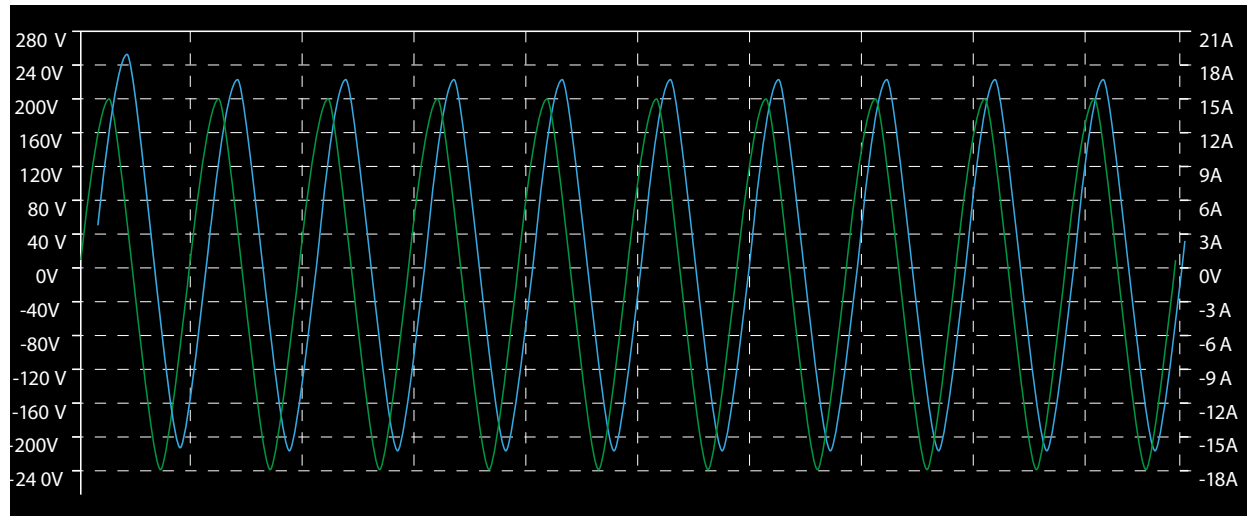


Distorção harmónica total: 3.479955.

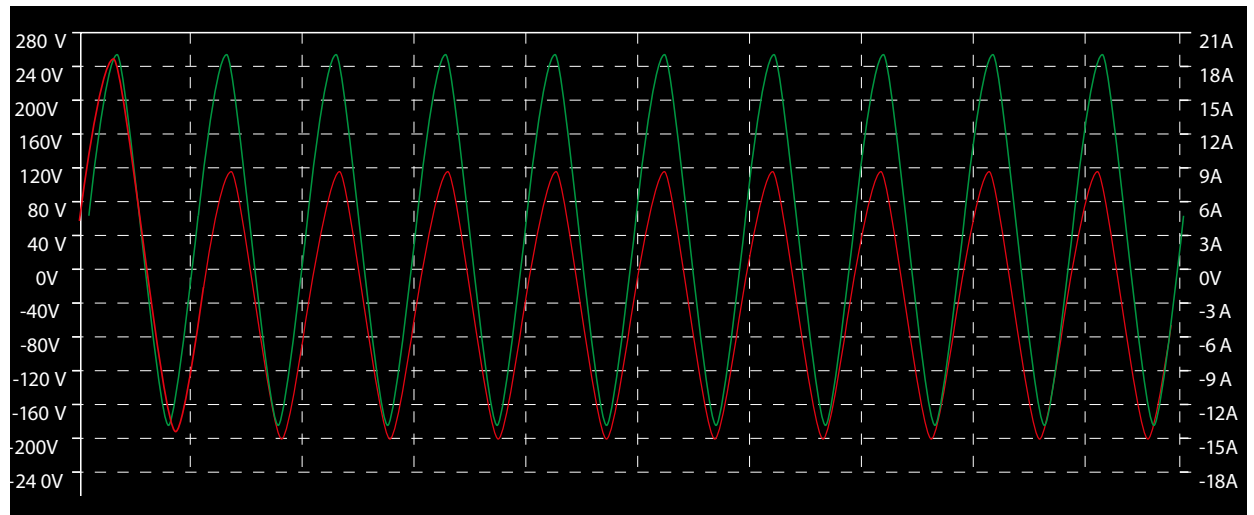


Distorção harmónica total: 3.479955.

As formas de onda resultantes:
Sem ANT:



Com ANT



Efeitos de inserção ANT

	Sem ANT	Com ANT
Tensão de alimentação:	240V	240V
Corrente de linha:	10A	5A
Fator de potência:	0.64	0.99
Distorção harmónica total:	3.5%	0.01%
Potência ativa fornecida pelo gerador:	1094 W	843 W
Potência ativa dissipada na carga:	738 W	756 W

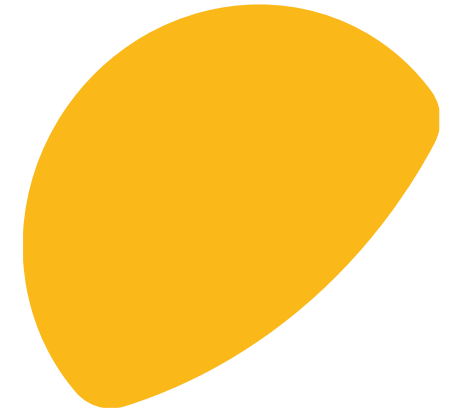
CONSIDERAÇÕES

- A potência ativa distribuída pelo gerador sem o sistema é superior a 18%;
- A eficiência da carga é de cerca de 3% com a ativação do sistema
- A distorção harmónica total da tensão na carga é insignificante quando o dispositivo está ligado, caso contrário seria de cerca de 3,5%. Assim, a carga do sistema (50 Hz) é otimizada em 3%.
- O fator de potência do circuito aumenta significativamente e aproxima-se da eficiência máxima permitida.
- A corrente circulante é cerca de 50 por cento menor depois de o sistema ter sido ligado e, conseqüentemente, as perdas no cabo são claramente menores.

» **Escreve-se
ESE, lê-se EASY,
fácil** como
poupar energia.



» **Descubra
o mundo ESE
e todas as oportunidades
para o seu negócio!**







Sede social
Corso Giuseppe Garibaldi 86
20121 - Milano (MI) Italy

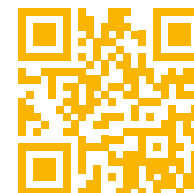
Sede Administrativa
Via San Martino, 87
Parco dei Ciliegi
82016 Montesarchio (BN) Italy

+39 02 87.368.229
+39 02 87.368.222

info@ese.energy
assistência técnica
service@ese.
energiaC.F. e P.I.:

08999150967
R.E.A.: MI2061570

www.ese.energy
siga-nos em  



Ler o código QR
e descubra a **ESE.ENERGY**