

MỘT NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN VỀ CÁC VẤN ĐỀ GIẢI NHIỆT CHO ĐÈN LED CÔNG NGHIỆP AN OVERVIEW ON COOLING LED LAMPS

Lê Bá Tân, Đặng Thành Trung

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp.HCM

TÓM TẮT

Ngày nay, việc sử dụng đèn LED (light emitting diode) ngày càng trở nên phổ biến do mức tiêu thụ nhiên liệu điện thấp, nhưng vẫn cho độ sáng cao. Hiệu quả sử dụng đèn LED cao hơn các đèn thông dụng khác bởi hai lý do sau:

- Đèn LED có mức tiêu thụ năng lượng ít hơn nhưng vẫn cho công suất thấp sáng (trên watt) cao hơn đèn dây tóc và đèn huỳnh quang.

- Do ít tiêu thụ nhiên liệu hơn nên đèn LED thân thiện với môi trường hơn.

Tuy nhiên có một sự ước tính rằng khoảng 70-85% năng lượng của đèn LED được chuyển hóa thành nhiệt năng, đối với những đèn LED có công suất càng cao sẽ sản sinh ra một lượng nhiệt có nhiệt độ càng cao. Nhiệt độ cao sẽ làm giảm tuổi thọ và độ sáng của đèn LED. Do đó, nó cần phải giải nhiệt cho đèn LED. Chính vì vậy, nhiều phương pháp làm mát đã được áp dụng để giải quyết vấn đề này. Bài viết này xin tổng hợp các nghiên cứu mới về vấn đề giải nhiệt cho đèn LED công nghiệp.

Từ khóa: Đèn LED, nhiệt lượng, nhiệt độ, làm mát, hiệu suất.

ABSTRACT

Nowadays, using light emitting diode (LED) in industry has become more popular not only it needs low consumption in electricity, but also it can provide high luminosity. The efficiency of using LEDs is higher than other conventional lamps because of two these following reasons:

- Using LEDs require less electric energy than incandescent and fluorescent bulbs; however, they still supply more lighting capability per watt than incandescent and fluorescent bulbs.

- Because they require low electric energy, so it is friendly with our environment.

However, it is estimated that approximately 70-85% LED power is converted into heat energy; the higher LEDs power, the more generated heat. The high working temperature would reduce the LED lifetime and brightness. Therefore, it is necessary to dissipate heat from LED lamps. This paper has reviewed the newest approaching research for this issue.

Keywords: light emitting diode, heat transfer rate, temperature, cooling, efficiency.

I. GIỚI THIỆU

Hiện nay, có rất nhiều phương pháp làm mát đã được sử dụng để giải nhiệt cho đèn LED. Những phương pháp thông dụng nhất là sử dụng đối lưu tự nhiên bằng việc tăng thêm diện tích bề mặt tiếp xúc với môi trường ở nhiệt độ thấp hơn. Một cách hiệu quả để tăng diện tích tiếp xúc là gắn một bộ phận tản nhiệt với nguồn nhiệt; trong trường hợp này, nguồn nhiệt là đèn LED. Thông thường, đối với trường hợp một thiết bị điện sinh nhiệt, bộ tản nhiệt là các thiết

bị tăng cường tản nhiệt từ một bề mặt nóng, để làm mát nó.

Hiện nay, các nhà nghiên cứu đã sử dụng rất nhiều phương pháp để kiểm soát cũng như tăng cường lượng nhiệt tỏa ra từ đèn LED, nhưng về cơ bản, nó có thể chia thành hai phương pháp nghiên cứu chính: (1) sử dụng và cải tiến các loại cánh tản nhiệt, chất dẫn nhiệt để tỏa nhiệt đối lưu tự nhiên ra môi trường xung quanh; (2) tích hợp các ống nhiệt với bề mặt tản nhiệt để giải nhiệt đối lưu cưỡng bức.

II. CÁC PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU GIẢI NHIỆT ĐÈN LED

Đầu tiên, các tác giả đã sử dụng và cải tiến các loại cánh tản nhiệt, vật liệu dẫn nhiệt để tỏa nhiệt đối lưu tự nhiên ra môi trường xung quanh. Alvin và các cộng sự [1] đã nghiên cứu trở nhiệt của cánh tản nhiệt trên đèn LED. Trong nghiên cứu của họ, các yếu tố quan trọng nhất ảnh hưởng đến giá trị nhiệt trở giữa LED và cánh tản nhiệt là lực ép giữa chúng, tiếp theo là vật liệu dẫn nhiệt và vật liệu tản nhiệt. Tuy nhiên, nghiên cứu không so sánh ảnh hưởng của kết cấu tản nhiệt trên nhiệt trở tổng thể cho hệ thống đèn LED. Luo và các cộng sự [2] trình bày ước tính về nhiệt độ của đèn LED công suất cao bằng một giải pháp phân tích đa-chip. Trong nghiên cứu của mình, cánh tản nhiệt vẫn là phương pháp chủ yếu được sử dụng trong lĩnh vực giải nhiệt đèn chiếu sáng do độ tin cậy cao nhất và chi phí thấp nhất. Yung và các cộng sự [3] trình bày một phân tích nhiệt và nghiên cứu thực nghiệm của việc làm mát không khí đối lưu tự nhiên của một bộ dây đèn LED có độ sáng cao trên một bảng mạch in (Printed Circuit Board - PCB) trong suốt quá trình hoạt động có độ nghiêng từ 0-180°. Ảnh hưởng của vị trí và độ nghiêng của bộ PCB LED trên các phản ứng nhiệt của hệ thống đến đối lưu tự nhiên đã được nghiên cứu. Thông qua các mô hình nhiệt, một sự đánh giá mối tương quan về sự tương tác giữa các đèn LED và vị trí PCB đã được thực hiện. Các phân tích nhiệt và cách tiếp cận mô hình hóa đã giúp cho sự tản nhiệt từ đèn LED đến PCB có thể được cải thiện đáng kể. Trong [4], Nam và các cộng sự đã cải thiện nhiệt dẫn của chất nhót dựa trên gốc dầu silicon bằng cách trộn với MWCNT (multi-walled carbon nanotube) đã được nghiên cứu với nhiều nồng độ của MWCNT. Chất nhót cũng được trộn với 3 loại hạt nano, bao gồm: bạc, đồng (II) oxit và oxit nhôm (Al_2O_3). Và sau đó, nó được so sánh với bột nhão phụ gia khác, để đánh giá khả năng nâng cao hiệu suất làm mát LED bằng cách áp dụng chất nhớt nano cho mẫu đèn LED thực tế.

Kết quả trong [5] (Wang và các cộng sự) cho thấy hiệu suất nhiệt của đèn LED dạng tấm có buồng hơi là tốt hơn so với các đèn LED dạng tấm bằng đồng với công suất đầu vào trên 5W. Hiệu suất nhiệt của đèn LED dạng tấm có buồng hơi là kém hơn so với đèn LED dạng tấm bằng

đồng dưới 4W. Tóm lại, đèn LED dạng tấm có buồng hơi có hiệu suất nhiệt tốt nhất trên 5W. Jang và các cộng sự [6] nghiên cứu hiệu suất làm mát và khối lượng của bộ tản nhiệt có cánh hướng tâm đã được tối ưu hóa. Cả đối lưu tự nhiên và truyền nhiệt bức xạ đã được xem xét trong một mô hình số; bên cạnh đó, thực nghiệm đã được thực hiện để kiểm chứng. Mặc dù bộ tản nhiệt có cánh hướng tâm có khối lượng nhỏ hơn so với bộ tản nhiệt có cánh dạng tấm phẳng tương ứng; tuy nhiên, kết cấu cánh hướng tâm có hiệu suất làm mát đồng đều hơn do diện tích truyền nhiệt lớn trên cùng một đơn vị thể tích. Một dãy cánh hướng tâm nối tiếp nhau được chọn như là kết cấu tham khảo tối ưu do hiệu suất làm mát vượt trội của nó và sự tối ưu hóa về khối lượng. Bộ tản nhiệt cánh hướng tâm có khối lượng ít hơn 30% so với dạng dãy cánh tản nhiệt tấm phẳng.

Shyu và các cộng sự [7] đã thực hiện một khảo sát thực nghiệm liên quan đến hiệu suất nhiệt của khung dây cánh tản nhiệt hình chữ nhật bao phủ trên một bảng đèn LED. Tổng cộng có 270 con LED loại 1W có hiệu suất 75% được sử dụng để mô phỏng một bảng LED lớn. Kích thước của bộ tản nhiệt làm mát là 348 mm x 558 mm có những cánh tản nhiệt song song có khoảng cách giữa các cánh là 9,33 mm. Các ảnh hưởng (bao gồm khe hở giữa đường biên và bộ tản nhiệt, cản trở ở cửa vào hoặc ở lối ra) lên hiệu suất nhiệt của bộ tản nhiệt được nghiên cứu. Cheng và các cộng sự [8] trình bày bộ tản nhiệt nhiều cánh tích hợp với quạt trên bề mặt MCPCB (Metal Core Printed Circuit Board) cho một dãy đèn LED công suất cao, sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn (finite element method - FEM). Một dãy LED với thiết kế đa cánh dọc theo một kênh không khí như bộ tản nhiệt mà không có đối lưu cưỡng bức thì việc cải thiện hiệu quả tản nhiệt bị hạn chế. Vì vậy lượng nhiệt tỏa ra khi dùng quạt mới tăng lên với nhiều cánh. Chen và các cộng sự [9] đã sử dụng gió ion để tăng cường truyền nhiệt của một đèn LED đặt trên một bề mặt. Kích thước của đế bộ LED là 0,9mm×0,9 mm với công suất danh định là 1 W. Một loại điện cực được sử dụng để tạo ra gió ion với các dây điện áp khác nhau, từ 4 đến 11 kV. Các ảnh hưởng của góc liên kết, chiều phân cực điện cực, vị trí thẳng đứng, vị trí nằm ngang, cấu hình bề mặt

đến các trở nhiệt của bề mặt bộ LED đã được kiểm tra trong nghiên cứu này.

Thứ hai, các tác giả đã tích hợp các ống nhiệt với bề mặt tản nhiệt để giải nhiệt đối lưu cưỡng bức. Theo Kim [10] và Lin [11], ống dẫn nhiệt đang trở thành một lựa chọn tốt cho các LED công suất cao gần đây. Một thiết bị làm mát dạng ống nhiệt phẳng [12] mới cho đèn LED công suất cao đã được phát triển, bên cạnh đó các đặc tính tản nhiệt của bộ LED công suất cao cũng đã được phân tích. Công suất nhiệt, bao gồm công suất khởi động, tính đồng nhất nhiệt độ và khả năng chịu nhiệt của bộ LED công suất cao với bộ tản nhiệt dạng ống dẫn nhiệt phẳng đã được nghiên cứu thực nghiệm. Kết quả thu được chỉ ra rằng nhiệt độ tại chỗ mỗi nối của đèn LED là khoảng 52°C với công suất đầu vào 3W, tương ứng với tổng trở nhiệt của hệ thống đèn LED là 8,8 K/W. Ảnh hưởng của góc nghiêng đến ống nhiệt đến hiệu suất truyền nhiệt của ống nhiệt cần được đánh giá trước, như một cấu trúc của hệ thống làm mát dạng ống dẫn nhiệt được sử dụng để làm mát hệ thống LED công suất cao. Các phân tích về nhiệt của các ống nhiệt vòng lặp [13] được sử dụng cho đèn LED năng lượng cao đã được thảo luận, một thiết bị làm mát mới dạng ống nhiệt vòng lặp cho LED công suất cao được phát triển; các đặc tính nhiệt ở các điều kiện của tải nhiệt và độ nghiêng khác nhau, bao gồm hiệu suất khởi động, tính đồng nhất nhiệt độ và khả năng trở nhiệt của ống nhiệt vòng lặp, đã được nghiên cứu thực nghiệm. Nó được chứng minh rằng các ống dẫn nhiệt dạng vòng lặp được phát triển có thể làm giảm tổng trở nhiệt của hệ thống đèn LED.

Bộ tản nhiệt ống nhiệt vòng lặp đặc biệt với hai dòng ngưng tụ song song [14] đã được đề xuất tích hợp cho việc làm mát đèn LED công suất cao. Thông qua các thí nghiệm, bộ tản nhiệt LHP có hiệu suất nhiệt rất tốt và tổng số trở nhiệt của nó là thấp $0,4\text{ C/W}$ tại một tải nhiệt 300W đối với đối lưu tự nhiên. Ở cùng mức độ kiểm soát nhiệt độ tại chỗ gắn giữa đèn LED và bộ tản nhiệt, các bộ tản nhiệt LHP có trọng lượng nhẹ hơn và cấu hình linh hoạt hơn bất cứ giải pháp tản nhiệt thụ động truyền thống nào.

Ngoài ra, hiện nay còn có một số phương pháp khác đi sâu vào việc cải thiện môi chất

hoặc giải nhiệt kênh micro được đề cập sau đây:

Mục tiêu của bài [15] là để tìm ra một chất lỏng chủ động làm mát cho đèn LED trong ứng dụng đèn pha ô tô. Các phương pháp làm mát bằng không khí và chất lỏng thụ động đã được nghiên cứu và loại trừ vì không phù hợp và do đó chất lỏng làm mát chủ động đã được lựa chọn. Một số kết cấu của các hệ thống làm mát dùng chất lỏng chủ động đã được nghiên cứu; việc tối ưu hóa được thực hiện để tìm một hiệu suất nhiệt tối ưu. Sự phân tích nhiệt của dây LED công suất cao với các kênh làm mát micro đã được thực hiện bởi Yuan và cộng sự [16]. Weng [17] nghiên cứu cải tiến sự tăng cường truyền nhiệt và kiểm soát nhiệt các bộ đèn LED bằng cách sử dụng các mô hình kỹ thuật FEM để mô phỏng các bộ LED với vật liệu tản nhiệt khác nhau, PCB (Printed Circuit Board), điều kiện làm mát và kích thước chip. Trong bài [18, 19], kim loại lỏng được sử dụng làm mát để tăng cường truyền nhiệt cho bộ tản nhiệt. Liu [20] trình bày sự tối ưu hóa cấu trúc của một hệ thống làm mát dựa trên microjet cho đèn LED công suất cao.

Trong [21], nó cho thấy các tấm làm mát kênh mini là tốt hơn so với các hệ thống làm mát microjet như các thiết bị làm mát cho LED. Do đó, tấm làm mát kênh mini có dạng hình học tối ưu bằng các cách giảm thiểu chênh lệch entropy đã được xem như là giải pháp hiệu quả nhất về chi phí cho hệ thống làm mát LED. Một số khảo sát về phương pháp số và thử nghiệm đã được thực hiện trong [22, 23] về tính chất của truyền nhiệt và hiệu áp suất cho bộ tản nhiệt kênh micro và bộ trao đổi nhiệt. Trong nghiên cứu của họ, nước khử Ion (DI water) đã được sử dụng như một chất lỏng làm việc. Trong [24], các kết quả trước đó thu được bằng thực nghiệm của đèn LED 80W, phân tích số của nó được sử dụng để so sánh với kết quả thu được từ phương pháp phân tích tổng quát. Sự so sánh này chứng minh rằng giải pháp phân tích số học là hiệu quả.

III. KẾT LUẬN

Dựa trên tổng quan từ các bài báo trên, nó có hai phương pháp chính để giải nhiệt cho đèn LED công nghiệp là dùng cánh tản nhiệt để đối

lưu tự nhiên và dùng ống nhiệt để đổi lưu cưỡng bức. Bên cạnh đó là việc cải tiến cánh tản nhiệt, lưu chất làm việc, giải nhiệt kênh micro,... cũng đã được nghiên cứu.

Nghiên cứu này đã tổng quan được một số công trình nghiên cứu mới về giải nhiệt đèn LED; nó là tiền đề cho các nghiên cứu tiếp theo trong lĩnh vực này bởi thông qua tổng quan này, nó vẫn còn khá nhiều vấn đề cần giải quyết để nâng cao hiệu quả giải nhiệt đèn LED. Điều này đã cho thấy rằng nghiên cứu tăng cường truyền nhiệt của các bộ tản nhiệt đèn LED là rất cần thiết. Một trong những nghiên cứu đó là sử dụng cả phương pháp số học và thực nghiệm để

tối ưu quá trình truyền nhiệt, giảm kích thước bộ tản nhiệt bởi công nghệ micro,... Sử dụng phương pháp mô phỏng số để giải các bài toán, các đại lượng cái mà có thể không thực hiện được bởi phương pháp thực nghiệm. Thêm vào đó, việc sử dụng ống nhiệt micro là một trong những hướng mở triển vọng trong các ứng dụng này.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm nghiên cứu xin chân thành cảm ơn sâu sắc đến các tổ chức đã hỗ trợ dự án nghiên cứu này: Đề tài cấp Trường MS: T2013-218, Trường ĐH Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Christian Alvin, Jyh-tong Teng, and Thanhtrung Dang, Thermal Resistance Analysis of Extruded Fin Heat Sink on LED Lamp, The International Electron Devices and Materials Symposium 2011 (IEDMS2011), Taipei, Taiwan, Nov 17-18, 2011, P-C-19, pp. 1-4
- [2] X.B. Luo, W. Xiong, T. Cheng, and S. Liu, Temperature estimation of high-power light emitting diode street lamp by a multi-chip analytical solution, IET Optoelectron, 3, 2009, pp. 225–232
- [3] K. C. Yung, H. Liem, H.S.Choy, W. K. Lun, Thermal performance of high brightness LED array package on PCB, International Communications in Heat and Mass Transfer, 37, 2010, pp.1266 – 1272.
- [4] S. R. Nam, C. W. Yung, C. H. Choi, Y. T. Kang, Cooling performance enhancement of LED (light emitting diode) packages with carbon nanogrease, Energy, 60, 2013, pp. 195 – 203.
- [5] J. C. Wang, Thermal investigations on LED vapor chamber-based plates, International Communications in Heat and Mass Transfer, 38, 2011, pp.1206–1212.
- [6] D. Jang, S. H. Yu, K. S. Lee, Multidisciplinary optimization of a pin-fin radial heat sink for LED lighting applications, International Journal of Heat and Mass Transfer, 55, 2012, pp.515–521.
- [7] J. C. Shyu, K. W. Hsu, K. S. Yang, C. C. Wang, Thermal characterization of shrouded plate fin array on an LED backlight panel, Applied Thermal Engineering, 31, 2011, pp.2909 – 2915.
- [8] H. H. Cheng, D. S. Huang, M. T. Lin, Heat dissipation design and analysis of high power LED array using the finite element method, Microelectronics Reliability, 52, 2012, pp. 905 – 911
- [9] I. Y. Chen, M. Z. Guo, K. S. Yang, C. C. Wang, Enhanced cooling for LED lighting using ionic wind, International Journal of Heat and Mass Transfer, 57, 2013, pp.285–291.
- [10] L. Kim, J.H. Choi, S.H. Jang, and M.W. microjet based cooling system for high power LEDs, Int. J.Therm. Sci. 47, 2008, pp. 1086–1095.
- [11] Zirong Lin, Shuangfeng Wang, Jiepeng Huo, Yanxin Hu, Jinjian Chen, Winston Zhang, and Eton Lee, Heat transfer characteristics and LED heat sink application of aluminum plate oscillating heat pipes, Applied Thermal Engineering, 31, 2011, pp. 2221-2229

- [12] X. Y. Lu, T. C. Hua, Y. P. Wang, Thermal analysis of high power LED package with heat pipe heat sink, *Microelectronics Journal*, 42, 2011, pp. 1257 – 1262.
- [13] X. Y. Lu, T. C. Hua, M. J. Liu, Y. X. Cheng, Thermal analysis of loop heat pipe used for high-power LED, *Thermalchimica Acta*, 493, 2009, pp. 25 – 29.
- [14] J. Li, F. Lin, D. Wang, W. Tian, A loop-heat-pipe heat sink with parallel condensers for high-power integrated LED chips, *Applied Thermal Engineering*, 56, 2013, pp.18 – 26.
- [15] Y. Lai, N. Cordero, F. Barthel, F. Tebbe, J. Kuhn, R. Apfelbeck, D. Würtenberger, Liquid cooling of bright LEDs for automotive applications, *Dans Proceedings of 12th International Workshop on Thermal investigations of ICs - THERMINIC 2006*.
- [16] L.L. Yuan, S. Liu, M.X. Chen, and X.B. Luo, Thermal analysis of high power LED array packaging with microchannel cooler, *7th International Conference on Electronics Packaging Technology*, Shanghai, 2006, pp. 574–577.
- [17] C.J. Weng, Advanced thermal enhancement and management of LED packages, *International communications in Heat and Mass Transfer*, 37, 2009, pp. 245–248.
- [18] Y. Deng and J. Liu, A liquid metal cooling system for the thermal management of high power LEDs, *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 37, 2010, pp.788–791.
- [19] K.Q. Ma and J. Liu, Liquid metal cooling in thermal management of computer chips, *Front. Energy Power Eng. China*, 1, 2007, pp. 384–402.
- [20] S. Liu, J.H. Yang, Z.Y. Gan and X.B. Luo, Structural optimization of a microjet based cooling system for high power LEDs, *Int. J. Therm. Sci.* 47, 2008, pp. 1086–1095.
- [21] B. R. Alvarado, B. Feng, G. P. Peterson, Comparison and optimization of single-phase liquid cooling devices for the heat dissipation of high-power LED arrays, *Applied Thermal Engineering*, 59, 2013, pp. 648 – 659.
- [22] Thanhtrung Dang, Ngoctan Tran and Jyh-tong Teng, Numerical and Experimental investigations on heat transfer phenomena of an aluminium microchannel heat sink, *Applied Mechanics and Materials*, 145, 2012, pp. 129-133
- [23] Thanhtrung Dang and Jyh-tong Teng, Comparison on the heat transfer and pressure drop of the microchannel and minichannel heat exchangers, *Heat and Mass Transfer*, 47, 2011, pp. 1311-1322.
- [24] T. Cheng, X. Luo, S. Huang, S. Liu, Thermal analysis and optimization of multiple LED packaging based on a general analytical solution, *International Thermal of Sciences*, 49, 2010, pp. 196 – 201.