

LÀM CHỦ THIẾT KẾ VÀ CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO LED DRIVER CÔNG SUẤT CAO

Đỗ Đình Hưng*, Trần Văn Thịnh*, Đặng Hoàng Anh*, Quách Thị Hạnh*

Ngày tòa soạn nhận được bài báo: 05/12/2022
Ngày nhận kết quả phản biện đánh giá: 02/06/2023
Ngày bài báo được duyệt đăng: 28/06/2023

DOI: 10.59266/houjs.2023.275

Tóm tắt: Đèn LED hiện nay được đông đảo khách hàng chọn lựa vì những đặc tính vượt trội mà sản phẩm mang lại như: tiết kiệm điện, thân thiện với môi trường, an toàn, hiệu quả chiếu sáng cao. Do đó, ngày nay chiếu sáng sử dụng chủ yếu là đèn LED. Đối với các đèn LED công suất cao, việc chế tạo phức tạp hơn nhiều, có nhiều vấn đề cần giải quyết mà nhiều đơn vị sản xuất đèn LED các doanh nghiệp chế tạo nguồn sáng trong nước thường tránh đi sâu nghiên cứu. Bài báo đi sâu tìm hiểu các khó khăn cần giải quyết đối với đèn LED công suất cao và đề xuất giải pháp để có thể chế tạo trong nước, đưa ra các kết quả sản phẩm chế tạo trong nước so sánh với ngoại nhập.

Từ khóa: Driver, cấu tạo đèn LED, nhiễu, hiệu chỉnh hệ số công suất - PFC

I. Đặt vấn đề

Đèn LED hiện nay được đông đảo khách hàng chọn lựa vì những đặc tính vượt trội mà sản phẩm mang lại như: tiết kiệm điện, thân thiện với môi trường, an toàn, hiệu quả chiếu sáng cao. Và cũng chính nhờ đặc điểm có công suất cao cùng với chất lượng hiệu quả, độ chiếu sáng lớn nhưng vẫn tiết kiệm năng lượng, tiết kiệm điện nên đèn LED công suất cao còn được các chủ đầu tư lựa chọn trong nhiều ngành công nghiệp như: đánh bắt cá, cây trồng, nhà xưởng, khu công nghiệp, trung tâm mua sắm thương mại, trường học, siêu thị...

Hiện nay ở Việt Nam có khoảng hơn 200 doanh nghiệp đăng ký với thương hiệu sản phẩm đèn LED. Tuy nhiên việc

nghiên cứu bài bản để chế tạo đèn LED, đặc biệt là đèn LED công suất cao có rất ít đơn vị thực hiện.

II. Một số vấn đề cần giải quyết khi chế tạo đèn LED công suất cao

2.1. Vấn đề phát nhiệt

Phát nhiệt là vấn đề lớn đối với driver công suất cao. Driver công suất cao thường có dòng và áp cao, do đó tổn hao sinh nhiệt lớn. Ví dụ, tổn hao trên phần tử điều khiển là 1,5V, nếu công suất nhỏ có dòng 100mA, tổn hao là $1,5 \times 100 = 150$ mW, khi công suất cao dòng điện 5A tổn hao sinh nhiệt là $1,5 \times 5 = 7,5$ W tổn hao này sinh nhiệt. Mặt khác kích thước các driver bị giới hạn, do đó tản nhiệt cho các driver công suất cao là vấn đề đáng quan tâm đối với các nhà chế tạo driver.

*Khoa Điện - Điện tử, Trường Đại học Mở Hà Nội

2.2. Vấn đề về nhiễu

Các loại nguồn switching nói chung và các driver là những nguồn sinh nhiễu. Công suất càng lớn khả năng sinh nhiễu càng nhiều. Trong khi đó, các nguồn hoạt động theo nguyên lý chuyển mạch.

Nguồn phát thải chính là dòng điện chạy trong mạch. Khi tốc độ xử lý tăng, yêu cầu dòng điện của bộ vi xử lý tăng lên. Dòng điện I chạy qua một mạch vòng tạo ra từ trường, tỷ lệ thuận với diện tích A của vòng mạch. Diện tích mạch vòng được định nghĩa là chiều dài đường dẫn khoảng cách đến mặt phẳng mặt đất. Khi các tín hiệu thay đổi trạng thái logic, một trường điện được tạo ra do quá trình biến đổi điện áp. Do đó, bức xạ xảy ra như là kết quả của mạch vòng dòng điện này. Phương trình sau đây cho thấy mối quan hệ của dòng điện I, diện tích mạch vòng A của nó và tần số là EMI:

$$EMI = k \cdot I \cdot A \cdot f^2 \left[\frac{V}{m} \right] \quad (1)$$

Trong đó:

k – hệ số tỷ lệ

I – dòng điện [A],

A – diện tích vòng mạch [m²],

f – tần số [MHz]

Các quốc gia có các tiêu chuẩn tương ứng về nhiễu mà các driver phải đáp ứng (chi tiết không trình bày ở đây).

2.3. Vấn đề về an toàn đối với con người và lưới điện

Driver công suất cao cần phải đáp ứng các yêu cầu cao về an toàn, chúng phải tuân thủ các tiêu chuẩn như là IEC 61347, UL 8750, TCVN7722 – 1, TCVN7722-2

2.4. Một số driver công suất dùng cho ngoài trời cần chống ẩm tốt

Một trong những ứng dụng quan trọng của LED driver là lắp trong các bộ

đèn chiếu sáng đường phố. Ở đây việc chống ẩm cho các driver cũng rất quan trọng, phổ biến sử dụng IP67, IP68.

2.5. Đáp ứng các chỉ tiêu kinh tế

Các chỉ tiêu kinh tế được đặt ra ở đây là hiệu suất và hệ số công suất, hai thông số này phải cao. Nhiều người lầm tưởng là hiệu suất cao mới là tiết kiệm điện, tuy nhiên công suất cung cấp cho thiết bị được tính bằng:

$$S = \frac{P}{\eta \cdot \cos\varphi} \quad (2)$$

Trong đó:

• S, P tương ứng là công suất nguồn cấp đưa tới và công suất đèn

• η - hiệu suất của đèn

• $\cos\varphi$ là hệ số công suất

Theo quan hệ này với một công suất đèn P = 300W, hiệu suất $\eta = 0,88$, hệ số công suất $\cos\varphi = 0,568$, khi đó cần công suất nguồn cấp là 600VA. Rõ ràng, như thế không kinh tế, đặc biệt với những nơi đèn được cấp điện từ máy phát độc lập như tàu đánh cá chẳng hạn, công suất cấp gấp đôi thì dầu chạy máy gấp đôi.

2.6. Độ tin cậy và tuổi thọ cao

2.7. Không chất độc hại

Trong bài báo này trình bày về lựa chọn giải pháp (sơ đồ) thiết kế, giải pháp chống nhiễu và làm mát driver.

III. Phương pháp nghiên cứu

3.1. Tổng quan chung nguyên lý driver công suất

Từ yêu cầu thiết kế trên, hiện nay driver công suất cao của các hãng sản xuất LED trên thế giới có thể được thiết kế theo các nguyên lý sau:

- Dùng mạch không cách ly
- Dùng sơ đồ flyback

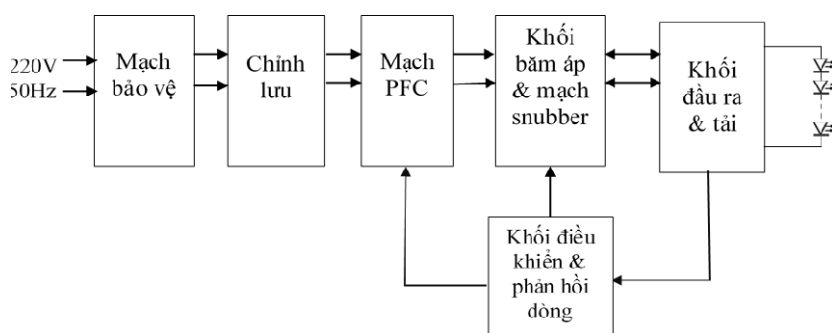
- Dùng mạch quasi resonant
- Dùng mạch cộng hưởng nửa cầu LCC (half-bridge LCC resonant converter)
- Dùng mạch cộng hưởng nửa cầu LLC (half-bridge LLC resonant converter)
- Dùng mạch cộng hưởng cầu (full bridge resonant converter)
- Dùng mạch hỗn hợp resonant + buck

Giải thích chi tiết về các nguyên lý thiết kế này xin được không viết ở đây.

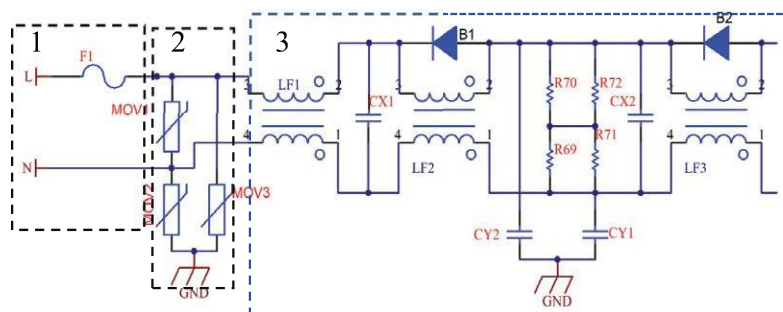
3.2. Lựa chọn nguyên lý cấu tạo của đèn LED công suất

Đèn LED công suất cao thường được các hãng thiết kế theo các nguyên lý ở mục 2.1.

Một LED driver thường có sơ đồ khối như hình 1 [1, 2].



Hình 1. Sơ đồ khối mạch LED driver



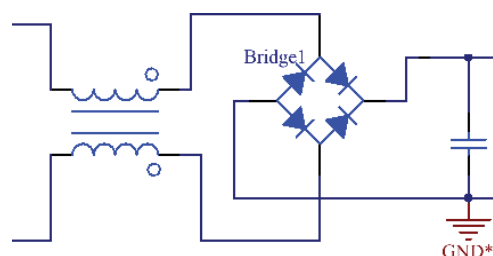
Hình 2. Mạch bảo vệ đầu vào

Các khối trong sơ đồ hình 1 có thể giải thích khái quát như sau:

- Mạch bảo vệ: có chức năng bảo vệ quá dòng điện, xung sét từ lưới, nhiễu từ ngoài đi vào và từ trong đèn đưa lên lưới.

Hình 2 vẽ mạch bảo vệ đầu vào điện hình, ở đây khu vực 1 là bảo vệ dòng điện dùng cầu chì, khối 2 bảo vệ xung sét dùng varistor, khối 3 sử dụng mạch LC để bảo vệ nhiễu điện từ từ ngoài vào driver và từ trong đèn ra lưới.

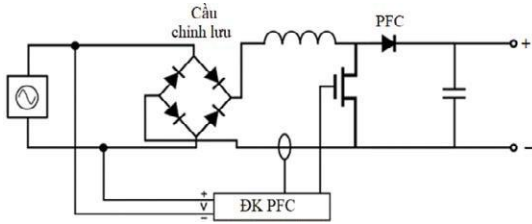
- Mạch chỉnh lưu: có chức năng biến đổi điện xoay chiều thành một chiều.



Hình 3. Mạch chỉnh lưu

Hình 3 vẽ mạch chỉnh lưu thông dụng, gồm một cầu chỉnh lưu với một mạch

lọc sau cầu. Tín hiệu lọc sau cầu đưa tới mạch hiệu chỉnh hệ số công suất (PFC).



Hình 4. Mạch hiệu chỉnh hệ số công suất

- Mạch PFC [5]: có chức năng hiệu chỉnh hệ số công suất sao cho hệ số công suất trong khoảng 0,97. Hai chỉ tiêu kinh tế quan trọng là hiệu suất và hệ số công suất. Các mạch lọc điện một chiều kinh điển chỉ dùng tụ sau chỉnh lưu có hệ số công suất thấp điện áp một chiều càng bằng phẳng thì điện dung tụ càng lớn và hệ số công suất càng thấp.

Có nhiều loại mạch hiệu chỉnh hệ số công suất: hiệu chỉnh hệ số công suất bằng các phần tử thụ động (ví dụ mạch valley fill) hay mạch hiệu chỉnh hệ số tích cực.

Mạch hiệu chỉnh hệ số công suất (PFC) trên hình 4, thực hiện điều chỉnh dòng điện i thông qua mosfet Q làm việc theo nguyên lý tăng áp (boost).

- Mạch công suất đầu ra: có chức năng điều khiển và ổn định công suất đầu ra và cách ly tải LED với nguồn điện lưới.

Mạch đầu ra hình 5 hoạt động theo nguyên lý cộng hưởng nửa cầu, LLC, bao gồm L7, Tran, tụ C25A, C25B, nguồn cấp 400V lấy từ đầu ra PFC, điều khiển tần

số chuyển mạch cho mạch LLC sử dụng hai mosfet Q8, Q9, tín hiệu điều khiển hai mosfet được IC L6599 [6] (của hãng STMicroelectronics) cung cấp.

Mạch nguyên lý PFC và công suất đầu ra như trên hình 4 và hình 5 là mạch được nhiều hãng sử dụng chế tạo sản phẩm của mình.

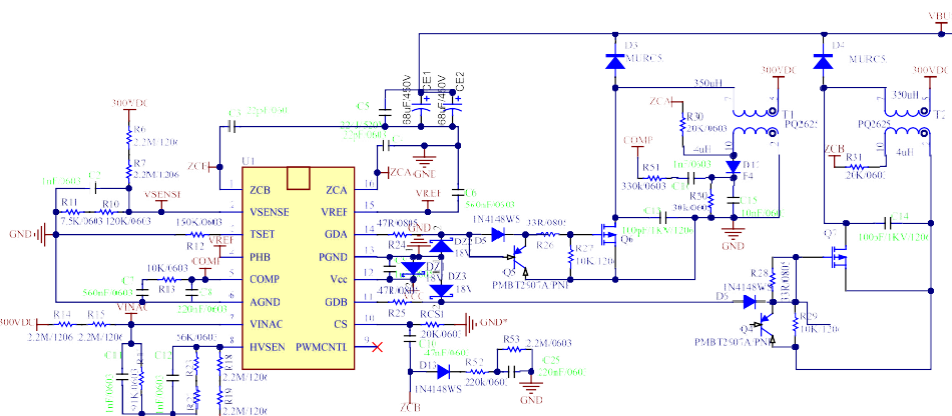
Để đáp ứng yêu cầu về chất lượng cao của sản phẩm, vật tư linh kiện được nhập từ các thương hiệu lớn trên thế giới như: Fairchild Semiconductor, ON Semiconductor, TI, STMicroelectronics, Infineon Những chi tiết gia công trong nước, chủ yếu do công ty cổ phần bóng đèn phích nước Rạng đông nhập dây chuyền máy về gia công, một số chi tiết được gia công tại các cơ sở có uy tín như: Inorsen Vina Co., Ltd., Công ty cổ phần điện tử Sao kim, Công ty CP Thiết bị điện Vcoils, ...

Theo các khối và nguyên lý ở trên, mạch hoàn chỉnh của driver LED công suất lớn nội địa được cho như trên hình 6.

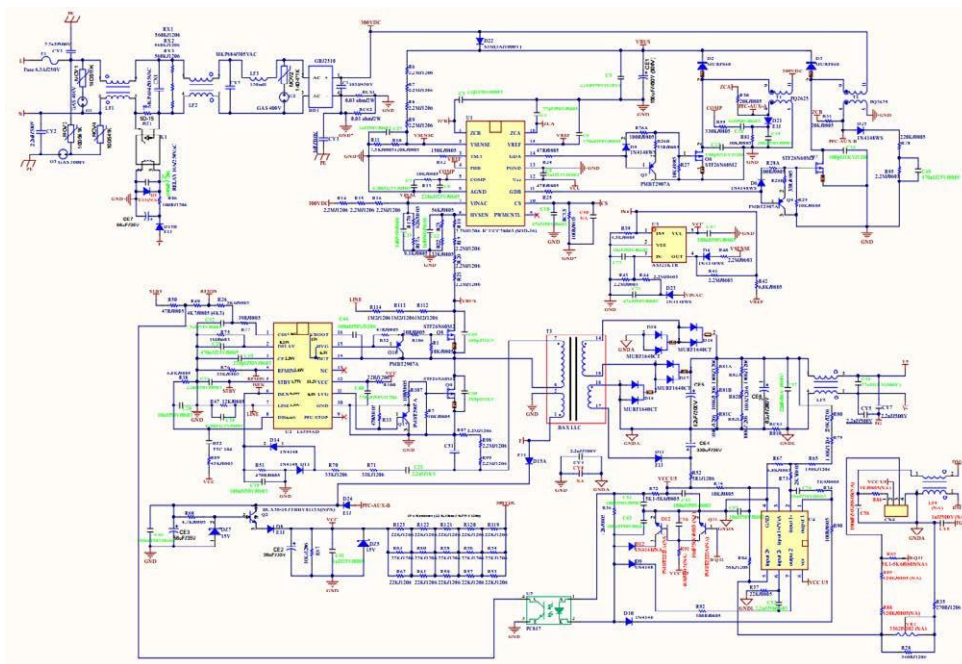
3.3. Thiết kế hộp nguồn

Vỏ hộp nguồn bằng nhôm đúc và được thiết kế như hình 7a. Mô phỏng nhiệt bằng phần mềm Ansys Icepak cho kết quả như trên hình 7b. Kết quả mô phỏng thấy rằng phân bố nhiệt phù hợp với công suất thiết kế

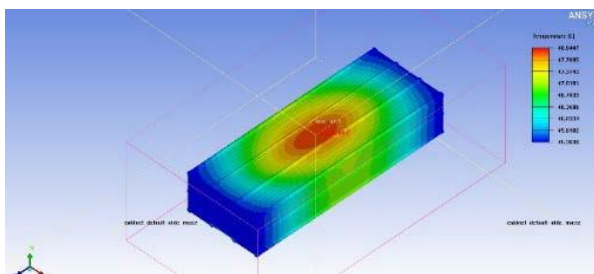
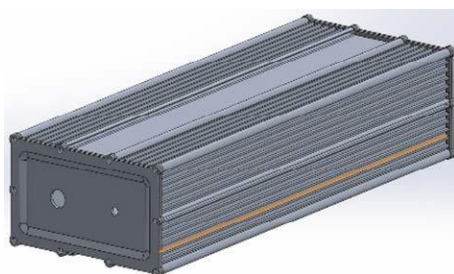
Mạch hoàn chỉnh driver 300W được cho trên hình 8.



Hình 5. Mạch công suất đầu ra



Hình 6. Sơ đồ chi tiết nguồn driver 300W



Hình 7. Vỏ hộp của driver, a. Hình dáng vỏ, b. Mô phỏng nhiệt driver



Hình 8. Minh họa hình ảnh thực tế (từ trên xuống) nguồn hoàn chỉnh, mạch in mạch trước, mạch in mặt sau

IV. Kết quả và thảo luận

Sau thời gian ODM và OEM sản phẩm LED của các hãng nổi tiếng: Fairchild Semiconductor, ON Semiconductor, TI, Infineon, Meanwell, Philips, ..., đội ngũ kỹ thuật đủ mạnh trong nước đã phân tích các ưu, nhược điểm sản phẩm LED của các hãng, lựa chọn ưu điểm để tích hợp vào sản phẩm của mình, phân tích nhược điểm của các hãng mà khắc phục và đã

khắc phục khá triệt để các nhược điểm của các sản phẩm. Những nhược điểm điển hình cần khắc phục là: khả năng chịu nhiều xung sét cho các tàu đánh cá, nơi ở ngoài biển xung sét nhiều và lớn, cần chống chịu hơi và nước biển. Do đó sản phẩm LED trong nước có những tính năng tương đương và ở một vài khía cạnh vượt trội so với sản phẩm riêng biệt cùng loại của các hãng đang bán ở Việt Nam.

Kết quả thử nghiệm các đèn LED chế tạo trong nước so sánh với sản phẩm cùng loại ngoại nhập được cho trong bảng sau:

Thông số	Mã sản phẩm			
	RD-DR-DC300W1750V1.0	LDP-320M230	EUK320S220DV	SS-320VP-228BH
Nhà sản xuất	Rang Dong	MOSO	Inventronic	Sosen
Điện áp xoay chiều đầu vào	$100 \div 277V_{AC}$	$100 \div 277V_{AC}$	$100 \div 277V_{AC}$	$100 \div 277V_{AC}$
Tần số đầu vào	$50 \div 60Hz$	$50 \div 60Hz$	$50 \div 60Hz$	$50 \div 60Hz$
Dòng điện xoay chiều đầu vào	3.5A Max	4A Max	3.2A Max	4A Max
Hệ số công suất	>0.95	>0.95	>0.9	>0.9
Tổng méo hài	$<10\% @ 100 \div 220V_{AC}$ $<20\% @ 277V_{AC}$	$<18\% @ 115 \div 230V_{AC}$ $<20\% @ 277V_{AC}$	$<10\% @ 220V_{AC}$ $<20\% @ 277V_{AC}$	$<10\% @ 220 \div 240V_{AC}$ $<20\% @ 277V_{AC}$
Dòng điện đầu ra	$1750mA \pm 5\%$	$1750mA \pm 5\%$	$1750mA \pm 5\%$	$1750mA \pm 5\%$
Hiệu suất	$>89\%$	$>89\%$	$>89\%$	$>89.5\%$
Quá dòng khởi động	$<10\%$	$<10\%$	$<10\%$	$<10\%$
Điện áp đầu ra không tải	$195V_{DC}$	$260V_{DC}$	$250V_{DC}$	$250V_{DC}$
Thời gian trễ	$<1s$	$<3s$	$<1s$	$<0.5s$
Nhiệt độ vỏ	$T_C 90^{\circ}C$	$T_C 85^{\circ}C$	$T_C 85^{\circ}C$	$T_C 90^{\circ}C$
Bảo vệ quá nhiệt	$T_C = 90^{\circ}C \div 110^{\circ}C$	$T_C = 85^{\circ}C \div 95^{\circ}C$	$T_C = 85^{\circ}C \div 95^{\circ}C$	$T_C = 90^{\circ}C \div 110^{\circ}C$
Bảo vệ quá áp, dòng, công suất	√	√	√	√
Nguồn phụ	×	×	×	12V/0.2A
Kích thước D x R x C	246 x 91 x 54.5	234 x 98 x 40	251 x 80 x 39.7	252 x 89.5 x 44.5

- Có thể đưa ra một số điểm nhấn trong thiết kế sản phẩm nội địa như sau: Thiết kế mạch chống sét nội địa có phần Gas nối tiếp với Varistor giúp chống rò Varistor, có 2 tầng Varistor giúp bảo vệ xung điện áp cao tốt hơn, Varistor sử dụng ở tầng thứ 2 là 14D471K có thể bảo vệ không bị nổ tụ hóa PFC.

- Hệ số công suất PF của Rạng Đông có thể đạt tới 1 ở $90V_{AC}$.

- Nhiệt độ vỏ (T_C) của Driver tương đương Driver của Sosen ($90^{\circ}C$) hơn $5^{\circ}C$ so với T_C Driver của Inventronic và MOSO ($85^{\circ}C$).

- Khả năng chịu xung sét của Driver nội địa tương đương Driver của Inventronic và Sosen (L-N 6KV) hơn khả năng chịu xung sét của Driver MOSO

(L-N 5KV).

- Nhiệt độ linh kiện Driver nội địa mát hơn so với nhiệt độ linh kiện Driver các hãng Inventronic, MOSO.

- Chỉ tiêu an toàn điện của Driver nội địa tương đương Driver MOSO, Sosen (Input-Case $1500V_{AC}$) tốt hơn của Driver Inventronic (Input-Case $<1000V_{AC}$).

Hiệu suất Driver nội địa tương đương Driver Inventronic, cao hơn hiệu suất Driver MOSO và Sosen.

V. Kết luận

Nghiên cứu chế tạo sản phẩm LED công suất cao (300W), trong điều kiện trang thiết bị trong nước đạt được chất lượng tương đương các sản phẩm cùng loại của các hãng lớn trên thế giới, quan

trọng là phù hợp với điều kiện hoạt động ở Việt Nam, giá thành cạnh tranh so với các sản phẩm cùng loại ngoại nhập. Điều này chứng tỏ chúng ta hoàn toàn có thể làm chủ được công nghệ thiết kế, chế tạo driver công suất cao với công nghệ trong nước.

Tài liệu tham khảo:

- [1]. D. Gowtami, S.Madhuri, G.Krushna Shanthi, B.Aparna, P.Keerthana. (2016). *Design and Simulation of an Efficient LED Driver for Street Light Application*. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET).
- [2]. Ngo Thanh Tung, Nguyen Dinh Tuyen, Nguyen Minh Huy, Nguyen Hoai Phong, Ngo Cao Cuong and Le Minh Phuong. (2020). *Design and Implementation of 150 W AC/DC LED Driver with Unity Power Factor, Low THD, and Dimming Capability*; Electronics, 9, 52;
- [3]. Texas Instruments. (2016). *UCC28063A Natural Interleaving Transition-Mode PFC Controller With Improved Audible and Input Surge Noise Immunity*; SNVSA88C –DECEMBER 2014–REVISED NOVEMBER
- [4]. AN2492. (2007). Application note, *Wide range 400W L6599-based HB LLC resonant converter for PDP application*. STMicroelectronics, www.st.com
- [5]. Texas Instruments. (2021). *UCC28063A Natural Interleaving™ Transition-Mode PFC Controller With Improved Audible and Input Surge Noise Immunity*. <https://www.ti.com/>
- [6]. STMicroelectronics. (2013). *L6599, Improved high-voltage resonant controller*. www.st.com

CONTROL THE DESIGN AND TECHNOLOGY OF HIGH POWER LED DRIVER

Do Dinh Hung[†], Tran Van Thinh[‡], Dang Hoang Anh[§], Quach Thi Hanh[¶]
Email: hungdd@hou.edu.vn

Abstract: LED lights are now chosen by a large number of customers because of the outstanding features that the product brings, such as energy saving, environmental friendliness, safety, and high lighting efficiency. Therefore, today's lighting uses mainly LEDs. For high-power LEDs, the fabrication is much more complicated, and many problems need to be solved. Many LED manufacturers and domestic light source manufacturers often avoid going into deep research. The article delves into the difficulties that need to be solved for high-power LEDs and proposes solutions to manufacture them domestically, giving the results of domestically manufactured products compared to imported ones.

Keywords: Driver, LED structure, niose, Power Factor Corection - PFC

[†] Faculty of Electrical and Electronics Engineering, , Hanoi Open University

[‡] Faculty of Electrical and Electronics Engineering, , Hanoi Open University

[§] Faculty of Electrical and Electronics Engineering, , Hanoi Open University

[¶] Faculty of Electrical and Electronics Engineering, , Hanoi Open University