



A REDUÇÃO DAS PERDAS EM EQUIPAMENTOS E INSTALAÇÕES ELÉTRICAS COMO MEDIDA DE REDUÇÃO DA FATURA DE ENERGIA

REDUCTION OF LOSSES IN ELECTRICAL EQUIPMENT AND INSTALLATIONS AS A MEASURE FOR REDUCING THE ENERGY BILL

REDUCCION DE LAS PERDIDAS EN EQUIPOS E INSTALACIONES ELÉCTRICAS COMO MEDIDA DE REDUCCION DE LA FACTURA DE ENERGIA

J.A. Lobão (jlobao@ipgg.pt)*

T. Devezas (tessalen@ubi.pt)**

J.P.S. Catalão(catalao@ubi.pt)***

RESUMO:

A eletricidade e o eletromagnetismo estão presentes no nosso dia-a-dia na quase totalidade dos equipamentos que usamos, quer no trabalho quer em períodos de lazer, desde a máquina mais sofisticada ao mais simples eletrodoméstico. Associado à utilização está o consumo de energia elétrica que pode ser reduzido com uma eficiente escolha e correta utilização. Considerando a atual situação económica mundial, em especial a Portuguesa, e o aumento dos custos de energia elétrica devido à variação da cotação do preço do petróleo e do carvão, todo o contributo para a diminuição do consumo será pertinente, permitindo a diminuição, mesmo que pequena, da fatura de energia das famílias e aumentando o rendimento disponível. Este trabalho tem por objetivo sensibilizar para a necessidade de redução do consumo de energia. Será analisada a eficiência energética dos equipamentos elétricos de uso corrente, sua implicação nos custos energéticos a incluir na fatura doméstica e redução de consumo de energia nas instalações elétricas através da diminuição das perdas nos condutores, associadas à escolha de equipamentos eficientes.

Palavras Chave: Energia, Eficiência energética, Redução de perdas, Portugal, energia uso domestico



ABSTRACT:

Electricity and electromagnetism are present in our daily routine in almost all the equipment we use either at work or in leisure time, from the more sophisticated machine to the simplest appliance. The electrical energy consumption can be reduced with an efficient choice and correct use. Considering the current global economic situation, particularly the Portuguese one, and the rising energy costs, all contributions to the decrease in consumption will be relevant, however small they may be, by decreasing household energy bills and increasing disposable income. This work aims to raise awareness of the need to reduce energy consumption. We will analyse the energy efficiency of electrical equipment in current use, its implication in energy costs to be included in the domestic bill, and energy consumption reduction in electrical installations by reducing losses in conductors, associated with the choice of efficient equipment.

Keywords: Energy, Energy efficiency, Loss reduction, Portugal, energy for domestic use.

RESUMEN:

La electricidad y el electromagnetismo están presentes diariamente en casi todos los equipamientos que utilizamos en el trabajo y en periodos de ocio, desde la máquina más sofisticada hasta el más simple electrodoméstico. Su utilización está asociada al consumo de energía eléctrica el cual puede ser reducido con una selección eficiente y con una utilización correcta. Considerando la actual situación económica mundial, en especial la Portuguesa, y el aumento del coste de la energía eléctrica, toda la ayuda para la disminución del consumo será pertinente, reduciendo el valor de la factura de energía de las familias y aumentando el rendimiento disponible. Este trabajo tiene por objetivo la sensibilización ante la necesidad de reducir el consumo de energía. Será analizada la eficacia energética de los equipos eléctricos comunes, su implicación en el coste energético incluido en la factura doméstica y la reducción del consumo energético de las instalaciones eléctricas mediante la disminución de las pérdidas en los conductores, asociados a la escolla de equipamientos eficientes.

Palabras clave: Energía, Eficiencia Energética, Reducción de pérdidas, Portugal, uso doméstico de energía

Submitted: 1st October 2012

Accepted: 17th May 2013



*Mestre em Sistemas e Automação, Professor Adjunto do Instituto Politécnico da Guarda.

** Ph.D. in Materials Engineering, Associate Professor with Habilitation at Department of Electromechanical Engineering, University of Beira Interior (UBI).

*** Ph.D in Electrical Engineering, Assistant Professor and Director of the MSc in Electromechanical Engineering at Department of Electromechanical Engineering, University of Beira Interior (UBI).



1. INTRODUÇÃO

Neste trabalho será abordada a relação entre a eletricidade, o eletromagnetismo e a eficiência energética de vários equipamentos usados no dia-a-dia, em especial o consumo associado ao uso do *stand-by* e redução das perdas nas instalações elétricas associadas à escolha de equipamentos eficientes. Esta relação baseia-se na evolução tecnológica, bem como na escolha e utilização eficiente dos referidos equipamentos de modo a que, sem ou com pequenos investimentos, se consiga obter uma redução da fatura de eletricidade nas empresas e famílias em geral.

A escolha dos equipamentos eficientes incide nos fatores preço, consumo energético, diminuição das perdas nos condutores, vida útil e taxa de rentabilidade.

O trabalho está estruturado em secções: Na secção 1 é apresentada uma introdução ao estudo. A secção 2 descreve a formulação e metodologia, dividindo-se em três subcapítulos: no primeiro são analisadas as perdas em *stand-by* dos equipamentos elétricos de uso corrente e sua influência na fatura de energia; no segundo é abordado o caso de estudo de um aparelho elétrico de uso comum nas famílias Portuguesas, o televisor, onde é analisado o consumo de energia e as emissões de CO_2 das perdas em *stand-by* com base no número de alojamentos. Os dados de suporte foram retirados dos Censos de 2011 (INE, 2011); no terceiro subcapítulo é analisado o efeito das perdas nos condutores de uma instalação elétrica afetados pela escolha de equipamentos eficientes e respetiva redução de consumo de energia elétrica. Na secção 3 é apresentada a conclusão e observações finais.

2. FORMULAÇÃO e METODOLOGIA

Um condutor elétrico ao ser percorrido por corrente elétrica (I) aquece. Ao fenómeno de libertação de calor num condutor percorrido por corrente elétrica, dá-se o nome de efeito de Joule. Não sendo a energia térmica dos condutores ou aparelhagem percorrida por corrente elétrica desejada nem aproveitada é considerada energia de perdas.

As perdas não podem ser evitadas mas podem e devem ser minimizadas, seja nos equipamentos de utilização final ou nos



componentes e troços das instalações elétricas, contribuindo para a redução da fatura energética.

A redução das perdas em sistemas elétricos tem sido objeto de estudo ao longo do tempo, em especial no que se refere à produção de energia centralizada ou distribuída [1], ao dimensionamento económico de condutores e à operação de sistemas de distribuição de energia[2] [3] [4]. Do lado do consumidor, o estudo tem destacado grandes cargas como motores de indução[5] [6] e, com menos peso as instalações e equipamentos domésticos [7]. Este trabalho tem por objetivo sensibilizar para as pequenas contribuições frequentemente desprezadas, mas que podem influenciar a fatura energética e a escolha de um investimento eficiente.

2.1. Perdas nos Equipamentos Elétricos de Uso Corrente

Se considerarmos o percurso da eletricidade desde o local de produção até ao local de consumo, verificamos que muitas transformações são efetuadas utilizando o efeito eletromagnético, desde o grande transformador de potência ao pequeno transformador da fonte de alimentação (Figura 1), dos pequenos equipamentos domésticos.

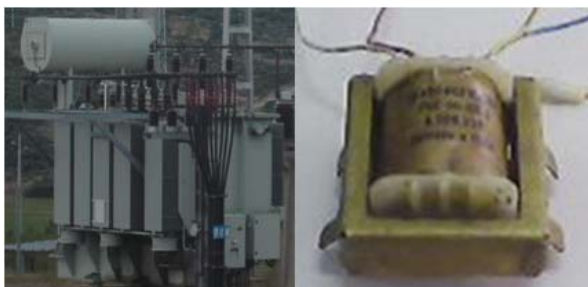


Figura 1: Transformadores

A este percurso e transformações estão associadas perdas por efeito de Joule e/ou magnetização.

As perdas nas fontes de alimentação dos pequenos eletrodomésticos quando em *stand-by* são pequenas, em termos individuais, e por todos desprezadas ao não desligar os equipamentos da alimentação.



Se em termos individuais podemos, efetivamente, considerar que o peso na fatura energética mensal é reduzido, analisando todos os gastos dos pequenos eletrodomésticos usados numa habitação (Figura 2) verifica-se que esse conjunto contribui para que o resultado da fatura energética possa ser considerável.

EQUIPAMENTO	Potência em stand-by (W)
Televisão	5
Aparelhagem sonora	5
Videogravador	6
Despertador	2
Carregador de Telemóvel	2
Telefone sem fios	6
PC	5
Impressora	2,5
Scanner	6
Mini aspirador	2
Forno microondas	3
Fogão elétrico	2
Total	46,5

Figura 2: Exemplos de consumos em *stand-by*

O somatório de pequenos contributos terão um grande impacte na redução global do consumo de energia.

Consideremos, como exemplo, um simples televisor com um consumo em *stand-by* de 5W.

Considerando o funcionamento em *stand-by* 24 horas por dia, e o preço do kWh de 15 cêntimos, o consumo mensal seria de:

$$\begin{aligned} \text{Consumo mensal} &= 5 \times 24 \times 30 \times 0,15 / 1000 \\ \text{Consumo mensal} &= 0,54 \text{ kWh} \end{aligned}$$

No entanto, se considerarmos o conjunto possível de equipamentos usados numa habitação (Fig.2), o consumo mensal final será:

$$\begin{aligned} \text{Consumo mensal} &= 46,5 \times 24 \times 30 \times 0,15 / 1000 \\ \text{Consumo mensal} &= 5,022 \text{ kWh} \end{aligned}$$



Este valor mensal, em faturas inferiores a 100 €, valor comum em muitas famílias Portuguesas, representa reduções superiores a 5%. Na conjuntura atual, em muitas famílias pode fazer a diferença em termos do orçamento mensal familiar.

2.2-Influência das Perdas e Emissões de CO₂ no País

Se considerarmos um universo mais alargado, por exemplo um país, verificamos que os resultados que podemos alcançar atingem valores significativos.

Consideremos a análise em termos do país (Portugal) em que, segundo os censos de 2011, o numero de alojamentos é de 5 877 991, Figura 3.



Figura 3: Alojamentos em Portugal (Censos 2011, INE)

Considerando a existência de apenas um televisor por alojamento, realizamos os cálculos para o consumo de perdas em *stand-by* durante um ano, assim:

$$\text{Consumo Anual} = 5 \times 5\,877\,991 \times 24 \times 365 / 1000$$

$$\text{Consumo Anual (kWh)} = 257\,894\,005,8 \text{ kWh}$$



$$\text{Consumo Anual } (\square) = 257\,894\,005,8 \times 0,15 = 38\,684\,100,87 \square$$

Num país, como Portugal, com um défice energético em que a maior parte da energia consumida é importada[12], será de todo o interesse a promoção de ações que promovam o uso eficiente de energia, incluindo todas as pequenas contribuições.

Analisemos a contribuição desta pequena perda individual em termos ambientais, nomeadamente em termos de gases de efeito de estufa.

Considerando o mix de produção de energia elétrica em Portugal, usando como referência o ano de 2011 (Figura 4), temos:

Repartição por tecnologia da energia comercializada pela EDP Serviço Universal

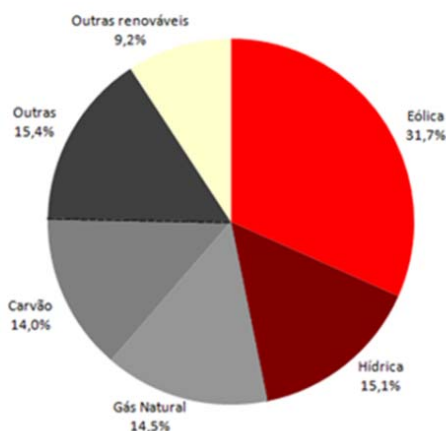


Figura 4: Mix de comercialização de energia elétrica em Portugal pela EDP (2011)

A emissão de CO₂ para a atmosfera, considerando o mix e respetivos fatores de conversão [13] como resultado do consumo de um televisor em *stand-by*, por alojamento, em Portugal é:

$$\text{Emissão de CO}_2 = 121\,210 \text{ toneladas [13]}$$

Também em termos ambientais o uso racional dos equipamentos evita a degradação do meio ambiente e a qualidade do ar que todos respiramos[14] [15].



2.3. Perdas nos Condutores de Uma Instalação Elétrica.

Nas instalações elétricas pode reduzir-se o consumo de energia através da diminuição das perdas nos condutores, associadas ao consumo de equipamentos eficientes.

A potência das perdas nos condutores, sendo proporcionais à sua resistência e ao quadrado da corrente, tem que ser analisada em conjunto com todas as cargas que contribuem para a corrente nos troços da instalação.

Ao substituir um equipamento por outro mais eficiente, a corrente diminui nos troços da instalação elétrica percorridos, diminuindo mais significativamente a potência de perdas devido à proporcionalidade com I^2 .

Este ponto do trabalho apresenta os resultados preliminares de uma nova aplicação informática em desenvolvimento que permite comparar e escolher o melhor investimento na aquisição/instalação de equipamentos elétricos eficientes, tendo em conta a diminuição das perdas provocadas na instalação.

A escolha dos equipamentos eficientes incide nos fatores preço, consumo energético, diminuição das perdas nos condutores, vida útil e taxa de rentabilidade.

As perdas nos condutores são analisadas tendo por base o efeito de Joule no percurso da corrente provocada pela máquina em toda a instalação.

A aplicação recolhe a informação relativa à parametrização da instalação, diagramas de carga, incluindo o diagrama de carga previsto do equipamento mais eficiente a analisar. É identificado o percurso da instalação afetado pela substituição do equipamento (exemplificado a bold no exemplo da Figura 5).

É calculada a redução de perdas por efeito de Joule ao longo no percurso da instalação, $\Delta P = R(I_1)^2 - R(I_2)^2$, correspondendo (I_1) à situação inicial e (I_2) à opção mais eficiente a analisar. É ainda calculada a respetiva diminuição de emissão de CO_2 para a atmosfera tendo em consideração os respetivos fatores de conversão normalizados.

É efetuada a análise do investimento e escolhido o melhor em função do respetivo valor atual líquido (VAL), tendo em consideração a soma dos cash-flows anuais (receitas - despesas) afetados da taxa de atualização indicada pelo investidor em função do seu interesse de rentabilidade [8][9].

Sejam, por exemplo, num ano:



R - receitas líquidas

D - despesas

V - valor residual (no fim do tempo de vida útil)

I - investimento de capital

n - nº de anos de vida útil

a - taxa de atualização

$$VAL = \sum_{k=0}^n \frac{R_k - D_k - I_k}{(1+a)^k} + \frac{V}{(1+a)^n} \quad (1)$$

A Figura 5 apresenta um exemplo de uma instalação elétrica.

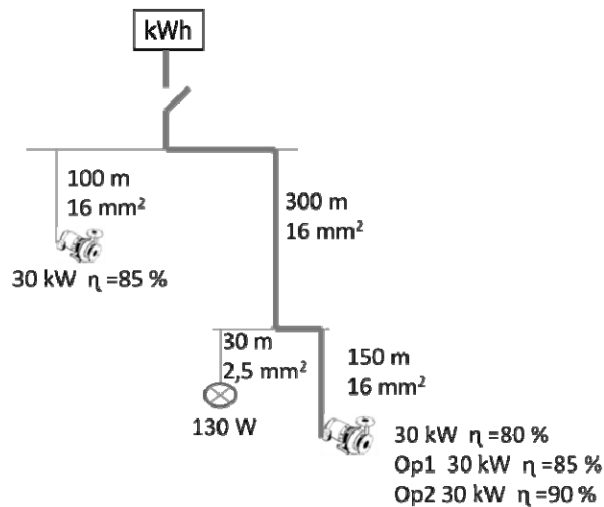


Figura 5: Instalação elétrica parametrizada.

A Figura 6 apresenta resultados parciais, obtidos a partir do exemplo parametrizado na Figura 5.



```

INICIAL:
Perdas totais nos cabos por ano:1149.489967Euro/Ano

RESULTADOS OP1:
Perdas totais nos cabos por ano:1040.273465Euro/Ano
VAL <Valor Atual Liquido - Sem Perdas>:-634.48424658
VAL <Valor Atual Liquido - com Perdas>:165.57921428

RESULTADOS OP2::
Perdas totais nos cabos por ano:946.700268Euro/Ano
VAL <Valor Atual Liquido - Sem Perdas>:1029.62098379
VAL <Valor Atual Liquido - Com Perdas>:2515.15316401

Deve escolher o Investimento :
da op:2

Com um valor atual liquido: val=2515.153
Esta escolha permite reduzir:733.163 kgCO2 por Ano

```

Figura 6: Resultados parciais

Analisando os resultados podemos verificar que a escolha do equipamento mais eficiente proposto, para além da redução das emissões de CO₂, importantes em termos ambientais, permite uma redução da fatura energética de 202,78 € proveniente da diminuição das perdas nos condutores da instalação elétrica, correspondendo a uma redução de 17,4% relativamente às perdas iniciais.

3. CONCLUSÃO

Este trabalho tem por objetivo sensibilizar e demonstrar que as perdas provocadas pelos equipamentos elétricos, nomeadamente nos condutores de uma instalação, influenciam a sua escolha e permitem reduzir a fatura de energia elétrica nas empresas e famílias em geral. Essas perdas, embora pequenas, não são nulas e podem fazer toda a diferença na avaliação do investimento. Os resultados apresentados comprovam que o VAL é superior ao incluir as perdas, podendo mesmo passar de negativo a positivo, validando o estudo.

Os custos energéticos são cada vez maiores em todo o tipo de organizações. É necessário conhecer de que forma é gasta, analisar e avaliar todas as possibilidades de redução, escolhendo aquelas que



apresentem potencial de melhoria, quer em termos individuais quer em termos coletivos.

4. REFERÊNCIAS

- [1] B. Gjorgiev, D. Kancev, M. Cepin (2013); "A new model for optimal generation scheduling of power system considering generation units availability"; *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*; 47; 129-139.
- [2] D. Kaur (2008); "Optimal conductor sizing in radial distribution systems planning"; *Electrical Power and Energy Systems*; 30; 261-271.
- [3] D. Das (2004); Maximum loading and cost of energy loss of radial distribution feeders"; *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*; 26; 307-314.
- [4] I.V. Shulgin, A.A. Gerasimenko, Su Quan Zhou (2012); Modified stochastic estimation of load dependent energy losses in electric distribution networks"; *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*; 43; 325-332.
- [5] P.S. Hamer, D.M. Lowe, S.E. Wallace (1997); "Energy-efficient induction motors performance characteristics and life-cycle cost comparisons for centrifugal loads"; *Industry Applications, IEEE Transactions on*; 33; 1312 - 1320.
- [6] X. Wang, H. Zhong, Y. Yang, X. Mu (2010); "Study of a Novel Energy Efficient Single-Phase Induction Motor With Three Series-Connected Windings and Two Capacitors"; *Energy Conversion, IEEE Transactions on*; 25; 433 - 440.
- [7] J. W. Chuah, A. Raghunathan, N.K. Jha (2010); "An evaluation of energy-saving technologies for residential purposes"; *Power and Energy Society General Meeting, 2010 IEEE*; Page(s):1 - 8.
- [8] J. Hickiewicz (2010); "The application of high-efficiency motors for fan mill drives"; *XIX International Conference on Electrical Machines - ICEM 2010, Rome*; Page(s):1 - 8
- [9] H. Barros (2008); *Análise de projetos de investimentos*; Ed Silabo; Lisboa.
- [10] A. Sá (2010); *Guia de Aplicações de Gestão de Energia e Eficiência Energética*; Ed Publindústria; Lisboa.
- [11] INE (2011); *Censos 2011*; Instituto Nacional de Estatística (Statistics Portugal).
- [12] Direcção-Geral de Energia e Geologia. Caracterização Energética Nacional (www.dgeg.pt em 03-04-2013).
- [13] Direcção-Geral de Energia e Geologia (2008); *SGCIE — Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia*; Decreto –Lei n.º 71/2008 e Despacho n.º 17313/2008.



[14] Direcção-Geral de Energia e Geologia (2011); *Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico, 2010*, Ed Instituto Nacional de Estatística; Lisboa.

[15] Entidade Reguladora do Sector Elétrico (2001); *Impactes ambientais do sector eléctrico*, Centro de Economia Ecológica e Gestão do Ambiente, DCEA FCT/UNL; Lisboa.