

بهینه سازی روشنایی تونل معدن زیرزمینی انگوران

فرشید باباخانی - محمد علی سپهری - مهدی امیر افشاری

مهندس فرشید باباخانی فارغ التحصیل رشته مهندسی استخراج معدن دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب است. وی پروژه کارشناسی خود را در زمینه بهینه سازی مصرف انرژی در معادن به همراه مهندس محمد علی سپهری کارشناس استخراج معدن، با راهنمایی مهندس امیر افشاری مدیر گروه معدن دانشگاه آزاد واحد تهران جنوب، انجام داده است. این پروژه به صورت مطالعه موردی در معدن انگوران مورد بررسی قرار گرفته است.

چکیده

بهینه سازی مصرف انرژی به دلیل بحرانهای نفتی از دهه ۱۹۷۰ میلادی مورد توجه قرار گرفت و در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه، در حال انجام است. در ایران به دلیل وجود منابع نفت و گاز فراوان، توجه جدی به این امر نشده است لیکن اکنون با بالا رفتن قیمت نفت و افزایش رغبت برای صادرات بیشتر باید راهکارهای بهینه سازی مصرف انرژی مورد توجه قرار گیرند. در این تحقیق بخشی از راهکارهای بهینه سازی مصرف انرژی معادن ارائه شده است که به دلیل تنوع و تعدد راهکارها و محدودیت مقاله به بخشی از آن که در قسمت روشنایی معدن انگوران برای کاهش هزینه برق پیشنهاد شده اشاره می شود.

مقدمه

معدن سرب و روی انگوران در محدوده استان زنجان و در ۱۲۵ کیلومتری جنوب غربی شهر زنجان واقع است. این معدن از نظر سیستم U.T.M دارای مختصات $X=715649$ و $Y=4055932$ و $Z=2668$ است. به خاطر عمق زیاد بخش سولفور، این قسمت از ماده معدنی به صورت زیر زمینی و به روش cut & fill استخراج می شود. دو تونل اصلی شماره یک در تراز ۲۷۰۰ متری برای بارگیری و حمل مواد استخراج شده و تونل شماره دو در تراز ۲۷۷۵ متری

برای تهویه و پرکردن استفاده می شود. ارتفاع تونلها ۲/۶۰ و عرض آن ۲/۸۰ متر می باشد. سیستم روشنایی آن از طریق لامپ های رشته ای ۱۰۰ وات که برخی شفاف و برخی دیگر مات می باشند صورت می گیرد. برق تأمین کننده روشنایی، برق ۳ فاز است که هر فاز آن تعدادی از لامپ ها را تغذیه می کند. فاصله لامپ ها ۵ متر از هم و بر روی قسمت پایینی دیواره نصب گردیده است و در زمان جمع آوری اطلاعات جهت تهیه این گزارش در حال نصب در قسمت سقف و بالای تونل بودند.

هم اکنون در این تونل از لامپ های ۱۰۰ وات رشته ای به فاصله تقریبی ۵ متر استفاده می شود. که با استفاده از روش لومن، میزان روشنایی عبارت است از:

(۱)

$$E_m = \frac{\phi \cdot F_u \cdot F_m \cdot F_{ab}}{b \cdot l}$$

$$E_m = \frac{1240 \times 0.25 \times 0.8 \times 0.8}{2.80 \times 5} = 14.17 \quad \text{Lux}$$

E_m : روشنایی متوسط در سطح مورد نظر بر حسب لوکس.

b : عرض سطح مورد نظر بر حسب متر.

l : فاصله چراغها بر حسب متر.

ϕ : جریان نور هر چراغ بر حسب لومن.

F_u : ضریب بهره دهی.

F_m : ضریب نگهداری، در شرایط گرد و غبار معمولی و تمیز کردن هر شش ماه یکبار، ۰/۸.

F_{ab} : ضریب جذب.

میزان شدت روشنایی فعلی تونل ۱۴/۱۷ لوکس می باشد که برای طول ۱۱۹۰ متر تونل شماره یک، با فاصله لامپ های ۵ متر، در حدود ۲۳۸ عدد لامپ مورد احتیاج است. مقدار مصرف این تعداد لامپ ۲۳۸۰۰ وات در ساعت خواهد بود. در عکس های زیر مشخص است که لامپ رشته ای فقط بخشی از اطراف خود را روشن می کند و خیره کنندگی زیادی نیز دارد.



در قوانین روشنایی تأکید شده است که فاصله دو لامپ متوالی نباید از دو برابر ارتفاع تونل بیشتر باشد. بنابراین لومن مورد احتیاج را در حداکثر طول ممکن محاسبه می کنیم. در این شرایط بهترین نوع لامپ را که هم فاصله و هم استاندارد روشنایی مورد نظر (طبق استاندارد کانادا، ۲۱ لوکس برای تونل حمل و نقل [۱]) را تأمین می کند انتخاب می شود.

ارتفاع: ۲/۶۰ متر

فاصله مورد نظر: ۵/۲ متر

$$\phi = \frac{l \cdot b \cdot E_m}{F_u \cdot F_m \cdot F_{ab}} = \frac{5.2 \times 2.8 \times 21}{0.25 \times 0.8 \times 0.8} = 1911 \quad \text{lm}$$

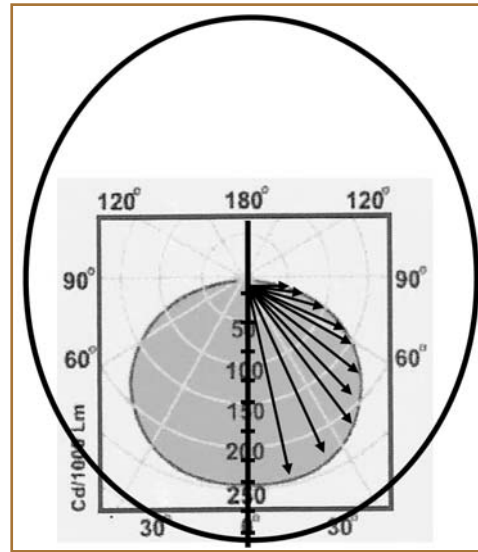
در نتیجه برای شدت روشنایی ۲۱ لوکس، فاصله ۵/۲ متری لامپ ها از هم، به لامپی احتیاج داریم که ۱۹۱۱ لومن میانگین نور داشته باشد.

محاسبات فنی روشنایی

برای روشنایی این تونل لامپهای مهتابی بررسی شد. به دلیل استفاده از قاب مهتابی، چون مقداری از نور لامپ توسط قاب جذب می شود شدت نور متوسط با استفاده از فرمول راسل یا بلوخ [۲] تعیین شد. این روش تقریبی بر این اصل استوار است

که شدت نور متوسط منبع را می توان از جمع جبری شدت نور آن در چند امتداد مختلف به دست آورد، لذا:

$$I_0 = \frac{1}{n} \sum_0^n I_a$$



(۲)

$$\frac{0.9}{2.1} = \frac{x_1}{50} \quad x_1 = 21.43$$

$$\frac{3.7}{4.1} = \frac{x_3}{100} \quad x_3 = 90.24$$

$$\frac{6.2}{6.5} = \frac{x_5}{150} \quad x_5 = 143.08$$

$$\frac{8.2}{9} = \frac{x_7}{200} \quad x_7 = 182.2$$

$$\frac{10.2}{11.2} = \frac{x_9}{250} \quad x_9 = 227.68$$

$$\frac{2.5}{4.1} = \frac{x_2}{100} \quad x_2 = 60.98$$

$$\frac{5}{6.5} = \frac{x_4}{150} \quad x_4 = 115.38$$

$$\frac{7.2}{9} = \frac{x_6}{200} \quad x_6 = 160$$

$$\frac{9.2}{11.2} = \frac{x_8}{250} \quad x_8 = 205.36$$

$$\frac{10.9}{11.2} = \frac{x_{10}}{250} \quad x_{10} = 243.3$$

$$\bar{I} = \frac{21.43 + 60.98 + 90.24 + 115.38 + 143.08 + 160 + 182.2 + 205.36 + 227.68 + 243.3}{20} = 72.5 \text{ cd}$$

$$\phi_t = \bar{I} \times 4\pi = 72.5 \times 4 \times 3.14 = 911 \text{ lm}$$

این محاسبات نشان می دهد که اگر یک لامپ با میانگین نوری ۱۰۰۰ لومن در قاب قرار داده شود از ۹۱۱ لومن آن می توان استفاده کرد.

بدین ترتیب دو انتخاب برای تأمین میانگین نوری ۱۹۱۱ لومن پیش رو خواهیم داشت:

الف: استفاده از لامپ ۱۸ وات با میانگین نوری ۱۰۰۰ لومن و در نتیجه کم شدن فاصله لامپ ها.

ب: استفاده از لامپ ۳۶ وات با میانگین نوری ۲۵۰۰ لومن در همان فاصله ۵/۲ متر و افزایش شدت روشنایی.

برای هر یک از این انتخاب ها محاسبات را انجام داده و گزینه ی مناسب از نظر فنی و اقتصادی پیشنهاد می شود.

الف: لامپ ۱۸ وات

با توجه به محاسبات فوق، این نوع لامپ وقتی در داخل قاب قرار بگیرد فقط ۹۱۱ لومن نور خواهد داشت. فاصله، تعداد، میزان مصرف و قیمت تمام شده این لامپ به شرح صفحه بعد است:

در این روابط، n: تعداد لامپ، R_۱: هزینه لامپ، R_g: هزینه قاب و R_۲: هزینه کل است.

$$l = \frac{911 \times 0.25 \times 0.8 \times 0.8}{2.8 \times 21} = 2.48 \cong 2.5 \text{ m}$$

$$n = \frac{1190}{2.5} = 476$$

$$p = 476 \times 18 = 8568 \text{ watt}$$

$$R_l = 476 \times 6620 = 3,151,120 \text{ ریال}$$

$$R_g = 476 \times 71000 = 33,796,000 \text{ ریال}$$

$$R_t = 3,151,120 + 33,796,000 = 36,947,120 \text{ ریال}$$

ب: لامپ ۳۶ وات

این لامپ در صورتی که در قاب قرار گیرد ۲۵۰۰ لومن نور خواهد داشت بطوریکه:

$$\varphi = \frac{2500}{1000} \times 72.5 = 181.25$$

$$\varphi_l = 181.25 \times 4 \times 3.14 = 2277.65 \text{ lm}$$

چون این میانگین نوری از لومن خواسته شده برای شرایط ذکر شده بیشتر است پس فاصله بیشتر می شود که این امر بر خلاف دستورات عملیات طراحی است. در چنین شرایطی، میزان شدت روشنایی افزایش پیدا خواهد کرد. در ادامه به محاسبه تعداد، میزان مصرف و قیمت تمام شده این نوع لامپ می پردازیم.

$$E_m = \frac{\varphi \cdot F_u \cdot F_m \cdot F_{ab}}{b \cdot l} = \frac{2277 \times 0.25 \times 0.8 \times 0.8}{2.8 \times 5.2} = 25.02 \text{ lux}$$

$$n = \frac{1190}{5.2} = 228.8 \cong 229$$

$$p = 229 \times 36 = 8244 \text{ watt}$$

$$R_l = 229 \times 6730 = 1,541,170 \text{ ریال}$$

$$R_g = 229 \times 92500 = 21,182,500 \text{ ریال}$$

$$R_t = 1,541,170 + 21,182,500 = 22,723,670 \text{ ریال}$$

همانطور که مشاهده می شود، مقدار مصرف لامپ ۱۸ وات ظاهراً باید کمتر از لامپ ۳۶ وات باشد، اما مصرف در کل تونل بیشتر است. لذا با توجه به محاسبات انجام شده، برای این تونل لامپ ۳۶ وات پیشنهاد می شود.

محاسبه هزینه برق، میزان صرفه جویی و دوره بازگشت سرمایه گذاری

در ابتدا لازم است هزینه برق مصرفی کنونی تونل، هزینه برق در زمان استفاده از لامپ ۳۶ وات، میزان صرفه جویی انجام شده در استفاده از این نوع لامپ و در انتها دوره بازگشت سرمایه گذاری را با استفاده از فرمول NPV حساب کرد. میزان برق مصرفی کنونی تونل، ۲۳۸۰۰ وات است که با احتساب هر کیلو وات ساعت ۱۴۵ ریال، هزینه برق در یک ماه به ترتیب زیر به دست می آید.

$$23.8 \times 24 \times 30 = 17136 \text{ kw/ ماه} \times 145 = 2,484,720 \text{ ریال}$$

میزان برق مصرفی با استفاده از لامپ ۳۶ وات، ۸۲۴۴ وات در ساعت است. هزینه به صورت زیر محاسبه می شود.

$$8.244 \times 24 \times 30 = 5935.68 \text{ kw/ ماه} \times 145 = 860,674 \text{ ریال}$$

میزان صرفه جویی:

$$17136 - 5935.68 = 11200.32 \text{ kw/ ماه}$$

$$11200.32 \times 145 = 1,624,046 \text{ ریال}$$

با استفاده از لامپ ۳۶ وات، ۱,۶۲۴,۰۴۶ ریال در ماه در هزینه های روشنایی تونل صرفه جویی خواهد شد. برای محاسبه دوره بازگشت سرمایه، NPV را مساوی صفر قرار می دهیم.

$$NPV = \left(\sum_1^{16} \frac{1,624,046}{(1+0.013)^i} + \frac{1,624,046}{(1+0.013)^2} + \dots + \frac{1,624,046}{(1+0.013)^{16}} \right) - 22,723,670 = 600,573.14$$

همانطور که ملاحظه می شود پس از ۱۶ ماه، سرمایه صرف شده برای لامپ و قاب باز می گردد و از آن پس میزان ۱,۶۲۴,۰۴۶ ریال در ماه سود دهی افزایش می یابد.

در محاسبات فوق استاندارد کانادا برای روشنایی در نظر گرفته شده است که البته میانگین سایر کشورها با شدت روشنایی کنونی تونل (۱۴ لوکس) تقریباً برابر است. حال اگر این مقدار روشنایی برای تونل توسط مدیران و دست اندرکاران مناسب تشخیص داده شود، می توان با توجه به محاسبات زیر، از لامپ با توان کمتری (مهتابی ۱۸ وات) نیز استفاده کرد. همانطور که اشاره شد، در صورت استفاده از قاب مهتابی، میانگین نوری یک لامپ با ۱۰۰۰ لومن به ۹۱۱ لومن تغییر پیدا خواهد کرد. به طوری که:

$$l = \frac{\varphi \cdot F_u \cdot F_m \cdot F_{ab}}{E_m \cdot b} = \frac{911 \times 0.25 \times 0.8 \times 0.8}{14 \times 2.80} = 3.7 \text{ m}$$

$$n = \frac{1190}{3.7} = 322$$

$$p = 322 \times 18 = 5796 \text{ watt}$$

$$R_l = 322 \times 6620 = 2,131,640 \text{ ریال}$$

$$R_g = 322 \times 71000 = 22,862,000 \text{ ریال}$$

$$R_t = 2131640 + 22862000 = 24,993,640 \text{ ریال}$$

میزان مصرف در یک ماه:

$$5.796 \times 24 \times 30 = 4173 \text{ kw/ ماه}$$

میزان صرفه جویی و هزینه:

$$17136 - 4173 = 12963 \text{ kw/ ماه}$$

$$12963 \times 145 = 1,879,635 \text{ ریال}$$

دوره بازگشت سرمایه:

$$NPV = \left(\sum_1^{15} \frac{1879635}{(1+0.013)^i} + \frac{1879635}{(1+0.013)^2} + \dots + \frac{1879635}{(1+0.013)^{15}} \right) - 24993640 = 472,623.81$$

ملاحظه می شود دوره بازگشت سرمایه برای لامپ ۱۸ وات، ۱۵ ماه می باشد. اما میزان کاهش هزینه های ماهیانه بابت برق، بیش از لامپ ۳۶ وات است.

در جدول صفحه بعد پارامترهای به کار رفته در محاسبات از کاتالوگ های مربوطه آورده شده است.

قیمت قاب (ریال)	قیمت لامپ (ریال)	میانگین نور (لومن)	توان(وات)	نوع لامپ	مشخصات لامپ
	۲۲۳۱	۱۲۴۰	۱۰۰	رشته ای	
۷۱۰۰۰	۶۶۲۰	۱۰۰۰	۱۸	مهتابی	
۹۲۵۰۰	۶۷۳۰	۲۵۰۰	۳۶		

نتیجه گیری

در این تحقیق نشان داده شد که با استفاده از لامپهای کم مصرف مانند مهتابی به جای لامپهای معمول رشته ای، می توان تا حد زیادی هزینه ها را در قسمتهایی از معدن که نیاز به روشنایی دارد، کاهش داد. در این تونل با یک سرمایه گذاری اندک، می توان هزینه ماهیانه برق را تا حدود ۱۹۰۰۰۰ تومان کاهش و در نتیجه سود پروژه را افزایش داد.

منابع

- 1) Trotter, Donald A. The Lighting of Underground Mines, Trans Tech . Publications 1982.
- ۲- زنگنه، محمد مظفر. روشنایی فنی - جلد اول. انتشارات دانشگاه تهران. ۱۳۴۳
- ۳- مدنی، حسن، خدمات فنی در معادن، دانشگاه صنعتی امیر کبیر.
- ۴- گزارشهای موجود در شرکت فنی مهندسی نوین معدن، پیمانکار حفر تونل.
- ۵- باباخانی، فرشید. سپهری، محمد علی. راهکارهای بهینه سازی مصرف انرژی در معادن، بهینه سازی روشنایی در معدن انگوران، پروژه دوره کارشناسی، ۱۳۸۶، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب.

اسناد قدیمی معادن ایران

وزارت داخله

تاریخ ۱۳۱۲/۵/۱، نمره ۲۵۸

مقام محترم حکومت جلیله اصفهان و مضافات دامت شوکته

مرقومه نمره ۳۰۷۲ متضمن سواد مرقومه نمره ۲۷۶۴ وزارت جلیله داخله و سواد متحدالمال اداره کل صناعت و فلاحت راجع به معادن زیارت شد در موضوع معادن کوه های اطراف شهرضا چند نفر اشخاص بصیر با اطلاع را در اداره حکومتی دعوت و تحقیقات لازمه به عمل آمده از قبیل آقای علیرضا خان کیانی شهرضایی و معادنی که اطراف شهرضا [وجود دارند] مطابق شرحی است که معروض می گردد:

- ۱- معدن سرب شش فرسخی شهرضا مشهور به اوباق که چهار فرسخی کهرویه سمیرم سفلی واقع می شود.
- ۲- معدن مس در چهار فرسخی شهرضا مشهور به چشمه آب آسمانی با معادن تباشیر.
- ۳- معدن زغال سنگ دو فرسخی شهرضا مشهور به چاه کوختری یک فرسخی قریه و اجنان واقع می شود.
- ۴- معدن مومیایی در چهار فرسخی شهرضا نزدیک چشمه پابله جزئی مومیایی می دهد.
- ۵- معدن گل سرخ هم می باشد. در زمین های نزدیک کوه های شاه رضا هر کس لازم داشته باشد استخراج می نماید؛ و معادن دیگری هم هست در اطراف شهرضا که در ایام قدیم استخراج می شده ولی معلوم نیست چه معدنی است و مستأجر و کارگر هیچ کدام از معادن ندارد، و همچنین استخراج هم نمی شود تمییز و امتحان^(۱) آنها را دکتر فنی معادن^(۲) و متخصص معلوم می کند و راجع به معادن جرقویه و سمیرم سفلی، به کدخدایان و ریش سفیدان اخطار شد که تحقیقات بنمایند که هر نقطه و هر قسم معدنیات می باشد راپرت دهند به عرض حضور مبارک برسانند.

۱- اصل: معادن

۲- اصل: امتحان