

Noções básicas de gerenciamento térmico e sua importância para o desempenho e custo de uma luminária LED

Mike King



Sem a aplicação adequada dos princípios para o projeto de gerenciamento térmico, os benefícios potenciais da iluminação LED e sua capacidade comercial serão reduzidos.

As luminárias LED estão sendo comercializadas hoje como sendo uma tecnologia alternativa de iluminação que reduz o consumo de energia e os custos de manutenção para instalações comerciais e residenciais. O gerenciamento térmico tem um impacto significativo na vida útil, no desempenho e no custo de uma luminária LED. Sem a aplicação adequada dos princípios para o projeto de gerenciamento térmico, os benefícios potenciais da iluminação de estado sólido e sua capacidade de ser comercializado com sucesso serão reduzidos.

A eficácia do LED (lúmens produzidos por unidade de potência elétrica aplicada, lm/W) é a característica mais importante em uma luminária. A eficácia do LED é reduzida à medida que a temperatura da junção do dispositivo aumenta. À medida que a eficácia diminui, o número de LEDs em uma determinada luminária necessários para garantir a intensidade luminosa desejada é aumentado, juntamente com o custo dos materiais. A energia consumida para atingir a intensidade luminosa desejada também é aumentada, aumentando assim os custos operacionais.

A manutenção luminosa (mudança na emissão de luz durante a vida útil do LED) é a segunda característica mais importante em uma luminária. A manutenção luminosa também é reduzida à medida que a temperatura da junção do LED aumenta. Quanto menor for o valor da manutenção luminosa ao longo do tempo, ou seja, maior for a degradação luminosa, mais frequentemente a luminária precisará de manutenção ou mesmo ser substituída, aumentando assim o custo operacional.

Falhar no gerenciamento adequado da temperatura na junção dos LEDs pode resultar num aumento do comprimento de onda dominante e consequentemente da temperatura de cor emitida pela luminária, fazendo com que o CRI (índice de fidelidade de cor) seja impactado, o que significa que é menos provável que a luminária consiga reproduzir cores com fidelidade. Existem áreas de aplicações especialmente críticas que são afetadas negativamente pelas alterações nos parâmetros luminotécnicos como sensores de cor, fotografia, displays, sinalização e equipamentos de cinematografia.

O objetivo da implantação de LEDs é reduzir os custos operacionais e de manutenção das luminárias. A manutenção de uma temperatura de junção mais baixa no LED reduzirá ainda mais o custo total de operação, tornando a gestão térmica uma parte importante do design da luminária. Existem vários parâmetros do desempenho elétrico de um LED que devem ser considerados na aplicação do gerenciamento térmico adequado ao design:

A tensão de entrada de um LED é diretamente afetada pela temperatura da junção: à medida que a temperatura da junção aumenta, a tensão diminui. A maioria dos módulos de luz LED atuais são alimentados por um circuito de corrente contínua. À medida que a tensão direta é diminuída, a energia elétrica também é reduzida. Essa redução de potência aplicada ao LED, combinada com menor eficácia causada pelo aumento da temperatura, agrava a diminuição da emissão de luz. No entanto, a redução na saída de luz pode ser compensada selecionando uma corrente de acionamento para o LED com uma temperatura de junção termicamente estabilizada.

A conversão de energia cria calor dentro do LED e aumenta a temperatura da junção. Como a energia elétrica (um produto da corrente direta aplicada e da tensão direta do LED) flui através do LED, ela é convertida em energia luminosa e calor. Como o LED é um sistema fechado, a soma da potência luminosa mais o calor é igual à energia elétrica aplicada. Um LED branco frio de 100 lúmens irá produzir cerca de 330mW de energia luminosa para cada watt de energia elétrica dissipada. Os 670mW restantes são convertidos em calor. O benefício de aumentar a eficiência do LED é converter menos energia elétrica em calor.

A diferença entre a temperatura da junção e a temperatura do ambiente é um produto do calor sendo gerado na junção do LED e da impedância térmica do caminho desde da junção até o ambiente. Diminuindo a impedância térmica, a temperatura da junção será reduzida.

A impedância térmica é uma medida de quão bem o sistema transfere o calor gerado na fonte. Nas luminárias LED, o calor é transferido pela combinação de condução e convecção. A condução é a transferência de calor através da matéria sólida e depende das características térmicas do sólido e da sua geometria. Para um material com uma condutividade térmica específica (k), a quantidade de calor sendo transferida através do material (q), a espessura efetiva do material paralela ao fluxo de calor (L) e a área efetiva do caminho térmico (A), a mudança de temperatura da junção do material (T1) mais próximo da fonte de calor para a segunda junção (T2) é calculada pela seguinte equação derivada da lei de Fourier da condução de calor:

$$T_1 - T_2 = \frac{q \cdot L}{k \cdot A}$$

Assim, ao maximizar a condutividade térmica do material (k) e área de superfície efetiva do caminho térmico (A) e minimizar o comprimento do caminho térmico (L), a mudança de temperatura ao longo do caminho térmico da primeira a segunda junção é minimizada.

A convecção é a transferência de calor de uma junção de matéria sólida para um gás ou líquido. A convecção depende da área da superfície do limite e da mobilidade do gás ou líquido. Se o gás ou líquido estiver parado, a transferência de calor é considerada uma convecção natural. Se o gás ou líquido estiver em movimento, a transferência de calor é forçada por convecção. Para o sólido com uma área de superfície efetiva (A), a quantidade de calor sendo transferida (q), o gás ou líquido tem um coeficiente de transferência de calor de convecção dependente do fluxo (h), que resulta em uma mudança na temperatura do sólido (TS) para o gás ou líquido (TA). Isso pode ser calculado pela seguinte equação derivada da lei de resfriamento de Newton:

$$T_S - T_A = \frac{q}{h \cdot A}$$

Ao maximizar a área de superfície efetiva (A) e o coeficiente de transferência de calor de convecção (h), a mudança na temperatura do limite sólido para a temperatura do gás ou do líquido é minimizada.

Aplicando estes métodos de condução térmica e convecção ao projeto da luminária, a temperatura de junção do LED pode ser mantida para minimizar os custos de operação e manutenção. Os limites usuais para o design térmico são restrições físicas e os custos da fixação.

A energia elétrica que está sendo dissipada por um LED é um produto da tensão direta e da corrente direta. Para um LED de 100 lúmenes, aproximadamente 33% da energia elétrica é convertida em energia ótica, enquanto os outros 67% se transformam em calor. A transferência de calor na embalagem do LED começa na junção do LED e a maior parte flui através da parte inferior da matriz, do material de conexão da matriz e da estrutura de chumbo até a junta de solda. O caminho térmico da matriz através do encapsulamento da embalagem para o ambiente normalmente possui uma resistência térmica mais alta em comparação com o caminho para a junta de solda. Portanto, a maioria dos pacotes de LED de alta potência tem uma almofada térmica que pode ou não ser eletricamente isolada do LED. Essa almofada térmica é normalmente conectada à placa de circuito com solda. Existem desenhos com a almofada térmica ligada à placa de circuito com material termicamente condutor ou a almofada térmica ligada ao dissipador de calor com material termicamente condutor.

Os fabricantes de LEDs devem listar a resistência térmica do pacote de LEDs para o caminho da junção até este bloco térmico. A diferença de temperatura entre a almofada térmica e a junção é um produto da potência térmica e da impedância térmica do pacote LED.

Existem vários materiais e construções da placa de circuito que minimizam a impedância térmica. Muitas placas de circuito FR4 possuem vias térmicas localizadas próximas às almofadas térmicas para conduzir o calor para o lado oposto aos LEDs. As placas de circuito do núcleo de metal, como a Optotherm®, são construídas usando folhas de cobre laminadas em uma placa de alumínio. O dielétrico entre a folha de cobre e o alumínio tem um preenchimento termicamente condutor que é fino o suficiente para fornecer baixa impedância térmica e ainda oferece alto isolamento elétrico entre o circuito e o revestimento de alumínio.

Frequentemente, a placa de circuito é conectada ao dissipador de calor para aumentar a transferência de calor da luminária para o ambiente. Uma grande área de superfície do dissipador de calor resultará em menor impedância térmica. Para maximizar o fluxo de calor da PCB para o dissipador de calor, um material de interface térmica (TIM) é colocado entre os dois componentes. O TIM pode ser uma graxa, epóxi ou um bloco que preenche as lacunas que ocorrem devido à aspereza ou deformação da superfície.

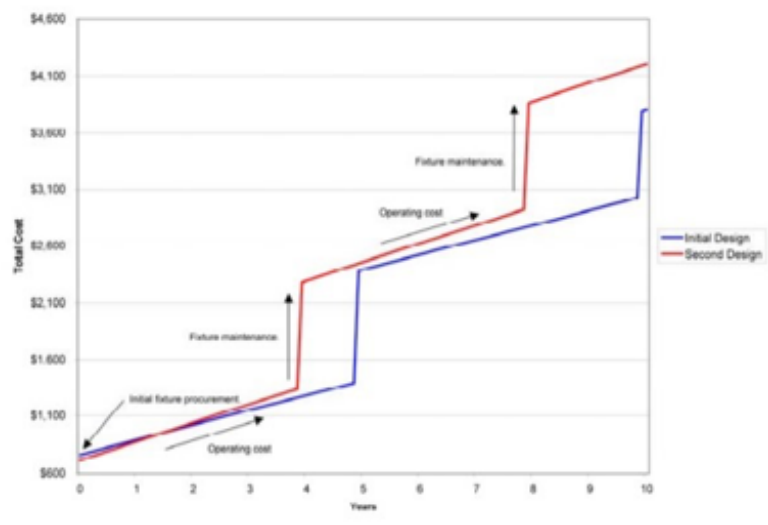
A determinação da temperatura da junção do LED com base na temperatura do ambiente e na resistência térmica dos componentes ao longo do caminho térmico é análoga à análise do circuito elétrico. A temperatura é representada pela tensão, a transferência de calor representada pela corrente e a resistência térmica representada pela resistência elétrica. Para projetos com vários LEDs, os caminhos térmicos estão em paralelo entre si até que os caminhos sejam conectados a um ponto comum. Para placas de circuito FR4 com vias térmicas, os caminhos térmicos tornam-se comuns no próximo elemento conectado às placas. Para placas de circuito de núcleo de metal, os caminhos térmicos tornam-se comuns no núcleo de metal.

O exemplo mostra inúmeras oportunidades para reduzir a resistência efetiva do caminho térmico. As restrições ao projeto térmico são tipicamente o tamanho do dissipador de calor e o custo associado aos componentes térmicos. Se não houver volume suficiente para a área de superfície apropriada e fluxo de ar para permitir a convecção natural, o projeto pode exigir convecção forçada para alcançar a resistência térmica desejada. O calor pode ser transferido para um local mais adequado que tenha o volume e o fluxo de ar apropriados. Tubulações de calor podem servir a essa finalidade de maneira eficaz.

O custo total da luminária, incluindo os custos de aquisição, operação e manutenção, precisa ser considerado na tomada de decisões de design. A decisão de reduzir o tamanho e o custo do dissipador de calor e, ao mesmo tempo, aumentar o consumo de energia para fornecer a mesma quantidade de luz pode ter o efeito de reduzir a manutenção luminosa do dispositivo, o que pode acabar aumentando o custo total do dispositivo.

Por exemplo, um aparelho de 100 watts e US\$750 custará US\$657 para operar por cinco anos (24 horas/dia) a US\$0,15/KW-H. No final da vida útil de cinco anos, o custo para substituir o equipamento é estimado em US\$225 para mão de obra e equipamento. Se o design do dissipador de calor for alterado para reduzir o custo de aquisição para US\$700, mas a temperatura de junção do LED for aumentada de modo que o consumo de energia seja de 125 watts para produzir a mesma quantidade de luz, o custo operacional é necessariamente maior [esse cálculo é necessário].

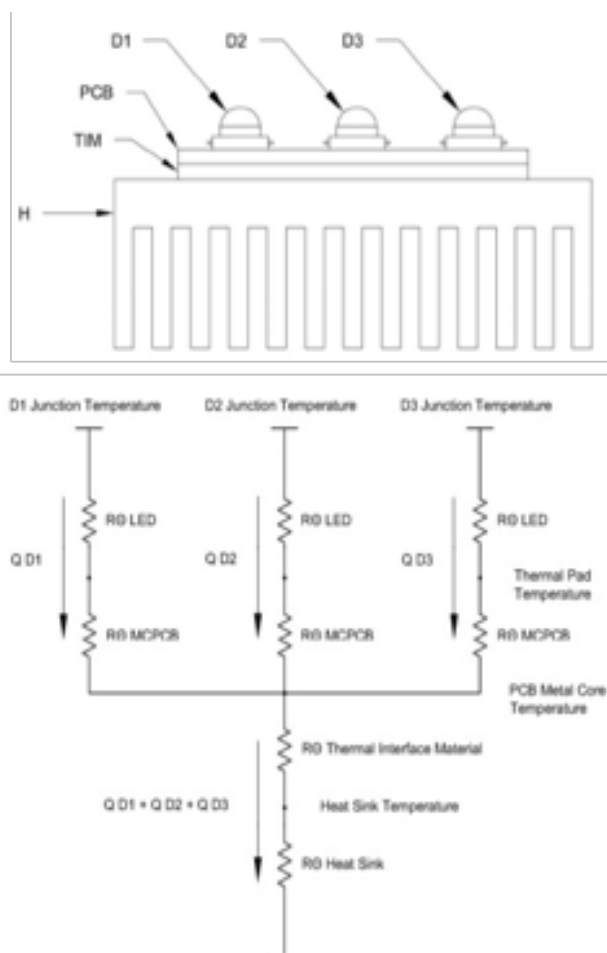
Um segundo resultado da temperatura mais alta da junção é a diminuição da manutenção luminosa, exigindo que o equipamento seja substituído em quatro anos, em vez de cinco. O custo de aquisição do equipamento pode ter sido reduzido, mas o custo de operar e manter o equipamento rapidamente supera essa economia.



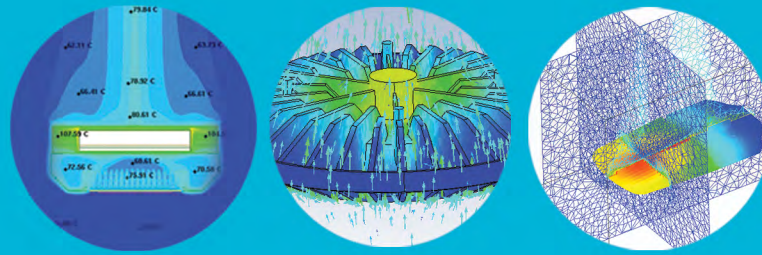
À medida que novos projetos de luminárias LED são desenvolvidos e otimizados, sua eficiência energética e manutenção luminotécnica são os principais e mais importantes parâmetros de desempenho e influenciam diretamente os custos operacionais e de manutenção. O design adequado equilibrará esses fatores alinhando com o custo dos materiais empregados. Ao avaliar detalhadamente todos os componentes que estão ao longo do caminho térmico e entender como minimizar a resistência térmica efetiva de cada componente, o engenheiro projetista garantirá uma temperatura de junção baixa, resultando em uma luminária que é termicamente eficiente, com vida útil longa e baixo custo de manutenção - em outras palavras, uma tecnologia de iluminação altamente comercializável.

Conclusão

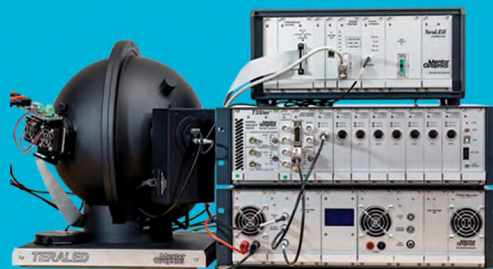
Para ajudar nossos clientes com estas questões a Celera conta com o mais moderno laboratório na América do Sul para ensaios de caracterizações térmicas. Através de nossos ensaios é possível avaliar com absoluta precisão os parâmetros de operação térmica reais de LEDs, PCBs, Interfaces Térmicas e Dissipadores de Calor. Também contamos com os serviços de simulações computacionais CFD, onde modelos de luminárias LED em 3D podem ser simulados inclusive em condições ambientes adversas como temperaturas elevadas e enclausuramento de componentes ou da luminária inteira, fornecendo informações importantes de temperatura de junção dos LEDs, condições fluido e termodinâmicas, eficiência do dissipador entre outros dados que ajudam na tomada de decisão, o que confere segurança e agilidade aos fabricantes no desenvolvimento de seus novos projetos.



ENTRE EM CONTATO E SAIBA COMO A CELERA PODE CONTRIBUIR PARA O SUCESSO DE SEU PROJETO



SIMULAÇÃO TÉRMICA COMPUTACIONAL.



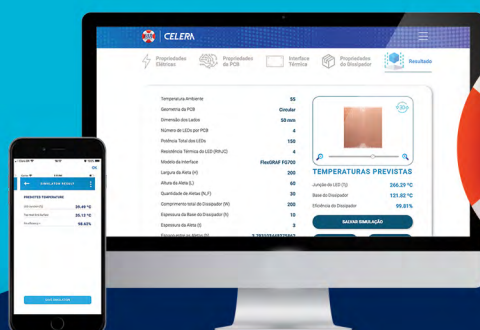
ENSAIO DE CARACTERIZAÇÃO TÉRMICA LABORATORIAL.
Medição da temperatura na junção do LED (T_j).



ANÁLISE DE RESULTADOS E LAUDOS.

CELERA

Passion for Technique



**SIMULADOR DE DESEMPENHO
TÉRMICO PARA PROJETOS LED**

CLICK E ACESSE **FREE**



DESKTOP **NEW**

