

LED TRAFFIC SIGNALS SAVE ENERGY IN BRITISH COLUMBIA, CANADA

ROY HUGHES

BC Hydro, Vancouver, Canada

Introduction

For nearly 70 years, illuminated signals have guided motorists and pedestrians at potentially dangerous roadway intersections to prevent collisions among vehicles travelling in different directions. These red, yellow and green signals have become ubiquitous along roadways throughout the world.

For most of the time traffic signals have existed, their design and construction has remained quite constant. A signal head (a single circular indication) consists of an incandescent filament lamp surrounded by a reflector and fitted with a coloured glass lens. The shape of the reflector and optical properties of the lens determine the distribution of intensity.

With the development of high output light emitting diodes (LED) in the 1990s, manufacturers developed the LED traffic signal. Currently, less than 5% of traffic signals in the Canada use LED modules.

Early LED signals used more than 600 individual LEDs mounted together in a disk formation to produce the circular indication, but these signals did not meet the requirements for distribution or luminous intensity. The addition of lenses in front of the LEDs and increases in LED light output brought their number from 600 to around 200. By 1998, very high output LEDs were developed with broader intensity distribution.

Using these new LEDs, a LED traffic signal was developed which mirrored the conventional incandescent signal with a clustered LED light

source set back into a chamber and optical elements diverting the light from this source in the proper distribution (fig.1).

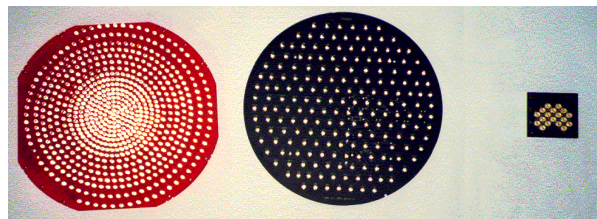


Figure 1 Evolution of Change

Left to right: Early LED module - 600 individual LEDs (1994); 196 High Output LED (1996); 18 Very High Output LEDs (1998) produce same light output

These technological developments coupled with lower LED costs and higher manufacturing volume, brought the price of the LED Traffic Signal down by over 300%. By early 2000's, the conversion of traffic signals to LEDs made economic sense in Canada and BC Hydro became very interested in the energy saving opportunities.

Why are LEDs so efficient and, therefore effective for traffic signals?

To be visible in intense sunlight, the traffic signal requires a high luminance. LEDs are very intense point sources which when integrated into a small space or area (such as a traffic signal) create an intense source. This makes the LED the ideal source for traffic signals from an intensity viewpoint. However the LED has additional characteristics which make it ideal for traffic signal use. Long life (100,000 hours or more) reduces traffic signal maintenance. Current systems, with incandescent heads, are group relamped

annually. LED Traffic modules are expected to last for 10 years or longer. The LED is a direct current device, passing current in one direction from cathode to anode. Consequently the device requires a transformer to convert alternating current to direct current and to maintain the power quality of the electric supply.

Diodes are very efficient light sources. With proper selection of materials little energy is lost in conversion of energy to visual light. The Traffic Signal is an ideal application for LEDs as they produce coloured light directly. No filtering is required, as with incandescent sources.

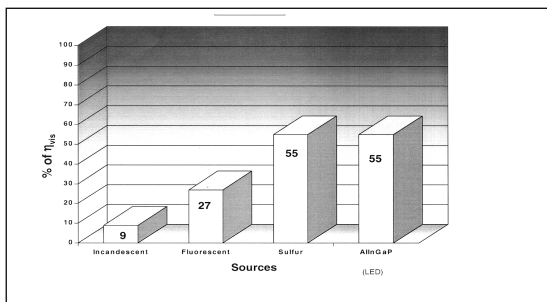


Figure 2 Conversion Efficiency of Light Sources

Figure 2 illustrates the efficiency of light sources for converting electrical energy to visible radiation. The incandescent source has the lowest efficiency with the major portion of the radiation or emitted energy appearing in the infrared region (heat) of the spectrum.

Discharge sources, like fluorescent and high intensity discharge lamps, radiate principally in the visual portion of the spectrum and have a higher efficiency. However there are losses in the mechanisms in the electrodes and within the discharge itself. Fluorescent lamps have additional losses in conversion of the ultraviolet radiation of the discharge to visible light radiation by the phosphor.

Recent developments in LED technology have produced devices capable of converting over 90% of the energy within the device to visible radiation. The efficiency of this process is defined as the internal quantum efficiency [1].

The resulting manufactured product is currently around 55% efficiency for (AlInGaP) red (approx. 650 nm). This equals the efficiency of the most efficient discharge lamps as shown in figure one below.

The potential exists to for significant enhancements in performance of the extraction process. Researchers feel the efficacy of solid state devices will achieve 150 to 200 lumens per Watt in the coming decades [2].

BC Hydro's LED Traffic Light Conversion Program

BC Hydro is the Crown (state owned) electrical utility of British Columbia. As Canada's third largest electric utility, with a generating capacity of 11,000 MW and sales of \$7.8 billion (CDN) in 2001, BC Hydro serves more than 1.5 million customers. Over 80% of the 50,000 GWh of electricity generated annual is produced from hydroelectric generation. Hydro has over 75,000 kilometres of transmission and distribution lines

BC Hydro plans to convert the 3,600 signalised intersections in BC from incandescent to LED sources over the next two years with it's Traffic Signal Conversion Program. The program will change 90,000 incandescent lamps to LEDs saving over 41 GWh of electrical energy annually – enough energy to serve 4,000 Canadian homes.

The BC Hydro Traffic Signal Replacement Program is available to all BC Municipal Customers and the Ministry of Transportation. BC Hydro will purchase all Red, Green, and Pedestrian "Don't Walk" LED signal lights, recovering only one half of the initial cost over five years.

Overview

- BC Hydro provides 100% of the up-front capital costs to supply red, green and "don't walk" pedestrian LED modules.
- The customer installs the LED modules and re-pays BC Hydro 50% of the cost of the LED modules over the next five years.

- The customer commits to use only LED replacement modules for all future installations or replacements (7-10 year lamp life).

How Does the Customer Benefit?

- The typical energy costs for the converted intersections will be reduced by 85%.
- No up front capital costs to the customer.
- Only 50% of the cost is repaid to BC Hydro over the five years - no financing charges
- Energy savings more than pay for LED modules. These savings can be 'banked' to pay for re-lamping when the initial supply of LEDs burn out in 7 to 10 years
- BC Hydro approved suppliers offer full guarantee and warranty - ENERGY STAR

(currently the North American energy efficiency-labelling program) certified LED modules with a six year replacement warranty. LED modules have also been tested and approved by the Ministry of Transportation (MOT), therefore ensuring all Traffic Signals in BC are standardised.

- BC Hydro's bulk purchasing power means lower unit costs on all modules

Energy Saving Verification

To demonstrate the true energy savings from a conversion of Incandescent Traffic Signals to LEDs, BC Hydro conducted a number of demonstration projects to verify the energy savings available. The following two sites were converted to LEDs in two stages and before and after measurements were taken (Table 1).

Table 1 Energy Saving Verification Example

Phase	Traffic Lights	kWh/yr	\$/yr	Savings
Intersection Location: Nordel Way @ the Nordel Weigh Scale, Delta, BC				
1	Full Incandescent	12,600	\$756.00	0%
2	Red, Green Arrow & Do Not Walk	4,800	\$288.00	72%
3	All LED Heads	1,260	\$75.60	90%
Intersection Location: Route 19 @ Ware Way, Nanaimo, BC				
1	Full Incandescent	18,600	\$1,116.00	0%
2	Red, Green Arrow & Do Not Walk	6,300	\$378.00	76%
3	All LED Heads	1,980	\$118.80	89%
Note: Monitor Setting: 60 Minute Storage Interval Utility Rate: \$ 0.06 per kilowatt-hour				

The tests verified the energy saving potential of up to 90% is possible through conversion of all incandescent sources to LED modules.

Economically speaking, LED Lamps pay for themselves! The following calculations are based on a typical four-way intersection
Here's how:

Before LED Conversion:

Existing Incandescent Monthly
Energy Consumption: 1,667 kWh
Existing monthly Energy
bill @ 5.77 cents \$ 96.20

After LED Conversion:

Annual Energy Savings \$ 1,038.00
Net Reduced Emergency
Call-outs (0.3 per year) \$ 60.00
Savings on incandescent
bulbs (32 per year) \$ 64.00
Reduced labour \$ 50.00
Total Annual Savings \$ 1,212.00

Summary of Costs - Annual Costs:

Note: Initial installations assumed to be done during scheduled annual maintenance
Initial Installation Costs
(first year only) \$ 700.00

1/2 Capital Repayment – Annual		
Contribution (Yr. 1 to 5)		\$ 520.00
Total Costs End of Year 7		<u>\$ 3,300.00</u>
Net Benefit at Year 7		
(before re-lamping costs)		\$ 5,184.00

LED Replacements Costs:

Note: Following re-lamping in year 7 the full energy savings will continue to be realised by the customer.

LED replacement costs 7 years		
after 1st BCH install		\$ 4,160.00
<i>(LED costs estimated to be 20% lower then current)</i>		
Net Customer Benefit @		
Year 7 after re-lamping		<u>\$ 1024.00</u>
Net Benefit at Year 14 (before re-lamping		
expense in year 14)		\$ 9,508.00

Eligible Traffic Lights:

- Reds
- Greens
- Green and Bi-Modal Arrows with 30% duty cycle
- Pedestrian “Don’t Walks” (including outline hand) and Pedestrian combination units (bi-modal) if replacing existing combination units

Non-Eligible Traffic Lights:

- All Yellows
- All Green and Bi-Modal Arrows with <30% duty cycle
- Pedestrian Walks (including outline person) and Pedestrian Countdowns

BC Largest City has joined the Program

The City of Vancouver, with 670 intersections with Traffic Signals, joined the Program June 17th. The City of Vancouver traffic light upgrade will save Vancouver taxpayers \$247,500 per year from energy savings alone. The city also estimates that its maintenance budget will be reduced by 65%, or \$110,000.

LED traffic lights consume 85 per cent less energy than standard incandescent lights and last seven to 10 years, as opposed to one year for the incandescent lights. They also provide increased

safety for motorists and pedestrians. Through this program, the city will save 6.9 GWh of electricity per year, equal to the amount of energy that it would take to power almost 700 homes.

Conclusions

The BC Hydro Traffic signal Conversion Program was launched in May 2002 and will run for two years.

BC Hydro expects all 130 Municipalities to participate in the program and thus the proposed energy saving goal (41 GWh/yr.) will be exceeded.

References

1. The Solid State Lighting Initiative: An industry/DOE Collaborative Effort Steve Johnson, Lawrence Berkeley National Laboratory.
2. Optical Measurement Concerns for LEDs, Carolyn F. Jones, CJ Enterprises.



Roy HUGHES, LC, P.Eng.

Energy Management Engineer
Technology Solutions, BC Hydro
Suite 900 – 4555 Kingsway
Burnaby, BC, V5H 4T8
e-mail: roy.hughes@bchydro.com

A graduate Electrical Engineer with over 30 years experience in design and application of Energy Efficient Lighting and Energy Management systems. Member of Board or Directors and Past President, BC Section of the IESNA. Active in Canadian Energy Efficiency and Lighting Standards development with Candian Standards Association (CSA).

Received at 21.06.2002

SEMAFOARELE DE TRAFIC LED ECONOMISESC ENERGIE ÎN BRITISH COLUMBIA, CANADA

Introducere

De peste 70 de ani, semnalele iluminate au ghidat motocicliștii și pietonii în intersecțiile periculoase pentru a preveni coliziunile dintre vehiculele care se deplasează în diferite direcții. Aceste semafoare roșii, galbene și verzi au devenit omniprezente pe șoselele din întreaga lume.

Semafoarele de trafic există de mult timp și proiectarea și construcția lor au rămas destul de constante. Partea de semnalizare (o indicația circulară simplă) constă într-o lampă cu incandescență înconjurată de un reflector și prevăzută cu lentile de sticlă colorată. Forma reflectorului și proprietățile optice ale lentilelor determină distribuția intensității luminoase.

Odată cu dezvoltarea LED-urilor în anii 1990, producătorii au dezvoltat semafoarele de trafic cu LED. În prezent, mai puțin de 5% din semafoarele de trafic din Canada utilizează module LED.

Semafoarele LED timpurii au utilizat mai mult de 600 de LED-uri individuale montate împreună într-o formațiune disc pentru a produce indicatorul circular, dar aceste semnalizări nu au respectat cerințele de distribuție a intensității luminoase. Adăugarea de lentile în fața LED-urilor și creșterea fluxului de lumină emis au redus numărul necesar de LED-uri de la 600 la 200. În 1998 s-au dezvoltat LED-uri cu flux luminos foarte mare cu distribuție mai largă a intensității luminoase.

Prin utilizarea acestor LED-uri noi s-au dezvoltat semafoare de trafic cu LED-uri care înlocuiesc semaforul incandescent convențional cu o sursă de lumină cu LED-uri grupate plasată în interiorul unei incinte și elemente optice care distribuie lumina de la sursă într-un mod corespunzător (fig. 1).

Aceste dezvoltări tehnologice împreună cu costurile mai scăzute ale LED-urilor și volumul de fabricare mai mare au coborât prețul semafoarelor de trafic cu LED-uri cu peste 300%. La începutul anilor 2000, conversia semafoarelor de trafic către LED-uri a devenit viabilă din punct de vedere economic în Canada

și BC Hydro a devenit foarte interesată de oportunitățile de economisire a energiei.

De ce LED-urile sunt atât de eficiente și, astfel, atât de oportune pentru Semafoarele de trafic?

Pentru a fi vizibilă la lumină solară intensă, semaforul de trafic necesită o lumananță mare. LED-urile sunt surse punctuale foarte intense care, dacă sunt integrate într-un spațiu mic (cum este un semnalizator de trafic), creează o sursă intensă. Acest fapt face ca LED să fie sursa ideală pentru semafoarele de trafic, din punct de vedere al intensității luminoase. De asemenea, LED-ul are caracteristici suplimentare care îl fac ideal pentru utilizarea sa în semafoarele de trafic. Durata de viață mare (100.000 ore sau mai mult) reduce costurile de întreținere. Sistemele actuale cu indicator incandescent sunt înlocuite în grup anual. Modulele de trafic cu LED-uri se preconizează să funcționeze 10 ani sau mai mult. LED-ul este un dispozitiv cu curent continuu, care permite trecerea curentului într-o direcție, de la catod la anod. Prin urmare, aparatul necesită un transformator pentru a converti curentul alternativ în curent continuu și pentru a menține calitatea alimentării cu energie electrică.

Diodele sunt surse de lumină foarte eficiente. Prin selectarea corespunzătoare a materialelor, doar o mică cantitate de energie este pierdută în conversia energiei în lumină. Semaforul de trafic este o aplicație ideală a LED-urilor, întrucât acestea produc în mod direct lumina colorată. Nu este necesară filtrarea, ca în cazul surselor cu incandescență.

Figura 2 ilustrează eficiența surselor de lumină de a converti energia electrică în radiație vizibilă. Sursa incandescentă are cel mai scăzut randament, cu cea mai mare parte a radiației sau a energiei emise în regiunea infra-roșu (radiație termică) a spectrului.

Sursele cu descărcări, cum sunt lămpile fluorescente și cele cu descărcări de intensitate mare, radiază, în principal, în domeniul vizibil al spectrului și au o eficiență mai ridicată. Totuși, există pierderi în mecanisme, în electrozi și în coloana de

descărcare. Lămpile fluorescente prezintă pierderi adiționale în realizarea conversiei radiației ultraviolete a descărcării în radiație vizibilă de către pulberea fluorescentă.

Dezvoltările recente în tehnologia LED-ului au condus la apariția dispozitivelor capabile să convertească peste 90% din energia din cadrul dispozitivului în radiație vizibilă. Eficiența acestui proces este definită ca fiind eficiența cuantificată intern [1]. Produsul fabricat rezultat este în prezent de o eficiență de 55% pentru roșu (AlInGap, aprox. 650 nm). Aceasta egalează eficiența lămpilor cu descărcări cu cea mai mare eficacitate, după cum este prezentat în figura 1.

Există un potențial de îmbunătățire semnificativă în performanțele procesului de extragere. Cercetătorii consideră că randamentul dispozitivelor cu semiconductori va fi de 150 – 200 lm/W în următoarele decade [2].

Program de Conversie al Semafoarelor de Trafic cu LED-uri al companiei BC Hydro

BC Hydro este compania națională de electricitate din British Columbia. Întrucât BC Hydro este cea de-a treia companie de electricitate, ca mărime, din Canada, cu o capacitate de generare de 11.000 MW și vânzări de 7,8 miliarde CDN în 2001, BC Hydro alimentează mai mult de 1,5 milioane de consumatori. Peste 80% din 50.000 GWh de electricitate generată anual este produsă din generarea hydro-electrică. Hydro deține peste 75.000 km de linii de transmitere și distribuție.

BC Hydro își propune ca în următorii doi ani, prin Programul de conversie a semnalizării de trafic, să înlocuiască sursele cu incandescență cu surse cu LED-uri în 3.600 de intersecții semnalizate din BC. Programul va înlocui 90.000 de lămpi incandescente cu LED-uri, economisindu-se anual peste 41 GWh de energie electrică – energie suficientă pentru alimentarea a 4.000 de locuințe canadiene.

Programul de înlocuire a semnalizărilor de trafic al companiei BC Hydro este disponibil pentru toți consumatorii municipiului BC și Ministerului de Transporturi. BC Hydro va achiziționa toate Semafoarele luminoase cu LED-uri pentru semafoare (roșu, verde) și cele pentru pietoni “Nu treceți”, recuperând numai o jumătate din costul inițial în timp de cinci ani.

Cadrul general

- BC Hydro asigură 100% din costurile capitale inițiale pentru procurarea modulelor cu LED-uri pentru semafoare (roșu, verde și “Nu treceți”);
- Clientul instalează module cu LED-uri și plătește companiei BC Hydro 50% din costul modulelor LED în următorii cinci ani;
- Clientul se angajează să utilizeze numai module cu Led-uri pentru toate instalațiile sau înlocuirile viitoare (durata de viață de 7-10 ani).

Care este beneficiul consumatorului?

- Costul energiei electrice utilizate pentru intersecțiile convertite va fi redus cu 85%;
- Nu există costuri capitale inițiale pentru consumatori;
- Numai 50% din cost este replătit companiei BC Hydro în următorii cinci ani – fără taxe financiare;
- Economii de energie vor fi mai mari decât costul modulelor cu LED-uri. Aceste economii pot fi utilizate pentru înlocuirea LED-urilor la sfârșitul duratei lor de viață (7-10 ani);
- Furnizorii aprobați ai BC Hydro oferă garanție completă - ENERGY STAR a certificat modulele Led cu o garanție de înlocuire de șase ani. Modulele LED au fost de asemenea testate și aprobate de către Ministerul Transporturilor, asigurând faptul că toate Semafoarele de trafic din BC sunt standardizate;
- Puterea de achiziționare en-gros a companiei BC Hydro înseamnă costuri unitare mai scăzute pe toate modulele.

Verificarea economiei de energie

Pentru a demonstra adevăratele economii de energie din conversia unui semnalizator de trafic cu incandescență într-unul cu LED-uri, BC Hydro a întreprins un număr de proiecte demonstrative pentru a verifica economia de energie disponibilă. Următoarele două locuri au fost convertite în LED-uri în două etape și s-au efectuat măsurători înainte și după înlocuire (tabel 1).

Testele au demonstrat că prin conversia tuturor surselor cu incandescență în module LED se pot obține economii de energie de până la 90%.

Din punct de vedere economic, lămpile cu LED-uri plătesc prin ele înșile. Următoarele calcule sunt desfășurate pentru o intersecție obișnuită de patru drumuri:

Înainte de conversia LED

Consumul energetic lunar al lămpilor incandescente existente	1.667 kWh
Costul energetic lunar existent @5.77 cenți	96,29 \$

După conversia LED

Economii energetice anuale	1.038 \$
Număr de avarii redus (0,3 pe an)	60 \$
Economii prin lipsa necesității de înlocuire a becurilor (32 pe an)	64 \$
Manopera redusă	50 \$
Total economii anuale	1.212 \$

Rezumat al costurilor – costuri anuale

Notă: instalațiile se consideră cu un program de întreținere anuală

Costuri de instalare inițiale (numai primul an)	700 \$
Contribuție anuală (anul 1 ... 5) care să acopere 50% din capital	520 \$
Total costuri la sfârșitul anului 7	3.300 \$
Beneficiul net în anul 7 (costuri înainte de înlocuirea lămpilor)	5.184 \$

Costuri de înlocuire LED

Notă: După înlocuirea lămpilor în anul 7, ecomisirea energiei va continua în beneficiul consumator.

Costuri de înlocuire în anul 7 după prima instalare BCH	4.160 \$
(costuri LED mai mici cu 20% decât cele actuale)	
Beneficiu net al clientului în anul 7, după înlocuire	1.024 \$
Beneficiu net în anul 14 (înainte de înlocuirea din anul 14)	9.508 \$

Lumini de Trafic ce pot fi alese:

- Roșu
- Verde

- Săgeți verzi și bi-modale cu un ciclu de serviciu de 30%

- Pentru pietoni “Nu treceți” (inclusiv simbolul “mână”) și unități combinate (bi-modal) dacă se înlocuiesc unitățile combinate existente.

Lumini de Trafic ce nu pot fi alese:

- Toate galbene
- Săgeți verzi și bi-modale cu un ciclu de serviciu mai mic de 30%
- Pentru pietoni “Treceți” (inclusiv simbolul “persoană”) și Cronometre pentru pietoni

Cel mai mare oraș din BC participă la acest program

Orașul Vancouver, cu 670 intersecții cu Semafoare de Trafic, participă la programul din 17 iunie. Îmbunătățirea luminilor de trafic din Vancouver va produce o economie la plata taxelor cu 247.500 \$ pe an numai din economiile de energie. De asemenea, orașul estimează că bugetul de întreținere va fi redus cu până la 65% sau 110.000 \$.

Luminile de Trafic cu LED consumă 85% mai puțină energie decât lămpile obișnuite cu incandescență și durata lor de viață este între 7 și 10 ani, față de cea a lămpilor cu incandescență de un an. De asemenea, acestea oferă o siguranță mai mare pentru motocicliști și pietoni. Prin acest program, orașul va economisi 6,9 GWh electricitate pe an, cantitate care poate alimenta aproape 700 de locuințe.

Concluzii

Programul de conversie a Semafoarelor de trafic din BC a fost lansat în mai 2002 și se va derula timp de doi ani. BC Hydro prevede că toate cele 130 de municipalități vor participa la acest program și, astfel, scopul propus de economisire a energiei (41 GWh/an) va fi atins.

