

“Il·luminació eficient amb làmpades fluorescents compactes: baix consum però alta distorsió harmònica”

¹Jordi Cunill Solà

¹Dept. d'Enginyeria Elèctrica EPSEM (cunill@epsem.upc.edu)

Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa.

1.Introducció.

El sistema d'il·luminació representa un percentatge significatiu del consum energètic dels serveis generals d'un edifici. El sector d'oficines és on la il·luminació té un major pes relatiu pel que fa al consum energètic, amb un 33%, seguit dels centres comercials amb un 24% [1]. En l'àmbit domèstic aquest està al voltant del 20%. Si ens centrem en l'àmbit domèstic, les làmpades incandescentes encara són les més utilitzades a causa del seu baix cost i facilitat d'ús. El seu funcionament es basa en l'efecte Joule produït pel pas del corrent per un filament de tungstè que, en escalfar-se molt, emet radiacions visibles. Aquestes làmpades només aprofiten, per il·luminar, aproximadament un 5% de l'energia consumida i la resta es transforma en escalfor, per això són poc eficients. En canvi, en les làmpades fluorescents compactes (LFC), també anomenades de baix consum, la llum es produeix (igual que en un fluorescent convencional) per excitació d'un gas en sotmetre'l a una descàrrega elèctrica entre dos elèctrodes. Podem dir que es tracta d'una llum “freda”, cosa que la fa més eficient, consumint un 80% menys d'energia i disposant d'una vida útil molt més gran que les d'incandescència. Les LFC cada vegada són més utilitzades pel seu alt rendiment lumínic (lúmens per cada watt consumit) cosa que comporta un estalvi econòmic important, sobretot en aplicacions on es necessita il·luminar molt temps continuat. Però no tot són avantatges ja que aquestes làmpades són càrregues elèctriques no lineals i això fa que l'ona de corrent que absorbeixen estigui fortament distorsionada (allunyada de la forma sinusoidal) i doni lloc a la injecció d'harmònics a la xarxa, ocasionant sovint problemes en les instal·lacions i afectant negativament la qualitat de l'ona de tensió. Per altra banda, també tenen l'inconvenient d'un reciclatge més difícil i la perillositat dels residus sobretot de mercuri (ja que la descàrrega lluminosa es fa en presència de vapor de Hg), la quantitat del qual pot variar entre 1 i 5 mg per làmpada.

2. Comparativa làmpada incandescent amb LFC

El valor típic del rendiment lumínic per làmpades d'incandescència es situa entre els 10 i 20 lm/W i la seva vida útil és d'unes 1000 h, mentre que les fluorescents compactes superen les 6000 h i poden arribar fins a les 12000 h si disposen de reactància electrònica, superant fàcilment els 60 lm/W de rendiment. També el rendiment de color de les LFC és molt bo (≈ 80), encara que no tant com el de les d'incandescència que és de 100 i el preu és cada vegada més baix, cosa que fa que substitueixin, amb molts avantatges, les incandescentes sobretot en llocs on es necessita il·luminar durant moltes hores seguides. Analitzant una de les làmpades

assajades al nostre laboratori, concretament una Philips Ecotone de 14 W, 230 V, 50 Hz, 115 mA i 900 lm [2] i comparant-la amb una d'incandescència estàndard de 60 W que dona 730 lm, veiem que la LFC té un rendiment 5'28 vegades superior (64'29 respecte als 12'16 lm/W de la incandescent). L'ona de corrent visualitzada en l'oscil·loscopi i la seva descomposició harmònica mitjançant sèrie de Fourier es poden veure a la figura 1.

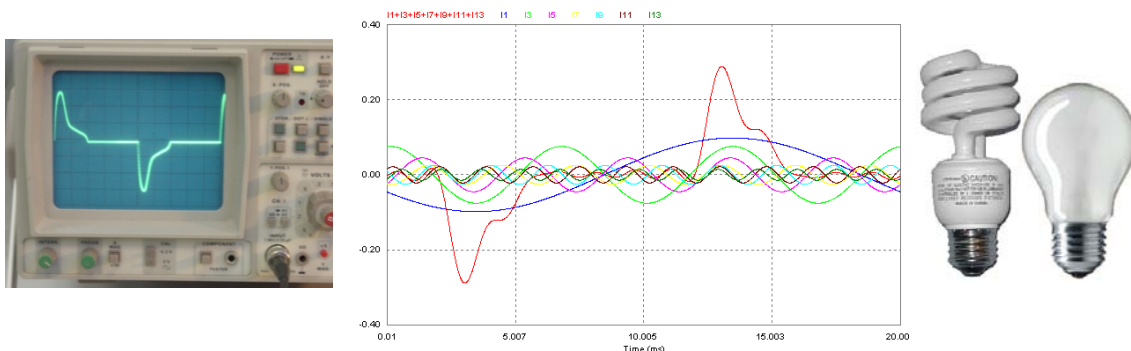


Fig 1. Ona de corrent de la làmpada FC i descomposició harmònica

L'equació del corrent absorbit per la làmpada (considerant fins al 13è) harmònic és:

$$i(t) = 96.31 \sin(100\pi t - 153.4) + 73.7 \sin(300\pi t + 81.6) + 47.91 \sin(500\pi t - 29.1) + 28.14 \sin(700\pi t - 123.9) + 24.64 \sin(900\pi t + 149.6) + 20.8 \sin(1100\pi t + 41.61) + 14.18 \sin(1300\pi t - 53.22) \text{ mA}$$

Si calculem el TDHi (taxa de distorsió harmònica del corrent), presenta un valor del 103%.

$\left(THD_i = \frac{1}{I_1} \sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2} \right)$; aquesta alta distorsió de $i(t)$ (allunyament de l'ona sinusoidal) pot portar un

seguit de problemes a les instal·lacions elèctriques, que a continuació indiquem:

- Sobreescalfament dels conductors per efecte pell (skin) (senyals d'alta freqüència)
- Grans corrents pel conductor neutre produïts pels harmònics imparells múltiples de 3 (només en instal·lacions trifàsiques)
- Actuacions indesitjables dels interruptors automàtics
- Efectes sobre la qualitat de l'ona de tensió (allunyament de la forma sinusoidal)
- Errors en les indicacions de la majoria dels aparells elèctrics de mesura
- Sobreescalfament dels transformadors (desclassificació, augment del factor K)
- Vibracions i sorolls en les màquines giratòries (parells pulsatoris harmònics)
- Bateria de condensadors (ressonància, amplificació harmònica)
- Pertorbació de dispositius electrònics de regulació (commutació de tiristors...)
- Acoblament línia telefònica (interferències)

3. Conclusions.

Encara que no hi ha dubte que utilitzar les LFC suposa un notable estalvi energètic i econòmic, doncs consumeixen un 80% menys que les d'incandescència i duren entre 6 i 12 vegades més, no tot són avantatges, ja que les de baixa potència (<25W), atès que la normativa respecte a la contaminació harmònica es molt permissiva (norma EN 61000-3-2)[3], són altament distorsionants i afecten negativament la qualitat del subministrament elèctric.

4. Bibliografia.

- Web gas Natural Fenosa. Canal d'eficiència energètica. <http://www.empresaeficiente.com/ca/catalogo-de-tecnologias/sistemas-de-iluminacion-lamparas-y-luminarias-eficientes>.
- J. Cunill-Solà and M. Salichs, Study and Characterization of Waveforms From Low-Watt (<25 W) Compact Fluorescent Lamps With Electronic Ballasts, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 22, NO. 4, October 2007.
- IEC Electromagnetic Compatibility (EMC), Part 3: Limits, Section 2: Limits for harmonics current emissions (equivalent input current < 16 A per phase), IEC-61000-3-2, 1997.