

Giải pháp mới nâng cao hệ số công suất và giảm tổng độ méo dạng sóng hài trong bộ nguồn hai tầng cho đèn Led

Ngô Thanh Tùng, Lê Minh Phương, Nguyễn Minh Huy, Nguyễn Hoài Phong, Nguyễn Đình Tuyên*

TÓM TẮT

Ngày nay, đèn LED dần được thay cho các loại đèn công nghệ cũ như: đèn sợi đốt, huỳnh quang, thủy ngân cao áp... vì hiệu quả cao về mặt năng lượng, thân thiện môi trường, cũng như tuổi thọ cao. Bài báo này phân tích và tiến hành thực nghiệm bộ nguồn cho đèn LED có công suất 250W với khả năng nâng cao hệ số công suất và giảm độ méo dạng sóng hài dòng điện ngõ vào. Cấu hình bộ nguồn LED được trình bày trong bài báo này được thiết kế dựa vào cấu hình hai tầng bao gồm mạch hiệu chỉnh hệ số công suất dạng mạch tăng áp hoạt động ở chế độ gián đoạn và mạch DC/DC cộng hưởng LLC có đặc tính chuyển mạch mềm. Chức năng của mạch hiệu chỉnh công suất là nâng cao hệ số công suất ngõ vào cũng như tạo điện áp DC 400 V từ nguồn AC thay đổi từ 140V đến 265V. Chức năng của bộ DC/DC là điều khiển dòng điện cung cấp cho LED. Các bước tính toán thiết kế cho nguồn LED công suất 250W được trình bày chi tiết trong bài báo. Một mẫu thử nghiệm bộ nguồn đèn LED được xây dựng trong phòng thí nghiệm nhằm cung cấp cho đèn LED có công suất 250W hoạt động ở cấp điện áp 54V DC từ nguồn điện AC 220V/50Hz. Các kết quả thực nghiệm khi cho nguồn AC thay đổi cho thấy rằng các tính chất điện năng của bộ nguồn cho đèn LED như sóng hài, hệ số công suất đều thỏa mãn tiêu chuẩn EN 61000-3-2.

Từ khoá: Bộ nguồn cho đèn LED, Mạch hiệu chỉnh hệ số công suất, chiếu sáng sử dụng LED, tổng độ méo dạng sóng hài.

GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây, chiếu sáng bằng đèn LED là một công nghệ xanh và tiết kiệm đã và đang được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp, dân dụng. Đèn LED có những ưu điểm như giảm chi phí bảo dưỡng, tuổi thọ cao, tiết kiệm năng lượng tiêu thụ từ 50%-70% so với loại đèn thông thường. Trong lĩnh vực chiếu sáng công cộng, trong các công trình kiến trúc, trong hệ thống công nghiệp các sân thể thao, đèn LED trắng công suất lớn đã được đem vào sử dụng. Lợi ích của LED là sự thân thiện và bảo vệ môi trường, nó được ứng dụng đặc biệt cho chiếu sáng đường phố, nhà xưởng sản xuất, khu công nghiệp, khu chế xuất, kho hàng, bến bãi, nhà máy, cửa hàng, siêu thị, nhà thi đấu^{1,2}.

Trong nước có nhiều thương hiệu cung cấp đèn LED chiếu sáng bao gồm đèn LED và bộ nguồn cung cấp như Điện Quang, Rạng Đông, Philip, Osram hoặc nhập từ nước ngoài: Trung Quốc, Đài Loan. Trong đó, các bộ nguồn phần lớn được nghiên cứu và sản xuất ở nước ngoài. Nghiên cứu phát triển nguồn điện cho LED còn rất hạn chế, trong nước công ty Điện Quang và Rạng Đông đã và đang nghiên cứu các nguồn cho đèn LED công suất nhỏ (dưới 30W) dùng cho chiếu sáng dân dụng. Ở trong nước, việc nghiên cứu

chế tạo nguồn cho đèn LED công suất đặc biệt là nguồn công suất lớn ứng dụng cho chiếu sáng công cộng chưa được quan tâm đúng mức. Nguyên nhân là do các công ty ở Việt Nam chưa làm chủ được hoàn toàn công nghệ và chưa xây dựng được dây chuyền công nghệ sản xuất, vì vậy sản phẩm thường có chất lượng không cao và giá thành lại không cạnh tranh được với sản phẩm nhập ngoại. Mặc dù vậy một số công ty vẫn đang nghiên cứu để sản xuất sản phẩm này ở Việt Nam: nhóm nghiên cứu và phát triển của Công ty Cổ phần Điện Quang đã nghiên cứu những bộ nguồn điều khiển ứng dụng cho đèn LED công suất lớn đến 400W nhưng chưa đạt tiêu chuẩn về nhiệt độ, hiệu suất thấp và kích thước lớn; Công ty Sài Gòn LED đã thiết kế nguồn công suất 40W-60W dùng cho các đèn 80W-150W bằng cách sử dụng song song nhiều nguồn với nhau.

Phần lớn các nguồn cho đèn LED công suất lớn sử dụng trong chiếu sáng công cộng trên thị trường Việt Nam đều ở dạng không điều khiển được, trong đó hướng điều khiển thông minh tích hợp công nghệ không dây chưa được quan tâm nhiều đặc biệt ứng dụng trong dải công suất lớn. Và hiện nay, chưa có công ty hay tổ chức của Việt nam thiết kế chế tạo nguồn công suất lớn đến 250W tích hợp công nghệ điều khiển không dây. Một số công ty như VinaLed,

Trường Đại học Bách khoa,
ĐHQG-HCM

Liên hệ

Nguyễn Đình Tuyên, Trường Đại học Bách
khoa, ĐHQG-HCM

Email: ndtuyen@hcmut.edu.vn

Lịch sử

- Ngày nhận: 12/02/2019
- Ngày chấp nhận: 06/5/2019
- Ngày đăng: 30/5/2019

DOI:



Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Trích dẫn bài báo này: Thanh Tùng N, Minh Phương L, Minh Huy N, Hoài Phong N, Đình Tuyên N. **Giải pháp mới nâng cao hệ số công suất và giảm tổng độ méo dạng sóng hài trong bộ nguồn hai tầng cho đèn Led.** *Sci. Tech. Dev. J. - Eng. Tech.*; 2(1):33-45.

SaigonLed... cung cấp chọn bộ đèn LED chiếu sáng đường phố, trong đó có sử dụng nguồn có công suất 50W cho tất cả cấp công suất (50W, 100W, 150W) bằng cách mắc song song các nguồn với nhau.

Trong kế hoạch xây dựng thành phố thông minh, thành phố Hồ Chí Minh đang có quy hoạch chiếu sáng đường phố bằng công nghệ đèn LED, theo tiêu chí tiết kiệm năng lượng, giảm ô nhiễm. Trên thị trường hiện nay có các LED chiếu sáng công suất lớn 100W-250W ứng dụng trong chiếu sáng công cộng được cung cấp bởi nhiều hãng nước ngoài như Philips, GE Lighting Solutions, Maxion Technologies, QD Vision, Lighting Science Group, Osram, Toshiba, Solid State Lighting Systems Mitsubishi /Verbatim Phillips, Osram hoặc nhập từ Trung Quốc. Nhằm hướng đến thiết kế một hệ thống chiếu sáng thông minh, chúng tôi đang hướng đến thiết kế một hệ thống hoàn chỉnh bao gồm: đèn LED, bộ nguồn, hệ thống truyền nhận dữ liệu, xây dựng phần mềm quản lý, Tuy nhiên, trong phạm vi nghiên cứu này, chúng tôi chỉ trình bày nội dung về nâng cao chất lượng nguồn có công suất 250W. Hệ thống hoàn chỉnh về chiếu sáng thông minh sử dụng LED, chúng tôi sẽ trình bày trong một nghiên cứu khác.

Một đèn LED được cung cấp bởi một dòng điện DC không đổi, dòng điện này được tạo ra từ các mạch điện dạng một tầng³⁻⁵ hoặc hai tầng⁶⁻⁹. Mặc dù mạch điện một tầng có số linh kiện ít hơn tuy nhiên điện áp DC dao động lớn và điện áp đặt trên các khóa công suất lớn là các khuyết điểm của cấu hình này. Trong cấu hình hai tầng, hai mạch hiệu chỉnh công suất (Power Factor Correction - PFC) và DC/DC hoạt động độc lập nhau. Điện áp DC được điều khiển ở một giá trị ổn định không phụ thuộc vào điện áp ngõ vào và tải, do đó hệ số công suất sẽ cao và tổng độ méo dạng sóng hài sẽ nhỏ. Bài báo này nghiên cứu chế tạo bộ nguồn cho đèn LED có công suất 250W ứng dụng trong chiếu sáng công cộng với khả năng nâng cao hệ số công suất và giảm tổng độ méo dạng sóng hài. Cấu hình của bộ nguồn bao gồm bộ tăng áp có hiệu chỉnh công suất và một mạch DC/DC cách ly nhằm điều chỉnh dòng điện cho LED. Nhằm đạt được hiệu suất cao, mạch cộng hưởng LLC với đặc tính chuyển mạch mềm sẽ được sử dụng ở tầng DC/DC.

TỔNG QUAN VỀ TỔNG ĐỘ MÉO DẠNG SÓNG HÀI VÀ HỆ SỐ CÔNG SUẤT TRONG BỘ NGUỒN LED

Tổng quan về các nguồn điều khiển LED

Đèn LED, không giống như các thiết bị phát sáng khác, nó không thể trực tiếp kết nối vào lưới xoay chiều. Vì vậy nguồn cấp cho LED phải là nguồn DC,

và nguồn cung cấp cho LED chiếu sáng phải được trang bị thiết bị hạn dòng qua LED phù hợp với đặc tính kỹ thuật của nó. Bộ nguồn cho đèn LED có chức năng biến đổi dòng điện xoay chiều thành dòng một chiều với cường độ trong một khoảng nhất định. Bộ nguồn cho đèn LED tự động điều chỉnh điện áp đầu ra để giữ không đổi dòng điện và do đó giữ không đổi độ sáng. Đặc điểm của nguồn LED cho chiếu sáng công cộng là sử dụng nguồn điện áp lưới AC 220V ($\pm 10\%$) và có dải công suất định mức khoảng từ 20W đến 250W. Tùy vào các cấp công suất của LED, mà các cấu hình bộ nguồn khác nhau được sử dụng để đảm bảo các tiêu chuẩn về hiệu suất, hệ số công suất, và tổng độ méo dạng sóng hài.

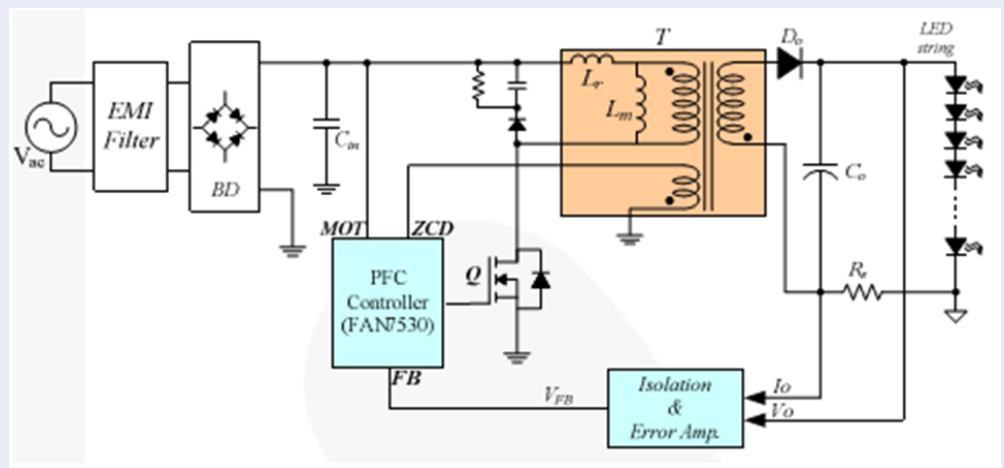
Các bộ nguồn có công suất dưới 20W thường sử dụng bộ cấu hình một tầng và bộ DC/DC dạng tuyến tính và giảm áp không cách ly (Buck - Converter). Bộ nguồn có công suất trung bình đến 50W thường sử dụng bộ cấu hình một tầng và bộ DC/DC dạng Flyback. Trong cấu hình một tầng số lượng linh kiện giảm và không yêu cầu số lượng lớn các tụ điện đầu vào, tiết kiệm không chỉ không gian thiết kế mà còn giảm chi phí. Flyback điều khiển để điều chỉnh hệ số công suất và dòng điện hồi tiếp như trình bày ở **Hình 1**. Hiệu suất của bộ nguồn này đạt được đến 84%. Do cấu hình sử dụng Flyback nên tổn thất công suất trong biến áp và mạch giảm gai xung khá nhiều, vì vậy hiệu suất của bộ nguồn không cao.

Bộ nguồn có công suất đến 100W thường sử dụng bộ cấu hình hai tầng và bộ DC/DC dạng Quasi-Resonant Flyback AC-DC kết hợp PFC như trình bày trong **Hình 2**. Tầng 1 được sử dụng để điều chỉnh hệ số công suất điều khiển dòng điện không đổi. Cấu hình này có thể đạt hiệu suất lên đến 89-90% nếu thiết kế tối ưu mạch lọc nhiễu điện từ và cải tiến chế độ đóng ngắt khóa công suất.

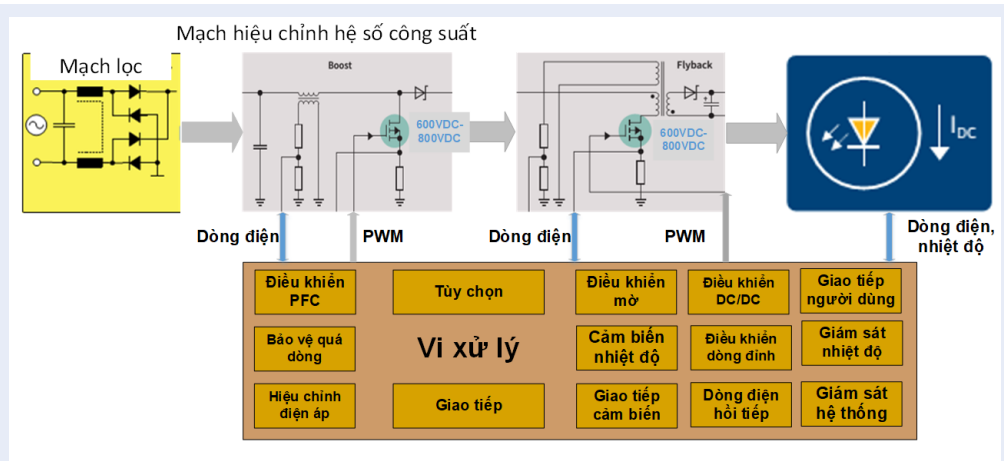
Bộ nguồn có công suất trên 100W thường sử dụng bộ cấu hình hai tầng và bộ DC/DC converter dạng cộng hưởng LLC bán cầu kết hợp PFC như **Hình 3**. Tầng thứ nhất được sử dụng để điều chỉnh hệ số công suất điều khiển dòng điện không đổi vì vậy có thể đạt trên 0,95 ở chế độ định mức. Cấu hình này có thể đạt hiệu suất lên đến 91-94% nếu thiết kế tối ưu mạch lọc nhiễu điện từ và cải tiến chế độ đóng ngắt khóa công suất.

Tổng độ méo dạng sóng hài

Bộ biến đổi công suất AC/DC 1 tầng cho bộ nguồn có thể chia ra thành 3 loại bao gồm: mạch PFC thụ động, mạch AC/DC dựa trên cỡ sơ mạch bơm sạc và mạch AC/DC dựa trên sự tích hợp các khóa công suất. Khi sử dụng mạch PFC thụ động thì hệ số công suất khoảng 0,9, tuy nhiên tổng độ méo dạng sóng hài (Total Harmonic Distortion - THD) cao. Khi ở cấp công



Hình 1: Sơ đồ mạch cấu hình một tầng sử dụng Flyback.



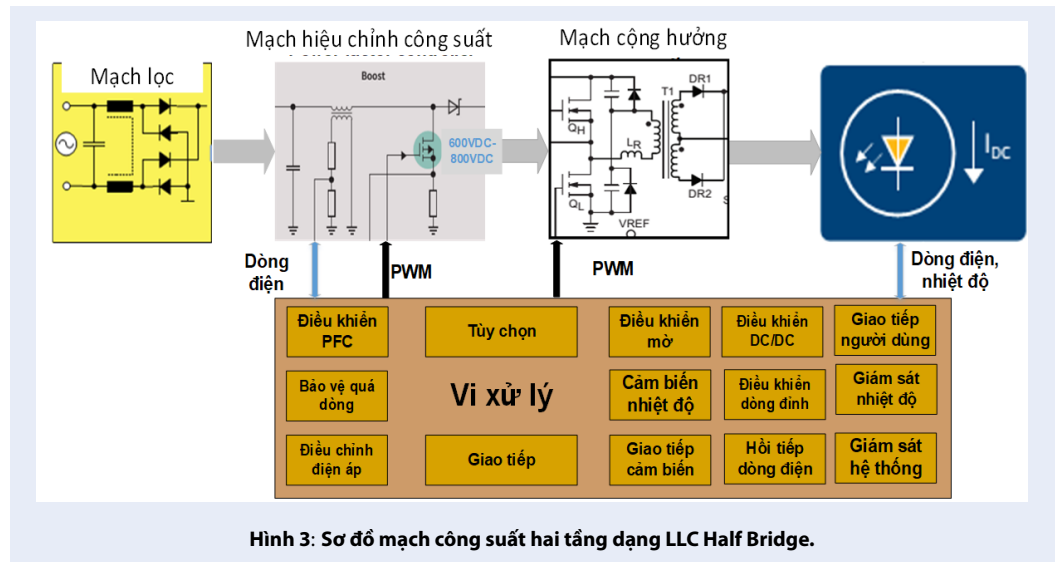
Hình 2: Sơ đồ mạch Quasi-resonant Flyback AC-DC kết hợp PFC.

suất cao thì các yêu cầu về hệ số công suất và THD của mạch PFC thụ động sẽ thông thạo mãn các yêu cầu của chuẩn IEC61000-3-2. Kỹ thuật bơm sạc có thể nâng cao hệ số công suất và THD thấp nhưng chỉ phù hợp với mức công suất thấp. Ngoài ra, kỹ thuật điều khiển phức tạp và điện áp định mức các linh kiện lớn là các lý do mà mạch sử dụng kỹ thuật bơm sạc không được sử dụng rộng rãi. Gần đây, các nguồn đèn LED được đề xuất nhằm giảm THD ở ngõ vào AC nhằm phù hợp với tiêu chuẩn IEC61000-3-2 và có thể ứng dụng trong các LED công suất lớn cho chiếu sáng đường phố^{10,11}. Trong các nghiên cứu này, cấu hình nguồn LED 1 tầng được đề xuất dựa trên kết hợp giữa mạch giảm-tăng áp và mạch DC/DC cộng hưởng LLC. Ở mạch PFC, việc sử dụng hai bộ giảm-tăng áp hoạt động xen kẽ sẽ làm giảm sóng hài ở ngõ

vào. Do đó với thiết kế này, tổng độ méo dạng sóng hài dòng điện là 5,7% khi hoạt động đầy tải với mức công suất 100 W. Các nghiên cứu gần đây đã cho thấy mạch SEPIC có các ưu điểm như hiệu suất cao, sóng hài thấp và hệ số công suất cao. Do đó, trong nghiên cứu đã đề xuất cấu hình LED Driver 1 tầng dựa vào sự kết hợp giữa mạch chuyển đổi sử dụng cuộn cảm ngõ ra đơn và mạch DC/DC lớp E. Kết quả thực nghiệm của nghiên cứu⁹ cho thấy tổng độ méo dạng sóng hài khoảng 5,2 % trong điều kiện bộ nguồn hoạt động đầy tải với mức công suất thiết kế là 100W.

Hệ số công suất

Bên cạnh yếu tố về tổng độ méo hài, thì hệ số công suất ở nguồn AC cấp cho nguồn LED là một trong những tiêu chuẩn quan trọng khi thiết kế nhằm nâng



cao chất lượng điện năng. Trong những năm gần đây, có nhiều nghiên cứu để nâng cao hệ số công suất cho các nguồn LED¹²⁻¹⁴. Bài báo¹⁴ đã đề xuất cấu hình mới cho các ứng dụng chiếu sáng đường phố với khả năng hiệu chỉnh hệ số công suất bằng cách kết hợp bộ tăng áp có PFC với hai cuộn cảm ghép đôi và bộ DC/DC cộng hưởng LLC bán cầu. Nguồn LED trong nghiên cứu này đã được phát triển và thử nghiệm với điện áp đầu vào dòng điện từ 100 V đến 120V với công suất 144 W.

Từ những phân tích trên, việc thiết kế một bộ nguồn cho đèn LED có công suất lớn phù hợp chiếu sáng công cộng với hệ số công suất cao, tổng độ méo dạng sóng hài thấp là việc rất cấp thiết. Cấu hình đề xuất và phương pháp thiết kế sẽ được trình bày như trong phần đề xuất cấu hình nguồn LED và phương pháp thực hiện.

ĐỀ XUẤT CẤU HÌNH NGUỒN LED CÔNG SUẤT 250W

Với các bộ nguồn sử dụng cho chiếu sáng công cộng, bộ Flyback và giảm áp đều bộc lộ những nhược điểm vốn không thích hợp với dải công suất từ 100W trở lên có thể thấy như:

- Điện áp trên LED nhấp nhô, dẫn đến đèn LED bị chớp theo chu kỳ điện lưới.
- Hiệu suất thấp, không thích hợp với công suất lớn.
- Biến áp xung sử dụng cho flyback lớn hơn so với biến áp xung sử dụng cho cấu hình bán cầu cùng công suất.
- Không cách ly (trong trường hợp sử dụng bộ giảm áp).

Vì các lý do trên, cấu hình thường thấy cho các bộ nguồn chiếu sáng công cộng có công suất từ 100W trở

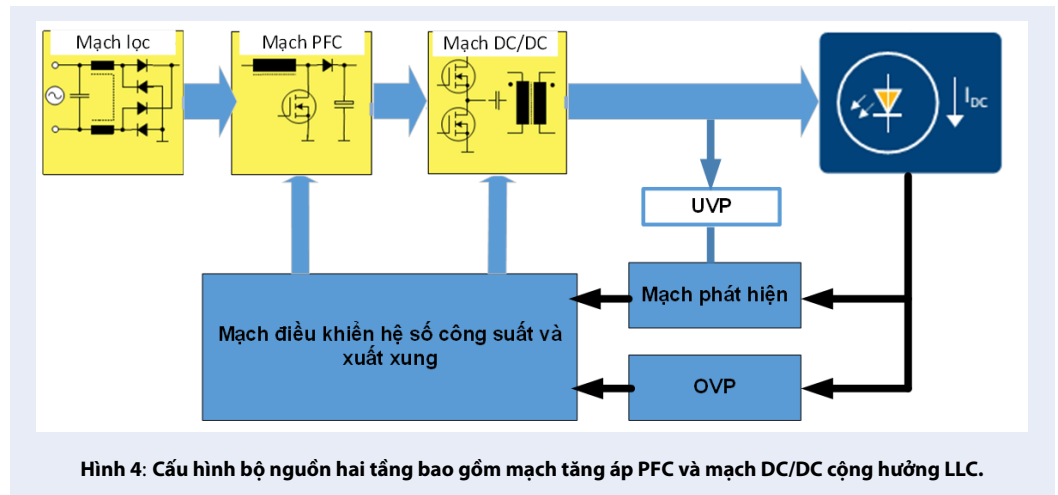
lên là bộ tăng áp có PFC và bộ cộng hưởng LLC dạng bán cầu. Bộ biến đổi LLC bán cầu có thể cải thiện đáng kể dòng điện và hiệu suất của hệ thống. Hơn thế nữa, giá thành và kích thước của bộ LED cũng sẽ được giảm đi. Bộ biến đổi DC/DC 2 tầng: PFC và LLC hiện đang rất phổ biến với cấp công suất trung bình, nguyên nhân là do các bộ nguồn kiểu này có hệ số công suất tốt, THD thấp và hiệu suất cao hơn so với các cấu hình biến đổi DC/DC khác với cùng cấp công suất. Cấu hình của một bộ LED Driver như hình 4 bao gồm:

- Mạch lọc nhiễu điện từ.
- Mạch điều khiển hệ số công suất: mạch tăng áp có tích hợp PFC
- Mạch công suất DC/DC cấp cho LED: mạch cộng hưởng LLC bán cầu
- Mạch bảo vệ: quá dòng điện, điện áp, nhiệt độ.
- Mạch điều khiển - điều khiển ổn dòng, độ sáng.
- Mạch cảm biến-hồi tiếp.

Trong nội dung bài báo, chúng tôi trình bày phương pháp thiết kế mạch PFC nâng cao hệ số công suất và giảm tổng độ méo dạng sóng hài ở ngõ vào AC.

PHƯƠNG PHÁP THỰC HIỆN

Trong bài báo này, chúng tôi tập trung nghiên cứu phương pháp để nâng cao hệ số công suất nguồn cho bộ LED Driver. Việc thực hiện bộ PFC bằng vi xử lý sẽ rất tốn kém và sẽ làm cho kích thước mạch sẽ lớn. Hiện nay, có nhiều hãng sản xuất các mạch tích hợp



Hình 4: Cấu hình bộ nguồn hai tầng bao gồm mạch tăng áp PFC và mạch DC/DC cộng hưởng LLC.

chuyên dụng để thực hiện bộ AC/DC với hệ số công suất cao và giảm được sóng hài ở nguồn AC. Để thực hiện được mạch AC/DC có hệ số công suất cao, chúng tôi đã tìm hiểu các phương pháp điều khiển khác nhau và lựa chọn các thông số mạch cho phù hợp với bộ nguồn ứng dụng trong chiếu sáng LED. Phương pháp thực hiện được chia thành các bước như sau:

- 1) Chúng tôi tiến hành phân tích hoạt động của mạch, và lựa chọn chế độ hoạt động phù hợp.
- 2) Sau đó, chúng tôi sẽ chọn mạch tích hợp điều khiển cùng với các linh kiện bán dẫn.
- 3) Để chứng minh tính đúng đắn, chúng tôi đã thực hiện thiết kế mạch và đo đạc kết quả. Các bước thực hiện được trình bày tuần tự như trong các phần tiếp theo.

PHÂN TÍCH THIẾT KẾ MẠCH PFC NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT VÀ GIẢM TỔNG ĐỘ MÉO DẠNG SÓNG HÀI

Bộ điều khiển hệ số công suất đặt ngõ vào bộ nguồn tạo dòng điện AC sao cho công suất lớn nhất có thể được cấp từ lưới. Thực tế các đèn LED là thiết bị phi tuyến tạo sóng hài bậc cao ngoài ra trong bộ nguồn LED có nhiều cuộn cảm và biến áp nên hệ số công suất sẽ rất thấp. Bộ PFC tích cực hoạt động trong chế độ dẫn tới hạn (Critical Conduction Mode-CRM) sử dụng phát hiện qua điểm 0 (Zero Dectection). Phần PFC của thiết bị này bao gồm một bộ khuếch đại lỗi, hệ số khuếch đại, mạch cảm biến dòng điện, bộ xác định điểm cắt 0. Các bộ khuếch đại lỗi nội bộ được sử dụng cho thông tin phản hồi của điện áp đầu ra trong các thiết kế không cách ly. Tuy nhiên, nó có thể được vô hiệu hóa cho các thiết kế cách ly nơi mà các

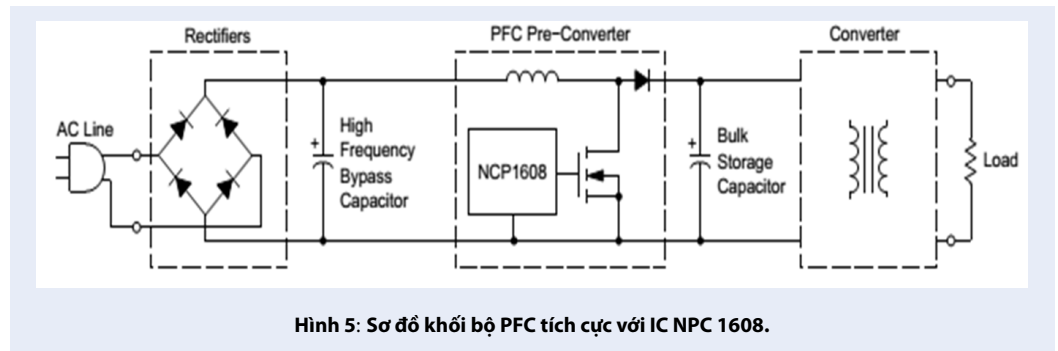
bộ khuếch đại lỗi cần phải được thực hiện trên phía thứ cấp.

Mạch PFC tích cực được thiết kế sử dụng với nguồn LED 200 – 250W sử dụng cấu hình bán cầu. Mạch PFC có cấu hình tăng áp, với điện áp ngõ vào 90 – 265V và điện áp ngõ ra 400VDC như Hình 5. Bộ nguồn xung chuyển đổi điện áp và dòng điện ngõ vào bằng cách đóng cắt các khóa điện tử, tích lũy năng lượng và chuyển đổi năng lượng điện sang dạng từ nhờ các biến áp xung và lưu trữ tạm thời bằng cách sử dụng các tụ điện. Việc sử dụng các Diode ở đầu vào là cần thiết để chuyển đổi từ AC sang DC để các bộ nguồn hoạt động, việc này sẽ gây ra các dạng dòng điện dạng xung, làm cho hệ số công suất của bộ nguồn thấp và sinh ra các sóng hài dòng điện trên lưới.

Có nhiều loại cấu hình PFC như tăng áp, giảm áp, giảm tăng áp và Flyback. Trong đó cấu hình được sử dụng nhiều nhất là tăng áp có tích hợp PFC. Trong cấu hình tăng áp có PFC, có 3 chế độ hoạt động là hoạt động liên tục (Continuous Conduction Mode – CCM), chế độ dẫn tới hạn (Critical Conduction Mode – CrCM) và chế độ gián đoạn (Discontinuous Conduction Mode – DCM). Chip NCP1608 được thiết kế hoạt động ở chế độ dẫn tới hạn trong suốt quá trình hoạt động bình thường và hoạt động ở chế độ gián đoạn trong trường hợp tải nhỏ. Việc này sẽ giúp giảm tần số đóng cắt của mạch PFC trong trường hợp tải nhẹ để cải thiện hiệu suất.

Nguyên lý hoạt động cơ bản của bộ boost chế độ dòng tới hạn (CrM)

Đối với các ứng dụng công suất trung bình (<350W), hoạt động ở chế độ tới hạn là phương pháp điều khiển thường được lựa chọn. Chế độ tới hạn sẽ vận hành tại biên giữa chế độ dòng không liên tục và chế độ dòng



Hình 5: Sơ đồ khối bộ PFC tích cực với IC NPC 1608.

liên tục nó kết hợp giữa việc giảm dòng đóng cắt đỉnh của chế độ dòng liên tục và việc đóng cắt mềm ở chế độ gián đoạn. Phương pháp điều khiển làm cho tần số biến thiên với điện áp lưới (V_{in}) và tải đầu ra. Hoạt động và dạng sóng của bộ tăng áp PFC được mô tả trong Hình 6.

Khi khóa ON, dòng trên cuộn cảm sẽ tăng tuyến tính tới giá trị đỉnh với độ dốc V_{in}/L . Trong đó, V_{in} là điện áp tức thời đặt vào bộ PFC và L là giá trị điện cảm. Khi khóa tắt, dòng điện sẽ giảm tuyến tính đến 0 với độ dốc $(V_{out} - V_{in})/L$. Khi dòng điện giảm đến 0, cực D của MOSFET hở mạch và bắt đầu giảm xuống. Nếu chu kì đóng cắt tiếp theo không được bắt đầu, điện áp trên cực D bắt đầu dao động tự do.

Dòng điện đi qua cuộn cảm có dạng hình tam giác. Bộ điều khiển PFC có tác dụng điều chỉnh biên độ của dòng điện trên cuộn cảm sao cho trị trung bình của dòng có dạng hình bán sin để hệ số công suất có thể đạt đến 1. Trong thực tế, tần số đóng cắt sẽ rất lớn hơn tần số AC của điện nguồn. Các bộ lọc AC kết hợp với bộ lọc EMI sẽ lọc dòng điện. Do đó, trong 1 chu kì đóng cắt có thể xem giá trị đại diện cho dòng điện hình tam giác là 1 giá trị trung bình cho bởi $I_{coil} = I_{coil_peak}/2$.

I_{coil_peak} là giá trị đỉnh của dòng trên cuộn dây, được điều chỉnh tuyến tính với điện áp tức thời ngõ vào (V_{in}) bằng tỷ số k . Vì vậy có thể tính

$$I_{coil} = \sqrt{2}kV_{ac} \sin(\omega t)/2 \quad (1)$$

Trong phương pháp điều khiển bộ PFC, thời gian khóa công suất ở trạng thái ON được giữ không đổi. Thời gian ON và OFF của khóa công suất có thể tính như sau:

$$t_{on} = 2 * L * \frac{P_{in}}{V_{ac}^2} \quad (2)$$

$$t_{off} = 2\sqrt{2}L \frac{P_{in}}{V_{ac} * (V_{out} - \sqrt{2}V_{ac} \sin(\omega t))} \sin(\omega t) \quad (3)$$

Thiết kế mạch PFC tích cực

NCP1608 là một bộ điều khiển điều chỉnh hệ số công suất chế độ áp, được thiết kế để ứng dụng đối với các bộ biến đổi công suất tuân theo các quy định về sóng hài dòng điện như trình bày trong Hình 7. Được vận hành ở chế độ dòng tới hạn nhằm tối ưu hiệu suất trong các ứng dụng có công suất lên đến 350W. Chế độ điều áp giúp hệ số công suất gần như bằng 1 mà không cần mạng cảm biến điện thế lưới. Điện áp ngõ ra được điều khiển một cách chính xác bằng mạch khuếch đại được tích hợp có vi sai chính xác cao. Bộ điều khiển cũng được trang bị sẵn các tính năng bảo vệ an toàn giúp đơn giản hoá thiết kế.

NCP1608 được sản xuất bởi ON Semiconductor, hoạt động ở chế độ tới hạn và sử dụng cho các bộ PFC có công suất dưới 350W với các tính năng tốt như:

- Hoạt động ở chế độ tới hạn, thời gian khóa công suất ở trạng thái ON sẽ không đổi, không cần hồi tiếp điện áp đầu vào và công suất không tải thấp.
- Thời gian ON có thể tính toán và cài đặt một cách chính xác bằng cách sử dụng 1 tụ điện bên ngoài.
- Điện áp tham chiếu ít trôi theo nhiệt độ và chế độ hoạt động; Điện áp tham chiếu là $2,5V \pm 1,6\%$ trong suốt dải công suất hoạt động và nhiệt độ làm việc.
- Bao gồm các chức năng bảo vệ: Quá áp, thấp áp, mất hồi tiếp, quá dòng giúp ổn định điện áp đầu ra trên tải.

Quy trình thiết kế mạch điều khiển PFC tích cực

Dưới đây là quy trình thiết kế bộ biến đổi chế độ dòng tới hạn 400V, 250W sử dụng NCP1608

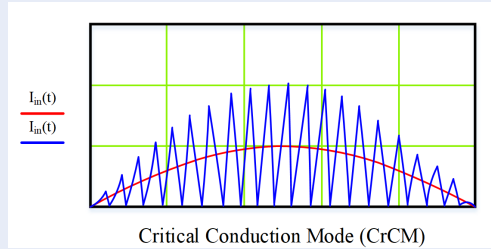
Bước 1. Xác định các thông số cần thiết

Các thông số cần thiết của bộ biến đổi được cho ở Bảng 1.

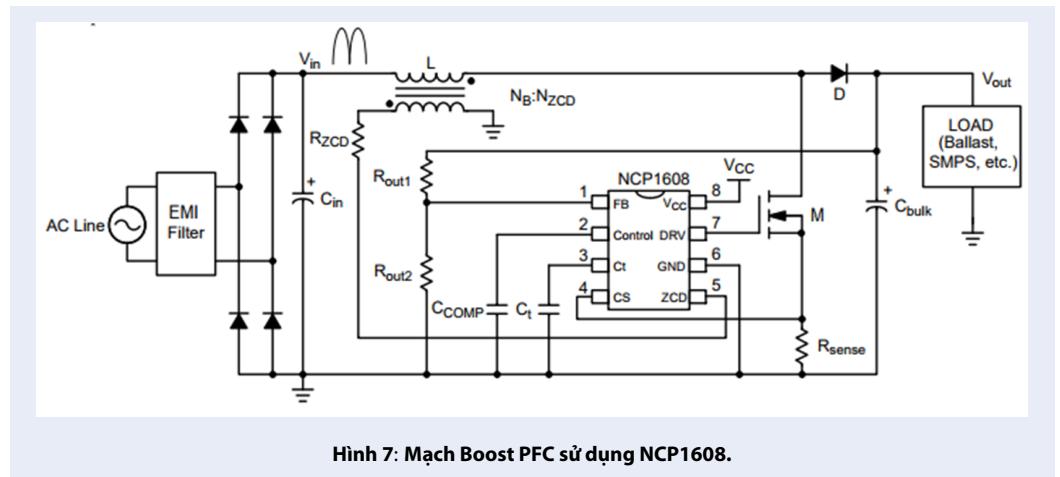
Bước 2. Tính toán thông số cuộn cảm

Độ tự cảm L được tính bằng (4):

$$L \leq \frac{V_{ac}^2 \left(\frac{V_{out}}{\sqrt{2}} - V_{ac} \right) \eta}{\sqrt{2} V_{out} P_{out} f_{sw}(\min)} \quad (4)$$



Hình 6: Nguyên lý đóng cắt MOSFET trong chế độ tới hạn (CrM).



Hình 7: Mạch Boost PFC sử dụng NCP1608.

Bảng 1: Các thông số để thiết kế

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Điện áp ngõ vào tối thiểu	V_{acLL}	85	Vac
Điện áp ngõ vào tối đa	V_{acHL}	265	Vac
Tần số lưới tối thiểu	$f_{line(MIN)}$	47	Hz
Tần số lưới tối đa	$f_{line(MAX)}$	63	Hz
Điện áp ngõ ra	V_{out}	400	V
Dòng ngõ ra khi đầy tải	I_{out}	250	mA
Công suất ngõ ra khi đầy tải	P_{out}	250	W
Điện áp ra tối đa	$V_{out(MAX)}$	440	V
Tần số đóng cắt tối thiểu	$f_{SW(MIN)}$	40	kHz
Hiệu suất tối thiểu khi đầy tải	η	92	%
Hệ số công suất tối thiểu khi đầy tải	PF	0.9	—

Để đảm bảo tần số đóng cắt lớn hơn tần số tối thiểu, L được tính toán với cả điện áp lưới tối thiểu và tối đa:

$$L_{LL} \leq \frac{85^2 \left(\frac{400}{\sqrt{2}} - 85 \right) 0.92}{\sqrt{2} \cdot 400 \cdot 250 \cdot 40 \cdot 10^3} = 232 \mu H \quad (5)$$

Trong đó, L_{LL} là độ tự cảm tại V_{acLL} .

$$L_{LL} \leq \frac{265^2 \left(\frac{400}{\sqrt{2}} - 265 \right) 0.92}{\sqrt{2} \cdot 400 \cdot 250 \cdot 40 \cdot 10^3} = 204 \mu H \quad (6)$$

Trong đó, L_{HL} là độ tự cảm tại V_{acHL} .

Ta chọn $150 \mu H$. Sai số của cuộn cảm là $\pm 15\%$. Độ tự cảm cực đại (L_{MAX}) là $172 \mu H$. Công thức (7) được sử dụng để tính toán tần số đóng cắt tối thiểu khi đầy tải.

$$f_{sw} = \frac{V_{ac}^2 \eta}{2 \cdot L_{max} \cdot P_{out}} \left(1 - \frac{\sqrt{2} V_{ac}}{V_{out}} \right) \quad (7)$$

$$f_{sw(LL)} = \frac{85^2 \cdot 0.92}{2 \cdot 172 \cdot 10^{-6} \cdot 250} \left(1 - \frac{\sqrt{2} \cdot 85}{400} \right) = 54.1 kHz$$

$$f_{sw(HL)} = \frac{265^2 \cdot 0.92}{2 \cdot 172 \cdot 10^{-6} \cdot 250} \left(1 - \frac{\sqrt{2} \cdot 265}{400} \right) \quad (9)$$

$$= 47.4 kHz$$

f_{sw} bằng 5 4.1 kHz tại V_{acLL} và bằng 4 7.4 kHz tại V_{acHL} .

Bước 3. Lựa chọn điện dung tụ C_t

Tụ C_t được lựa chọn sao cho thời gian bật là tối đa với điện áp lưới vào tối thiểu và công suất ra là tối đa. Thời gian bật tối đa được tính toán như sau :

$$t_{on(MAX)} = \frac{2 \cdot L_{max} \cdot P_{out}}{\eta \cdot V_{ac(LL)}^2} = \frac{2 \cdot 172 \cdot 10^{-6} \cdot 250}{0.92 \cdot 85^2} \quad (10)$$

$$= 12.9 \mu F$$

Chọn điện dung C_t quá lớn sẽ dẫn đến việc phát công suất ở ngõ ra dư và giảm tầm điều khiển tại V_{acHL} hoặc công suất đầu ra thấp. Điện dung C_t được khuyến lựa chọn lớn hơn một ít so với giá trị tính toán được ở (Equation (11)).

$$C_t \geq \frac{2 \cdot P_{out} \cdot L_{max} \cdot I_{charge}}{\eta V_{ac(LL)}^2 V_{Ct(max)}} \quad (11)$$

Trong đó I_{charge} và $V_{Ct(MAX)}$ được cho trong datasheet của NCP1608. Để đảm bảo bộ điều khiển đặt thời gian bật tối đa đủ để chuyển tải công suất đầu ra yêu cầu, giá trị I_{charge} cực đại và $V_{Ct(MAX)}$ được sử dụng để tính C_t . Từ datasheet của NCP1608, ta có:

$$V_{Ct(MAX)} = 4.775V \quad (12)$$

$$I_{charge} = 297 \mu A \quad (13)$$

Cần độ dự trữ 1nF ($\pm 10\%$), ta lựa chọn giá trị 1.22nF để giảm độ méo dạng sóng hài toàn phần (THD).

$$C_t \geq \frac{2 \cdot 250 \cdot 172 \cdot 10^{-6} \cdot 297 \cdot 10^{-6}}{0.92 \cdot 85^2 \cdot 4.775} = 804 pF \quad (14)$$

Bước 4. Xác định tỉ số vòng dây ZCD

Để kích hoạt chân ZCD, tỉ số vòng dây ZCD được xác định sao cho điện áp tại chân ZCD trong mọi điều kiện vận hành phải đạt tối thiểu giá trị của $V_{ZCD(ARM)}$. Tỉ số dây quấn boost và ZCD ($N = NB:NZCD$) được tính theo công thức.

$$N \leq \frac{V_{out} - \sqrt{2} \cdot V_{ac(LL)}}{V_{ZCD(ARM)}} \quad (15)$$

$$N \leq \frac{400 - \sqrt{2} \cdot 265}{1.55} = 16 \quad (16)$$

Tỉ số dây quấn là 10 được lựa chọn cho thiết kế này. R_{ZCD} được nối giữa dây quấn ZCD và chân ZCD để giảm bớt dòng điện tại chân ZCD. Dòng điện này phải dưới 10mA. R_{ZCD} được tính theo công thức:

$$R_{ZCD} \geq \frac{\sqrt{2} V_{ac(HL)}}{I_{ZCD(max)} N} \quad (17)$$

$$R_{ZCD} \geq \frac{\sqrt{2} \cdot 265}{10 \cdot 10^{-2} \cdot 10} = 3.76 k\Omega \quad (18)$$

Giá trị của R_{ZCD} và điện dung ký sinh của chân ZCD được xác định khi tín hiệu dây quấn ZCD được phát hiện và mạch lái được bật. Giá trị R_{ZCD} lớn sẽ tạo nên delay dài trước khi phát hiện dòng cuộn dây giảm về 0. Trong trường hợp này, bộ điều khiển vận hành ở chế độ DCM và hệ số công suất giảm sút. Nếu R_{ZCD} quá nhỏ, mạch lái bật khi V_D cao dẫn đến hiệu suất suy giảm. Khi lựa chọn R_{ZCD} , thường chọn sao cho giá trị sao cho khi bật thì điện áp VD là nhỏ nhất.

Bước 5. Đặt mức điện áp FB, bảo vệ quá áp (OVP) và bảo vệ dưới điện áp (UVP)

R_{out1} và R_{out2} tạo thành một mạch chia áp làm giảm V_{out} xuống trước khi đặt lên chân FB. Bộ khuếch đại vi sai điều chỉnh thời gian bật của mạch lái để đảm bảo điện áp trên chân FB bằng với điện áp tham chiếu vi sai (V_{REF}). Lựa chọn dòng phân cực mạng chia áp ngõ ra là bước đầu tiên trong quá trình tính toán. Dòng này được lựa chọn để tối ưu giữa khả năng chống nhiễu và tổn hao công suất.

$$R_{out1} = \frac{V_{out}}{I_{bias(out)}} \quad (19)$$

Chọn dòng phân cực $100 \mu A$ là cân bằng giữa việc đánh đổi tổn hao công suất và khả năng chống nhiễu.

$$R_{out1} = \frac{400}{100 \mu} = 4 M\Omega \quad (20)$$

R_{out2} phụ thuộc vào V_{out} , R_{out1} và điện trở hồi tiếp bên trong. R_{out2} được tính theo công thức

$$R_{out2} = \frac{R_{out1} \cdot R_{FB}}{R_{FB} \cdot \left(\frac{V_{out}}{V_{REF}} - 1\right) - R_{out1}} \quad (21)$$

$$R_{out2} = \frac{4M \cdot 4.6M}{4.6M \cdot \left(\frac{400}{2.5} - 1\right) - 4M} = 25.3k\Omega \quad (22)$$

Trong thiết kế này, R_{out2} được chọn là 25,5 kΩ. Với giá trị đã chọn, điện áp đầu ra được tính theo công thức là:

$$V_{out} = V_{REF} \cdot \left(R_{out1} \cdot \frac{R_{out2} + R_{FB}}{R_{out2} \cdot R_{FB}} + 1\right) \quad (23)$$

$$V_{out} = 2.5 \cdot \left(4M \cdot \frac{25.5k + 4.6M}{25.5k \cdot 4.6M} + 1\right) = 397V \quad (24)$$

Bảng thông hợp của PFC gây ra vọt lố khi tải quá độ hoặc khi khởi động. NCP1608 hỗ trợ bảo vệ quá điện áp để ngăn ngừa điện áp đầu ra vượt quá ngưỡng an toàn. Mạch bảo vệ quá áp so sánh VFB với ngưỡng quá áp để quyết định đó có phải là sự cố quá điện áp hay không. Ngưỡng quá áp được xác định theo công thức sau:

$$V_{out(OPV)} = \frac{V_{OPV}}{V_{REF}} \cdot V_{REF} \cdot \left(R_{out1} \cdot \frac{R_{out2} + R_{FB}}{R_{out2} \cdot R_{FB}} + 1\right) \quad (25)$$

$$V_{out(OPV)} = 1.06 \cdot 2.5 \cdot \left(4M \cdot \frac{25.5K + 4.6M}{25.5K \cdot 4.6M} + 1\right) = 421V \quad (26)$$

Giá trị tụ đầu ra (C_{bulk}) được chọn sao cho đủ lớn để gợn áp đầu ra đỉnh-đỉnh ($V_{ripple(peak-peak)}$) nhỏ hơn ngưỡng bảo vệ quá áp. C_{bulk} được tính như sau:

$$C_{bulk} \geq \frac{P_{out}}{2 \cdot \pi \cdot V_{ripple(peak-peak)} \cdot f_{line} \cdot V_{out}} \quad (27)$$

Trong đó $f_{line} = 47$ Hz là thấp nhất và $V_{ripple(peak-peak)} < 42$ V.

$$C_{bulk} \geq \frac{100}{2 \cdot \pi \cdot 42 \cdot 47 \cdot 400} = 20\mu F \quad (28)$$

Giá trị của C_{bulk} được chọn là 68μF để giảm Vripple(peak-pe ak) xuống dưới 15 V. Điều này dẫn đến áp đỉnh đầu ra là 406,25 V, thấp hơn ngưỡng bảo vệ quá dòng (421 V). NCP1608 cũng tích hợp chức năng bảo vệ thấp áp. Trong lúc khởi động, C_{bulk} nạp đến trị đỉnh của điện áp lưới. Nếu C_{bulk} không nạp đến một trị điện áp tối thiểu nhất định, NCP1608 sẽ nhận biết đó là một sự cố thấp áp.

$$V_{out(UVP)} = V_{UVP} \cdot \left(R_{out1} \cdot \frac{R_{out2} + R_{FB}}{R_{out2} \cdot R_{FB}} + 1\right) \quad (29)$$

$$V_{out(UVP)} = 0.31 \cdot \left(4M \cdot \frac{25.5K + 4.6M}{25.5K \cdot 4.6M} + 1\right) = 49V \quad (30)$$

Chức năng bảo vệ thấp áp bảo vệ mạch trong điều kiện vòng hồi tiếp bị hở. Nếu chân FB vô tình bị trôi sự ghép nối trong hệ thống có thể làm cho VFB hoạt động (tức $V_{UVP} < V_{FB} < V_{REF}$). Bộ điều khiển sẽ điều khiển để tối đa công suất. Điện áp ra sẽ tăng lên và làm quá tải các linh kiện. NCP1608 được tích hợp chức năng bảo vệ hệ thống khi chân FB bị trôi. Điện trở kéo lên (R FB) đảm bảo cho VFB dưới ngưỡng bảo vệ thấp áp khi chân FB bị trôi.

Bước 6. Lựa chọn các linh kiện công suất

Các linh kiện công suất được lựa chọn phải có đủ độ dư trữ để chịu được áp và dòng đặt lên chúng. Với điện áp vào tối thiểu và công suất ra tối đa thì dòng qua cuộn cảm là tối đa, dẫn đến các linh kiện công suất phải hoạt động ở cường độ cao nhất.

- Dòng đỉnh qua cuộn cảm ($I_{L(peak)}$) được tính theo công thức:

$$I_{L(peak)} = \frac{\sqrt{2} \cdot 2 \cdot P_{out}}{\eta \cdot V_{ac}} = \frac{\sqrt{2} \cdot 2 \cdot 250}{0,92.85} = 9.043A \quad (31)$$

Dòng hiệu dụng qua cuộn cảm ($I_{L(RMS)}$) được tính theo công thức:

$$I_{L(RMS)} = \frac{2 \cdot P_{out}}{\sqrt{3} \cdot V_{ac} \cdot \eta} = \frac{2 \cdot 250}{\sqrt{3} \cdot 0,92.85} = 3.69A \quad (32)$$

$$I_{L(RMS)} = \frac{2 \cdot P_{out}}{\sqrt{3} \cdot V_{ac} \cdot \eta} \quad (33)$$

$$I_{L(HMS)} = \frac{2 \cdot 100}{\sqrt{3} \cdot 85 \cdot 0.92} = 1.48A \quad (34)$$

Trị hiệu dụng dòng điện qua diode ngõ ra ($I_{D(RMS)}$) được tính theo công thức:

$$I_{D(RMS)} = \frac{4}{3} \sqrt{\frac{2\sqrt{2}}{\pi}} \cdot \frac{P_{out}}{\eta \sqrt{V_{ac}} \cdot V_{out}} \quad (35)$$

$$I_{D(RMS)} = \frac{4}{3} \sqrt{\frac{2\sqrt{2}}{\pi}} \cdot \frac{250}{0,92\sqrt{85} \cdot 400} = 1.86A \quad (36)$$

Điện áp cực đại của đặt lên diode (D) bằng V_{OVP} (421V) cộng thêm độ vọt gây ra bởi sự ký sinh. Đối với mạch này, ta có điện áp cực đại là 450V. Một diode 600V có thừa số giảm định mức 25%.

Dòng điện hiệu dụng qua MOSFET (M) ($I_{M(RMS)}$) được tính theo công thức:

$$I_{M(RMS)} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{P_{aut}}{\eta V_{ac}} \cdot \sqrt{1 - \frac{\sqrt{2} \cdot 8 \cdot V_{ac}}{3\pi \cdot V_{out}}} \quad (37)$$

$$I_{M(RMS)} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{250}{0,92.85} \cdot \sqrt{1 - \frac{\sqrt{2.8.85}}{3.\pi.400}} \quad (38)$$

$$= 3.187A$$

Điện áp cực đại đặt lên MOSFET bằng với V_{OVP} (421 V) cộng thêm độ sụt gây ra bởi sự ký sinh. Đối với mạch này, ta có điện áp cực đại là 450 V.

Thông số diode và MOSFET sử dụng trong thiết kế được trình bày trong phần thực nghiệm.

KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

Sau khi thực hiện các thiết kế như trình bày ở mục 4, các linh kiện thiết kế bộ nguồn được cho trong **Bảng 2**. Mô hình thực nghiệm của bộ nguồn trình bày trong hình 8 và được đặt bên trong đèn LED 250W được trình bày trong **Hình 9**.

Hình 10 trình bày dạng sóng điện áp và dòng điện nguồn AC, kết quả cho thấy dòng điện gần như dạng sin và cùng pha với điện áp. Và **Hình 11** trình bày hệ số công suất của nguồn AC theo giá trị điện áp thay đổi, kết quả cho thấy hệ số công suất cao hơn 0,99.

Bảng 3 trình bày các kết quả thực nghiệm với các điện áp nguồn vào AC khác nhau. Các thông số như là dòng điện ngõ vào, hệ số công suất, điện áp DC ngõ ra cấp cho LED, công suất cấp cho LED, hiệu suất, THD đều được thể hiện trên bảng này. Các kết quả thực nghiệm cho thấy rằng, LED Driver có thể làm việc với dải điện áp từ 140V-260V với hiệu suất hầu như không đổi đạt trên 92,6%, hệ số công suất đạt 0,985-0,998 và dòng điện ngõ ra hầu như không đổi khi độ sáng được giữ là định mức. Khi độ sáng thay đổi từ 20%-110% hiệu suất thấp nhất là 82% và cao nhất là 93,6% với hệ số công suất 0,835-0,985. Hệ số công suất đạt 0,95-0,985 khi tải trên 50%. Khả năng ổn định dòng điện trong cả dải điện áp đạt 2,1% (<3% theo yêu cầu). THD cao nhất 10,6%. Nếu trong điều kiện định mức thì THD là 9,1%.

KẾT LUẬN

Bài báo này đã trình bày cách thiết kế mạch tăng áp có PFC trong việc chế tạo nguồn cho LED có công suất 250W với mục đích giảm sóng hài và nâng cao hệ số công suất. Mạch tăng áp có PFC được thiết kế dựa trên IC NCP 1608 với khả năng hoạt động ở chế độ biên. Các kết quả thực nghiệm đã chứng minh tính đúng đắn của việc thiết kế. Khi nguồn LED hoạt động ở chế độ định mức với công suất 250W và điện áp ngõ vào là 220V thì hệ số công suất đạt được là 0,994, tổng độ méo dạng sóng hài là 9,1 % và hiệu suất của bộ nguồn LED là 93,2%.

TUYÊN BỐ XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Các tác giả tuyên bố không có xung đột lợi ích.

ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ

Ngô Thanh Tùng đưa ra ý tưởng và thực hiện phần giới thiệu, tổng quan các cấu hình LED Driver. Nguyễn Minh Huy và Ngô Hoài Phong tiến hành làm thực nghiệm và đo đạc các kết quả thực nghiệm. Lê Minh Phương và Nguyễn Đình Tuyên thực hiện viết bài và chỉnh sửa nội dung bài báo.

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

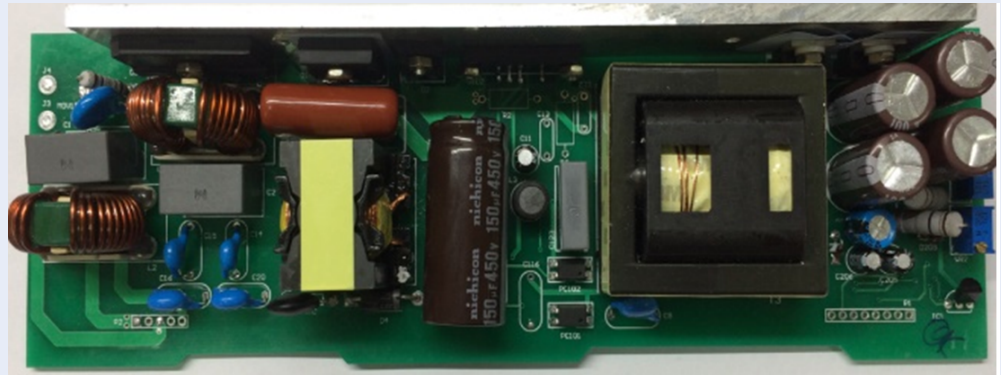
- LED: Light-Emitting Diode (Điốt phát quang)
 DC: Direct current (Dòng điện DC)
 AC: Alternating Current (Dòng điện xoay chiều)
 MOSFET: Metal-Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor (Transistor hiệu ứng trường Oxit Kim loại - Bán dẫn)
 PFC: Power Factor Correction (Hiệu chỉnh hệ số công suất)
 THD: Total Harmonic Distortion (Tổng độ méo dạng sóng hài)
 CCM: Continous current mode (Chế độ làm việc dòng liên tục)
 CrM: Critical Mode (Chế độ tới hạn)
 ZCD: Zero Crossing Detection (Phát hiện điểm cắt không)
 OVP: Over Voltage Protection (Bảo vệ quá áp)
 UVP: Under Voltage Protection (Bảo vệ thấp áp)
 PWM: Pulse Width Modulation (Điều chế độ rộng xung)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Branas C, Azcondo FJ, Alonso JM. Solid-state lighting: a system review. IEEE Ind Electron Mag. 2013;7(4):6-14.
2. Wang Y, Alonso JM, Ruan X. A review of LED drivers and related technologies. IEEE Trans Ind Electron. 2017;64(7):5754-5765.
3. Wang Y, Guan Y, Ren K, Wang W, Xu D. A Single-Stage LED Driver Based on BCM Boost Circuit and $\$LLC\$$ Converter for Street Lighting System. IEEE Trans Ind Electron. 2015;62(9):5446-5457.
4. Wang Y, Deng X, Wang Y, Xu D. Single-Stage Bridgeless LED Driver Based on a CLCL Resonant Converter. IEEE Trans Ind Appl. 2018;54(2):1832-1841.
5. Luo Q, Ma K, He Q, Zou C, Zhou L. A Single-Stage High-Frequency Resonant AC/AC Converter. IEEE Trans Power Electron. 2017;32(3):2155-2166.
6. Noicharoen PCN, Phetphoi K. A high power LED driver with Class D ZVS series resonant converter. in Proc Conf Electrical, Control and Computer Engineering. 2011;p. 457-460.
7. Chen X, Huang D, Li Q, Lee FC. Multi-channel LED driver with CLL resonant converter. In Proc Energy Conver Congress and Expo. 2014;p. 3599-3606.
8. Qu X, Wong SC, Tse CK. An Improved LCLC Current Source Output Multi-String LED Driver with Capacitive Current Balance. IEEE Trans Power Electron;PP(99):xx-yy. xx,yy.
9. Feng W, Lee FC, Mattavelli P. Optimal trajectory control of LLC resonant converters for LED PWM dimming. IEEE Trans Power Electron. 2014;29(2):979-987.

Bảng 2: Các linh kiện thực hiện mạch bộ nguồn

Linh kiện	Tên gọi	Mô tả
IC lái	PFC LLC	NCP1608 (Onsemi) FLS2100XS (Onsemi)
Biến áp	ETD44	Lp: 400uH, Lr: 65uH
Tụ điện PFC	UPH2W151MHD(Nichicon)	150uF/450V
Tụ điện ngõ ra	EKZE101ELL271MK30S	270uF/100V
Diode cầu chỉnh lưu ngõ vào	TS15P05G	Bridge Rectifiers 15Amp 600Volt
Mosfet PFC	SPW20N60C3	CoolMOS Infineon 650V, 20.7A
Diode cầu chỉnh lưu ngõ ra	MBR20100CT	Schottky Diodes 20A 100V



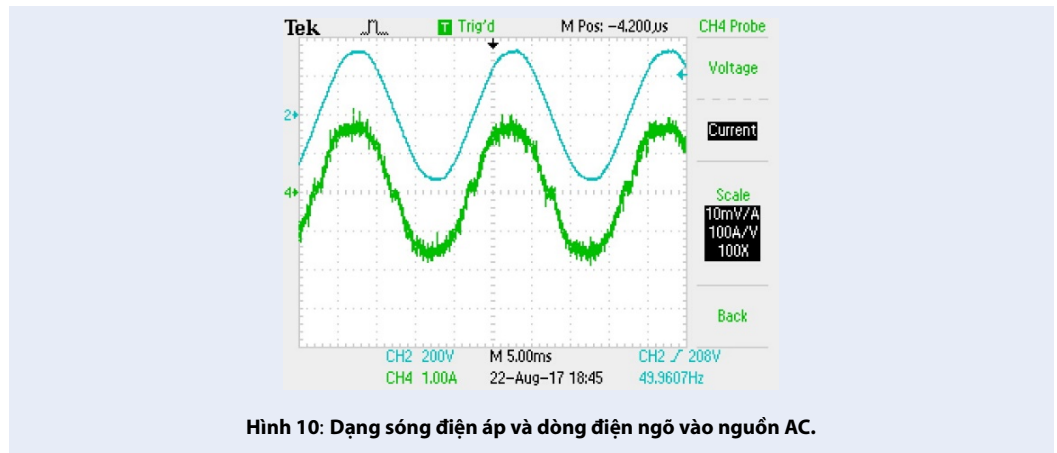
Hình 8: Mạch công suất của bộ nguồn LED công suất 250W.



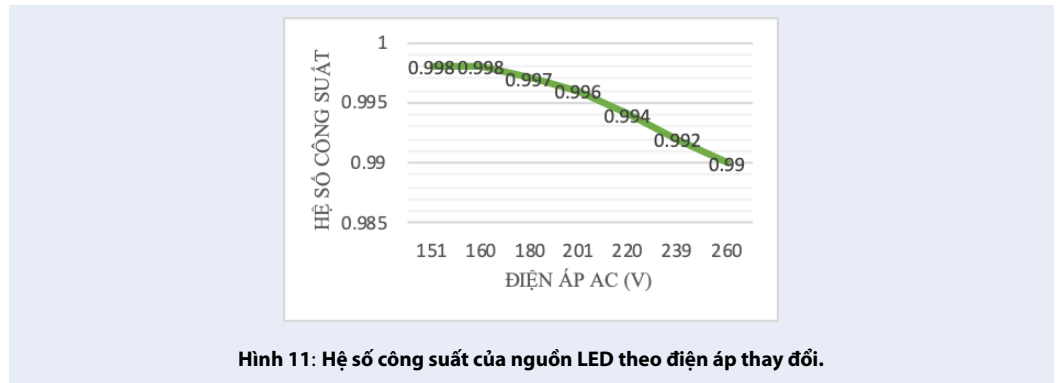
Hình 9: Bộ nguồn được đặt bên trong bộ đèn.

Bảng 3: Các thông số thực nghiệm của bộ nguồn LED khi điện áp nguồn thay đổi

V_{in} (V)	I_{in} (A)	Cos	P_{in} (W)	DC V_{out} (V)	DC I_{out} (A)	P_{out} (W)	Hiệu suất (%)	THD (%)
151	1,793	0,998	269,5	54,09	4,52	247,3	91,76	6
160	1,689	0,998	270,3	54,15	4,54	248,6	91,97	6,1
180	1,505	0,997	270,5	54,21	4,55	249,7	92,31	6,7
201	1,354	0,996	270,8	54,25	4,57	250	92,32	8
220	1,251	0,994	273,6	53,38	4,61	252	93,20	9,1
239	1,119	0,992	265,3	54,05	4,61	253	93,10	9,1
260	1,01	0,99	264,3	54,15	4,62	254	93,14	9,3



Hình 10: Dạng sóng điện áp và dòng điện ngõ vào nguồn AC.



Hình 11: Hệ số công suất của nguồn LED theo điện áp thay đổi.

- Luo Q, Ma K, He Q, Zou C, Zhou L. A Single-Stage High-Frequency Resonant AC/AC Converter. IEEE Trans Power Electron. 2017;32(3):2155–2166.
- Camponogara D, Ferreira GF, Campos A, Costa MA, Garcia J. Offline LED Driver for Street Lighting With an Optimized Cascade Structure. IEEE Trans Ind Appl. 2013;49(6):2437–2443.
- Wang Y, Guan Y, Huang J, Wang W, Xu D. A Single-Stage LED Driver Based on Interleaved Buck-Boost Circuit and LLC Resonant Converter. IEEE J Emerg Sel Top Power Electron. 2015;3(3):732–741.
- Wang Y, Huang J, Shi G, Wang W, Xu D. A Single-Stage Single-Switch LED Driver Based on the Integrated SEPIC Circuit and Class-E Converter. IEEE Trans Power Electron. 2016;31(8):5814–5824.
- Zawawi NA, Iqbal S, MKM. Implementation of a single-stage LED driver using resonant controller. In: 2016 6th International Conference on Intelligent and Advanced Systems (ICIAS), Kuala Lumpur, Malaysia; 2016. p. 1–6.

An Novel Approach to Improve the PF and Reduce THD for Two-stage LED Driver

Ngo Thanh Tung, Le Minh Phuong, Nguyen Minh Huy, Nguyen Hoai Phong, Nguyen Dinh Tuyen*

ABSTRACT

Nowadays, the incandescent, florescent, and high-pressure mercury lamps was replaced by the LED (Light-Emitting-diode)... due to the high efficiency, enviromentally friendly and long life-time. This paper presents an analysis and experimentation on 250W LED Driver with high power factor and improving the toral harmonic distortion. The presented topology in this paper is designed based on two-stage LED Driver which is included: the boost power factor correction circuit operating in discontinuous mode and an isolated DC/DC LLC resonant circuit with soft-switching characteristics. The function of the boost power factor correction stage is to ensure the high input power factor and to generate 400VDC from variable AC power supply: 140VAC to 260VAC. The target of the DC/DC stage is to control the DC current for supplying LED load. The guideline for design is in detail described. A LED Driver prototype was built in laboratory for supplying 250W/54V from single phase AC power supply 220V/50Hz. The experimental results are shown to verify the performance of the LED Driver comply with the EN 61000-3-2 standard.

Key words: LED Driver, Power Factor Correction, LED Lighting, THD

Ho Chi Minh City University of
Technology, VNU-HCM

Correspondence

Nguyen Dinh Tuyen, Ho Chi Minh City
University of Technology, VNU-HCM

Email: ndtuyen@hcmut.edu.vn

History

- Received: 12/02/2019
- Accepted: 06/5/2019
- Published: 30/5/2019

DOI :



Copyright

© VNU-HCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Cite this article : Tung N T, Phuong L M, Huy N M, Phong N H, Tuyen N D. **An Novel Approach to Improve the PF and Reduce THD for Two-stage LED Driver.** *Sci. Tech. Dev. J. – Engineering and Technology*; 2(1):33-45.