

TÓM TẮT NHỮNG ĐÓNG GÓP MỚI CỦA LUẬN ÁN

Họ & tên NCS : Đỗ Quốc Âm MSNCS: 13252010301
Thuộc chuyên ngành : Kỹ thuật cơ khí Khoá: 2013-2016
Tên luận án : Nghiên cứu, tính toán, chế tạo hệ thống đánh lửa hỗn hợp
điện dung – điện cảm sử dụng bo-bin đơn
Người hướng dẫn chính : PGS. TS Đỗ Văn Dũng
Người hướng dẫn phụ : TS Lâm Mai Long

Tóm tắt những đóng góp mới về lý luận và học thuật của luận án:

Trên các động cơ đốt trong cháy cưỡng bức, hệ thống đánh lửa có nhiệm vụ tạo ra tia lửa để đốt cháy hỗn hợp trong xy lanh vào cuối quá trình nén. Hệ thống đánh lửa có ba nhiệm vụ chính: tạo ra tia lửa đủ mạnh để đốt cháy hỗn hợp trong xy-lanh, thời điểm đánh lửa chính xác và phải có độ bền cao. Dựa vào cách tích lũy năng lượng, hệ thống đánh lửa trên ô tô được chia làm hai loại: hệ thống đánh lửa điện cảm, hệ thống đánh lửa điện dung, cả hai hệ thống trên đều sử dụng biến áp đánh lửa (bo-bin) nhằm tăng điện áp từ 6V hay 12V lên điện thế cao áp từ 7-40kV, tạo ra tia lửa giữa hai điện cực bu-gi đốt cháy hỗn hợp trong động cơ. Ở cuối giai đoạn tích lũy năng lượng trên cuộn sơ cấp của bo-bin xuất hiện sức điện động tự cảm. Điện áp tự cảm này ảnh hưởng xấu tới các thiết bị đóng ngắt, gây nhiễu và làm giảm điện áp thứ cấp trên bo-bin.

Để bảo vệ các thiết bị đóng ngắt, người ta thường dùng các biện pháp như: mắc tụ điện song song với tiếp điểm, dùng diode zener mắc song song với transistor, hoặc các biện pháp bảo vệ khác. Với các biện pháp này, thiết bị đóng ngắt dòng sơ cấp được bảo vệ, nhưng lại không tận dụng được phần năng lượng tự cảm sinh ra từ cuộn dây sơ cấp.

Nội dung đề tài tập trung vào việc nghiên cứu thiết kế chế tạo hệ thống đánh lửa lai hỗn hợp điện dung – điện cảm sử dụng trên động cơ 4 xy-lanh có khả năng tích lũy năng lượng tự cảm trên các bo-bin đánh lửa điện cảm, để sử dụng trong giai đoạn đánh lửa điện dung. Như vậy sẽ khắc phục được các nhược điểm đã nêu và tiết kiệm được năng lượng sử dụng cho hệ thống đánh lửa.

Tác giả đã khảo sát các hệ thống đánh lửa lai hỗn hợp điện dung -điện cảm đã được đề cập trên thế giới, các khảo sát cho thấy các nghiên cứu trên đều tập trung vào việc kéo dài

thời gian xuất hiện tia lửa trên bu-gi, hoặc thực hiện nhiều lần đánh lửa trong một xy-lanh động cơ.

Luận án đã trình bày các nghiên cứu tổng quan về các hệ thống đánh lửa sử dụng trên động cơ đốt trong, các đặc điểm của hệ thống đánh lửa điện dung, điện cảm, các thông số chủ yếu của hệ thống đánh lửa. Năng lượng cần thiết cho quá trình đánh lửa trên động cơ xăng, cùng với các yếu tố ảnh hưởng đến năng lượng đánh lửa.

Luận án đã xây dựng được phương trình biểu diễn quá trình tăng trưởng của dòng điện sơ cấp, sức điện động tự cảm ở giai đoạn đánh lửa điện cảm và giai đoạn đánh lửa điện dung trên hệ thống đánh lửa hy-brid. Luận án cũng đề cập được các bước trong quá trình chọn dung lượng tụ - thực hiện tích lũy năng lượng từ sức điện động tự cảm, nhằm phục vụ cho giai đoạn đánh lửa điện dung.

Luận văn đã nghiên cứu và chế tạo thành công hệ thống đánh lửa hỗn hợp điện dung - điện cảm trên động cơ bốn xy-lanh (TOYOTA 1NZ-FE) có khả năng tích lũy sức điện động tự cảm (từ quá trình đánh lửa điện cảm) trên tụ và sử dụng năng lượng này cho quá trình đánh lửa điện dung. Với kết cấu đơn giản và tận dụng được các đặc điểm sẵn có từ hệ thống điều khiển động cơ. Hệ thống đánh lửa hybrid như đã trình bày bảo đảm hoạt động ổn định của động cơ ở các chế độ hoạt động khác nhau và tiết kiệm được năng lượng cho một lần đánh lửa / một chu kỳ làm việc của động cơ. Các kết quả thực nghiệm hệ thống đánh lửa hỗn hợp trên động cơ 4 xy-lanh cho thấy năng lượng tích lũy trên 3 tụ điện ở giai đoạn đánh lửa điện cảm thỏa mãn năng lượng phục vụ cho giai đoạn đánh lửa điện dung. Các chỉ tiêu về công suất có ích N_e và momen có ích M_e , khi thực nghiệm đối sánh trên động cơ TOYOTA 1NZ-FE sử dụng hệ thống đánh lửa theo thiết kế ban đầu và khi sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid có sai lệch không đáng kể. Các chỉ tiêu về khí thải trên thực nghiệm phù hợp với các qui định về khí thải Việt Nam

Tp. Hồ Chí Minh, ngày 11 tháng 05 năm 2020

Nghiên cứu sinh

Người hướng dẫn chính

Người hướng dẫn phụ

PGS. TS. Đỗ Văn Dũng

TS Lâm Mai Long

energy for one fourth of the ignition process. The reward is not only protection, but also utilization; making this kind of ignition system more efficiency.

Research has been conducted in this field and the result shows that the majority focus on strengthening the spark duration or multiple time ignition in one cylinder.

The thesis discusses about the general principle of the basic ignition system using in the internal combustion engine today; including the specific detail of each ignition system and the characteristic parameter of the ignition system. The required energy for ignition process and its parameter also investigated.

The thesis has built-up equations of the primary current and self-induced emf in the discharge stage of the inductive-discharge ignition system and both stages of capacitor-discharge ignition system. The process of calculating the accumulated energy; including the charge time of capacitor, effect of losses on the accumulated energy and the preferable capacitance; is also thoroughly demonstrated.

The thesis has successfully designed and installed the hybrid ignition system on the Toyota 1 NZ-FE, which is the four-cylinder engine. In the first phase, the TCI phase, the self-induced energy; which is a unavoidable occurrence in the ignition system; will be stored in capacitors. This energy will be controlled via SCR and diodes by the ignition control unit and released in the next phase of ignition, the CDI phase. The results show that the power (N_e), torque (M_e), brakespecific fuel consumption (g_e) and engine fuel consumption (G_{nl}) are insignificantly different between the original engine and the enhanced engine. The emissions of hybrid ignition system are also met the Vietnam Emission Standard.

Supervisor
(Sign and name)

HCMC, 11/05/2020

PhD candidate
(Sign and name)

Đỗ Quốc Âm

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**

ĐỖ QUỐC ÁM

**NGHIÊN CỨU, TÍNH TOÁN, CHẾ TẠO HỆ THỐNG ĐÁNH LỬA HỖN HỢP ĐIỆN
DUNG- ĐIỆN CẢM SỬ DỤNG BO-BIN ĐƠN**

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ

NGHÀNH: KỸ THUẬT CƠ KHÍ

MÃ SỐ: - 62520103

Tp Hồ Chí Minh, tháng 5/ năm 2020

CÔNG TRÌNH ĐƯỢC HOÀN THÀNH TẠI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

Người hướng dẫn khoa học I: PGS. TS Đỗ Văn Dũng

Người hướng dẫn khoa học II: TS Lâm Mai Long

Luận án tiến sĩ được bảo vệ trước
HỘI ĐỒNG CHẤM LUẬN ÁN TIẾN SĨ
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT,

Ngày tháng năm

Chương 1

TỔNG QUAN

1.1 Lý do chọn đề tài nghiên cứu

Trên động cơ xăng, hỗn hợp được hình thành bên ngoài động cơ và được đốt cháy bằng tia lửa điện của bu-gi. Hệ thống đánh lửa có nhiệm vụ biến dòng điện có điện áp thấp trên ô tô thành các xung điện thế cao được phân bố đến các bu-gi trên các xy-lanh theo đúng thứ tự làm việc và đúng thời điểm để đốt cháy hòa khí trong lòng xy-lanh. Do đó, hệ thống đánh lửa có ý nghĩa hết sức quan trọng trong việc nâng cao hiệu suất làm việc, giảm tiêu hao nhiên liệu và ô nhiễm môi trường trên động cơ xăng.

Hệ thống đánh lửa trên ô tô được chia làm hai loại: hệ thống đánh lửa điện cảm (TI- Transistorized ignition system) và hệ thống đánh lửa điện dung (CDI - Capacitor discharged ignition system). Tuy có sự khác biệt về cách thức tích lũy năng lượng cả hai hệ thống đánh lửa trên đều giống nhau về cách tạo ra điện thế cao áp. Để tạo ra xung điện cao áp, cả hai hệ thống trên đều sử dụng biến áp đánh lửa (bo-bin). Kết cấu của biến áp đánh lửa gồm hai phần chính: cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp. Khi làm việc, trên cuộn sơ cấp của bo-bin xuất hiện sức điện động tự cảm từ 100-300V, đây là nguyên nhân chính gây hư hỏng các thiết bị đóng ngắt dòng sơ cấp (vít lửa hay transistor công suất) làm tiếp điểm bị cháy, rỗ hay làm hỏng transistor công suất lẫn các linh kiện điện tử khác và làm kéo dài thời gian triệt tiêu dòng điện qua cuộn sơ cấp của bo-bin, làm giảm giá trị cực đại của điện áp thứ cấp. Ngoài ra, sự phóng điện này cũng gây nhiễu làm ảnh hưởng tiêu cực đến các thiết bị điện và điện tử khác trên ô tô. Để bảo vệ các thiết bị đóng ngắt, người ta thường dùng các biện pháp như: mắc tụ điện song song với tiếp điểm, dùng diode zener mắc song song với transistor, hoặc các biện pháp bảo vệ khác. Với các biện pháp này, thiết bị đóng ngắt dòng sơ cấp được bảo vệ, nhưng lại không tận dụng được phần năng lượng tự cảm sinh ra từ cuộn dây sơ cấp.

Luận án “**Nghiên cứu, tính toán, chế tạo hệ thống đánh lửa hỗn hợp điện dung – điện cảm sử dụng bo-bin đơn**”, với mục tiêu sử dụng phần năng lượng “thừa”, từ sức điện động tự cảm tích lũy vào vào tụ điện và sử dụng phần năng lượng này cho các lần đánh lửa tiếp theo. Như vậy, ta vừa đạt được mục tiêu tiết kiệm năng lượng đánh lửa, vừa bảo vệ được cho thiết bị đóng ngắt dòng sơ cấp khỏi các tác hại của sức điện động tự cảm, nâng cao được chất lượng đánh lửa trên hệ thống và chống nhiễu cho các thiết bị điện khác trên ô tô.

1.2. Các kết quả trong và ngoài nước về lĩnh vực nghiên cứu đã công bố

1.2.1 Các kết quả ngoài nước:

- ❖ “*Thiết bị đánh lửa cho động cơ đốt trong*” của tác giả Charles F Kettering, Patent US1037491.
- ❖ “*Thiết bị đánh lửa cho động cơ xăng*” của Nikola Tesla, Patent US609250.
- ❖ “*Hệ thống đánh lửa nạp xả với chu kỳ điện dung điện cảm*” của tác giả Martin E. Gerry, Patent US4288723.

- ❖ “*Hệ thống đánh lửa hỗn hợp trên động cơ đốt trong*” của Michael J French và Matthew Joseph Edwards, Patent US5806504.
- ❖ “*Hệ thống đánh lửa điện dung với khả năng kéo dài thời gian xuất hiện tia lửa*” của tác giả Joseph M. Lepley, Patent US 6701904B2.
- ❖ Bài báo “*Hệ thống đánh lửa lai có thể thay đổi thời gian xuất hiện tia lửa*” tác giả Audris Šimakauskas.
- ❖ “*Hệ thống đánh lửa nạp xả điện dung điện cảm điều biên*” của tác giả Martin E. Gerry, Patent US4291661.
- ❖ “*Hệ thống đánh lửa hybrid với bo-bin cải tiến*” của tác giả Michael A. V. Ward, Patent US5947093.

Nhận xét: Hai công trình “Thiết bị đánh lửa cho động cơ đốt trong” của tác giả Charles F Kettering và “Thiết bị đánh lửa cho động cơ xăng” của Nikola Tesla thể hiện hai hệ thống đánh lửa cơ bản trên động cơ. Các công trình “Hệ thống đánh lửa nạp xả với chu kỳ điện dung điện cảm” và “Hệ thống đánh lửa nạp xả điện dung điện cảm điều biên” của tác giả Martin E. Gerry đều nhằm mục đích tận dụng sức điện động tự cảm sinh ra trong một lần đánh lửa hoặc nạp vào tụ và phóng nhiều lần liên tục qua cuộn sơ cấp trong chính lần đánh lửa đó, giúp tăng năng lượng đánh lửa. Công trình “Hệ thống đánh lửa hỗn hợp trên động cơ đốt trong” của tác giả Michael J French và Matthew Joseph Edwards sử dụng nguồn accu hoặc điện áp từ các nguồn khác trên xe nạp vào tụ và điều khiển phóng qua cuộn sơ cấp giúp kéo dài thời gian xuất hiện tia lửa trên bu-gi. Công trình “Hệ thống đánh lửa hybrid với bo-bin cải tiến” của tác giả Michael A. V. Ward tập trung vào việc cải tiến hệ thống CDI. Các biện pháp trên nhằm mục đích nâng cao năng lượng đánh lửa và kéo dài thời gian xuất hiện tia lửa trên bu-gi bằng cách sử dụng kết hợp cả năng lượng điện dung và điện cảm.

1.2.2 Tình hình nghiên cứu trong nước:

- ❖ Bài báo “*Nghiên cứu chuyển đổi hệ thống đánh lửa bán dẫn sang hệ thống đánh lửa trực tiếp*”, nhóm tác giả Lâm Bá Nha, Nguyễn Khắc Bằng và Ngô Thanh Hà.
- ❖ Đề tài: Nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm các hệ thống đánh lửa đang sử dụng phổ biến trên ô tô ở Việt Nam và khả năng lặp lần, tác giả Nguyễn Văn Thành và các cộng sự.
- ❖ “*Thiết kế mạch điều khiển góc đánh lửa sớm cho động cơ M161, Mercedes-Benz 140*”, TS Lê Văn Tụy, Nguyễn Việt Thuận.
- ❖ “*Bán dẫn hóa hệ thống đánh lửa trên xe thiết giáp BTR-60BP*”; Nguyễn Duy Tấn.
- ❖ “*Nghiên cứu chế tạo mạch đánh lửa trên động cơ ô tô theo chương trình*”, Đỗ Quốc Âm và các cộng sự.
- ❖ “*Nghiên cứu tương thích hóa đặc tuyến làm việc của IC đánh lửa theo chương trình*”, PGS.TS Đỗ Văn Dũng, Lâm Phương An.

Nhận xét: Các công trình nghiên cứu trong nước tập trung vào việc tối ưu hóa thời điểm đánh lửa, thay đổi các chi tiết, điện tử hóa, hay lập trình điều khiển hệ thống đánh

lửa trên động cơ. Các nghiên cứu về hệ thống đánh lửa hỗn hợp điện cảm - điện dung tại Việt Nam hiện chưa được tiến hành.

Từ các khảo sát các thông tin trong và ngoài nước, người thực hiện luận án nhận thấy các nghiên cứu về hệ thống đánh lửa hỗn hợp điện cảm - điện dung, theo hướng tích lũy năng lượng tự cảm (từ giai đoạn đánh lửa điện cảm) và sử dụng cho giai đoạn đánh lửa điện dung hiện chưa được tiến hành.

1.3. Mục đích nghiên cứu và mong muốn đạt được

1.3.1 Mục tiêu chính của đề tài

Nghiên cứu sử dụng năng lượng tạo ra từ sức điện động tự cảm của cuộn dây sơ cấp trên bo-bin nhằm tiết kiệm năng lượng sử dụng trên hệ thống đánh lửa trên ô tô. Qua đó, góp phần giảm lượng tiêu hao nhiên liệu, giảm ô nhiễm môi trường và các tác hại xấu đến các thiết bị điện khác trên ô tô.

1.3.2 Mong muốn đạt được

- Nghiên cứu, tính toán, thiết kế, chế tạo mạch đánh lửa hỗn hợp điện dung và điện cảm sử dụng bo-bin đơn có khả năng tận dụng được năng lượng tự cảm trên cuộn dây sơ cấp của bo-bin cụ thể như sau:
- Xây dựng mô hình nguyên lý của hệ thống đánh lửa hỗn hợp điện dung - điện cảm sử dụng bo-bin đơn (sử dụng một biến áp đánh lửa cho một bugi) có khả năng tích lũy được năng lượng tự cảm nhằm phục vụ cho quá trình đánh lửa điện dung
- Lập mô hình toán học mô tả được các quá trình xảy ra (cường độ dòng điện và sức điện động tự cảm) trong hệ thống đánh lửa đã đề xuất.
- Mô phỏng hoạt động và xác định được các thông số của hệ thống.
- Chế tạo được mô hình hệ thống đánh lửa trực tiếp sử dụng bo-bin đơn lai giữa đánh lửa điện cảm và điện dung như đã đề xuất.
- Thực nghiệm hoạt động của hệ thống và đánh giá kết quả thực nghiệm so sánh các kết quả thực nghiệm với các tính toán lý thuyết.
- Thực nghiệm đánh giá mức độ tác động của hệ thống đánh lửa đã đề xuất đến hoạt động của động cơ (qua các chỉ tiêu về công suất, suất tiêu hao nhiên liệu và chất lượng khí thải).

1.4 Đối tượng, phạm vi và phương pháp nghiên cứu

1.4.1 Đối tượng nghiên cứu:

Hệ thống đánh lửa sử dụng trên động cơ xăng.

1.4.2 Phạm vi nghiên cứu:

Khảo sát, nghiên cứu, mô phỏng, thực nghiệm và chế tạo hệ thống đánh lửa trực tiếp sử dụng bo-bin đơn phối hợp giữa hệ thống đánh lửa điện cảm và điện dung (dùng trên động cơ ô tô bốn xy-lanh) có khả năng tận dụng năng lượng tự cảm trên các bo-bin đánh lửa điện cảm, sử dụng cho quá trình đánh lửa điện dung.

1.4.3 Phương pháp nghiên cứu

1.5 Các nội dung chính và dự kiến kết quả nghiên cứu

1.5.1 Dự kiến các nội dung trong đề tài

1.5.2 Dự kiến kết quả nghiên cứu

- Mô hình nguyên lý của hệ thống đánh lửa hỗn hợp điện dung điện cảm sử dụng bo-bin đơn.
- Mô hình toán học các quá trình xảy ra trong hệ thống đánh lửa đã đề xuất.
- Các thông số của hệ thống.
- Tính toán và thi công được mô hình hệ thống đánh lửa trực tiếp sử dụng bo-bin đơn kết hợp đánh lửa điện cảm và điện dung.
- Thực nghiệm hoạt động của hệ thống đánh lửa hybrid và đánh giá kết quả, so sánh các kết quả mô phỏng bằng lý thuyết.
- Đánh giá mức độ tác động của hệ thống đánh lửa đã đề xuất đến hoạt động của động cơ.

CHƯƠNG 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1 Nhiệm vụ của hệ thống đánh lửa

2.2 Quá trình cháy trên động cơ đốt trong sử dụng nhiên liệu xăng

2.3 Các thông số chủ yếu của hệ thống đánh lửa

2.4 Năng lượng đánh lửa

2.4.1 Phân tích năng lượng của tia lửa điện

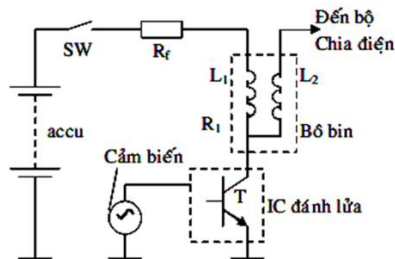
2.4.2 Một số yếu tố ảnh hưởng đến năng lượng đánh lửa

Theo các nghiên cứu về năng lượng đánh lửa, đối với hỗn hợp đồng nhất, ổn định và có tỷ lệ A/F lân cận 14,7/1 năng lượng yêu cầu là 0,2 mJ. Đối với hỗn hợp quá nghèo hay quá giàu năng lượng đánh lửa yêu cầu là 3mJ. Ngoài ra, khi động cơ đã được làm nóng, năng lượng yêu cầu này chỉ còn khoảng 0,1mJ. Đối với những hệ thống đánh lửa thông thường năng lượng đánh lửa 15mJ. Tuy nhiên, để tăng khoảng thời gian duy trì tia lửa trên bu-gi và nếu tính cả các mất mát trên hệ thống (rò rỉ trên bu-gi, trên dây cao áp...), năng lượng này từ 30-50mJ. Đối với những hệ thống đánh lửa dùng trên động cơ phun xăng trực tiếp, năng lượng này vào khoảng 100mJ.

2.5 Hệ thống đánh lửa điện cảm

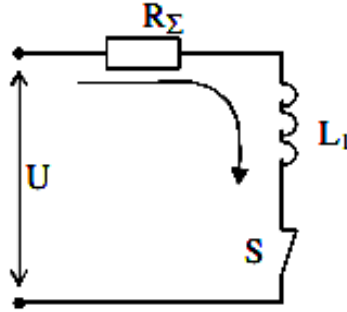
Sơ đồ nguyên lý hệ thống đánh lửa điện cảm được mô tả trên hình 2.6

Quá trình hoạt động của hệ thống đánh lửa điện cảm có thể chia làm ba quá trình.



Hình 2.6: Sơ đồ nguyên lý hệ thống đánh lửa điện cảm

2.5.1 Giai đoạn tăng trường dòng sơ cấp:



Hình 2.7: Sơ đồ tương đương giai đoạn tăng trường dòng sơ cấp.

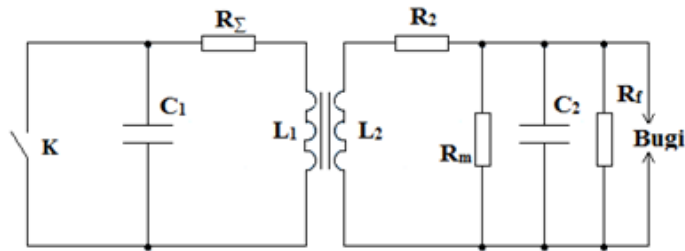
Gọi t_d là thời gian transistor dẫn bão hòa thì cường độ dòng điện sơ cấp tương ứng là I_{ng}

$$I_{ng} = \frac{U}{R_{\Sigma}} (1 - e^{-(R_{\Sigma}/L_1) t_d}) \quad (2.10)$$

Tại thời điểm đánh lửa năng lượng tích lũy trong cuộn sơ cấp dưới dạng từ trường:

$$W_{dt} = \frac{I_{ng}^2 \cdot L_1}{2} = \frac{L_1}{2} \frac{U^2}{R_{\Sigma}^2} (1 - e^{-(R_{\Sigma}/L_1) t_d})^2 \quad (2.11)$$

2.5.2 Giai đoạn ngắt dòng điện ở cuộn sơ cấp



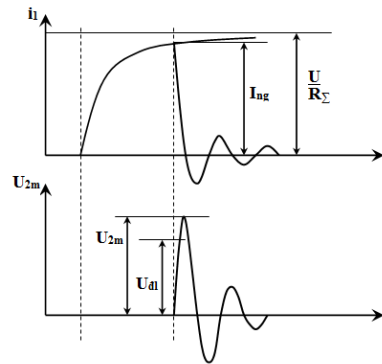
Hình 2.9 Sơ đồ tương đương của hệ thống đánh lửa

R_m : điện trở mất mát, R_r : điện trở rò qua điện cực bu-gi

Phương trình cân bằng năng lượng lúc transistor ngắt:

$$\frac{I_{ng}^2 L_1}{2} = \frac{C_1 U_{1m}^2}{2} + \frac{C_2 U_{2m}^2}{2} + A \rightarrow U_{2m} = k_{bb} \sqrt{\frac{2W_{dt}}{C_1 + k_{bb}^2 C_2}} \eta \quad (2.12)$$

với $\eta = 0,7 \div 0,8$: hệ số mất mát trong mạch, U_{1m} , U_{2m} : hiệu điện thế trên mạch sơ và thứ cấp lúc transistor ngắt, A : năng lượng mất mát, K_{bb} : hệ số biến áp của bo-bin, $k_{bb} = \frac{W_2}{W_1}$; W_1 , W_2 : số vòng dây cuộn sơ cấp và thứ cấp. C_1 : điện dung của tụ điện mắc song song với vít lửa hoặc transistor công suất. C_2 : điện dung ký sinh trên mạch thứ cấp



Hình 2.10: Đồ thị mô tả qui luật biến đổi hiệu điện thế thứ cấp U_{2m} .

Khi transistor ngắt trên cuộn sơ cấp sẽ sinh ra sức điện động khoảng 100V-300V.

2.5.3 Giai đoạn phóng điện ở điện cực bu-gi:

Khi điện áp U_{2m} đạt đến giá trị U_{dl} sẽ xuất hiện tia lửa cao thế giữa hai đầu cực của bu-gi. Tia lửa bu-gi gồm: tia lửa điện dung và tia lửa điện cảm.

Tia lửa điện dung: được qui ước bởi điện dung C_2 ký sinh và đặc trưng bởi sự sụt áp và tăng dòng đột ngột. Công suất của tia lửa điện dung có thể lên tới hàng chục hay hàng trăm kW. Do dao động với tần số cao ($10^6 - 10^7$ Hz), nên tia lửa điện dung dễ gây ra mài mòn điện cực bu-gi. Nó thường có màu xanh sáng kèm theo tiếng nổ lách tách. Để giải quyết vấn đề này người ta thường mắc thêm điện trở trên mạch thứ cấp.

Khi xuất hiện tia lửa điện cảm: Cường độ dòng điện lúc này đạt khoảng 20-40 mA, hiệu điện thế giữa hai cực của bu-gi giảm nhanh đến giá trị từ 400-500 V. Thời gian kéo dài tia lửa điện cảm gấp 100-1000 lần tia lửa điện dung. Thời gian xuất hiện tia lửa điện cảm từ 1-2,5ms. Do đó tia lửa điện dung chỉ là một phần nhỏ của tia lửa, thời gian này phụ thuộc vào loại bu-gi, khe hở bu-gi và chế độ làm việc của động cơ.

2.5.4 Ưu, nhược điểm của hệ thống đánh lửa điện cảm:

Ưu điểm

- Thời gian phóng điện kéo dài (khoảng $1 \div 1,5$ ms) nên sẽ đốt sạch hòa khí trong xy lanh ở hầu hết các chế độ làm việc của động cơ.

- Khe hở bu-gi không cần phải chỉnh quá lớn như đánh lửa điện dung nên tăng tuổi thọ của bu-gi.

- Hiệu suất sử dụng nhiên liệu cao hơn so với đánh lửa điện dung.

Nhược điểm

- Thời gian tích lũy năng lượng dài, nhất là khi động cơ hoạt động ở tốc độ thấp nên dễ gây lãng phí năng lượng, dễ gây nóng bo-bin, hư tăng transistor.

- Đặc tính đánh lửa phụ thuộc vào số vòng quay tốc độ động cơ nên độ nhạy đánh lửa kém hơn đánh lửa CDI.

- Ở tốc độ cao không đủ thời gian tăng trường dòng sơ cấp nên điện áp thứ cấp sẽ giảm.

- Hiệu điện thế thứ cấp tăng trưởng chậm hơn đánh lửa CDI phụ thuộc vào điện trở rô ở bu-gi.

2.6 Hệ thống đánh lửa điện dung:

Hệ thống đánh lửa điện dung thường được sử dụng trên các xe có động cơ hoạt động ở số vòng quay lớn (xe đua, mo-to và xe gắn máy)

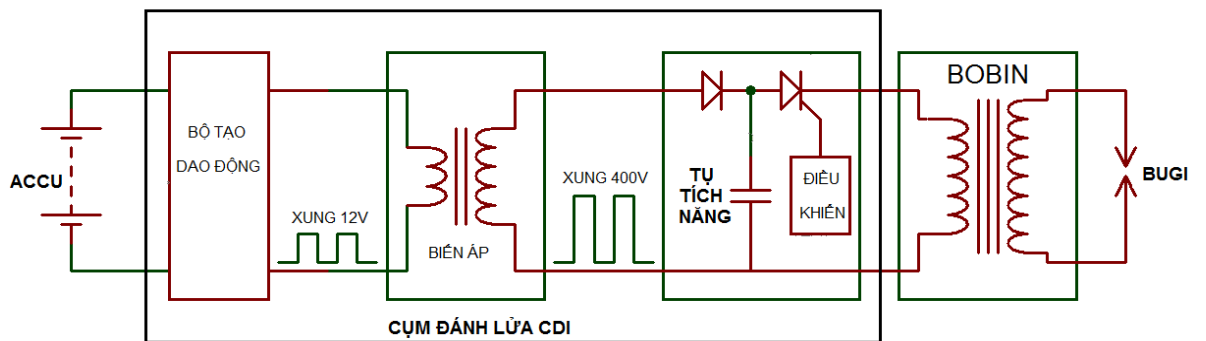
Ở hệ thống đánh lửa điện dung năng lượng trên mạch sơ cấp của bo-bin được tích lũy dưới dạng điện trường được chứa trên tụ điện C

$$W_{dl} = \frac{CU^2}{2} \quad (2-14)$$

Trong đó: C: điện dung của tụ điện (F), U: điện áp trên tụ điện (V).

2.6.1 Cấu tạo và nguyên lý làm việc của hệ thống đánh lửa điện dung (CDI-capacitor discharged ignition)

Hệ thống đánh lửa CDI bao gồm một bộ tạo dao động, biến áp, tụ tích năng và bộ điều khiển quá trình xả của tụ điện qua bo-bin đánh lửa. Bên trong cụm CDI có bố trí mạch kích, mạch này nhận tín hiệu từ cảm biến đánh lửa để điều khiển trạng thái hoạt động của công tắc chuyển mạch.



Hình 2.12: Sơ đồ khối của hệ thống đánh lửa điện dung.

Nguyên lý hoạt động của hệ thống đánh lửa CDI

Dòng điện 12V từ accu qua bộ tạo dao động tạo ra các xung 12V. Chính nhờ sự đóng ngắt này mà ở cuộn thứ cấp xuất hiện các xung điện áp khoảng 300-400V. Các xung này được chỉnh lưu qua diode và nạp cho tụ tích năng. Khi có tín hiệu đánh lửa, thông qua mạch điều khiển, công tắc chuyển mạch (SCR) sẽ ở trạng thái mở. Lúc này, năng lượng tích lũy trên tụ điện sẽ được phóng qua cuộn sơ cấp của bo-bin và về cực âm của tụ điện, điều này giúp tạo ra điện áp cao (30.000-60.000V) ở cuộn thứ cấp của bo-bin, năng lượng này được đưa đến các bu-gi để đốt cháy hoà khí bên trong các xy lanh.

2.6.2 Ưu, nhược điểm của hệ thống đánh lửa điện dung

Ưu điểm

- Đặc tính đánh lửa hầu như không phụ thuộc vào tốc độ động cơ vì tụ điện có khả năng nạp rất nhanh và được tính toán là luôn được nạp đầy ở số vòng quay cao nhất của động cơ.

- Hiệu điện thế đánh lửa tăng trưởng nhanh nên độ nhạy đánh lửa tăng và do đó không phụ thuộc vào điện trở rò ở bu-gi.
- Có khả năng cho tia lửa điện mạnh khi động cơ còn nguội.
- Điện áp của tia lửa điện dung (30kV- 60kV) lớn hơn năng lượng tia lửa điện cảm (12kV-40kV).
- Tính ổn định cao, năng lượng tiêu tốn cho một lần đánh lửa nhỏ.

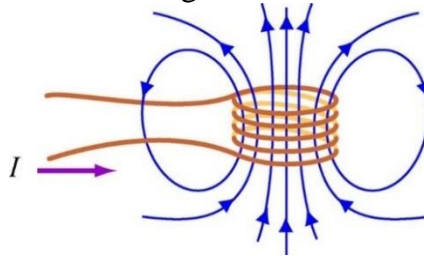
Nhược điểm

Thời gian phóng nạp của tụ điện là rất ngắn nên thời gian tồn tại tia lửa bu-gi là rất ngắn, chỉ từ (0,3 - 0,4) ms nên:

- Hòa khí sẽ khó bén cháy nếu quá loãng.
- Điện cực bu-gi phải lớn nên sẽ mau mòn điện cực bu-gi, tuổi thọ bu-gi sẽ giảm.
- Khó chế tạo

2.7 Sức điện động tự cảm

Sự thay đổi từ trường quanh một sợi dây sẽ tạo nên một sức điện động cảm ứng ở trong sợi dây đó. Nếu cho một dòng điện biến đổi trị số chạy qua sợi dây thì từ trường chung quanh nó sẽ biến đổi và trong dây sẽ phát sinh sức điện động cảm ứng. Vậy, sức điện động cảm ứng phát sinh ngay trong dây mà trong đó đang có dòng biến đổi. Sức điện động cảm ứng này được gọi là sức điện động tự cảm.



Hình 2.14: Từ trường B đi qua cuộn dây có mặt cắt A

Xét một cuộn dây có N vòng dây, dòng I chạy trong mạch ngược chiều kim đồng hồ.

$$\text{Công thức tính sức điện động tự cảm: } \mathcal{E}_L = -N \frac{d(\Phi_B)}{dt} = -N \frac{d}{dt} \iint \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad (2-17)$$

$$\text{Có thể tính theo hệ số tự cảm qua công thức: } \mathcal{E}_L = -L \frac{dI}{dt} \quad (2-18)$$

$$\text{Từ hai biểu thức (1-8) và (1-9) ta có thể suy ra: } L = \frac{Nd(\Phi_B)}{dI} \quad (2-19)$$

Hệ số tự cảm L của cuộn dây chính là yếu tố gây cản trở cho sự biến thiên của dòng điện. Hệ số tự cảm càng lớn thì tốc độ biến thiên của dòng điện càng nhỏ.

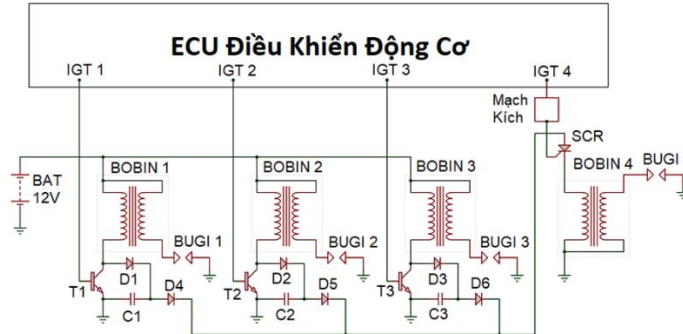
Hệ số tự cảm của cuộn dây được tính theo công thức:

$$L = \frac{N\Phi_B}{I} = \mu_0 \cdot n^2 \cdot \Pi \cdot R^2 \cdot l \quad (2-20)$$

Trong đó: L: Hệ số tự cảm cuộn dây (H), n: Số vòng quấn cuộn dây, R: bán kính cuộn dây, l: Chiều dài cuộn dây.

CHƯƠNG 3: XÂY DỰNG MÔ HÌNH TÍNH TOÁN VÀ MÔ PHỎNG HOẠT ĐỘNG HỆ THỐNG ĐÁNH LỬA HYBRID

3.1 Giới thiệu mô hình hệ thống đánh lửa hybrid



Hình 3.1: Nguyên lý làm việc hệ thống đánh lửa hybrid trên động cơ 4 xy-lanh

Hệ thống bao gồm hai giai đoạn làm việc: giai đoạn đánh lửa điện cảm và giai đoạn đánh lửa điện dung. Ở giai đoạn đánh lửa điện cảm, ECU động cơ sẽ điều khiển quá trình đánh lửa của các tổ máy 1, 2, 3 (đánh lửa điện cảm), thông qua các tín hiệu IGT₁, IGT₂, IGT₃. Năng lượng tự cảm “thừa” trên các bo-bin 1, bo-bin 2, bo-bin 3, ... sẽ được tích lũy vào các tụ C₁, C₂, C₃. Ở chế độ đánh lửa điện dung, tương ứng với thời điểm làm việc của tổ máy 4, tín hiệu IGT₄ sẽ điều khiển SCR mở. Năng lượng tích lũy trên các tụ C₁, C₂, C₃ sẽ được giải phóng đến cuộn dây sơ cấp của bo-bin 4.

3.2 Các tính toán hệ thống đánh lửa hybrid – giai đoạn đánh lửa điện cảm:

3.2.1 Giai đoạn tích lũy năng lượng

3.2.1 Giai đoạn ngắt dòng điện sơ cấp

Cường độ dòng sơ cấp khi transistor công suất ngắt:

$$i_1(t) = 0,7ae^{20xt} \cos(yt/1,5) + ze^{20xt} \sin(yt/1,5).$$

Sức điện động tự cảm trên cuộn sơ cấp khi transistor công suất ngắt:

$$V_1(t) = -L_1[(ax + zy/1,5)e^{xt} \cos(yt/1,5)/3 + 0,8(xz - ay/1,5)e^{xt} \sin(yt/1,5)] -$$

3,5

Tần số của V₁(t) và i₁(t): $\omega_d = y = \sqrt{d - \frac{c^2}{4}}$

Chu kỳ dao động của hệ: $\tau = \frac{2\pi}{\omega_d} = \frac{2\pi}{\sqrt{1 - \left(\frac{R}{2\sqrt{L_1/C_1}}\right)^2} \sqrt{\frac{1}{L_1 C_1}}}$

$$\text{với } \begin{cases} x = -\frac{c}{2} \\ y = \sqrt{d - \frac{c^2}{4}} \\ z = \frac{b - \frac{ac}{2}}{\sqrt{d - \frac{c^2}{4}}} \end{cases} \text{ và } \begin{cases} a = I_0 \\ b = \frac{I_0}{C_1 r} \\ c = \frac{L_1 + RC_1 r}{L_1 C_1 r} \\ d = \frac{R+r}{L_1 C_1 r} \end{cases}$$

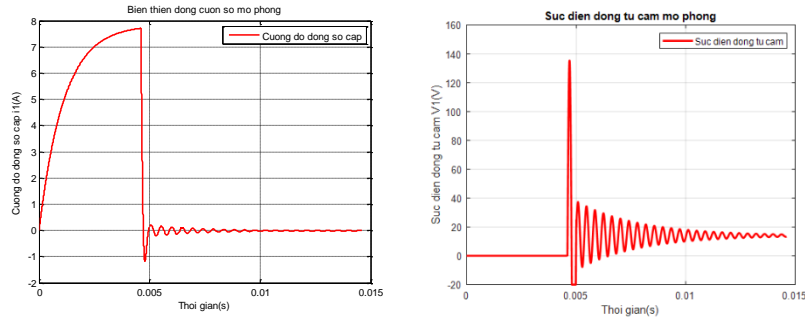
Cường độ dòng điện $i_1(t)$ và $V_1(t)$ có giá trị phụ thuộc vào thông số e^{xt} và các hàm \cos, \sin . Vì vậy, các giá trị trên sẽ là một dao động dạng sin tắt dần theo thời gian.

3.3 Mô phỏng hoạt động mạch đánh lửa hybrid – giai đoạn đánh lửa điện cảm

3.3.1 Mục tiêu mô phỏng

3.3.2 Mô phỏng cường độ dòng điện $i_1(t)$ sức điện động tự cảm $V_1(t)$ trên bo-bin đánh lửa điện cảm

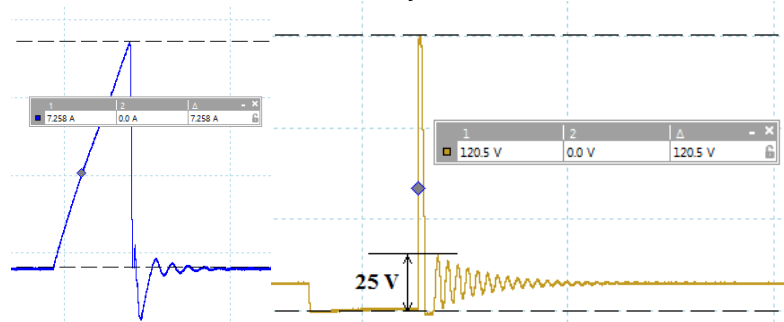
Các thông số của hệ thống: thời gian tích lũy năng lượng (thời gian ngậm) $t_{ng}=5.10^{-3}(s)$, $C_1=1.10^{-6}(F)$, $r=10^6(\Omega)$, $R=1,5(\Omega)$, $L_1=1,25.10^{-3}(H)$, $U=12,6(V)$.



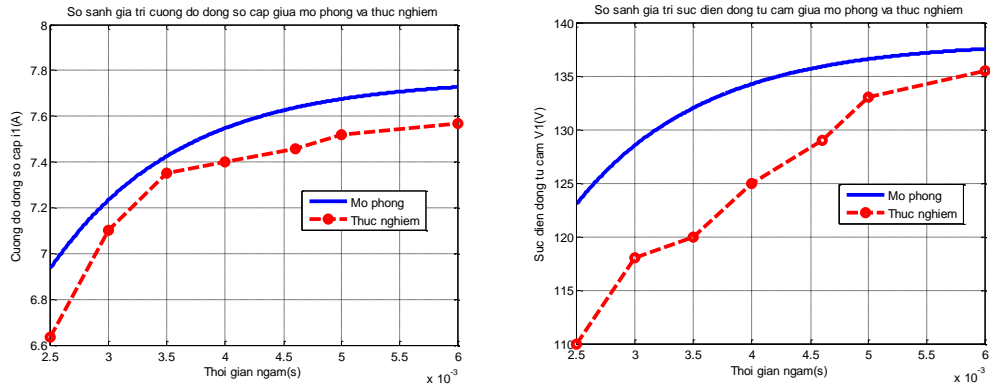
Hình 3.5- 3.6: Mô phỏng cường độ dòng điện $i_1(t)$ sức điện động tự cảm $V_1(t)$

Có thể nhận thấy đồ thị $i_1(t)$ và $V_1(t)$ có dao động dạng sin. Tuy nhiên do chịu ảnh hưởng của biên độ mà cụ thể là e^{xt} , với $x = -\frac{c}{2} = -\frac{1}{2} \frac{L_1 + RC_1 r}{L_1 C_1 r}$, nên dao động có dạng hình sin tắt dần.

Sức điện động tự cảm đạt cực đại là 136,6 V; cường độ dòng sơ cấp cực đại đạt 7,71 A, chu kỳ $\tau = 4,72 \times 10^{-4} s$ và tần số $f = 2,12 \times 10^3 Hz$.



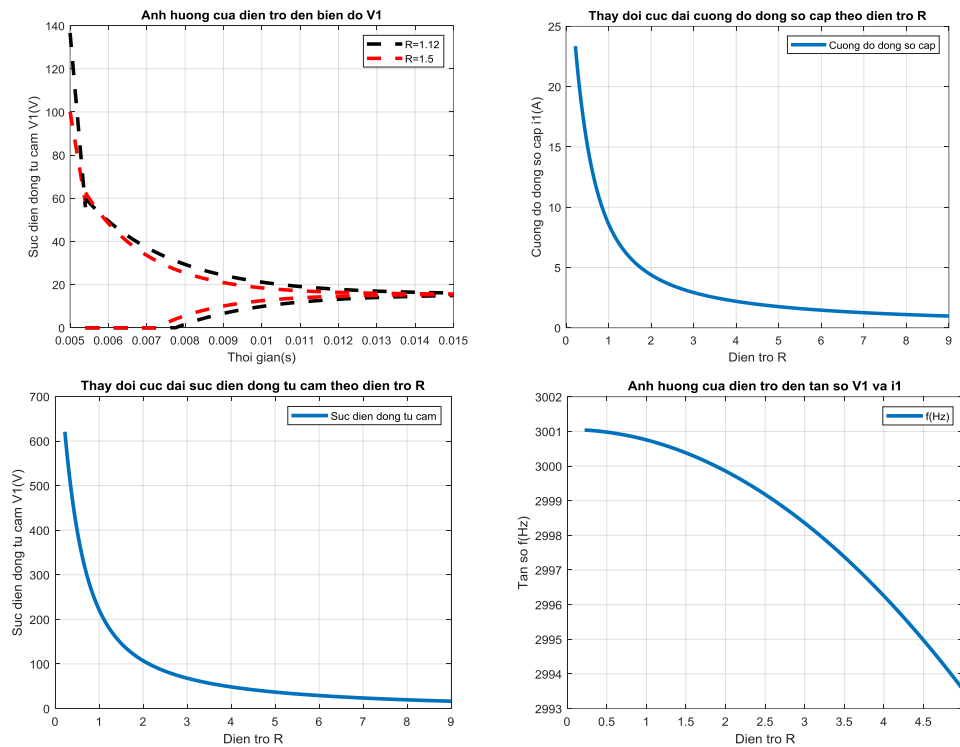
Hình 3.7, 3.8: Kết quả thực nghiệm cường độ dòng sơ cấp $i_1(t)$ sức điện động tự cảm $V_1(t)$ trên cuộn sơ cấp



Hình 3.9 - 3.10: So sánh cực đại cường độ dòng sơ cấp $i_1(t)$ và sức điện động tụ cảm $V_1(t)$ khi mô phỏng và thực nghiệm ở các thời gian tích lũy năng lượng t_d khác nhau

Sai lệch giữa cực đại của cường độ dòng sơ cấp và sức điện động tụ cảm khi mô phỏng và thực nghiệm nhỏ hơn 10%. Tần số dao động mô phỏng có hiệu chỉnh là $f = 2,12 \times 10^3 \text{ Hz}$, sai số là 9%.

3.3.3 Ảnh hưởng của tổng trở R đến biên độ và tần số V_1, i_1



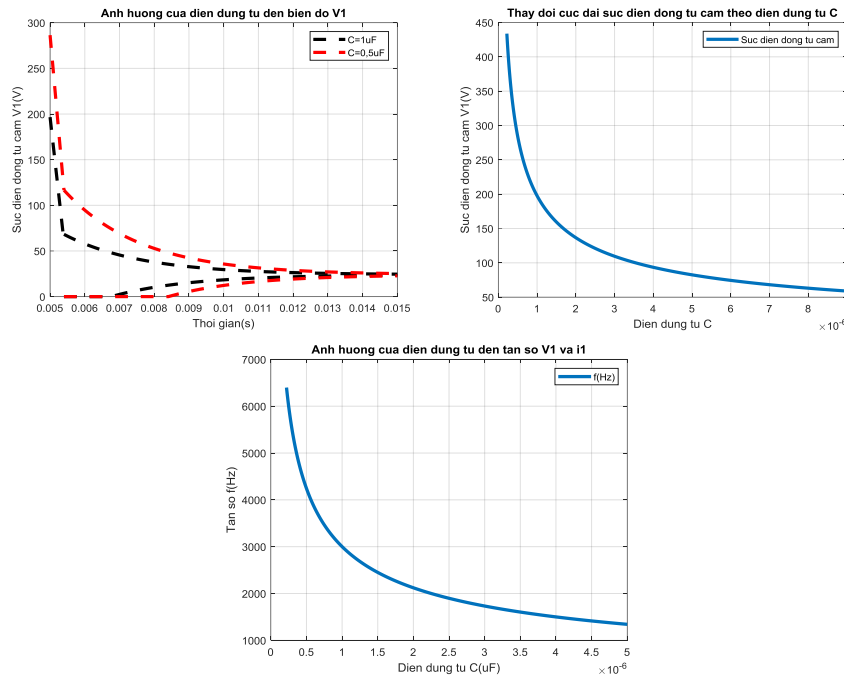
Hình 3.11-3.14: Ảnh hưởng của điện trở R đến biên độ và tần số V_1, i_1

Khi tăng giá trị điện trở biên độ dao động của $V_1(t)$ giảm đi. Khi tăng giá trị tổng trở R, năng lượng của hệ thống giảm xuống vì vậy các giá trị cực đại của $i_1(t), V_1(t)$ cũng

giảm theo. Với các khảo sát cho thấy, tần số dao động của hệ chịu ảnh hưởng rất ít từ giá trị điện trở của mạch sơ cấp R.

3.3.4 Ảnh hưởng của điện dung tụ C đến biên độ và tần số $V_1(t)$, $i_1(t)$

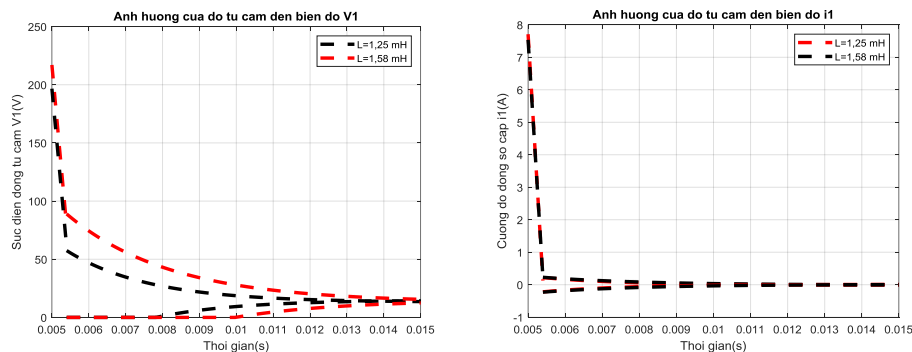
Quá trình tăng trưởng của dòng điện $i_1(t)$ không chịu ảnh hưởng của điện dung tụ $i_1(t) = \frac{U}{R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L_1}t} \right)$. Vì vậy, việc tiến hành khảo sát chỉ đặt ra đối với sức điện động tự cảm $V_1(t)$.



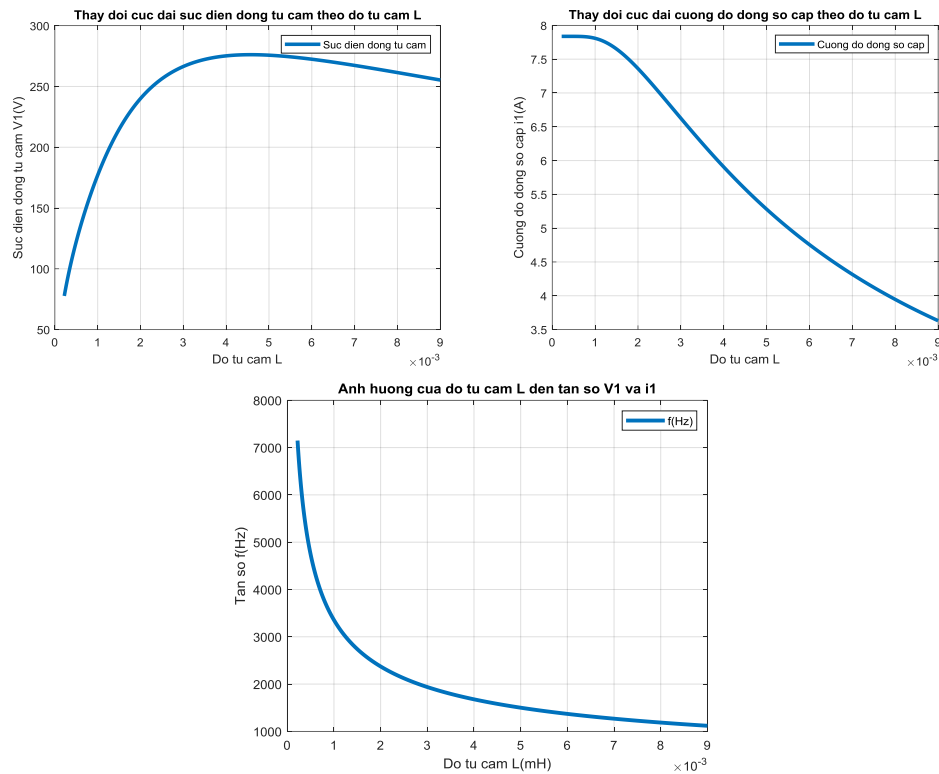
Hình 3.15- 3.17: Ảnh hưởng của điện dung tụ C đến biên độ và tần số $V_1(t)$, $i_1(t)$

Dao động của V_1 sẽ tăng về biên độ khi giảm giá trị của tụ C. Khi $C = 1 \mu F$, $V_{1max} = 197,6 V$; khi $C = 0,5 \mu F$, V_{1max} tăng lên 284 V. Khi điện dung tụ tăng, cực đại của V_1 giảm rất nhanh trong khoảng từ $0 - 3,5\mu F$. Tuy nhiên, khi C vượt qua $3,5\mu F$, cực đại của V_1 giảm tương đối chậm. Tần số của hệ giảm khi tăng điện dung từ $0,5 \mu F \rightarrow 1 \mu F$.

3.3.5 Ảnh hưởng của độ tự cảm L của cuộn sơ cấp đến biên độ và tần số V_1 , i_1 :



Hình 3.18-3.19: Ảnh hưởng của hệ số tự cảm L đến biên độ dao động $i_1(t)$ và $V_1(t)$



Hình 3.20-3.22: Ảnh hưởng của độ tự cảm L trên cuộn sơ cấp đến biên độ và tần số V_1, i_1

Khi độ tự cảm tăng, cực đại của V_1 tăng nhanh trong khoảng từ 0 – 4mH. Khi L vượt qua 4 mH, cực đại của V_1 giảm chậm và gần như tuyến tính. Khi độ tự cảm tăng, cực đại của i_1 không đổi trong khoảng từ 0 – 0,6mH và giảm gần như tuyến tính khi L vượt quá 0,6 mH. Khi tăng L_1 từ 1,25 mH \rightarrow 1,58 mH, tần số của hệ giảm.

3.4 Xác định dung lượng của tụ cho hệ thống đánh lửa hybrid

Việc chọn tụ điện cho hệ thống đánh lửa hybrid có ý nghĩa hết sức quan trọng vì ngoài công dụng bảo vệ cho các thiết bị đóng ngắt và chống lại các ảnh hưởng tiêu cực như trong phần mở đầu đã trình bày, năng lượng tích lũy trên tụ phải đủ lớn để thực hiện quá trình đánh lửa điện dung. Việc chọn tụ phải chịu các ràng buộc sau:

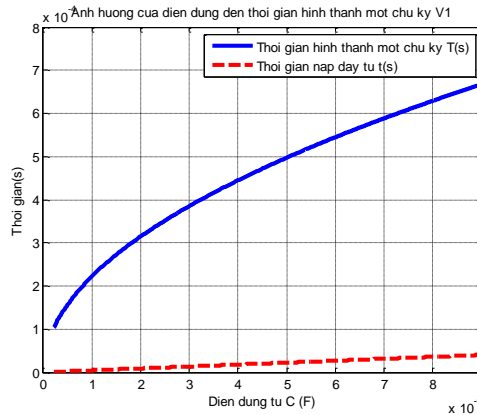
- Quan hệ giữa thời gian nạp tụ và dung lượng tụ
- Mất mát trên tụ
- Khả năng làm việc của mạch đánh lửa điện cảm

3.4.1 Thời gian nạp tụ :

Điện áp tự cảm trên cuộn sơ cấp của bo-bin có dạng một dao động dạng sin tắt dần. Vì vậy, khi điện áp trên tụ đã được nạp đến giá trị cực đại của điện áp tự cảm quá trình nạp tụ sẽ không thể tiếp tục. Như vậy, thời gian nạp tụ tối đa sẽ bằng 1/2 thời gian của xung điện áp thứ nhất, cũng là 1/4 thời gian hình thành chu kỳ (T) xung sức điện động tự cảm cực đại được sinh ra như hình 3.23. Thời gian này phải lớn hơn thời gian nạp đầy cho dung lượng tụ.

Theo các công thức tính toán thời gian nạp cho tụ với nguồn không đổi. Với C là điện dung của tụ điện, $V_{\text{nạp}}$ là điện áp nạp cho tụ, V_C là điện áp trên tụ. $\tau = RC$ là thời hằng nạp tụ. Ứng với thời gian nạp $t = 4\tau$, Điện áp trên tụ V_C đạt giá trị $V_C = 99\% V_{\text{nạp}}$. Vậy ứng với dung lượng của tụ $C = 1\mu\text{F}$, tổng trở của mạch sơ cấp $R = 1,5\ \Omega$, thời gian nạp đầy tụ sẽ là $t = 4\tau = 4RC = 6\mu\text{s}$.

Dựa trên công thức chu kỳ V_1 , có thể thấy thời gian tích lũy năng lượng của cuộn dây t_d không ảnh hưởng đến chu kỳ và tần số của i_1 và V_1 . Như vậy, khi động cơ làm việc, thời gian tích lũy năng lượng của cuộn dây có thay đổi thì chu kỳ và tần số dao động của V_1 và i_1 trên cuộn dây không đổi. Vì vậy, khi tính toán giá trị đủ thời gian nạp đầy tụ tại một thời gian ngậm sẽ thỏa ở các chế độ làm việc khác của động cơ.



Hình 3.24: Thời gian hình thành một chu kỳ của V_1 và thời gian nạp đầy tụ khi thay đổi điện dung tụ từ $0,22\ \mu\text{F} - 9\ \mu\text{F}$

Thời gian hình thành một chu kỳ của $V_1(t)$ có xu hướng tăng lên khi tăng điện dung tụ từ $0,22\ \mu\text{F} - 9\mu\text{F}$. Thời gian hình thành một chu kỳ thấp nhất là $T = 156,3\ \mu\text{s}$ ở tụ có điện dung $C = 0,22\ \mu\text{F}$. Với thời gian nạp tụ bằng $\frac{1}{4}$ thời gian hình thành một chu kỳ của V_1 , ta có thời gian nạp tụ theo mô phỏng thấp nhất là $39,075\ \mu\text{s}$. Thời gian này lớn hơn rất nhiều so với thời gian nạp đầy tụ là $t = 4RC = 6\ \mu\text{s}$, nên điện áp trên tụ sẽ đạt giá trị cực đại sức điện động tự cảm.

3.4.2 Năng lượng tích lũy trên tụ:

Năng lượng tích lũy trên tụ được tính theo công thức: $W_C = \frac{1}{2} CV_C^2$

Trong quá trình làm việc của động cơ, tùy thuộc vào số vòng quay ECU động cơ sẽ điều chỉnh thời gian tích lũy năng lượng t_d , thời gian này sẽ giảm khi số vòng quay động cơ tăng (xem bảng 3.1). Như vậy khi giữ nguyên các giá trị R, L, C cấu thành hệ thống, khi thay đổi số vòng quay năng lượng tích lũy trên tụ sẽ thay đổi.

Bảng 3.1: Thời gian tích lũy năng lượng t_d trên động cơ TOYOTA 1NZ-FE

Số vòng quay động cơ (rpm)	700	1000	2000	3000	4000	5000	6000
Thời gian tích lũy năng lượng t_d (ms)	5,6	5	4,7	4,3	3,9	3,7	3,5

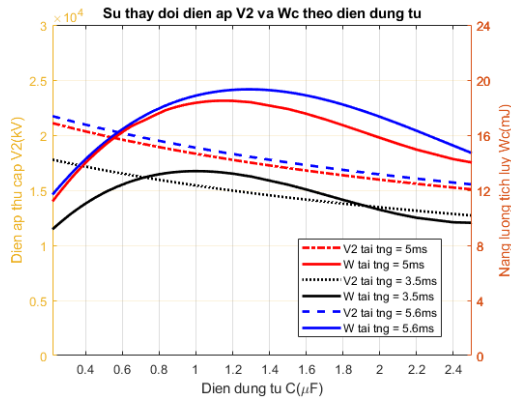
Tuy nhiên, trên tụ có hiện tượng mất mát năng lượng, làm tổn thất năng lượng tích lũy trên tụ. Năng lượng mất mát do rò điện P_d được tính bởi công thức:

$$P_d = I_d^2 ESR \quad (3-10)$$

Trong đó: $ESR = \frac{1}{\omega^2 C^2 r}$ (Ω) là điện trở tương đương tụ. Với r : điện trở rò (Ω), C : điện dung tụ (F), ω : tốc độ góc (rad/s), I_d : cường độ dòng điện khi nạp đầy tụ (A).

Trên hình 2.10 khảo sát năng lượng tích lũy W_c trên tụ, có tính tới các tổn thất tại 3 số vòng quay của động cơ khi thay đổi điện dung của tụ

- Số vòng quay tối thiểu của động cơ 700 vòng /phút
- Số vòng quay thường sử dụng của động cơ 1000 vòng /phút
- Số vòng quay cực đại của động cơ 6000 vòng/phút



Hình 3.25: Khảo sát sự thay đổi giá trị điện áp thứ cấp cực đại trên mạch đánh lửa tụ cảm V_{2m} và năng lượng tích lũy W_c theo điện dung tụ điện

Từ khảo sát trên ta nhận thấy, tương ứng với các số vòng quay trên năng lượng cực đại có thể tích lũy trên tụ sẽ đạt các giá trị lần lượt.

Bảng 3.2: Năng lượng tích lũy trên tụ

Số vòng quay động cơ (rpm)	700	2000	6000
Dung lượng tụ (μF)	1,3	1,13	0,98
Năng lượng cực đại tích lũy trên 1 tụ (mJ)	19,3	18,65	13,7
Năng lượng cực đại tích lũy trên 3 tụ (mJ)	57,9	55,95	41,1

Năng lượng đánh lửa tích lũy trên tụ đều đạt giá trị cần thiết để đánh lửa và duy trì thời gian phóng điện.

Để đơn giản cho kết cấu của mạch chọn giá trị tụ $C=1\mu F$, kiểm tra lại năng lượng tích lũy trên tụ, ta thấy tương ứng với giá trị của tụ như trên các giá trị được như sau

Bảng 3.3: Năng lượng tích lũy tại các số vòng quay ứng với tụ điện $C= 1 \mu F$

Số vòng quay động cơ (rpm)	1000	2000	6000
Năng lượng tích lũy (mJ) trên 1 tụ (μF)	18,7	18,4	13,6
Năng lượng tích lũy (mJ) trên 3 tụ	56,1	55,2	40,8

Qua các khảo sát trên ta nhận thấy, các giá trị trong bảng trên đều thỏa năng lượng yêu cầu năng lượng đánh lửa.

3.4.3 Kiểm tra khả năng làm việc của hệ thống đánh lửa hybrid khi thực hiện đánh lửa điện cảm

Bảng 3.4: Giá trị hiệu điện thế thứ cấp cực đại U_{2m} trên các bo-bin đánh lửa điện cảm tại các số vòng quay khác nhau

Tốc độ động cơ (vòng/ phút)	700	1000	6000
Điện thế thứ cấp cực đại U_{2m} (kV)	18,9	18,65	16

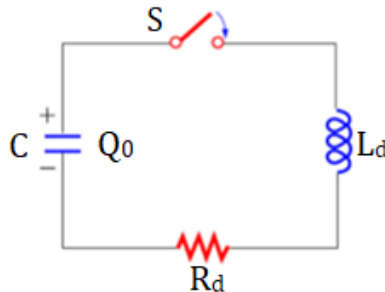
Các giá trị trên đều thỏa mãn yêu cầu cho hiệu điện thế thứ cấp cực đại (7-40kV)

3.5 Tính toán mạch đánh lửa hybrid – giai đoạn đánh lửa điện dung (CDI):

3.5.1 Mô hình tính toán:

Dựa trên sơ đồ nguyên lý hệ thống đánh lửa hybrid (hình 3.1), với cách mắc ba tụ song song, trong tính toán có thể thay thế bằng một tụ điện C có điện dung tương đương của ba tụ C_1, C_2, C_3 (mỗi tụ có giá trị $C = 1\mu F$). Quá trình giải phóng năng lượng tích lũy trên tụ đến cuộn sơ cấp của bo-bin 4, có tính chất tương đương với quá trình tụ điện phóng trên mạch RLC.

Vì vậy, trong tính toán có thể sử dụng mô hình mạch RLC (hình 3-26) trong đó: C : tụ điện tương đương của ba tụ C_1, C_2, C_3 ($3\mu F$), S : Công tắc đóng/mở thể hiện hai trạng thái đóng/ngắt của SCR, L_d : Hệ số tự cảm của cuộn sơ cấp của bo-bin 4, R_d : Tổng trở của mạch sơ cấp đánh lửa điện dung, bao gồm: điện trở của các linh kiện, điện trở cuộn sơ cấp bo-bin 4, điện trở của các mối nối,...



Hình 3.26. Mô hình tính toán mạch đánh lửa hybrid – giai đoạn đánh lửa điện dung

Như đã trình bày ở trên, sau quá trình đánh lửa điện dung trên trên các bo-bin 1, bo-bin 2, bo-bin 3; năng lượng tự cảm sẽ được tích lũy lần lượt trên các tụ C_1, C_2, C_3 (hình 3.1). Các tụ trên sẽ được tích đến giá trị Q_0

Với mô hình tính toán ở hình 3.26, phương trình cân bằng năng lượng trên mạch:

$$W = W_C + W_L = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C_d} + \frac{1}{2} L_d i_d^2$$

Trong đó: C_d : Dung lượng của tụ trên mạch đánh lửa điện dung, L_d : Hệ số tự cảm trên mạch đánh lửa điện dung, i_d : Cường độ dòng điện lúc tụ nạp đầy.

Ta có: $i_d(t) = Q_0 \omega' e^{-\gamma t} [\sin \omega' t + \left(\frac{\gamma}{\omega'}\right) \cos(\omega' t)]$

Phương trình sau hiệu chỉnh:

$$i_d(t) = 0,88. Q_0. \omega'. e^{-\gamma t} [\sin(1,94\omega't) + \left(\frac{\gamma}{\omega'}\right) \cos(1,94\omega't) - \left(\frac{\gamma}{\omega'}\right)]$$

Phương trình tổng quát của sức điện động tự cảm

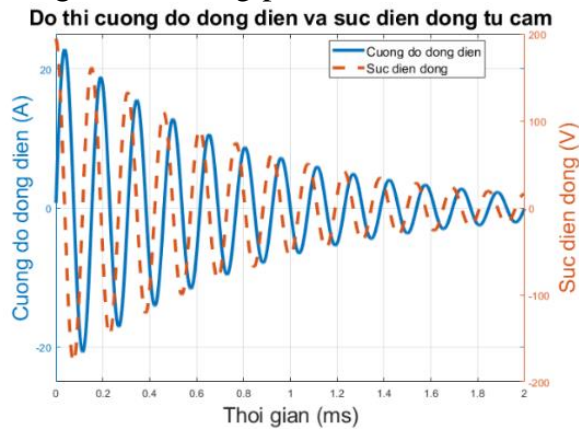
$$e_d(t) = L_d. Q_0 \omega' e^{-\gamma t} \left[\left(\omega' - \frac{\gamma^2}{\omega'}\right) \cdot \cos\omega't - 2\gamma \sin\omega't \right]$$

Phương trình sau hiệu chỉnh:

$$e_d(t) = 0,92. L_d. Q_0 \omega' . e^{-\gamma t} \left[\left(\omega' - \frac{\gamma^2}{\omega'}\right) \cdot \cos(1,94\omega't) - 2\gamma \sin(1,94\omega't) \right]$$

Tiến hành xây dựng đồ thị cường độ dòng điện $i_d(t)$ và sức điện động tự cảm của cuộn sơ cấp $e_d(t)$. Các giá trị đưa vào tính toán:

$R_d = 0.5\Omega$, $L_d = 0.2\text{mH}$, $C_d = 3\mu\text{F}$ (3 tụ điện $1\mu\text{F}$ mắc song song), V_{max} tụ điện = 195V, tại số vòng quay động cơ 700 vòng/phút.



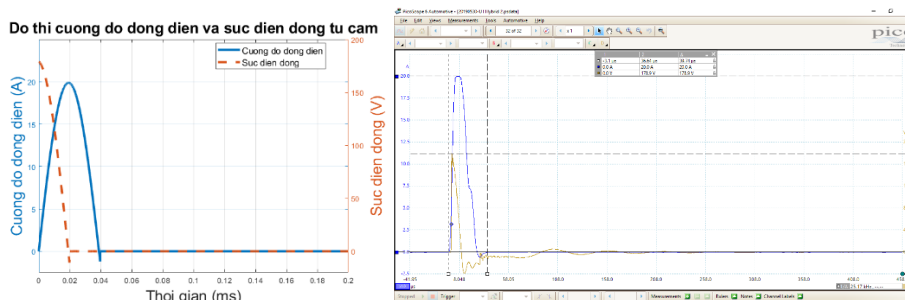
Hình 3.27: Đồ thị cường độ dòng điện và sức điện động tự cảm $e_d(t)$ của cuộn sơ cấp giai đoạn đánh lửa điện dung

Cường độ dòng điện và sức điện động tự cảm của cuộn sơ cấp (khi tụ điện phóng) dao động tắt dần dạng sin, chúng lệch pha nhau một góc $\frac{\pi}{2}$. Khi cường độ dòng điện đạt giá trị cực đại cũng chính là lúc sức điện động tự cảm bằng 0.

3.5.3 Các mô phỏng

Mô phỏng cường độ dòng điện $i_d(t)$ và sức điện động tự cảm $e_d(t)$

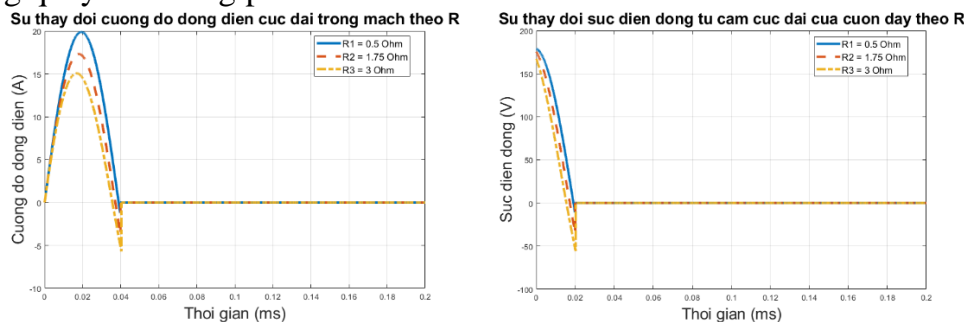
Trên thực tế, có diode mắc ở đầu ra của các tụ điện. Vì vậy, toàn bộ phần âm của dao động cường độ dòng điện và sức điện động tự cảm của cuộn sơ cấp đều bị lược bỏ. Sử dụng thiết bị Pico Automotive Oscilloscopes 4425, đo cường độ dòng điện và sức điện động tự cảm của cuộn dây sơ cấp trên mạch đánh lửa điện dung hybrid thực tế được lắp trên động cơ Toyota 1NZ-FE. Các thông số linh kiện sử dụng như trong các trong các mô phỏng trên, động cơ hoạt động ở số vòng quay 700 vòng/phút.



Hình 3.28-3.29: Đồ thị cường độ dòng điện $i_d(t)$ và sức điện động tự cảm $e_d(t)$ của cuộn sơ cấp trong hệ thống đánh lửa hybrid – giai đoạn đánh lửa điện dung mô phỏng và thực tế.

Đánh giá ảnh hưởng của tổng trở R_d đến cường độ dòng điện $i_d(t)$ và sức điện động $e_d(t)$ trên hệ thống đánh lửa hybrid- giai đoạn đánh lửa điện dung

Nhằm đánh giá sự thay đổi của cường độ dòng điện và sức điện động của cuộn sơ cấp của bo-bin đánh lửa điện dung ta giả định tổng trở mạch sơ cấp có ba giá trị R_d khác nhau. Lần lượt $R_{d1} = 0.5\Omega$, $R_{d2} = 1.75\Omega$, $R_{d3} = 3\Omega$ và hệ số tự cảm $L_d = 0.2\text{mH}$, dung lượng của tụ $C_d = 3\mu\text{F}$ (3 tụ điện $1\mu\text{F}$ mắc song song), V_{max} tụ điện = 195V và mô phỏng tại số vòng quay 700 vòng/phút.

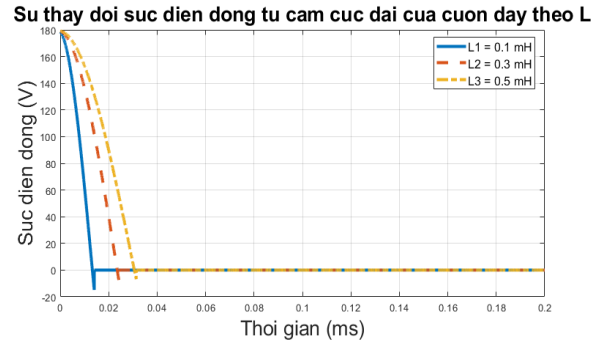
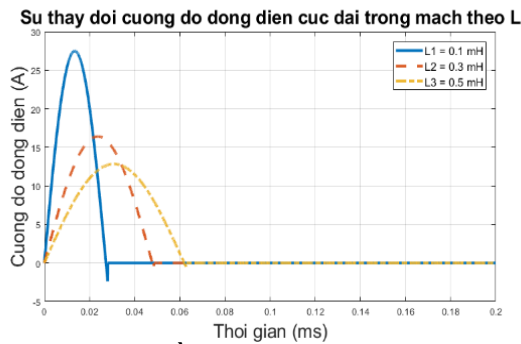


Hình 3.30-3.31: Đồ thị cường độ dòng điện $i_d(t)$ và sức điện động tự cảm $e_d(t)$ đi qua cuộn sơ cấp trên hệ thống đánh lửa hybrid - giai đoạn đánh lửa điện dung

Dựa trên đồ thị ta thấy, nếu tổng trở R_d càng lớn thì càng làm giảm giá trị cực đại của cường độ dòng điện và sức điện động tự cảm đạt được trên cuộn sơ cấp. Chu kỳ dao động: $T_d = \frac{2\pi}{1,94 \cdot \omega'} = \frac{2\pi}{1,94 \cdot \sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2}}$, tổng trở R_d tăng sẽ làm cho hệ số tắt dần $\gamma = \frac{R_d}{2L_d}$ tăng

lên, điều này dẫn đến việc kéo dài thời gian chu kỳ T_d . Tuy nhiên, do γ quá nhỏ so với ω_0 nên sự thay đổi này là không đáng kể.

Đánh giá ảnh hưởng của hệ số tự cảm L_d đến cường độ dòng điện $i_d(t)$ và sức điện động $e_d(t)$ trên hệ thống đánh lửa hybrid- giai đoạn đánh lửa điện dung

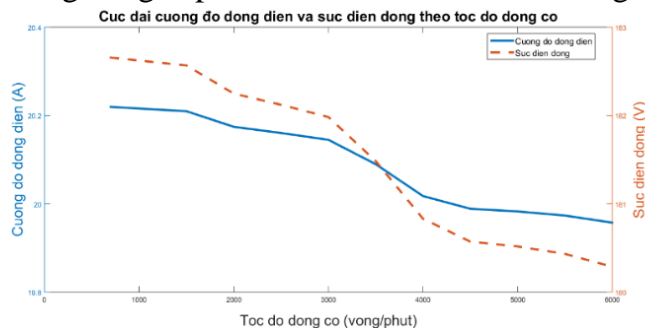


Hình 3.32: Đồ thị cường độ dòng điện $i_d(t)$ và sức điện động tự cảm $e_d(t)$ đi qua cuộn sơ cấp hệ thống đánh lửa điện dung- giai đoạn đánh lửa điện dung khi L_d thay đổi.

Với sự thay đổi L_d , không ảnh hưởng tới cực đại của sức điện động tự cảm trên cuộn sơ cấp nhưng lại tác động rất lớn đến cường độ dòng điện và thời gian chu kỳ T_d . Từ phương trình, ta thấy, cực đại của cường độ dòng điện $I_{dmax} = 0,88 \cdot Q_0 \cdot \omega'$. Như vậy, khi L_d tăng lên, làm cho ω' giảm đi nên I_{dmax} cũng giảm theo. Ngược lại, với sự sụt giảm của I_{max} thì chu kỳ T lại được tăng lên, kéo dài thời duy trì sự tồn tại sức điện động tự cảm của cuộn sơ cấp.

Đánh giá cường độ dòng điện và sức điện động tự cảm của cuộn sơ cấp bo-bin đánh lửa điện dung theo tốc độ động cơ

Khi tăng tốc độ động cơ, thời gian tích lũy năng lượng t_d trên các bo-bin đánh lửa điện cảm càng ngắn lại. Do đó, sức điện động tự cảm cực đại sinh ra bởi bo-bin đánh lửa điện cảm cũng giảm theo dẫn năng lượng trên các tụ điện cũng giảm theo. Đây cũng chính là nguồn năng lượng cung cấp cho mạch đánh lửa điện dung hoạt động.



Hình 3.34: Đồ thị cực đại cường độ dòng điện $i_d(t)$ và sức điện động tự cảm $e_d(t)$ theo tốc độ động cơ

Trên đồ thị mô phỏng, ta thấy sức điện động tự cảm cực đại của cuộn sơ cấp (bo-bin 4, mạch điện dung) đạt 182,7V tại tốc độ 700 vòng/phút và giảm dần về 180,3V tại 6000 vòng/phút. Cường độ dòng điện cực đại trong mạch đánh lửa điện dung đạt 20,23 A tại tốc độ 700 vòng/phút và giảm dần về 19,93A tại 6000 vòng/phút. Điều này cho thấy cực đại của cường độ dòng điện và sức điện động trên cuộn sơ cấp của bo-bin mạch đánh lửa điện dung thay đổi rất ít trong miền làm việc theo tốc độ động cơ (2,3 % đối

với sức điện động và 1,49% đối với cường độ dòng điện khi tốc độ động cơ thay đổi từ 700 - 6000 v/ phút).

3.5 Kết luận chương 3

Trong chương 3, đã đưa ra được các mô hình nguyên lý làm việc của hệ thống đánh lửa hybrid có hai giai đoạn làm việc (giai đoạn đánh lửa điện cảm và giai đoạn đánh lửa điện dung). Từ đó, triển khai được các mô hình tính toán cho cả hai giai đoạn đánh lửa điện cảm và đánh lửa điện dung.

Ở giai đoạn đánh lửa điện cảm, đã thực hiện được các phương trình mô tả cường độ dòng điện $i_1(t)$ và sức điện động tự cảm $V_1(t)$. Các tính toán và thực nghiệm cho thấy các diễn biến của hệ thống phù hợp với các tính toán lý thuyết. Ngoài ra tác giả cũng khảo sát được ảnh hưởng của các chi tiết cấu thành hệ thống như hệ số tự cảm của cuộn dây L_1 , tụ điện C_1 và tổng trở R đến các giá trị cường độ dòng điện $i_1(t)$ và sức điện động tự cảm $V_1(t)$.

Việc chọn dung lượng của tụ tích lũy năng lượng cho hệ thống đánh lửa hybrid có ý nghĩa quan trọng, các giá trị dung lượng của tụ không những ảnh hưởng đến khả năng đánh lửa ở giai đoạn đánh lửa điện dung, mà còn ảnh hưởng đến khả năng làm việc của cả hệ thống ở giai đoạn đánh lửa điện cảm. Với các giá trị của mạch đánh lửa điện cảm: tổng trở hệ thống $R=1,5 \Omega$, hệ số tự cảm của cuộn sơ cấp bo-bin $L_1= 1,25 \text{ mH}$, điện thế của nguồn cung cấp cho hệ thống đánh lửa $V=12,6\text{V}$. Dung lượng của tụ điện có giá trị $C_1=1\mu\text{F}$ cho thấy, các giá trị về năng lượng đánh lửa phục vụ cho mạch đánh lửa điện dung thỏa mãn các yêu cầu đánh lửa và điện áp cực đại U_{2m} ở mạch thứ cấp giai đoạn đánh lửa điện cảm vẫn đáp ứng được yêu cầu trên toàn miền làm việc của động cơ. Vì vậy, giá trị dung lượng tụ này ($C=1\mu\text{F}$) sẽ sử dụng cho thiết kế mạch đánh lửa hybrid.

Trong chương này cũng trình bày được mô hình tính toán của mạch đánh lửa hybrid ở giai đoạn đánh lửa điện dung và đưa ra được phương trình mô tả các giá trị cường độ dòng điện và sức điện động tự cảm ở giai đoạn đánh lửa điện dung $i_d(t)$ và $e_d(t)$ (các công thức 3.18, 3.19). Các tính toán và mô phỏng ở giai đoạn này cho thấy, các diễn biến thực tế trên mạch phù hợp với các tính toán lý thuyết. Từ những mô phỏng, ta nhận thấy khi tăng giá trị hệ số tự cảm L_d của bo-bin đánh lửa điện dung chu kỳ dao động T_d tăng (xem hình 3.33), điều này sẽ làm tăng thời gian xuất hiện tia lửa trên bu-gi. Như vậy, với cùng một giá trị điện trở, các bo-bin sử dụng cho hệ thống đánh lửa điện dung nên chọn các bo-bin có tỷ số kích thước của chiều rộng / chiều dài của bo-bin lớn để tăng thời gian xuất hiện tia lửa trên bu-gi (công thức 2.11).

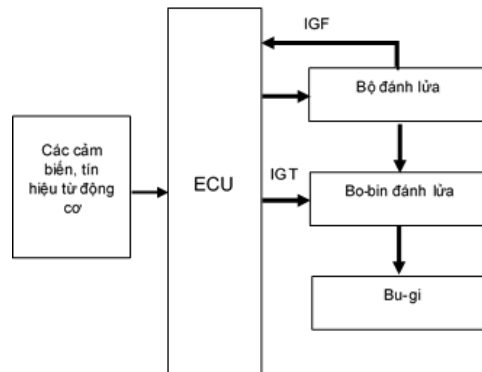
CHƯƠNG 4: CHẾ TẠO MẠCH ĐÁNH LỬA HYBRID

4.1 Khảo sát hệ thống điều khiển đánh lửa trên động cơ TOYOTA 1NZ-FE theo thiết kế của nhà chế tạo

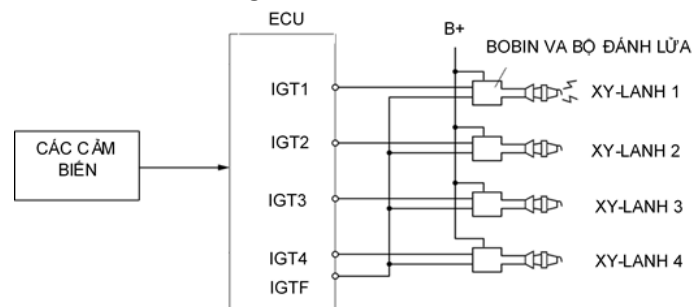
4.1.1 Giới thiệu về hệ thống điều khiển động cơ

4.1.2 Nguyên lý làm việc của hệ thống đánh lửa sử dụng trên động cơ TOYOTA 1 NZ-FE

Để có thể phát huy tối đa hiệu suất làm việc của động cơ, hỗn hợp không khí và nhiên liệu phải được đốt cháy sao cho áp suất cực đại của quá trình cháy ở khoảng 10° sau điểm chết trên. Tuy nhiên, thời gian từ khi hỗn hợp được đốt cháy, đến khi áp suất ở quá trình cháy đạt giá trị lớn nhất phụ thuộc vào tốc độ động cơ và áp suất đường ống nạp, nhiệt độ nước làm mát, nhiệt độ khí trời và một số yếu tố khác. Ở những động cơ được điều khiển từ máy tính, thông qua chức năng đánh lửa sớm điện tử, thời điểm đánh lửa sẽ được điều khiển trực tiếp từ ECU động cơ, với chức năng này động cơ được cung cấp thời điểm đánh lửa gần như lý tưởng. Dựa trên các thông tin từ các cảm biến và các dữ liệu chứa trong bộ nhớ, ECU sẽ xác định thời điểm đánh lửa tối ưu cho từng điều kiện làm việc khác nhau của động cơ. Sau khi xác định thời điểm đánh lửa, ECU sẽ gửi tín hiệu thời điểm đánh lửa (IGT) đến bộ đánh lửa. Khi tín hiệu IGT ngắt bộ đánh lửa sẽ ngắt dòng điện sơ cấp trong bo-bin, tạo ra tia lửa điện áp cao 7- 40 kV trong xi lanh. Vì ESA luôn đảm bảo thời điểm đánh lửa tối ưu, lượng khí thải được giảm xuống, tiêu hao nhiên liệu và công suất động cơ được duy trì ở mức tối ưu.



Hình 4.1 Sơ đồ chung về điều khiển đánh lửa trên động cơ



Hình 4.3: Sơ đồ thiết kế hệ thống đánh lửa trực tiếp trên động cơ TOYOTA 1NZ-FE

Theo thiết kế của nhà chế tạo, hệ thống đánh lửa sử dụng trên động cơ TOYOTA 1 NZ-FE có các đặc điểm sau: hệ thống đánh lửa điện cảm được điều khiển trực tiếp từ

hệ thống điều khiển động cơ, hệ thống không sử dụng bộ chia điện, bố trí bộ đánh lửa và bo-bin thành một cụm (COP - coil on plug) như trên hình 4.2.

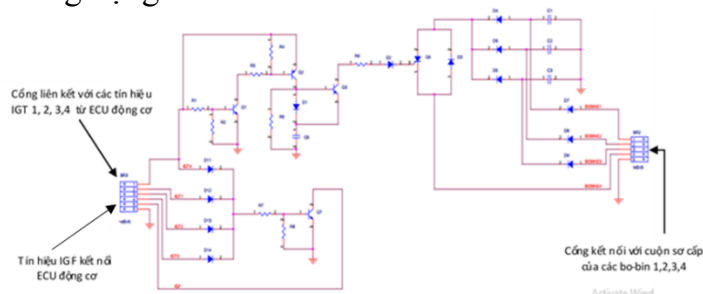
4.2 Chế tạo mạch đánh lửa hybrid

4.2.1 Ý tưởng chế tạo

4.2.2 Nguyên lý làm việc của hệ thống đánh lửa hỗn hợp điện dung - điện cảm (sử dụng cho động cơ 4 xy-lanh)

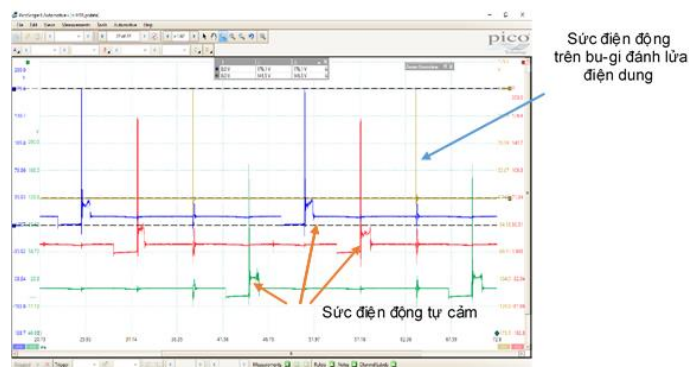
Hệ thống bao gồm hai chế độ làm việc: chế độ đánh lửa điện cảm và chế độ đánh lửa điện dung. Ở chế độ đánh lửa điện cảm, ECU điều khiển động cơ sẽ điều khiển quá trình đánh lửa của các tổ máy 1, 2, 3 (đánh lửa điện cảm), thông qua các tín hiệu IGT₁, IGT₂, IGT₃. Năng lượng tự cảm “thừa” trên các bo-bin 1, bo-bin 2, bo-bin 3,... sẽ được tích lũy vào các tụ C₁, C₂, C₃ tương ứng. Sau quá trình đánh lửa điện cảm, ở chế độ đánh lửa điện dung, tương ứng với thời điểm làm việc của tổ máy 4, tín hiệu IGT₄ từ ECU điều khiển động cơ sẽ điều khiển SCR mở. Năng lượng tích lũy trên các tụ C₁, C₂, C₃ sẽ được giải phóng đến cuộn dây sơ cấp của bo-bin 4, thực hiện quá trình đánh lửa trên tổ máy 4.

Trên hình 4.3 thể hiện bố trí toàn mạch của bộ đánh lửa hybrid theo các ý tưởng đã trình bày. Các linh kiện được bố trí thành cụm với kích thước nhỏ, gọn để bố trí và lắp đặt trên không gian khoang động cơ.



Hình 4.3: Bố trí chung mạch đánh lửa hybrid

Trên hình 4.4 thể hiện các dao động về sức điện động tự cảm trên hệ thống đánh lửa hybrid. Từ các dao động này ta thấy, cứ ba đánh lửa điện cảm, hệ thống sẽ thực hiện được một lần đánh lửa điện dung. Các quá trình này sẽ lặp đi lặp lại, nhằm thực hiện quá trình đốt cháy hỗn hợp trên động cơ.

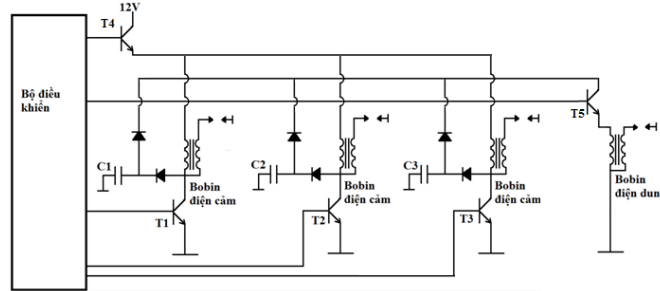


Hình 4.4: Dao động sức điện động tự cảm trên mạch đánh lửa hybrid

CHƯƠNG 5: THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

5.1. Thực nghiệm đánh giá khả năng tích lũy năng lượng:

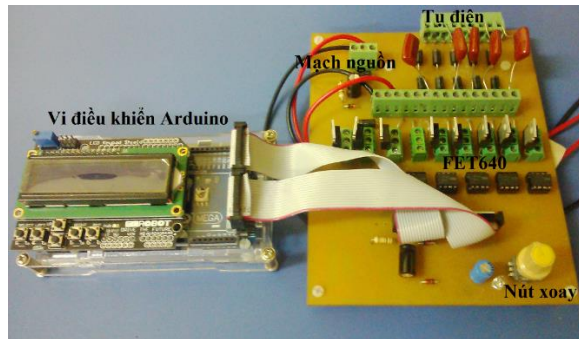
5.1.1 Mục đích, đối tượng và trang thiết bị thực nghiệm:



Hình 5.1: Mô hình thực nghiệm đánh giá khả năng tích lũy năng lượng

Trên hình 5.1 thể hiện sơ đồ khối mô hình thực nghiệm

Ở mô hình đánh lửa lai sử dụng bốn bo-bin: khi điều khiển lần lượt các transistor T_1 , T_2 , T_3 , quá trình đánh lửa điện cảm sẽ xảy ra ở các bu-gi tương ứng, năng lượng tự cảm (do phân sức điện động tự cảm “thừa” sinh ra tại cuộn sơ cấp) sẽ được tích lũy lần lượt vào các tụ C_1 , C_2 , C_3 và năng lượng này sẽ được giải phóng đồng thời qua bo-bin đánh lửa điện dung khi điều khiển transistor T_5 .



Hình 5.2: Mô hình hệ thống đánh lửa hybrid

B_+ : nguồn cấp cho Arduino.

B_{out} : nguồn cấp cho bo-bin điện cảm.

Nút xoay: điều chỉnh thời gian tích lũy năng lượng t_d và chế độ hoạt động.

FET640: các transistor T_1 , T_2 , T_3 , T_4 , T_5 , T_6 , T_7 .

IGT_i: tín hiệu đánh lửa.

E: mass.

Vi điều khiển Arduino sẽ điều khiển các bo-bin thực hiện quá trình đánh lửa. Có hai chế độ thực nghiệm là chế độ hoạt động bốn bo-bin hoặc sáu bo-bin. Mô hình thực nghiệm có thể điều chỉnh: chế độ hoạt động ở chế độ bốn hoặc sáu bo-bin, thời gian nạp t_d (thời gian tích lũy năng lượng) và tần số làm việc.

Bảng 5.2: Thời gian tích lũy năng lượng t_d trên động cơ TOYOTA 1NZ_FE

Số vòng quay động cơ (rpm)	700	1000	2000	3000	4000	5000	6000
Thời gian tích lũy năng lượng t_d (ms)	5,6	5	4,7	4,3	3,9	3,7	3,5

Trang bị thực nghiệm

Thực nghiệm sử dụng thiết bị đo điện áp - cường độ dòng điện chuyên dụng trên ô tô Picoscope 4425, có 4 kênh giao tiếp với máy tính

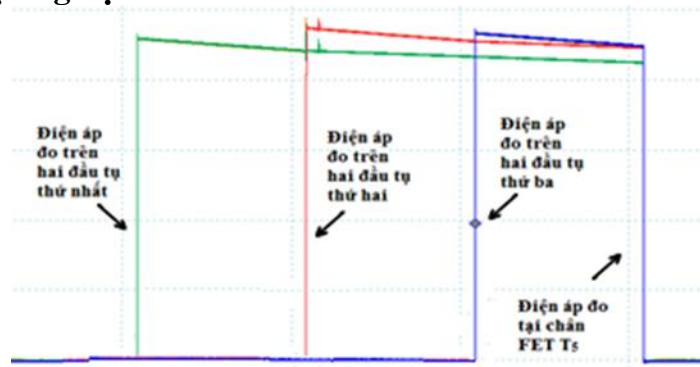
5.1.2 Qui trình thực nghiệm:

Nhiệm vụ:

Thu thập các giá trị điện áp trên các tụ 1, 2 và 3 khi cho mô hình hoạt động tương ứng với số vòng quay động cơ thay đổi (thể hiện qua thời gian tích lũy năng lượng thay đổi t_d). Tính toán năng lượng tích lũy được ở giai đoạn đánh lửa điện cảm khi số vòng quay thay đổi. Đánh giá khả năng tích lũy năng lượng trên hệ thống khi số vòng quay của động cơ thay đổi

Qui trình thực nghiệm

5.1.3 Kết quả thực nghiệm:



Hình 5.3: Điện áp trên tụ ở mô hình 4 xy lanh trong khoảng thời gian ngắn 5 ms với $r=10^6$ (Ω), $R=1,5$ (Ω), $L_1=1,25 \cdot 10^{-3}$ (H), $U=12,6$ (V), $C=1$ (μF)

Bảng 5.4: Số liệu thực nghiệm điện áp trên tụ ở mô hình bốn xy lanh với $R = 1,5\Omega$, $C = 1 \mu\text{F}$ và $L = 1,25 \text{ mH}$, $U=12,6 \text{ V}$

t_d (ms)	$V_1(\text{V})$		
	Tụ 1	Tụ 2	Tụ 3
5	173,2	182,1	182,9
4,7	173	181,7	182,7
4,3	172,5	181,3	182,1
3,9	171,9	180,6	181,6
3,7	171,6	180,1	181,6
3,5	170,9	179,8	180,8

Bảng 5.5: Năng lượng tích lũy trên tụ khi thực nghiệm mô hình bốn xy lanh với $R = 1,5 \Omega$, $C = 1 \mu\text{F}$ và $L = 1,25 \text{ mH}$, $U=12,6\text{V}$

t_d (ms)	W_c một tụ (mJ)			W_c tổng (mJ)
	Tụ 1	Tụ 2	Tụ 3	
5	14,99	16,58	16,73	48,3
4,7	14,96	16,51	16,69	48,16
4,3	14,89	16,43	16,58	47,9
3,9	14,77	16,31	16,49	47,57
3,7	14,72	16,22	16,49	47,43
3,5	14,6	16,16	16,34	47,1

Năng lượng tích lũy tăng dần theo thời gian và đạt cực đại 48,3 mJ tại $t_d = 5 \text{ ms}$. Năng lượng tích lũy thấp nhất là 47,1 mJ tại $t_{\text{ngâm}} = 3,5 \text{ ms}$. Năng lượng tích lũy thấp nhất trên mô hình vẫn vượt qua mức năng lượng tối thiểu để đánh lửa là 30 mJ.

Nhận xét: Kết quả thực nghiệm đã chứng minh được năng lượng tích lũy trên mô hình đủ sức để đánh lửa trên thực tế (hơn 45 mJ ở chế độ bốn xy lanh). Sai số giữa kết quả mô phỏng và thực nghiệm là khoảng 15%. Các kết quả thực nghiệm cho thấy:

- Năng lượng tích lũy trên hệ thống đạt giá trị lớn nhất 48,3 mJ khi sử dụng 3 tụ điện có dung lượng $C = 1 \mu\text{F}$ bảng (5.5).
- Sai lệch giữa năng lượng tích lũy trên tụ khi thực hiện tính toán mô phỏng và thực nghiệm là 10%

5.2 Thực nghiệm đánh giá hiệu quả làm việc của hệ thống đánh lửa hybrid:

5.2.1 Mục đích, đối tượng, trang thiết bị thực nghiệm và sơ đồ thực nghiệm

Mục đích thực nghiệm:

Quá trình thực nghiệm trên động cơ bốn xy-lanh TOYOTA 1 NZ-FE sử dụng nhiên liệu xăng, đánh lửa trực tiếp, nhằm mục đích đánh giá các tính năng kinh tế, kỹ thuật và mức độ phát thải của động cơ khi sử dụng hệ thống đánh lửa điện cảm và khi sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid, cụ thể:

- Xây dựng các đường đặc tính thể hiện công suất có ích theo số vòng quay ($M_e = f(n)$) và Mômen có ích theo số vòng quay ($N_e = f(n)$) tại các vị trí bướm ga 20%, 35%, 50%, 75%, 100% khi sử dụng hệ thống đánh lửa điện cảm và khi sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid

- Xây dựng các đặc tính lượng tiêu hao nhiên liệu G_{nl} (g/h) và suất tiêu hao nhiên liệu g_e (g/kWh) tại các vị trí bướm ga 20%, 35%, 50%, 75%, 100% khi sử dụng hệ thống đánh lửa điện cảm và khi sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid

- Đánh giá chất lượng khí thải của động cơ khi sử dụng hệ thống đánh lửa điện cảm và khi sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid.

Đối tượng thực nghiệm:

Thực nghiệm được tiến hành trên động cơ đốt trong sử dụng nhiên liệu xăng, đánh lửa trực tiếp và hệ thống điều khiển phun xăng đánh lửa bằng ECU động cơ Toyota (1NZ-FE) đã qua sử dụng với các thông số kỹ thuật chính được mô tả trong bảng 4.6.

Các yêu cầu đối với thiết bị thực nghiệm:

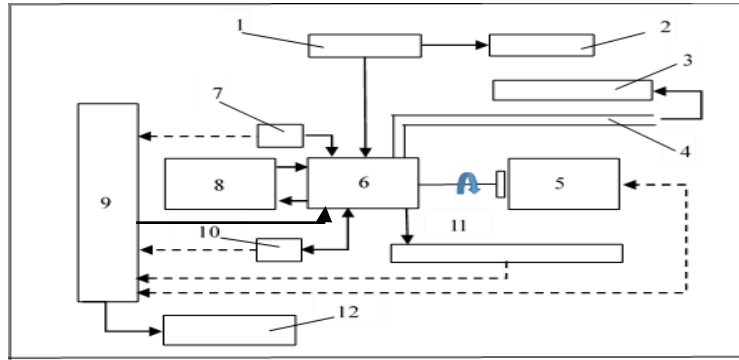
Trang thiết bị thực nghiệm

Bảng thử công suất

Thiết bị đo tiêu hao nhiên liệu

Máy phân tích khí thải

Sơ đồ bố trí trang thiết bị thí nghiệm



Hình 5.9: Sơ đồ bố trí thiết bị thí nghiệm trên động cơ Toyota 1 NZ-FE

1. Thùng chứa nhiên liệu; 2. Thiết bị đo tiêu hao nhiên liệu; 3. Máy phân tích khí thải; 4. Hệ thống thải; 5. Bảng thử công suất; 6. Động cơ Toyota 1NZ-FE; 7. Thiết bị điều khiển bướm ga; 8. Hệ thống làm mát động cơ; 9. Hệ thống điều khiển trung tâm (EMCON 400); 10. Hệ thống điều khiển động cơ; 11. Hệ thống thu thập dữ liệu; 12. Máy tính thu thập dữ liệu.

5.2.2 Các qui trình thực nghiệm:

Để đánh giá hiệu quả làm việc của hệ thống đánh lửa hybrid thực nghiệm tiến hành xác định các giá trị Xác định M_e , N_e , G_{nh} , g_e , chất lượng khí thải theo hai loạt đo

Loạt đo 1: Khi động cơ sử dụng hệ thống đánh lửa điện cảm (theo thiết kế ban đầu)

Loạt đo 2: Khi động cơ sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid (như đề xuất trong luận văn).

Các qui trình thực nghiệm thực hiện giống nhau ở các hai loạt đo. Nhiên liệu xăng (A95) sử dụng cho cả hai loạt đo theo đúng yêu cầu nhà sản xuất xăng.

Xác định đặc tính Momen có ích (M_e) và công suất có ích (N_e):

Từ bảng điều khiển EMCON 400 khởi động động cơ và cho hoạt động đến nhiệt độ ổn định, chọn chế độ vận hành bằng thử Tốc độ / Góc mở bướm ga (Speed/ Alpha). Tại các vị trí bướm ga 20%, 35%, 50%, 75%, 100% tiến hành thay đổi momen cân bằng cách thay đổi số vòng quay động cơ từ 700- 6000 vòng / phút (bước chuyển 250 vòng / phút), duy trì các giá trị vận hành bằng thử tại điểm đo trong một phút. Trong quá trình

này hệ thống thu thập AVL- Indicom sẽ tính toán và thu thập dữ liệu M_e , N_e tại các điểm đo.

Xác định lượng tiêu nhiên liệu theo giờ và suất tiêu hao nhiên liệu riêng:

Tính toán lượng tiêu hao nhiên liệu theo giờ được sử dụng phép đo khối lượng nhiên liệu trực tiếp thông qua thiết bị cân FP7000 model 406 –II của hãng Fillon Pichon. Tại các điểm đo, các chế độ đo được duy trì trong 1 phút. Lưu lại các kết quả và tính toán ra lượng tiêu hao nhiên liệu theo giờ (G_{nl}). Suất tiêu hao nhiên liệu riêng (g_e) được tính toán theo công thức: $g_e = \frac{G_{nl}}{N_e}$

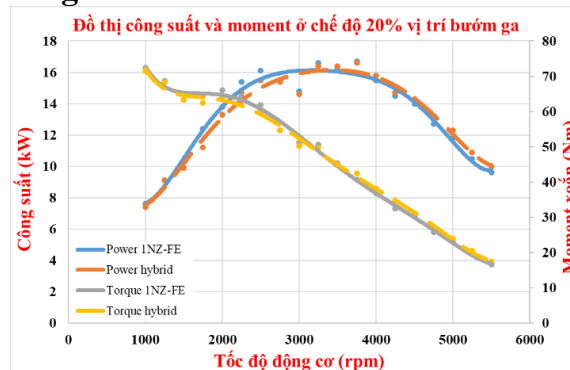
Đánh giá chất lượng khí thải:

Chất lượng khí thải được đánh giá qua hai thông số CO (% thể tích), HC (ppm thể tích). Việc đánh giá này được thực hiện theo qui trình ISO 3930-1976 của cục đăng kiểm Việt Nam và tại các vị trí bướm ga 20%, 50% và 75% tương ứng với các số vòng quay 1000 vòng/ phút, 3000 vòng/ phút và 6000 vòng/ phút. Trước khi tiến hành đo thiết bị cần được khởi động. Tại các điểm đo thực hiện bước làm sạch (nhấn nút Purge), sau một thời gian đủ lớn nhưng không quá 30 giây, thực hiện việc in ra dữ liệu.

Kết quả thực nghiệm và thảo luận:

Các đường đặc tính thể hiện công suất có ích theo số vòng quay $M_e = f(n)$ và Moment có ích theo số vòng quay $N_e = f(n)$ tại các vị trí bướm ga 20%, 35%, 50%, 75%, 100% khi sử dụng hệ thống đánh lửa điện cảm và khi sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid. Thuyết minh sẽ trình bày tại các chế độ 20%, 50% và 100% bướm ga (các chế độ còn lại sẽ trình bày ở phụ lục).

Chế độ 20 % bướm ga

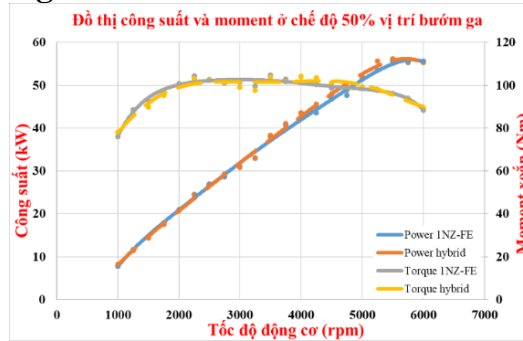


Hình 5.11: Đồ thị công suất, moment ở chế độ 20% bướm ga của hệ thống đánh lửa nguyên thủy và hybrid

Động cơ sử dụng hệ thống đánh lửa nguyên thủy (Pe_1 , Me_1): công suất cực đại 16,7 kW tại 3750 vòng/phút, moment đạt cực đại 72,4 Nm tại 1000 vòng/phút.

Động cơ sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid (Pe_2 , Me_2): công suất cực đại 16,6 kW tại 3750 vòng/phút, moment đạt cực đại 71,5 Nm tại 1000 vòng/phút.

Chế độ 50 % bướm ga

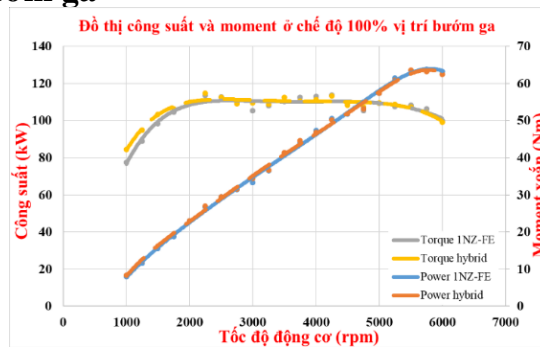


Hình 5.12: Đồ thị công suất, moment ở chế độ 50 % bướm ga của hệ thống đánh lửa nguyên thủy và hybrid

Động cơ sử dụng hệ thống đánh lửa nguyên thủy: công suất cực đại 55,6 kW tại 5500 vòng/phút, moment đạt cực đại 104,8 N.m tại 3500 vòng/phút.

Động cơ sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid: công suất cực đại 56.2 kW tại 5500 vòng/phút, moment đạt cực đại 104,2 N.m tại 4000 vòng/phút.

Chế độ 100 % bướm ga



Hình 5.13: Đồ thị công suất, moment ở chế độ 100 % bướm ga của hệ thống đánh lửa nguyên thủy và hybrid

Động cơ sử dụng hệ thống đánh lửa nguyên thủy: công suất cực đại 63,8 kW tại 5750 vòng/phút, moment đạt cực đại 113,7 N.m tại 4250 vòng/phút.

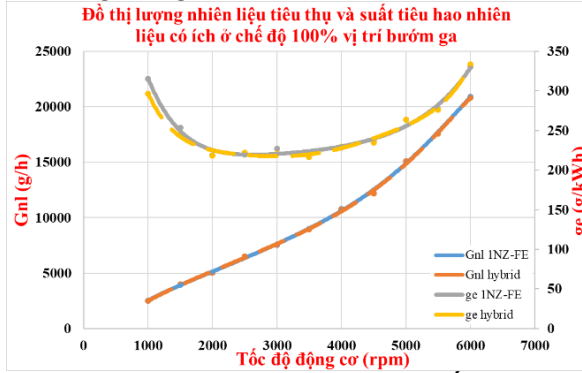
Động cơ sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid: công suất cực đại 63,6 kW tại 5000 vòng/phút, moment đạt cực đại 113,3 N.m tại 4250 vòng/phút.

Khi so sánh các sai lệch về công suất đỉnh $N_{e\max}$ và momen $M_{e\max}$ của động cơ khi sử dụng hệ thống đánh lửa điện khi sử dụng hệ thống đánh lửa điện cảm và hệ thống đánh lửa hybrid là không đáng kể. Tuy nhiên, do động cơ thực nghiệm đã qua sử dụng nên cả hai giá trị này đều có sai lệch khoảng 20% so với giá trị của nhà chế tạo công bố

Đánh giá tiêu hao nhiên liệu:

Trên hình 5.14 thể hiện lượng tiêu hao nhiên liệu theo giờ và suất tiêu hao nhiên liệu riêng. Các kết quả cho thấy lượng tiêu hao nhiên liệu của động cơ đạt giá trị đạt giá

trị 21kg nhiên liệu / giờ và suất tiêu hao nhiên liệu riêng đạt giá trị nhỏ nhất g_{emin} 223g/KWh tại 2500 v/phút. Các đường cong tiêu hao nhiên liệu



Hình 5.14: Đồ thị tiêu hao nhiên liệu theo giờ (G_{nl}) và suất tiêu hao nhiên liệu riêng (g_e)

Trên hệ thống điện của động cơ, hệ thống đánh lửa được xem như một loại phụ tải làm việc liên tục. Trong quá trình làm việc năng lượng sử dụng cho một lần đánh lửa phụ thuộc vào thời gian tích lũy năng lượng t_d . Tuy nhiên, t_d chỉ phụ thuộc vào hai thông số chính điện áp accu và số vòng quay động cơ (không phụ thuộc vào chế độ tải). Vì vậy, nếu điện áp accu ổn định lượng nhiên liệu tiết kiệm được trên hệ thống đánh lửa cũng thay đổi theo số vòng quay động cơ.

Để đánh giá được lượng nhiên liệu tiết kiệm từ hệ thống đánh lửa hybrid có thể sử dụng các tính toán sau:

Tổng năng lượng cung cấp này bao gồm năng lượng tỏa nhiệt (W_n) trên cuộn dây sơ cấp bobin và năng lượng dự trữ đánh lửa (W_{dt}):

$$W_{\Sigma} = W_n + W_{dt} \quad (5-1)$$

Năng lượng tiêu hao do tỏa nhiệt trên bobin được tính:

$$W_n = \int_0^{t_{ng}} i_1^2 \cdot R_1 \cdot dt \quad (5-2)$$

Trong đó: i_1 : dòng điện đi qua cuộn sơ cấp- bobin đánh lửa điện cảm (A), R_1 : điện trở cuộn dây sơ cấp (Ω), R_{Σ} : tổng trở trên mạch sơ cấp (Ω), $\tau_1 = \frac{L_1}{R_{\Sigma}}$: là hằng số điện từ của mạch

Giải tích phân ta được:

$$W_n = \frac{U^2}{R_{\Sigma}^2} \cdot R_1 \cdot [t_{ng} + 2 \cdot \tau_1 \cdot e^{-\frac{t_{ng}}{\tau_1}} - \frac{\tau_1}{2} \cdot e^{-\frac{2t_{ng}}{\tau_1}} - \frac{3}{2} \cdot \tau_1] \quad (5-3)$$

Năng lượng dự trữ cho đánh lửa điện cảm được tính theo biểu thức sau:

$$W_{dt} = \frac{L_1 \cdot I_{ng}^2}{2} \quad (5-5)$$

Trong đó: W_{dt} : Năng lượng dự trữ đánh lửa (J); I_{ng} : Dòng điện ngắt trên cuộn sơ cấp (A), $I_{ng} = i_1(t_d)$

Tổng năng lượng tiêu hao cho một hệ thống đánh lửa điện cảm trong 1 giờ tương ứng với tốc độ động cơ cho ở bảng 5.12: $W_{\Sigma 1h} = W_{\Sigma} \cdot 60 \cdot \frac{ne}{2}$ (J) (5-6)

Trong đó: n_e : là tốc độ động cơ (vòng/phút).

Bảng 5.12: Đánh giá năng lượng tích lũy trên hệ thống đánh lửa hybrid theo số vòng quay động cơ

Số vòng quay (vòng/phút)	W_{dt} (mJ) 1 lần đánh lửa	W_n (mJ) 1 lần đánh lửa	W_{Σ} (mJ) 1 lần đánh lửa	$W_{\Sigma 1h}$ (J) 1 giờ
1000	75.08	470.51	545.59	16368
2000	74.5	429.48	503.98	30238
3000	73.54	375.3	448.84	40395
4000	72.2	321.97	394.17	47300
5000	71.25	321.97	393.22	58983
6000	70.13	269.83	339.96	61192

Trong bảng 5.12 trình bày năng lượng tiết kiệm được trong một giờ khi sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid ở các vùng tốc độ khác nhau. Phần năng lượng này thực tế lấy từ accu với rất nhiều tổn thất trong quá trình tích lũy và chuyển hóa năng lượng (hiệu suất làm việc của động cơ xăng, hiệu suất làm việc của máy phát điện, hiệu quả tích lũy của accu và các mất mát khác).

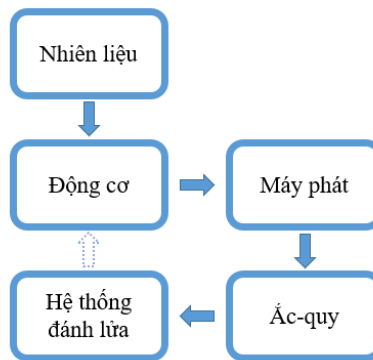
Hiệu suất động cơ: $\eta_e = 0.2 - 0.35$.

Hiệu suất bộ truyền đai thang: $\eta_d = 0.95 - 0.96$.

Hiệu suất máy phát: $\eta_p = 0.4 - 0.65$.

Hiệu suất ắc-quy: $\eta_a = 0.75 - 0.9$.

Hiệu suất tổng cộng: $\eta_{\Sigma} = \eta_e \cdot \eta_d \cdot \eta_p \cdot \eta_a = 0.057 - 0.1966$.



Hình 5.15: Mô tả đường truyền năng lượng từ Nhiên liệu- Hệ thống đánh lửa
 Năng lượng tiết kiệm (W_e) được khi tính đến sự tổn hao qua đường truyền năng lượng cho ở bảng 5.13, được tính theo biểu thức: $W_e = \frac{W_{\Sigma 1h}}{\eta_{\Sigma}}$ (J) (5-7)

Như vậy: Năng lượng tiết kiệm (W_{emax}) lớn nhất: $W_{emax} = \frac{W_{\Sigma 1h}}{\eta_{\Sigma min}}$

Năng lượng tiết kiệm (W_{emin}) nhỏ nhất: $W_{emin} = \frac{W_{\Sigma 1h}}{\eta_{\Sigma max}}$

Bảng 5.13: Tổng năng lượng tiết kiệm trong một giờ khi tính đến sự tổn hao khi truyền năng lượng

Số vòng quay (vòng/phút)	$W_{\Sigma 1h}$ (J) 1 giờ	W_{emax} (J)	W_{emin} (J)
1000	16368	287150	83253
2000	30238	530500	153810
3000	40395	708690	205470
4000	47300	829830	240590
5000	58983	965730	279990
6000	61192	1073600	311250

Công sinh ra của nhiên liệu khi bỏ qua nhiệt lượng tỏa ra do sự ngưng tụ của hơi nước chứa trong sản phẩm cháy khi ta làm lạnh nó đến nhiệt độ ban đầu gọi là nhiệt trị thấp Q_H của nhiên liệu. Đối với nhiên liệu xăng ta có Q_H của xăng là 44 MJ/kg.

Lượng nhiên liệu tiết kiệm được trong 1 giờ từ việc tiết kiệm năng lượng đánh lửa được cho ở bảng 5.13 được tính theo biểu thức sau:

$$G_{nltk} = \frac{W_e \cdot 1000}{Q_H} \text{ (g)} \quad (5-8)$$

Trong đó: G_{nltk} : lượng nhiên liệu tiết kiệm (g), Q_H : Nhiệt trị thấp của nhiên liệu (J/kg), W_e : Năng lượng tiết kiệm (J)

Bảng 5.14: Lượng nhiên liệu tiết kiệm được trong 1 giờ khi sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid

Số vòng quay (vòng/phút)	W_{emax} (J)	W_{emin} (J)	$G_{nltkmax}$ (g)	$G_{nltkmin}$ (g)
1000	28685	83165	6.53	1.89
2000	530500	153810	12.1	3.5
3000	708690	205470	16.11	4.7
4000	829830	240590	18.86	5.47
5000	965730	279990	21.95	6.36
6000	1073600	311250	24.4	7.07

Đánh giá chất lượng khí thải

Bảng 5.15: Tiêu chuẩn khí thải cho động cơ xăng (TCVN 6438:2018)

Thành phần gây ô nhiễm trong khí thải	Phương tiện lắp động cơ xăng 4 kỳ các loại ô tô			
	Mức 1	Mức 2	Mức 3	Mức 4
CO (% thể tích)	4.5	3.5	3.0	0.5
HC (ppm thể tích)	1200	800	600	300

Bảng 5.15 là tiêu chuẩn khí thải cho động cơ xăng 4 kỳ (TCVN 6438:2018) được đánh giá theo thành phần CO, HC theo qui trình đo chất lượng khí thải được thực hiện theo TCVN 6204:2008 (ISO 3929: 2003- tương thích với chỉ thị 92/55/EEC của cộng

đồng Kinh tế châu Âu). Qua đó, động cơ sau khi đã kiểm tra hệ thống thải của động cơ (không được rò rỉ), động cơ phải được hâm nóng đến trạng thái hoạt động bình thường (ít nhất hoạt động sau 15 phút). Đầu ống đo được đặt sâu vào ống xả ít nhất 300mm.

Sau khi hâm nóng động cơ, cho động cơ hoạt động ở 3000 vòng/phút trong 60 giây sau đó đưa về số vòng quay không tải. Động cơ phải đạt điều kiện về nhiệt độ (nhiệt độ động cơ đạt 90-95°C). Đưa bộ phân tích về chế độ đo. Thực hiện phép đo trong thời gian đủ lâu (nhưng không quá 30 giây). Các số liệu về hàm lượng CO (% thể tích) và HC (ppm thể tích) thu thập được sau khi thực hiện phép đo được trình bày trong bảng 5.16

Bảng 5.16: Chất lượng khí thải động cơ khi thực hiện đối sánh - sử dụng hệ thống đánh lửa nguyên thủy và khi sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid

Thành phần gây ô nhiễm	Động cơ khi sử dụng hệ thống đánh lửa nguyên thủy			Động cơ khi sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid		
	Lần 1	Lần 2	Lần 3	Lần 1	Lần 2	Lần 3
CO (% thể tích)	2.78	2.15	1.96	2.26	2.86	2.76
Giá trị trung bình (% thể tích)	2.29			2.63		
HC (ppm thể tích)	65	71	72	86	71	74
Giá trị trung bình (ppm thể tích)	69,33			77		

Tại chế độ không tải chất lượng khí thải khi sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid có sai khác không đáng kể so với khi sử dụng hệ thống đánh lửa nguyên thủy. Các kết quả này đều đạt tiêu chuẩn khí thải ở mức 3 TCVN 6438:2018. Điều này một lần nữa cho thấy, hệ thống đánh lửa hybrid hoạt động hiệu quả trong quá trình hoạt động của động cơ.

KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Kết luận:

Luận án được hoàn thành và rút ra được các kết luận sau:

1. Hệ thống đánh lửa hybrid (hệ thống đánh lửa hỗn hợp điện dung - điện cảm) là một trong các hướng nghiên cứu về hệ thống đánh lửa đã được nhiều nhà nghiên cứu quan tâm. Tuy nhiên, đối với các nghiên cứu ngoài nước, các công trình đã công bố chỉ đề cập theo hướng phối hợp hai kiểu đánh lửa điện cảm, điện dung nhằm kéo dài thời gian xuất hiện tia lửa trên bu-gi. Hướng nghiên cứu theo hướng tích lũy năng lượng từ

sức điện động tự cảm trên tụ điện (từ những lần đánh lửa tự cảm), nhằm phục vụ cho đánh lửa điện dung lần đầu tiên được đề cập trong luận án của tác giả.

2. Luận án đã trình bày các nghiên cứu tổng quan về các hệ thống đánh lửa sử dụng trên động cơ xăng, các đặc điểm của hệ thống đánh lửa điện dung, điện cảm. Các thông số chủ yếu của hệ thống đánh lửa. Luận án cũng đề cập đến năng lượng cần thiết cho quá trình đánh lửa trên động cơ xăng, cũng như các yếu tố ảnh hưởng đến năng lượng đánh lửa.

3. Luận án đã xây dựng được phương trình biểu diễn quá trình tăng trưởng của dòng điện đi qua cuộn sơ cấp, sức điện động tự cảm ở giai đoạn đánh lửa điện cảm và giai đoạn đánh lửa điện dung và khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến chúng (điện trở của mạch sơ cấp, hệ số tự cảm của các cuộn dây bo-bin, dung lượng tụ điện). Ngoài ra, luận án cũng đề cập được các bước trong quá trình xác định dung lượng của tụ nhằm thực hiện tích lũy năng lượng từ sức điện động tự cảm, phục vụ cho giai đoạn đánh lửa điện dung.

4. Luận án đã nghiên cứu và chế tạo thành công hệ thống đánh lửa hỗn hợp điện dung - điện cảm trên động cơ bốn xy-lanh (TOYOTA 1NZ-FE) có khả năng tích lũy sức điện động tự cảm (từ giai đoạn đánh lửa điện cảm) trên 3 tụ điện $1 \mu\text{F}$ và phục vụ cho giai đoạn đánh lửa điện dung. Với kết cấu đơn giản và tận dụng được các đặc điểm sẵn có từ hệ thống điều khiển động cơ. Hệ thống đánh lửa hybrid như đã trình bày, bảo đảm hoạt động ổn định của động cơ ở các chế độ hoạt động khác nhau và tiết kiệm được năng lượng cho một lần đánh lửa / một chu kỳ làm việc của động cơ.

5. Các kết quả thực nghiệm trên mô hình đánh lửa hybrid trên động cơ 4 xy-lanh cho thấy: Với các thông số của hệ thống: điện trở của mạch sơ cấp $R: 1,12 \Omega$, hệ số tự cảm của cuộn sơ cấp bo-bin $L = 1,25 \text{ mH}$, dung lượng của tụ $C=1 \mu\text{F}$, điện áp nguồn $V=12,6\text{V}$. Năng lượng tích lũy trên tụ điện ở 3 lần đánh lửa điện cảm thỏa mãn năng lượng phục vụ cho một lần đánh lửa điện dung.

6. Khi lắp đặt hệ thống đánh lửa hybrid trên động cơ TOYOTA 1NZ-FE các thực nghiệm theo hướng đối sánh giữa hai trường hợp, khi động cơ sử dụng hệ thống đánh lửa điện cảm theo thiết kế của nhà chế tạo và khi sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid cho thấy

- Các khác biệt về momen có ích (M_e) và công suất có ích (N_e) không đáng kể
 - Khác biệt lớn nhất đối với momen có ích M_e là 8,8 % - bướm ga mở 100%, số vòng quay 1000 vòng/phút)
 - Khác biệt lớn nhất đối với công suất có ích N_e là 5 % - bướm ga mở 100%, số vòng quay 1000 vòng/phút)
- Các sai lệch về hàm lượng khí thải ứng với chế độ làm việc không tải theo hệ thống đánh lửa điện cảm nguyên thủy và hệ thống đánh lửa hybrid lần lượt là:
 - CO (% thể tích): 2,29 và 2,63
 - HC (ppm thể tích): 69,33 và 77

Các số liệu khí thải này phù hợp với các qui định về khí thải Việt Nam ở mức 3 theo TCVN 6438-2018

- Hệ thống đánh lửa hy-brid có khả năng tiết kiệm năng lượng

Mặc dù khả năng tiết kiệm năng lượng của hệ thống đánh lửa hybrid không lớn khoảng 24,4 g nhiên liệu / giờ khi động cơ hoạt động 6000 vòng/ phút (Bảng 5.14). Tuy nhiên, khi tiết kiệm nhiên liệu sử dụng, đồng nghĩa với việc giảm phát thải ra môi trường và với số lượng ô tô sử dụng nhiên liệu xăng trên thế giới lên đến 1,2 tỷ như hiện nay, đây là một hướng nghiên cứu hữu ích.

. Các cơ sở lý luận, các tính toán trong luận án có thể triển khai áp dụng trên hệ thống đánh lửa của các động cơ nhiều xy-lanh.

Hướng phát triển

Trên cơ sở các nghiên cứu đã đề cập trong luận án, người nghiên cứu xin được phép trình bày các hướng phát triển sau:

1.Nghiên cứu sử dụng năng lượng tích lũy từ sức điện động tự cảm của các cuộn dây để sử dụng cho mục đích khác.

2.Nghiên cứu ứng dụng hệ thống đánh lửa hybrid trên động cơ 1 xy-lanh theo hướng sử dụng nhiều tụ điện được nạp lần lượt và giải phóng năng lượng trên các các tụ một lần

4.Nghiên cứu thay đổi dung lượng của tụ điện tương ứng với từng chế độ làm việc của động cơ.

5.Đánh giá ảnh hưởng của điều kiện khí hậu Việt Nam (nóng, ẩm), đến hoạt động của hệ thống đánh lửa nói chung và hệ thống đánh lửa hybrid nói chung.

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**

ĐỖ QUỐC ÁM

**NGHIÊN CỨU, TÍNH TOÁN, CHẾ TẠO HỆ THỐNG ĐÁNH LỬA HỖN HỢP ĐIỆN
DUNG- ĐIỆN CẢM SỬ DỤNG BO-BIN ĐƠN**

**LUẬN ÁN TIẾN SĨ
NGÀNH: KỸ THUẬT CƠ KHÍ**

Tp Hồ Chí Minh, tháng 5/ năm 2020

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**

ĐỖ QUỐC ÁM

**NGHIÊN CỨU, TÍNH TOÁN, CHẾ TẠO HỆ THỐNG ĐÁNH LỬA
HỖN HỢP ĐIỆN DUNG- ĐIỆN CẢM SỬ DỤNG BO-BIN ĐƠN
NGÀNH: KỸ THUẬT CƠ KHÍ- 62520103**

Hướng dẫn khoa học:

1 PGS. TS. Đỗ Văn Dũng

2 TS Lâm Mai Long

LÝ LỊCH CÁ NHÂN

I. LÝ LỊCH SƠ LƯỢC

Họ và tên: Đỗ Quốc Âm Giới tính: Nam
Ngày, tháng, năm sinh: 13/07/1965 Nơi sinh: TPHCM
Quê quán: Hà nội Dân tộc: Kinh
Chỗ ở riêng hoặc địa chỉ liên lạc 241 A Lê Văn Việt, Phường Hiệp Phú, Quận 9,
TPHCM
Điện thoại 0913120175
Điện thoại nhà riêng
E-mail: amdq@hcmute.edu.vn

II QUÁ TRÌNH ĐÀO TẠO

1 Trung học chuyên nghiệp

Hệ đào tạo: Chính qui Thời gian đào tạo: 1982-1984
Nơi học: Trường trung học công nghiệp Thủ Đức
Ngành học: Cơ khí ô tô

1 Đại học

Hệ Đào tạo: Chính qui
Nơi học: Trường ĐHSPKT.TPHCM Thời gian đào tạo: 1984-1990
Ngành học: Ô tô máy kéo
Tên đề án: Viết chuyên đề về bộ điều tốc
Ngày và nơi bảo vệ luận án tốt nghiệp: tháng 7 năm 1990, Trường
ĐHSPKT.TPHCM

Người hướng dẫn: Giảng viên Nguyễn Tố Quyên

2 Cao học

Hệ Đào tạo: Chính qui
Nơi học : Trường ĐHSPKT.TPHCM Thời gian đào tạo 2000 - 2003
Ngành học: Cơ khí ô tô
Tên đề án: Nghiên cứu và đề xuất một số giải pháp nâng cao hiệu quả sử dụng các hệ thống đánh lửa ở Việt Nam

Ngày và nơi bảo vệ luận án tốt nghiệp: năm 2003, Trường ĐHSPKT.TPHCM

Người hướng dẫn: PGS.TS Đỗ Văn Dũng

III. QUÁ TRÌNH CÔNG TÁC CHUYÊN MÔN TỪ KHI TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC

Thời gian	Nơi công tác	Công việc đảm nhiệm
1990- 2013	Trường ĐHSPKT.TPHCM	Cán bộ giảng dạy, Phó Bộ môn Động cơ, Trưởng Bộ môn Động cơ
2013- 2020		Phó trưởng Khoa Cơ khí Động lực

III CÁC ĐỀ TÀI DỰ ÁN, NHIỆM VỤ KHÁC ĐÃ CHỦ TRÌ HOẶC THAM GIA

Tên đề án, dự án, nhiệm vụ khác đã chủ trì hoặc tham gia	Thời gian (bắt đầu- kết thúc)	Thuộc chương trình nếu có	Tình trạng đề tài(đã nghiệm thu, chưa nghiệm thu)
Nghiên cứu, chế tạo mô hình và đề xuất hệ thống bài giảng dạy thực hành động cơ phun xăng - 2001	2001-2003	Đề tài Nghiên cứu khoa học cấp Bộ	Đã nghiệm thu
Nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm các hệ thống đang sử dụng ở Việt Nam và khả năng lắp lẫn	2002-2003	Đề tài Nghiên cứu khoa học cấp Bộ	Đã nghiệm thu
Nghiên cứu chế tạo mạch đánh lửa trên động cơ ô tô theo chương trình	2008-2010	Đề tài Nghiên cứu khoa học cấp Bộ	Đã nghiệm thu

Ngày 11 tháng 05 năm 2020

Nghiên cứu sinh

Đỗ Quốc Âm

LỜI CAM ĐOAN

Tôi cam đoan đây là công trình nghiên cứu của tôi
Các số liệu, kết quả trong luận án là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác

Ngày 11 tháng 05 năm 2020
Nghiên cứu sinh

Đỗ Quốc Âm

LỜI CẢM ƠN



Để hoàn thành luận án này tôi nhận được sự hỗ trợ, giúp đỡ từ rất nhiều cá nhân và tổ chức.

Tôi xin cảm ơn Ban giám hiệu Trường Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật TP. Hồ Chí Minh đã tạo điều kiện cho tôi thực hiện luận án này.

Tôi vô cùng cảm ơn hai thầy hướng dẫn khoa học: Nhà giáo ưu tú . PGS. TS Đỗ Văn Dũng và TS Lâm Mai Long đã định hướng nghiên cứu, động viên và bỏ nhiều công sức hướng dẫn tôi thực hiện luận án này.

Tôi xin gửi lời cảm ơn sâu sắc đến quý thầy phản biện đã bỏ thời gian và công sức để đọc tập luận án này và đóng góp các ý kiến hết sức quý báu giúp tôi hoàn thiện nội dung của luận án

Xin cảm ơn các đồng nghiệp, các sinh viên đã bỏ nhiều thời gian, công sức giúp đỡ tôi trong thời gian thực hiện các nội dung trong luận án.

Tôi hết sức trân trọng sự đồng hành hỗ trợ, động viên từ gia đình và các bạn bè đã khuyến khích- động viên tôi trong thời gian thực hiện luận án

Hết sức trân trọng

Nghiên cứu sinh

Đỗ Quốc Âm

TÓM TẮT NHỮNG ĐÓNG GÓP MỚI CỦA LUẬN ÁN

Họ & tên NCS : Đỗ Quốc Âm MSNCS: 13252010301

Thuộc chuyên ngành : Kỹ thuật cơ khí Khoá: 2013-2016

Tên luận án : Nghiên cứu, tính toán, chế tạo hệ thống đánh lửa hỗn hợp
điện dung – điện cảm sử dụng bo-bin đơn

Người hướng dẫn chính : PGS. TS Đỗ Văn Dũng

Người hướng dẫn phụ : TS Lâm Mai Long

Tóm tắt những đóng góp mới về lý luận và học thuật của luận án:

Trên các động cơ đốt trong cháy cưỡng bức, hệ thống đánh lửa có nhiệm vụ tạo ra tia lửa để đốt cháy hỗn hợp trong xy lanh vào cuối quá trình nén. Hệ thống đánh lửa có ba nhiệm vụ chính: tạo ra tia lửa đủ mạnh để đốt cháy hỗn hợp trong xy-lanh, thời điểm đánh lửa chính xác và phải có độ bền cao. Dựa vào cách tích lũy năng lượng, hệ thống đánh lửa trên ô tô được chia làm hai loại: hệ thống đánh lửa điện cảm, hệ thống đánh lửa điện dung, cả hai hệ thống trên đều sử dụng biến áp đánh lửa (bo-bin) nhằm tăng điện áp từ 6V hay 12V lên điện thế cao áp từ 7-40kV, tạo ra tia lửa giữa hai điện cực bu-gi đốt cháy hỗn hợp trong động cơ. Ở cuối giai đoạn tích lũy năng lượng trên cuộn sơ cấp của bo-bin xuất hiện sức điện động tự cảm. Điện áp tự cảm này ảnh hưởng xấu tới các thiết bị đóng ngắt, gây nhiễu và làm giảm điện áp thứ cấp trên bo-bin.

Để bảo vệ các thiết bị đóng ngắt, người ta thường dùng các biện pháp như: mắc tụ điện song song với tiếp điểm, dùng diode zener mắc song song với transistor, hoặc các biện pháp bảo vệ khác. Với các biện pháp này, thiết bị đóng ngắt dòng sơ cấp được bảo vệ, nhưng lại không tận dụng được phần năng lượng tự cảm sinh ra từ cuộn dây sơ cấp.

Nội dung đề tài tập trung vào việc nghiên cứu thiết kế chế tạo hệ thống đánh lửa lai hỗn hợp điện dung – điện cảm sử dụng trên động cơ 4 xy-lanh có khả năng tích lũy năng lượng tự cảm trên các bo-bin đánh lửa điện cảm, để sử dụng trong giai đoạn đánh lửa điện dung. Như vậy sẽ khắc phục được các nhược điểm đã nêu và tiết kiệm được năng lượng sử dụng cho hệ thống đánh lửa.

Tác giả đã khảo sát các hệ thống đánh lửa lai hỗn hợp điện dung -điện cảm đã được đề cập trên thế giới, các khảo sát cho thấy các nghiên cứu trên đều tập trung vào việc kéo dài

thời gian xuất hiện tia lửa trên bu-gi, hoặc thực hiện nhiều lần đánh lửa trong một xy-lanh động cơ.

Luận án đã trình bày các nghiên cứu tổng quan về các hệ thống đánh lửa sử dụng trên động cơ đốt trong, các đặc điểm của hệ thống đánh lửa điện dung, điện cảm, các thông số chủ yếu của hệ thống đánh lửa. Năng lượng cần thiết cho quá trình đánh lửa trên động cơ xăng, cùng với các yếu tố ảnh hưởng đến năng lượng đánh lửa.

Luận án đã xây dựng được phương trình biểu diễn quá trình tăng trưởng của dòng điện sơ cấp, sức điện động tự cảm ở giai đoạn đánh lửa điện cảm và giai đoạn đánh lửa điện dung trên hệ thống đánh lửa hy-brid. Luận án cũng đề cập được các bước trong quá trình chọn dung lượng tụ - thực hiện tích lũy năng lượng từ sức điện động tự cảm, nhằm phục vụ cho giai đoạn đánh lửa điện dung.

Luận văn đã nghiên cứu và chế tạo thành công hệ thống đánh lửa hỗn hợp điện dung - điện cảm trên động cơ bốn xy-lanh (TOYOTA 1NZ-FE) có khả năng tích lũy sức điện động tự cảm (từ quá trình đánh lửa điện cảm) trên tụ và sử dụng năng lượng này cho quá trình đánh lửa điện dung. Với kết cấu đơn giản và tận dụng được các đặc điểm sẵn có từ hệ thống điều khiển động cơ. Hệ thống đánh lửa hybrid như đã trình bày bảo đảm hoạt động ổn định của động cơ ở các chế độ hoạt động khác nhau và tiết kiệm được năng lượng cho một lần đánh lửa / một chu kỳ làm việc của động cơ. Các kết quả thực nghiệm hệ thống đánh lửa hỗn hợp trên động cơ 4 xy-lanh cho thấy năng lượng tích lũy trên 3 tụ điện ở giai đoạn đánh lửa điện cảm thỏa mãn năng lượng phục vụ cho giai đoạn đánh lửa điện dung. Các chỉ tiêu về công suất có ích N_e và momen có ích M_e , khi thực nghiệm đối sánh trên động cơ TOYOTA 1NZ-FE sử dụng hệ thống đánh lửa theo thiết kế ban đầu và khi sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid có sai lệch không đáng kể. Các chỉ tiêu về khí thải trên thực nghiệm phù hợp với các qui định về khí thải Việt Nam

Tp. Hồ Chí Minh, ngày 11 tháng 05 năm 2020

Nghiên cứu sinh

Người hướng dẫn chính

Người hướng dẫn phụ

PGS. TS. Đỗ Văn Dũng

TS Lâm Mai Long

energy for one fourth of the ignition process. The reward is not only protection, but also utilization; making this kind of ignition system more efficiency.

Research has been conducted in this field and the result shows that the majority focus on strengthening the spark duration or multiple time ignition in one cylinder.

The thesis discusses about the general principle of the basic ignition system using in the internal combustion engine today; including the specific detail of each ignition system and the characteristic parameter of the ignition system. The required energy for ignition process and its parameter also investigated.

The thesis has built-up equations of the primary current and self-induced emf in the discharge stage of the inductive-discharge ignition system and both stages of capacitor-discharge ignition system. The process of calculating the accumulated energy; including the charge time of capacitor, effect of losses on the accumulated energy and the preferable capacitance; is also thoroughly demonstrated.

The thesis has successfully designed and installed the hybrid ignition system on the Toyota 1 NZ-FE, which is the four-cylinder engine. In the first phase, the TCI phase, the self-induced energy; which is a unavoidable occurrence in the ignition system; will be stored in capacitors. This energy will be controlled via SCR and diodes by the ignition control unit and released in the next phase of ignition, the CDI phase. The results show that the power (N_e), torque (M_e), brakespecific fuel consumption (g_e) and engine fuel consumption (G_{nl}) are insignificantly different between the original engine and the enhanced engine. The emissions of hybrid ignition system are also met the Vietnam Emission Standard.

Supervisor
(Sign and name)

HCMC, 11/05/2020

PhD candidate
(Sign and name)

Đỗ Quốc Âm

MỤC LỤC

	TRANG
Quyết định giao đề tài	
Lý lịch cá nhân	i
Lời cam đoan	iv
Lời cảm tạ	v
Tóm tắt	vi
Mục lục	x
Danh sách các chữ viết tắt	xiv
Danh sách các hình	xv
Danh sách các bảng	xix
NỘI DUNG	
Chương 1: TỔNG QUAN	1
1.1 Lý do chọn đề tài nghiên cứu	1
1.2 Các kết quả trong và ngoài nước về lĩnh vực nghiên cứu đã công bố	4
1.2.1 Các kết quả ngoài nước	4
1.2.1.1 Hệ thống đánh lửa điện cảm	4
1.2.1.2 Hệ thống đánh lửa điện dung	5
1.2.1.3 Hệ thống đánh lửa Hybrid	7
1.2.2 Tình hình nghiên cứu trong nước	12
1.2.3 Kết luận – Đề xuất nghiên cứu	13
1.3 Mục tiêu nghiên cứu và mong muốn đạt được	14
1.3.1 Mục tiêu chính của đề tài	14
1.3.2 Mong muốn đạt được	14
1.4 Đối tượng, phạm vi và phương pháp nghiên cứu	15
1.4.1 Đối tượng nghiên cứu	15
1.4.2 Phạm vi nghiên cứu	15
1.4.3 Phương pháp nghiên cứu	15
1.5 Các nội dung chính và dự kiến kết quả nghiên cứu	16
1.5.1 Dự kiến các nội dung trong đề tài	16
1.5.2 Dự kiến kết quả nghiên cứu	16
CHƯƠNG 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT	18
2.1 Nhiệm vụ của hệ thống đánh lửa	18
2.2 Quá trình cháy trên động cơ đốt trong dùng nhiên liệu xăng	18
2.3 Các thông số chủ yếu của hệ thống đánh lửa	19
2.3.1 Hiệu điện thế thứ cấp cực đại U_{2m}	19
2.3.2 Hiệu điện thế đánh lửa U_{dl}	19
2.3.3 Hệ số dự trữ K_{dl}	20
2.3.4 Tốc độ biến thiên của hiệu điện thế thứ cấp S	20

2.3.5 Tần số và chu kỳ đánh lửa	21
2.2.6 Thời gian ngâm điện (t_d)	21
2.4 Năng lượng đánh lửa	22
2.4.1 Phân tích năng lượng của tia lửa điện	22
2.4.2 Một số các yếu tố ảnh hưởng đến năng lượng đánh lửa	24
2.5 Hệ thống đánh lửa điện cảm	27
2.5.1 Giai đoạn tăng trường dòng sơ cấp	28
2.5.2 Giai đoạn ngắt dòng ở cuộn sơ cấp	29
2.5.3 Giai đoạn phóng điện ở điện cực bu-gi	31
2.5.4 Ưu, nhược điểm của hệ thống đánh lửa điện cảm	32
2.6 Hệ thống đánh lửa điện dung	33
2.6.1 Cấu tạo và nguyên lý làm việc của hệ thống đánh lửa điện dung (CDI- capacitor discharged ignition)	33
2.6.2 Ưu, nhược điểm của hệ thống đánh lửa điện dung	34
2.7 Sức điện động tự cảm	35
Chương 3: XÂY DỰNG MÔ HÌNH TÍNH TOÁN VÀ MÔ PHỎNG HOẠT ĐỘNG HỆ THỐNG ĐÁNH LỬA HYBRID	39
3.1 Giới thiệu mô hình hệ thống đánh lửa hybrid	39
3.2 Các tính toán mạch đánh lửa hybrid - giai đoạn đánh lửa điện cảm	40
3.2.1 Giai đoạn tích lũy năng lượng:	40
3.2.2 Giai đoạn ngắt dòng sơ cấp	41
3.2.3 Đánh giá tần số của $i_1(t)$ và $V_1(t)$	43
3.2.4 Nhận xét	44
3.3. Mô phỏng hoạt động mạch đánh lửa hybrid - giai đoạn đánh lửa điện cảm	44
3.3.1 Mục tiêu mô phỏng	44
3.3.2 Mô phỏng cường độ dòng điện $i_1(t)$ sức điện động tự cảm $V_1(t)$ trên bo-bin đánh lửa điện cảm	45
3.3.3 Ảnh hưởng của tổng trở mạch sơ cấp R đến $V_1(t)$, $i_1(t)$	49
3.3.4 Ảnh hưởng của điện dung tụ C đến biên độ và tần số $V_1(t)$, $i_1(t)$	51
3.3.5 Ảnh hưởng của hệ số tự cảm L của cuộn sơ cấp đến biên độ và tần số $V_1(t)$, $i_1(t)$	53
3.3.5 Nhận xét	56
3.4 Xác định dung lượng của tụ cho mạch đánh lửa hybrid	57
3.4.1 Thời gian nạp tụ	58
3.4.2 Năng lượng tích lũy trên tụ	60
3.4.3 Kiểm tra khả năng làm việc trên hệ thống đánh lửa khi thực hiện đánh lửa điện cảm	63

3.4.4 Nhận xét:	64
3.5 Tính toán mạch đánh lửa hybrid – giai đoạn đánh lửa điện dung	64
3.5.1 Mô hình tính toán	65
3.5.2 Xây dựng phương trình tổng quát cường độ dòng điện, sức điện động tự cảm trên cuộn sơ cấp của bo-bin khi tụ điện phóng	65
3.5.3 Các mô phỏng	68
3.5.4 Nhận xét	73
3.6 Kết luận chương 3	74
CHƯƠNG 4: CHẾ TẠO MẠCH ĐÁNH LỬA HYBRID	76
4.1 Khảo sát hệ thống điều khiển đánh lửa trên động cơ TOYOTA 1NZ-FE theo thiết kế của nhà chế tạo	76
4.1.1 Giới thiệu về hệ thống điều khiển động cơ	76
4.1.2 Nguyên lý làm việc của hệ thống đánh lửa sử dụng trên động cơ TOYOTA 1 NZ-FE	76
4.1.3 Bộ đánh lửa	77
4.1.4 Điều khiển dòng điện qua cuộn sơ cấp của bo-bin	78
4.1.5 Tín hiệu đánh lửa IGT- Ignition timing	78
4.1.6 Tín hiệu IGF	79
4.1.7 Sơ đồ mô tả hệ thống đánh lửa theo thiết kế của nhà chế tạo trên động cơ TOYOTA 1 NZ-FE	79
4.2 Thiết kế mạch đánh lửa hybrid	80
4.2.1 Ý tưởng thiết kế	80
4.2.2 Nguyên lý làm việc của hệ thống đánh lửa hỗn hợp điện cảm - điện dung (sử dụng cho động cơ 4 xy-lanh)	81
4.2.3 Mạch kích SCR	82
4.2.4. Mạch tạo tín hiệu IGF	84
4.2.5 Sơ đồ tổng quát của toàn mạch	85
4.3 Kết luận chương 4	87
CHƯƠNG 5: THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM	88
5.1 Thực nghiệm đánh giá khả năng tích lũy năng lượng	88
5.1.1 Mục đích, đối tượng và trang thiết bị thực nghiệm	88
5.1.2 Qui trình thực nghiệm	91
5.1.3 Kết quả thực nghiệm và nhận xét	92
5.2 Thực nghiệm đánh giá hiệu quả làm việc của hệ thống đánh lửa hybrid	94
5.2.1 Mục đích, đối tượng và trang thiết bị thực nghiệm, sơ đồ thực nghiệm	94
5.2.2 Các qui trình thực nghiệm	102
5.2.3 Kết quả thực nghiệm và nhận xét	103
5.3 Kết luận chương 5	115

KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN	118
TÀI LIỆU THAM KHẢO	121
PHỤ LỤC 1 THỰC NGHIỆM XÁC ĐỊNH THỜI GIAN TÍCH LŨY NĂNG LƯỢNG t_a (trên động cơ TOYOTA 1NZ-FE)	127
PHỤ LỤC 2 KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM ĐÁNH GIÁ CÔNG SUẤT CÓ ÍCH N_e VÀ MOMEN CÓ ÍCH M_e CỦA ĐỘNG CƠ TOYOTA 1NZ-FE (Chế độ tải 35% VÀ 75 % bướm ga khi sử dụng hệ thống đánh lửa nguyên thủy và khi sử dụng hệ thống đánh lửa hỗn hợp điện cảm- điện dung)	129
PHỤ LỤC 3 KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG KHÍ THẢI TẠI CÁC VỊ TRÍ TẢI KHÁC NHAU CỦA ĐỘNG CƠ	132

DANH SÁCH CÁC CHỮ VIẾT TẮT

CDI	Capacitor discharge ignition
AC-CDI	Alternating current - Capacitor discharge ignition
DC -CDI	Dirrect current - Capacitor discharge ignition
ECU	Electronic control unit
TI	Transistorized ignition system
SCR	Thyristor silicon controlled rectifier
ESA	Electronic spark advanced
COP	Coil- on plug
IGT	Ignition timing
IGF	Ignition feed back
ppm	Part per million
Vol	Volume

DANH SÁCH CÁC HÌNH

HÌNH	TÊN HÌNH	TRANG
Hình 1.1	Sơ đồ nguyên lý của hệ thống đánh lửa điện cảm (a), điện dung (b)	4
Hình 1.2	Sơ đồ hệ thống đánh lửa nạp xả với chu kỳ điện dung và điện cảm	7
Hình 1.3	Hệ thống đánh lửa hỗn hợp trên động cơ đốt trong	8
Hình 1.4	Hệ thống đánh lửa điện dung với khả năng kéo dài thời gian xuất hiện tia lửa điện	9
Hình 1.5	Sơ đồ khối của hệ thống đánh lửa Hybrid có thể thay đổi thời gian xuất hiện tia lửa	10
Hình 1.6	Điện thế thứ cấp đánh lửa, t_c thời gian đánh lửa điện dung, t_L thời gian đánh lửa điện cảm	10
Hình 1.7	Sơ đồ hệ thống đánh lửa hỗn hợp điện dung điện cảm	11
Hình 2.1	Đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa áp suất trong lòng xy-lanh theo góc quay trục khuỷu.	18
Hình 2.2	Đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa điện áp, cường độ dòng điện và thời gian đánh lửa đã của một hệ thống đánh lửa cơ bản	22
Hình 2.3	Điện áp đánh lửa theo quan hệ của độ rộng khe hở và dạng điện cực khi phóng điện trong không khí ở điều kiện áp suất khí trời	25
Hình 2.4	Năng lượng đánh lửa (điện dung) tối thiểu của hỗn hợp alkane và không khí theo độ đậm của hỗn hợp $\Phi = 1/\lambda$. [34]	26
Hình 2.5	Ảnh hưởng của thời gian phóng tia lửa đến năng lượng đánh lửa tối thiểu của hỗn hợp nghèo (2,7 vol.%), ở nhiệt độ và áp suất khí trời	26
Hình 2.6	Sơ đồ nguyên lý hệ thống đánh lửa điện cảm	27
Hình 2.7	Sơ đồ tương đương quá trình tăng trưởng dòng sơ cấp I_1	28
Hình 2.8	Đồ thị tăng trưởng cường độ dòng điện sơ cấp	29
Hình 2.9	Sơ đồ mô tả quá trình phóng điện ở cuộn thứ cấp	29
Hình 2.10	Đồ thị mô tả qui luật biến đổi hiệu điện thế thứ cấp U_{2m}	31
Hình 2.11	Đồ thị mô tả quy luật biến đổi của tia lửa điện dung và điện cảm	32
Hình 2.12	Sơ đồ khối của hệ thống đánh lửa điện dung.	33

Hình 2.13	Đồ thị mô tả sự tăng trưởng của hiệu điện thế cuộn thứ cấp trong trường hợp đánh lửa TI và CDI	35
Hình 2.14	Từ trường B đi qua cuộn dây có mặt cắt A	36
Hình 2.15	Sức điện động tự cảm trên cuộn sơ cấp và điện thế trên cuộn thứ cấp	37
Hình 2.16	Mô tả các kích thích cuộn dây	38
Hình 3.1	Mô hình nguyên lý làm việc của hệ thống đánh lửa hỗn hợp điện cảm - điện dung (sử dụng cho động cơ 4 xy-lanh)	39
Hình 3.2	Mô hình hệ thống đánh lửa hybrid - giai đoạn đánh lửa điện cảm	40
Hình 3.3	Sơ đồ tương đương mạch đánh lửa hybrid - quá trình tích lũy năng lượng	40
Hình 3.4	Sơ đồ tương đương mạch đánh lửa hybrid – giai đoạn ngắt dòng sơ cấp	41
Hình 3.5	Mô phỏng cường độ dòng điện qua cuộn sơ cấp $i_1(t)$	45
Hình 3.6	Mô phỏng sức điện động tự cảm trên cuộn sơ cấp $V_1(t)$	45
Hình 3.7	Kết quả thực nghiệm cường độ dòng sơ cấp $i_1(t)$	46
Hình 3.8	Kết quả thực nghiệm sức điện động tự cảm trên cuộn sơ cấp $V_1(t)$	47
Hình 3.9	So sánh cực đại cường độ dòng sơ cấp khi mô phỏng và thực nghiệm ở các thời gian tích lũy năng lượng t_d khác nhau	48
Hình 3.10	So sánh cực đại sức điện động tự cảm khi mô phỏng và thực nghiệm ở các thời gian tích lũy năng lượng t_d khác nhau	48
Hình 3.11	Ảnh hưởng của tổng trở R đến biên độ $V_1(t)$	49
Hình 3.12	Ảnh hưởng của tổng trở R đến giá trị cực đại của i_1	50
Hình 3.13	Ảnh hưởng của tổng trở R đến giá trị cực đại của i_1	50
Hình 3.14	Ảnh hưởng của tổng trở R đến tần số dao động của V_1	51
Hình 3.15	Ảnh hưởng dung lượng của tụ C đến biên độ dao động dao động của V_1	52
Hình 3.16	Ảnh hưởng dung lượng của tụ C đến giá trị cực đại của V_1	52
Hình 3.17	Ảnh hưởng của điện dung C đến tần số dao động của V_1	53
Hình 3.18	Ảnh hưởng của hệ số tự cảm L đến biên độ dao động của V_1	53
Hình 3.19	Ảnh hưởng của hệ số tự cảm L đến biên độ dao động của i_1	54
Hình 3.20	Ảnh hưởng của hệ số tự cảm L đến giá trị cực đại của V_1	54
Hình 3.21	Ảnh hưởng của hệ số tự cảm L đến giá trị cực đại của i_1	55

Hình 3.22	Ảnh hưởng của hệ số tự cảm L đến tần số dao động của V ₁	55
Hình 3.23	Thời gian nạp tụ (92μs) ở mô hình 4 xy lanh trong khoảng thời gian tích lũy năng lượng t _{ng} =5 ms với r=106 (Ω), R=1,12 (Ω), L ₁ =1,25.10 ⁻³ (H), U=12,6 (V), C=1(μF)	58
Hình 3.24	Thời gian hình thành một chu kỳ của V ₁ và thời gian nạp đầy tụ khi thay đổi điện dung tụ từ 0,22 μF – 9 μF, t _{ng} =5.10 ⁻³ (s), r=106 (Ω), R=1,12 (Ω), L ₁ =1,25.10 ⁻³ (H), U=12,6 (V)	59
Hình 3.25	Khảo sát sự thay đổi giá trị điện áp thứ cấp cực đại trên mạch đánh lửa tự cảm V _{2m} và năng lượng tích lũy W _c theo điện dung tụ điện	61
Hình 3.26	Mô hình tính toán hệ thống đánh lửa hybrid - giai đoạn đánh lửa điện dung	65
Hình 3.27	Đồ thị cường độ dòng điện i _d (t) và sức điện động tự cảm e _d (t) của cuộn sơ giai đoạn đánh lửa điện dung	67
Hình 3.28	Đồ thị cường độ dòng điện i _d (t) và sức điện động tự cảm e _d (t) của cuộn sơ cấp trên hệ thống đánh lửa hybrid- giai đoạn đánh lửa điện dung	68
Hình 3.29	Đồ thị thực nghiệm cường độ dòng điện i _d (t) và sức điện động tự cảm e _d (t) của cuộn sơ cấp trên hệ thống đánh lửa hybrid - giai đoạn đánh lửa điện dung	69
Hình 3.30	Đồ thị cường độ dòng điện i _d (t) qua cuộn sơ cấp trong hệ thống đánh lửa hybrid- giai đoạn đánh lửa điện dung khi tổng trở R _d thay đổi.	70
Hình 3.31	Đồ thị sức điện động tự cảm e _d (t) của cuộn sơ cấp trong hệ thống đánh lửa hybrid- giai đoạn đánh lửa điện dung khi tổng trở R _d thay đổi.	71
Hình 3.32	Đồ thị cường độ dòng điện i _d (t) đi qua cuộn sơ cấp trong hệ thống đánh lửa hybrid- giai đoạn đánh lửa điện dung khi L _d thay đổi.	71
Hình 3.33	Đồ thị sức điện động tự cảm e _d (t) trên cuộn sơ cấp trong hệ thống đánh lửa hybrid- giai đoạn đánh lửa điện dung khi L _d thay đổi.	72
Hình 3.34	Hình 3.34: Đồ thị cực đại của cường độ dòng điện i _d và sức điện động tự cảm e _d trong hệ thống đánh lửa hybrid- giai đoạn đánh lửa điện dung theo tốc độ động cơ	73
Hình 4.1	Sơ đồ chung về điều khiển đánh lửa trên động cơ	77
Hình 4.2	Quan hệ cường độ dòng điện sơ cấp, tín hiệu IGT và IGF	78
Hình 4.3	Sơ đồ thiết kế nguyên thủy của hệ thống đánh lửa trực tiếp trên động cơ TOYOTA 1NZ-FE	79

Hình 4.4	Bo-bin và bộ đánh lửa sử dụng trên động cơ TOYOTA 1 NZ-FE	80
Hình 4.5	Mô hình nguyên lý làm việc của hệ thống đánh lửa hybrid	82
Hình 4.6	Thiết kế mạch điều khiển SCR	83
Hình 4.7	Tín hiệu kích SCR tại thời điểm đánh lửa	83
Hình 4.8	Thiết kế mạch tạo tín hiệu IGF	84
Hình 4.9	Tín hiệu IGF khảo sát bằng thiết bị PICO	85
Hình 4.10	Bố trí chung mạch đánh lửa hybrid	85
Hình 4.11	Mạch in của hệ thống đánh lửa hybrid	86
Hình 4.12	Dao động sức điện động tự cảm trên mạch đánh lửa hybrid theo thiết kế	86
Hình 5.1	Mô hình thực nghiệm đánh giá khả năng tích lũy năng lượng	88
Hình 5.2	Hình mô hình hệ thống đánh lửa hybrid (có thể sử dụng cho động cơ 4-hoặc 6 xy-lanh)	89
Hình 5.3	Hình thực nghiệm mô tả điện áp trên tụ ở mô hình 4 xy-lanh trong khoảng thời gian ngậm 5,9 ms với $r=106 (\Omega)$, $R=1,5 (\Omega)$, $L1=1,25.10^{-3} (H)$, $U=12,6 (V)$, $C=1(\mu F)$	92
Hình 5.4	Hình 5.5: So sánh năng lượng tích lũy giữa kết quả tính toán lý thuyết và thực nghiệm	94
Hình 5.5	Hình băng thử công suất AVL Dynoperform 160	98
Hình 5.6	Đặc tính của băng thử công suất AVL Dynoperform 160	98
Hình 5.7	Thiết bị cân FP7000 model 406 –II của hãng Fillon Pichon	99
Hình 5.8	Thiết bị HG-520 của hãng HESHBON - Hàn Quốc	100
Hình 5.9	Sơ đồ bố trí thiết bị thí nghiệm động cơ Toyota 1 NZ-FE	101
Hình 5.10	Hình thực nghiệm đánh giá hiệu quả làm việc của hệ thống đánh lửa hybrid	101
Hình 5.11	Đồ thị công suất có ích N_e , moment có ích M_e ở chế độ 20% bướm ga của hệ thống đánh lửa nguyên thủy và hybrid	103
Hình 5.12	Đồ thị công suất có ích N_e và moment có ích M_e ở chế độ 50 % bướm ga của hệ thống đánh lửa nguyên thủy và hybrid	104
Hình 5.13	Đồ thị công suất có ích N_e và moment có ích M_e ở chế độ 100 % bướm ga của hệ thống đánh lửa nguyên thủy và hybrid	105
Hình 5.14	Đồ thị tiêu hao nhiên liệu theo giờ và suất tiêu hao nhiên liệu riêng	107

DANH SÁCH CÁC BẢNG

BẢNG	TÊN BẢNG	TRANG
Bảng 3.1	Thời gian tích lũy năng lượng t_d trên động cơ TOYOTA 1NZ-FE.	60
Bảng 3.2	Năng lượng cực đại tích lũy trên tụ.	62
Bảng 3.3	Năng lượng tích lũy trên tại các số vòng quay ứng với tụ điện có giá trị $C= 1 \mu\text{F}$	62
Bảng 3.4	Bảng 3.4: Giá trị hiệu điện thế thứ cấp cực đại U_{2m} trên các bo-bin đánh lửa điện cảm tại các số vòng quay khác nhau	64
Bảng 4. 1	Các thông số chính của hệ thống hệ thống đánh lửa trực tiếp trên động cơ TOYOTA 1NZ-FE	80
Bảng 4.2	Thông số linh kiện sử dụng trên mạch đánh lửa Hybrid	82
Bảng 5.1	Thông số của các thiết bị sử dụng trong thực nghiệm 1	90
Bảng 5.2	Thời gian tích lũy năng lượng (tđ) trên động cơ TOYOTA 1NZ_FE	90
Bảng 5.3	Các thông số của thiết bị đo Automotive oscilloscopes 4425 [55]	91
Bảng 5.4	Thu thập số liệu thực nghiệm điện áp trên tụ ở mô hình bốn xy lanh với $R = 1,5\Omega$, $C = 1 \mu\text{F}$ và $L = 1,25 \text{ mH}$, $V= 12,6\text{V}$	93
Bảng 5.5	Năng lượng tích lũy trên tụ khi thực nghiệm mô hình bốn xy lanh với $R = 1,5 \Omega$, $C = 1 \mu\text{F}$ và $L = 1,25 \text{ mH}$, $V=12,6\text{V}$	93
Bảng 5.6	Thông số kỹ thuật của động cơ Toyota 1NZ-FE	95
Bảng 5.7	Thông số kỹ thuật của băng thử AVL Dynoperform 160	97
Bảng 5.8	Đặc tính của thiết bị cân FP7000 model 406 –II (Fillon Pichon)	99
Bảng 5.9	Các thông số của thiết bị đo khí thải HG-520 của hãng HESHBON	100
Bảng 5.10	Độ chênh lệch giá trị công suất động cơ (%)	106
	Bảng 5.11: Độ chênh lệch giá trị moment động cơ (%)	106
Bảng 5.12	Đánh giá năng lượng tích lũy trên hệ thống đánh lửa hybrid theo số vòng quay động cơ	109

Bảng 5.13	Tổng năng lượng tiết kiệm trong một giờ We khi tính đến sự tổn hao khi truyền năng lượng	111
Bảng 5.14	Lượng nhiên liệu tiết kiệm được trong 1 giờ khi sử dụng hệ thống đánh lửa Hybrid	112
Bảng 5.15	Giới hạn cho phép của các chất gây ô nhiễm trong khí thải của động cơ 4 kỳ sử dụng nhiên liệu xăng (theo tiêu chuẩn TCVN 6438-2018)	112
Bảng 5.16	Chất lượng khí thải động cơ khi thực hiện đối sánh - sử dụng hệ thống đánh lửa nguyên thủy và khi sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid	113
Bảng 5.17	Dự báo số lượng ô tô trên thế giới (đến năm 2030)	116

Chương 1

TỔNG QUAN

1.1 Lý do chọn đề tài nghiên cứu

Trên động cơ đốt trong sử dụng nhiên liệu xăng, hỗn hợp được hình thành bên ngoài động cơ và được đốt cháy bằng tia lửa điện của bu-gi. Hệ thống đánh lửa có nhiệm vụ biến dòng điện có điện áp thấp trên ô tô (12V hay 24V) thành các xung điện thế cao (từ 15.000V đến 40.000V) [1,2,3], các xung này sẽ được phân bố đến các bu-gi trên các xy-lanh theo đúng thứ tự làm việc và đúng thời điểm để đốt cháy hòa khí trong lòng xy-lanh. Với các công dụng trên, hệ thống đánh lửa có ý nghĩa hết sức quan trọng trong việc nâng cao hiệu suất làm việc, giảm tiêu hao nhiên liệu và ô nhiễm môi trường trên động cơ xăng [1,3].

Dựa vào cách tích lũy năng lượng, hệ thống đánh lửa trên ô tô được chia làm hai loại:

- Hệ thống đánh lửa điện cảm (TI- Transistorized ignition system)
- Hệ thống đánh lửa điện dung (CDI - Capacitor discharged ignition system)

Đối với hệ thống đánh lửa điện cảm, năng lượng tích lũy trên cuộn sơ cấp bo-bine được viết dưới dạng:

$$W_L = \frac{L_1 I_{ng}^2}{2} [1, 2]$$

Ở hệ thống đánh lửa điện dung, năng lượng tích lũy trên tụ điện được viết dưới dạng:

$$W_C = \frac{C U_{ng}^2}{2} [1, 2]$$

- Trong đó:
- W_L : Năng lượng tích lũy trên cuộn sơ cấp (J).
 - W_C : Năng lượng tích lũy trên tụ điện (J).
 - C : Điện dung của tụ điện (F).
 - U_{ng} : Điện áp nạp trên tụ điện (V).
 - L_1 : Độ tự cảm của mạch sơ cấp (H).
 - I_{ng} : Cường độ dòng điện qua mạch sơ cấp (A).

Lợi thế quan trọng nhất của hệ thống đánh lửa điện cảm là có thể tạo ra được thời gian tồn tại tia lửa điện khá dài và đó là một trong những yếu tố quan trọng để có thể đảm bảo đốt cháy hoàn toàn hoà khí trong xy-lanh. Ban đầu, năng lượng chỉ cần cung cấp đủ để vượt qua khoảng cách khe hở bu-gi, phần còn lại sẽ được sử dụng để duy trì tia lửa. Đối với hệ thống đánh lửa điện dung, gần như tất cả năng lượng của tụ sẽ được xả gần như lập tức, do đó sẽ bị giảm đáng kể khả năng duy trì tia lửa điện [1,3].

Tuy nhiên, do cuộn sơ cấp có độ tự cảm nên sự tăng trưởng dòng điện trên cuộn sơ cấp sẽ diễn ra tương đối chậm. Vì vậy, khi động cơ hoạt động ở số vòng quay cao, dòng điện tăng trưởng chưa đạt đến giá trị cần thiết thì đã bị ngắt, năng lượng tích trữ trên cuộn sơ cấp chưa đủ lớn và kết quả là năng lượng đánh lửa không cao. Trong khi đó, ở tốc độ thấp, dòng điện tồn tại khá lâu nên sẽ làm nóng cuộn sơ cấp, tiêu tốn nhiều năng lượng điện và làm bo-bin dễ hỏng. [1]

Với lợi thế điện áp thứ cấp tạo ra cao, tia lửa điện dung có thể dễ dàng đốt cháy lượng hoà khí trong buồng đốt khi động cơ bị lọt dầu bôi trơn, hỗn hợp hoà khí quá giàu hoặc nhiệt độ buồng đốt còn thấp. Ngoài ra, điện áp cao có thể giúp tránh rò rỉ năng lượng trên chất cách điện bu-gi và các điện cực gây ra bởi sự dẫn điện của các chất bẩn. Một ưu điểm quan trọng nữa là thời gian nạp và xả của tụ điện rất ngắn. Do đó, nó vẫn đảm bảo được năng lượng đầu ra đủ lớn khi động cơ hoạt động ở số vòng quay cao, điều này đặt biệt có lợi khi dùng trên động cơ cao tốc.

Tuy nhiên, vì sự phóng điện diễn ra quá nhanh, năng lượng trên tụ sẽ nhanh chóng cạn kiệt, vì vậy thời gian tồn tại tia lửa điện sẽ ngắn hơn so với tia lửa điện của hệ thống đánh lửa điện cảm. Do đó, nó sẽ khó đốt cháy hoàn toàn lượng hoà khí trong một số trường hợp đặc biệt của động cơ như: hoà khí nghèo, dẫn đến xy lanh bị bỏ lửa (misfire) và làm khí thải bị ô nhiễm.

Tuy có sự khác biệt về cách thức tích lũy năng lượng và các đặc điểm nêu trên, hai hệ thống đánh lửa trên đều giống nhau về cách tạo ra điện thế cao áp. Để tạo ra xung điện cao áp, cả hai hệ thống trên đều phải dùng biến áp đánh lửa (bo-bin). Kết

cấu của biến áp đánh lửa gồm hai phần chính: cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp. Khi làm việc, trên cuộn sơ cấp của bo-bin xuất hiện sức điện động tự cảm $e_1=W_1(d\Phi/dt)$ (từ 100-300V) [1, 4]. Điện áp tự cảm này là nguyên nhân chính gây hư hỏng các thiết bị đóng ngắt dòng sơ cấp (vít lửa hay transistor công suất) làm tiếp điểm bị cháy, rỗ hay làm hỏng transistor công suất lẫn các linh kiện điện tử khác và làm kéo dài thời gian triệt tiêu dòng điện qua cuộn sơ cấp của bo-bin. Qua đó, làm giảm giá trị cực đại của điện áp thứ cấp. Ngoài ra, sự phóng điện này cũng gây nhiễu, làm ảnh hưởng xấu đến các thiết bị điện và điện tử khác trên ô tô. Để bảo vệ các thiết bị đóng ngắt, người ta thường dùng các biện pháp như: mắc tụ điện song song với tiếp điểm, dùng diode zener mắc song song với transistor, hoặc các biện pháp bảo vệ khác. Với các biện pháp này, thiết bị đóng ngắt dòng sơ cấp được bảo vệ, nhưng lại không tận dụng được phần năng lượng tự cảm sinh ra từ cuộn dây sơ cấp.

Để tận dụng phần năng lượng “thừa” này, ta có thể tích lũy sức điện động tự cảm nêu trên vào một tụ điện và sử dụng phần năng lượng này cho các lần đánh lửa tiếp theo. Như vậy, ta vừa đạt được mục tiêu tiết kiệm năng lượng đánh lửa, vừa bảo vệ được cho thiết bị đóng ngắt dòng sơ cấp khỏi các tác hại của sức điện động tự cảm trên, nâng cao được chất lượng đánh lửa trên hệ thống và chống nhiễu cho các thiết bị điện khác trên ô tô.

Việc tiết kiệm năng lượng dùng cho hệ thống đánh lửa bằng cách sử dụng đồng thời hai biện pháp tích lũy năng lượng (điện cảm và điện dung) giúp tiết kiệm được năng lượng sử dụng trên động cơ, giảm lượng khí thải thoát ra môi trường. Mặc dù năng lượng phục vụ cho một lần đánh lửa không lớn (khoảng 30mJ-50mJ [5,6]). Tuy nhiên, năng lượng sử dụng trên hệ thống đánh lửa được lấy từ accu, với rất nhiều tổn thất trên quá trình tích lũy năng lượng (hiệu suất làm việc của động cơ xăng, hiệu suất làm việc của máy phát điện, hiệu suất làm việc của bộ truyền đai, hiệu quả tích lũy của accu, các mát mát khác) và với số lượng ô tô sử dụng động cơ xăng lên đến vài trăm triệu chiếc trên thế giới, việc tích lũy năng lượng tự cảm này có ý nghĩa rất lớn. Thêm

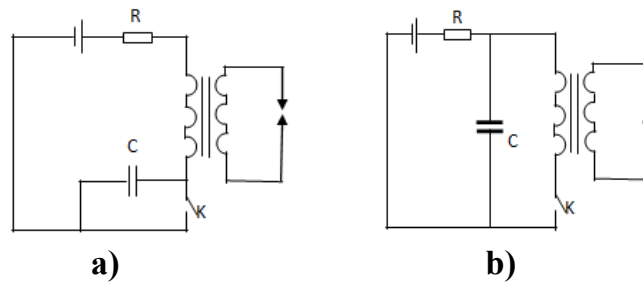
vào đó, việc tận dụng lại lượng năng lượng “thừa” này sẽ giúp nâng cao độ tin cậy và giảm hư hỏng cho các các thiết bị điện khác trên ô tô.

1.2 Các kết quả trong và ngoài nước về lĩnh vực nghiên cứu đã công bố

1.2.1 Các kết quả ngoài nước

1.2.1.1 Hệ thống đánh lửa điện cảm

Hệ thống đánh lửa điện cảm được sử dụng phổ biến nhất trên động cơ đốt trong sử dụng nhiên liệu xăng, được phát minh bởi Kettering vào năm 1908 [7]. Hiện nay, với nhiều biến thể khác như: hệ thống đánh lửa bán dẫn (transistorized), hệ thống đánh lửa theo chương trình (programmed ignition) hệ thống đánh lửa trực tiếp (direct ignition), hệ thống đánh lửa điện cảm vẫn được sử dụng rộng rãi trên ô tô [8].



Hình 1.1: Sơ đồ nguyên lý của hệ thống đánh lửa điện cảm (a), điện dung (b)

Ở hệ thống đánh lửa điện cảm, năng lượng trên hệ thống được tích lũy dưới dạng năng lượng điện cảm. Hoạt động của hệ thống như sau, khi trục khuỷu quay tiếp điểm K (công tắc hay transistor) được điều khiển đóng ngắt. Hệ thống thực hiện hai quá trình như sau

Quá trình tích lũy năng lượng: Khi tiếp điểm đóng K, dòng điện từ + accu qua cuộn dây sơ cấp sẽ tăng trưởng dạng hàm mũ từ không cho tới giá trị nhất định i [1]

$$i = \frac{U}{R} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \quad (1.1)$$

Trong đó: U: điện thế nguồn, t: thời gian dòng điện qua cuộn sơ cấp, $\tau = \frac{L}{R}$: hằng số của hệ thống, L: hệ số tự cảm, R: điện trở mạch sơ cấp.

Năng lượng tích lũy trong hệ thống khi tiếp điểm ngắt

$$Q = \frac{Li^2}{2} \quad (1.2)$$

i: cường độ dòng điện qua cuộn sơ cấp tại thời điểm tiếp điểm ngắt.

Quá trình ngắt dòng sơ cấp

Khi tiếp điểm K ngắt dòng điện sơ cấp và từ thông do nó sinh ra mất đi đột ngột, trên cuộn thứ cấp của biến áp đánh lửa sẽ sinh ra một hiệu điện thế vào khoảng 15-40kV [1], tạo ra tia lửa điện trên hai điện cực của bu-gi nhằm đốt cháy hỗn hợp trong lòng xy-lanh.

• Ưu nhược điểm của hệ thống đánh lửa điện cảm

Ưu điểm

- Cấu trúc đơn giản, làm việc tin cậy.
- Thời gian phóng điện dài 100 μ s đến 2ms [1, 6]

Nhược điểm

- Thời gian tích lũy năng lượng dài
- Thời gian phóng điện phụ thuộc vào năng lượng tích lũy.
- Điện áp thứ cấp tăng trưởng chậm 300 ~ 500 V / ms [1, 9].
- Điện áp đánh lửa sẽ giảm khi tăng số vòng quay động cơ [1,10]

1.2.1.2 Hệ thống đánh lửa điện dung

Đánh lửa điện dung (CDI) được sử dụng rộng rãi trên xe gắn máy, các loại động cơ nhỏ và một số ô tô khác. Ban đầu nó được phát triển để khắc phục các nhược điểm thời gian tích lũy năng lượng dài trên hệ thống đánh lửa điện cảm, điều này làm cho chúng thích hợp hơn trên động cơ tốc độ cao [1,9,11]. Đặc trưng chính của hệ thống

này là tích lũy năng lượng trên một tụ điện và giải phóng dòng năng lượng này trong thời gian rất ngắn (vào khoảng 0,1-0,4 ms) [1,3] nhằm tạo tia lửa điện trên bu-gi.

Với bằng sáng chế mang số hiệu #60925 tại Mỹ được đăng ký vào ngày 17-2-1897, Nikola Tesla được xem là người sáng chế ra hệ thống đánh lửa điện dung. Hệ thống này được ứng dụng đầu tiên trên ô tô Ford model K vào năm 1906 [12]

- **Nguyên lý làm việc**

Trên hệ thống CDI, tụ được tích lũy một điện áp cao từ một mạch nạp, ngay khi tụ ngưng nạp. Năng lượng từ tụ sẽ phóng qua cuộn dây nhằm tạo tia lửa trên bu-gi. Nếu tụ được nạp tới điện áp U và điện dung của tụ là C , năng lượng tích trữ trên tụ

được tính bằng công thức $Q = \frac{CU^2}{2}$.

- **Phân loại hệ thống CDI**

Hệ thống CDI được chia làm hai loại AC-CDI và DC-CDI

Được sử dụng rộng rãi trong các động cơ nhỏ, hệ thống AC-CDI sử dụng nguồn điện xoay chiều. Ngược lại, ở hệ thống DC-CDI năng lượng cung cấp cho hệ thống được cung cấp từ accu, một biến thế được sử dụng nhằm tăng điện thế từ 12V DC lên đến: 400-600 VDC [12].

- **Ưu nhược điểm của hệ thống CDI**

Ưu điểm

- Thời gian tích lũy năng lượng ngắn. Vì vậy, đặc tính đánh lửa không phụ thuộc vào số vòng quay động cơ [1].
- Điện thế thứ cấp cao nên thích hợp với các động cơ có áp suất buồng đốt lớn [9, 5].
- Hiệu điện thế thứ cấp tăng trưởng nhanh nên (từ 3 ~ 10 kV / ms), độ nhạy đánh lửa tăng, ít bị ảnh hưởng của điện trở rò trên bu-gi [1,7, 5].

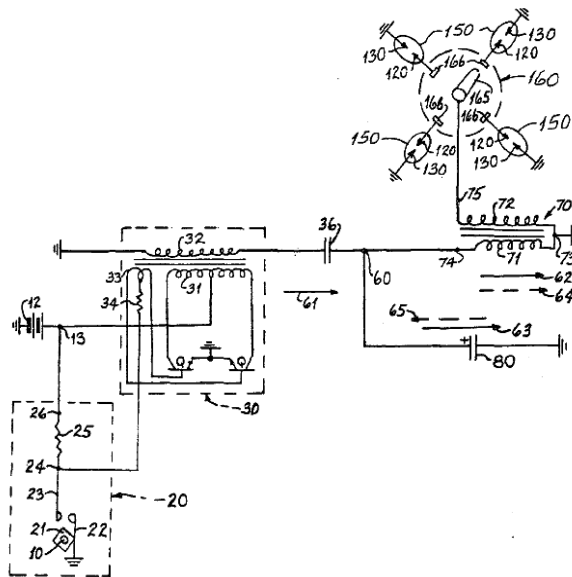
Nhược điểm

- Vì thời gian phòng điện ngắn, nên khi hòa khí nghèo tia lửa khó có thể đốt cháy được hỗn hợp [1,5].

1.2.1.3 Hệ thống đánh lửa Hybrid

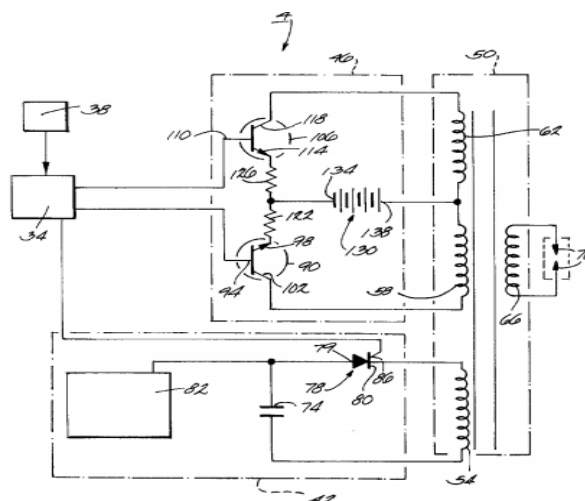
Còn gọi là hệ thống đánh lửa lai, hệ thống này kết hợp cả hai kiểu đánh lửa điện dung và điện cảm. Có nhiều biến thể ở hệ thống đánh lửa lai, tuy nhiên các tác giả thường tập trung vào việc kéo dài thời gian xuất hiện tia lửa trên bu-gi nhằm kéo dài thời gian tiếp xúc giữa tia lửa điện với hỗn hợp hòa khí giúp cho quá trình cháy xảy ra dễ dàng hơn.

Martin E. Gerry trong công trình hệ thống đánh lửa nạp xả với chu kỳ điện dung và điện cảm [13], đã đề cập hệ thống bao gồm một bộ biến áp đánh lửa có cuộn sơ cấp được mắc song song với một tụ điện và được cấp xung điện áp xoay chiều nhiều lần trong một chu kỳ đánh lửa (Hình 1.2), điều này sẽ giúp cho tụ điện phóng nhiều lần qua cuộn sơ cấp. Qua đó, sẽ tạo ra nhiều xung điện áp cao thế ở cuộn thứ cấp trong một chu kỳ đánh lửa.



Hình 1.2: Sơ đồ hệ thống đánh lửa nạp xả với chu kỳ điện dung và điện cảm [13]

Trong công trình hệ thống đánh lửa hỗn hợp trên động cơ đốt trong (Hình 1.3), Michael J Frech và các cộng sự đã sử dụng biến áp đánh lửa gồm ba cuộn sơ cấp. Đầu tiên, dòng điện từ tụ điện 74 sẽ phóng điện qua cuộn sơ cấp 54 tạo ra tia lửa ”mồi” đầu tiên trên bu-gi, sau đó ECU điều khiển cặp transistor đóng ngắt tạo thành tia lửa trên bu-gi. Các transistor này sẽ được điều khiển đồng bộ với mạch nạp và xả tụ nhằm tạo ra tia lửa có đủ thời gian đốt cháy hỗn hợp hòa khí [14].

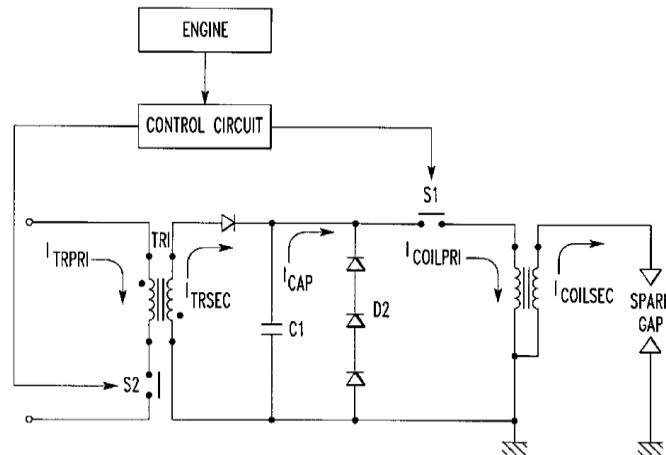


Hình 1.3: Hệ thống đánh lửa hỗn hợp trên động cơ đốt trong [14]

Cũng nhằm kéo dài thời gian xuất hiện tia lửa điện trên bu-gi, trong công trình Hệ thống đánh lửa điện dung với khả năng kéo dài thời gian xuất hiện tia lửa (Hình 1.4) Joseph M. Lepley, Girard đã thiết kế một hệ thống gồm một biến áp đệm, tụ điện C1, biến áp đánh lửa, hai công tắc S1 và S2. Tụ điện C1 sẽ được mắc nối tiếp với công tắc S1 và cuộn sơ cấp bo-bin. Công tắc S2 sẽ được mắc nối tiếp với cuộn sơ cấp của biến áp đệm. Công tắc S1 và S2 sẽ được điều khiển thông qua bộ điều khiển (control unit).

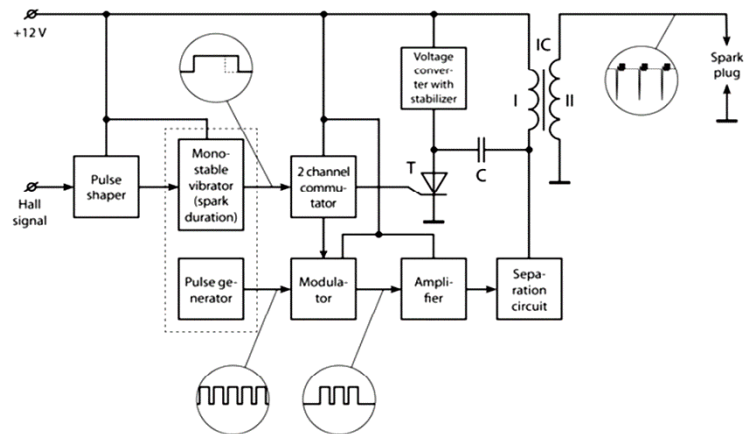
Đầu tiên, công tắc S1 mở, công tắc S2 đóng, năng lượng sẽ được tăng trưởng trong cuộn sơ cấp của biến áp đệm, sau đó công tắc S2 mở, tụ C1 sẽ được nạp do dòng điện cảm ứng của cuộn thứ cấp biến áp đệm phóng ra kết thúc thời gian nạp tụ thì công tắc S2 đóng lại. Đến thời điểm đánh lửa, công tắc S1 sẽ được điều khiển đóng, tụ C1 sẽ phóng điện qua cuộn sơ cấp của biến áp đánh lửa và tia lửa điện sẽ xuất hiện ở đầu

bu-gi. Lúc này, công tắc S2 lại được mở ra và dòng điện cảm ứng từ cuộn thứ cấp của biến áp đệm sẽ phóng bồi thêm vào cuộn sơ cấp của biếp áp đánh lửa, ứng dụng này sẽ giúp kéo dài thời gian xuất hiện tia lửa điện ở đầu bu-gi [15].

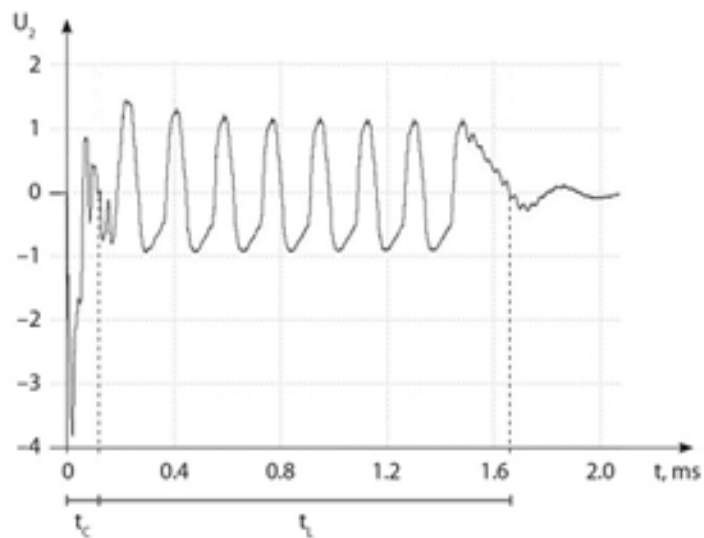


Hình 1.4: Hệ thống đánh lửa điện dung với khả năng kéo dài thời gian xuất hiện tia lửa điện [15]

Trong bài báo hệ thống đánh lửa lai có thể thay đổi thời gian xuất hiện tia lửa tác giả Audris Šimakauskas, Vilnius Gediminas Technical University đã đề xuất ra một hệ thống đánh lửa hỗn hợp điện dung và điện cảm, hệ thống này bao gồm hai phần chính: mạch đánh lửa điện dung: bộ khuếch đại điện áp, thyristor, tụ điện C; mạch đánh lửa điện cảm: bộ tạo xung, mạch điều biên, bộ khuếch đại. Bộ chia điều khiển hoạt động của cả hai mạch. Đầu tiên mạch đánh lửa điện dung sẽ làm việc cung cấp xung điện áp có thể đạt đến từ 30-40 KV, điện áp này đủ để hình thành tia lửa trên bu-gi. Tiếp đó mạch đánh lửa điện cảm làm việc cung cấp các xung điện áp vài kV nhằm kéo dài thời gian hình thành tia lửa trên bu-gi.[16]

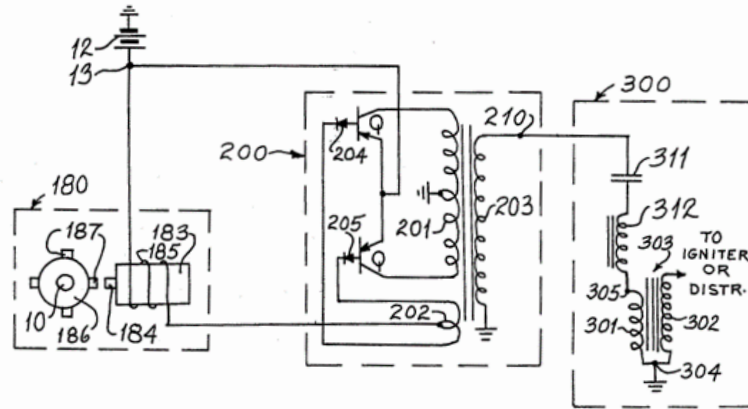


Hình 1.5: Sơ đồ khối của hệ thống đánh lửa Hybrid có thể thay đổi thời gian xuất hiện tia lửa [16]



Hình 1.6: Điện thế thứ cấp đánh lửa, t_c thời gian đánh lửa điện dung, t_L thời gian đánh lửa điện cảm [16]

Công trình “Hệ thống đánh lửa hỗn hợp điện dung điện cảm” của tác giả Martin E.Gerry, Patent US4291661. [17]



Hình 1.7: Sơ đồ hệ thống đánh lửa hỗn hợp điện dung điện cảm [17]

Hệ thống bao gồm mạch nguồn AC 200 cấp điện liên tục cho bộ biến áp có cuộn sơ cấp mắc nối tiếp với tụ điện trong một chu kỳ đánh lửa, làm cho tụ điện phóng nhiều lần qua cuộn sơ cấp. Mạch nguồn AC được điều khiển bởi mạch tạo xung 180, qua đó thay đổi được biên độ của dòng điện đầu ra.

Các bộ phận của hệ thống: ắc-quy 12, mạch tạo xung 180, mạch nguồn AC 200, mạch bo-bin 300. Mạch tạo xung 180 bao gồm cuộn dây 185 quấn quanh nam châm 183 và bánh răng 186 được dẫn động từ động cơ. Mạch tạo xung 180 phát tín hiệu cho transistor 204 và 205 của mạch nguồn AC 200. Mỗi transistor điều khiển dòng luân phiên đi qua nửa cuộn sơ cấp 201. Dòng ra cuộn 203 có dạng xung vuông. Ở mạch bo-bin 300, tụ 311 được gắn nối tiếp với cuộn tích 312; cuộn tích 312 nối tiếp với cuộn sơ cấp 301. Cuộn tích 312 được nạp rất nhanh và là nguồn cung cấp năng lượng cho cuộn sơ cấp 301.

Hệ thống này có cuộn sơ cấp được tích điện rất nhanh, mạch bo-bin được nạp xả nhanh chóng mà không cần có thêm bộ phận điều khiển và dòng điện được phóng nhiều lần qua cuộn sơ cấp làm tăng năng lượng đánh lửa.

Nhận xét

Hai công trình “Thiết bị đánh lửa cho động cơ đốt trong” của tác giả Charles F Kettering và “Thiết bị đánh lửa cho động cơ xăng” của Nikola Tesla thể hiện hai hệ

thống đánh lửa cơ bản trên động cơ là hệ thống đánh lửa điện cảm và hệ thống đánh lửa điện dung. Hệ thống đánh lửa điện cảm thường được sử dụng trên ô tô nhưng có khuyết điểm là chưa tận dụng được sức điện động tự cảm sinh ra trong quá trình làm việc. Các công trình “Hệ thống đánh lửa nạp xả với chu kỳ điện dung điện cảm” và “Hệ thống đánh lửa hỗn hợp điện dung điện cảm” của tác giả Martin E.Gerry đều nhằm mục đích tận dụng sức điện động tự cảm sinh ra trong một lần đánh lửa hoặc nạp vào tụ và phóng nhiều lần liên tục qua cuộn sơ cấp trong chính lần đánh lửa đó, giúp tăng năng lượng đánh lửa. Công trình “Hệ thống đánh lửa hỗn hợp trên động cơ đốt trong” của tác giả Michael J French và Matthew Joseph Edwards sử dụng nguồn accu hoặc điện áp từ các nguồn khác trên xe nạp vào tụ và điều khiển phóng qua cuộn sơ cấp giúp kéo dài thời gian xuất hiện tia lửa trên bu-gi. Các biện pháp trên nhằm mục đích nâng cao năng lượng đánh lửa và kéo dài thời gian xuất hiện tia lửa trên bu-gi bằng cách sử dụng kết hợp cả năng lượng điện dung và điện cảm.

1.2.2 Tình hình nghiên cứu trong nước

Các nghiên cứu về hệ thống đánh lửa trên ô tô ở Việt Nam tập trung chủ yếu vào điện tử hóa hệ thống đánh lửa và tối ưu hóa thời điểm đánh lửa trên động cơ, các nghiên cứu có thể kể ra như sau:

Trong đề tài: Nghiên cứu chuyển đổi hệ thống đánh lửa bán dẫn sang hệ thống đánh lửa trực tiếp, PGS.TS Đỗ Văn Dũng và KS Lâm Bá Nhạ đã nghiên cứu chuyển đổi hệ thống đánh lửa bán dẫn sang hệ thống đánh lửa trực tiếp theo hai phương án sử dụng bo-bin đôi và bo-bin đơn trên động cơ Toyota 5A-FE [18].

Tác giả Nguyễn Văn Thịnh và các cộng sự trong đề tài: Nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm các hệ thống đánh lửa đang sử dụng phổ biến trên ô tô ở Việt Nam và khả năng lắp lẫn, đã nghiên cứu chế tạo một bộ đánh lửa đa năng, có khả năng lắp lẫn trên nhiều loại ô tô khác nhau. Nội dung của đề tài đi vào khảo sát đặc tính làm việc của hệ thống đánh lửa, tính toán các thông số của hệ thống đánh lửa, chế tạo bộ đánh lửa đa năng và đánh giá hiệu quả hoạt động của chúng [19].

Trên đề tài nghiên cứu: Thiết kế mạch điều khiển góc đánh lửa sớm cho động cơ M161, Mercedes-benz 140 do TS Lê Văn Tụy và các cộng sự thực hiện, các tác giả đã nghiên cứu và thiết kế mạch đánh lửa sớm cho động cơ trên, khi chuyển đổi loại nhiên liệu sử dụng từ xăng qua loại nhiên liệu kếp xăng- khí hóa lỏng [20].

Nguyễn Duy Tấn trong đề tài: Bán dẫn hóa hệ thống đánh lửa trên xe thiết giáp BTR-60BP, đã thay thế hệ thống đánh lửa sử dụng trên xe thiết giáp BTR-60BP bằng hệ thống đánh lửa bán dẫn kiểu điện dung có sử dụng má vít [21].

Đỗ Quốc Âm và các cộng sự trong đề tài: Nghiên cứu chế tạo mạch đánh lửa trên động cơ ô tô theo chương trình, đã nghiên cứu và chế tạo thành công mạch điều khiển đánh lửa với các tham số thực nghiệm. Hệ thống sử dụng vi điều khiển Atmega8, ngôn ngữ lập trình Bascom Avr. Các nghiên cứu trên đề tài được thực hiện trên ô tô Honda Accura [22].

Trong đề tài Nghiên cứu tương thích hóa đặc tuyến làm việc của IC đánh lửa theo chương trình, PGS. TS Đỗ Văn Dũng, Lâm Phương An, các tác giả đã nghiên cứu, chế tạo và thử nghiệm bộ điều khiển được lập trình có khả năng chuyển đổi đặc tính làm việc của Igniter ở nhiều hãng xe. Điều này cho phép lắp lẫn bộ đánh lửa của các hãng khác nhau [23]

Qua việc tìm kiếm và theo dõi các thông tin về khoa học kỹ thuật người thực hiện đề tài nhận thấy các nghiên cứu về hệ thống đánh lửa hỗn hợp điện dung - điện cảm tại Việt Nam hiện chưa được thực hiện.

1.2.3 Kết luận – Đề xuất nghiên cứu

Như đã trình bày trên phân tổng quan, ta đã thấy rõ ưu nhược điểm của từng loại hệ thống đánh lửa. Các công trình nghiên cứu từ trước đến nay đã cố gắng giải quyết các nhược điểm của từng loại hệ thống đánh lửa theo những cách thức khác nhau, nhưng hầu hết là sự cải tiến trên một loại hệ thống đánh lửa duy nhất. Tổng hợp lại, ta có thể rút ra được kết luận sau:

Đối với hệ thống đánh lửa điện cảm, các nghiên cứu tập trung vào việc nâng cao năng lượng đánh lửa, đặc biệt là ở tốc độ cao.

Đối với hệ thống đánh lửa điện dung, người ta cố gắng kéo dài thời gian xuất hiện tia lửa điện.

Đối với hệ thống đánh lửa hybrid (hệ thống đánh lửa hỗn hợp điện dung-điện cảm), các cải tiến tập trung vào kéo dài thời gian xuất hiện tia lửa trên bu-gi bằng cách kết hợp giữa hai dạng đánh lửa điện dung và điện cảm.

Như đã trình bày trong phần đặt vấn đề, trong quá trình làm việc trên cuộn sơ cấp của bo-bin có xuất hiện sức điện động tự cảm, gây ra các khuyết điểm như làm hỏng thiết bị đóng ngắt dòng sơ cấp, gây nhiễu trên các thiết bị điện khác trên ô tô, làm giảm điện áp thứ cấp. Nếu có thể tích lũy lượng năng lượng “thừa” này vào một tụ điện và sử dụng phần chúng cho các lần đánh lửa sau sẽ giải quyết được mục tiêu xử lý được các khuyết điểm đã nêu và tiết kiệm được năng lượng sử dụng cho hệ thống đánh lửa. Đây cũng là hướng nghiên cứu của luận án.

1.3 Mục tiêu nghiên cứu và mong muốn đạt được

1.3.1 Mục tiêu chính của luận án

Nghiên cứu tận dụng năng lượng tạo ra từ sức điện động tự cảm của cuộn dây sơ cấp trên bo-bin nhằm tiết kiệm năng lượng sử dụng trên hệ thống đánh lửa trên ô tô. Qua đó, góp phần giảm lượng tiêu hao nhiên liệu, giảm ô nhiễm môi trường và các tác hại xấu đến các thiết bị điện khác trên ô tô.

1.3.2 Mong muốn đạt được

Nghiên cứu, tính toán, thiết kế, chế tạo mạch đánh lửa hỗn hợp điện dung và điện cảm sử dụng bo-bin đơn có khả năng tận dụng được năng lượng tự cảm trên cuộn sơ cấp của bo-bin cụ thể như sau:

- Xây dựng mô hình nguyên lý của hệ thống đánh lửa hỗn hợp điện dung - điện cảm sử dụng bo-bin đơn (sử dụng một biến áp đánh lửa cho một bu-gi) có

khả năng tích lũy được năng lượng tự cảm nhằm phục vụ cho quá trình đánh lửa điện dung

- Lập mô hình toán học mô tả được các quá trình xảy ra (cường độ dòng điện và sức điện động tự cảm) trong hệ thống đánh lửa đã đề xuất.
- Mô phỏng hoạt động và xác định được các thông số của hệ thống.
- Chế tạo được mô hình hệ thống đánh lửa trực tiếp sử dụng bo-bin đơn lai giữa đánh lửa điện cảm và điện dung như đã đề xuất.
- Thực nghiệm hoạt động của hệ thống và đánh giá kết quả thực nghiệm so sánh các kết quả thực nghiệm với các tính toán lý thuyết.
- Thực nghiệm đánh giá mức độ tác động của hệ thống đánh lửa đã đề xuất đến hoạt động của động cơ (qua các chỉ tiêu về công suất, suất tiêu hao nhiên liệu và chất lượng khí thải).

1.4 Đối tượng, phạm vi và phương pháp nghiên cứu

1.4.1 Đối tượng nghiên cứu:

Hệ thống đánh lửa sử dụng trên động cơ xăng.

1.4.2 Phạm vi nghiên cứu

Khảo sát, nghiên cứu, mô phỏng, thực nghiệm và chế tạo hệ thống đánh lửa trực tiếp sử dụng bo-bin đơn (một bo-bin đánh lửa cho một bu-gi) phối hợp giữa hệ thống đánh lửa điện cảm và điện dung (dùng trên động cơ ô tô bốn xy-lanh) có khả năng tận dụng năng lượng tự cảm trên các bo-bin đánh lửa điện cảm, sử dụng cho quá trình đánh lửa điện dung.

1.4.3 Phương pháp nghiên cứu

- Phương pháp tham khảo tài liệu

Hệ thống, phân tích, so sánh và lựa chọn.

- Phương pháp tính toán

Tính toán và xử lý các kết quả tính toán, thực nghiệm và tiến hành hiệu chỉnh các thông số. Sử dụng các phần mềm tính toán - mô phỏng hoạt động của các thông số trên mô hình và xác định các thông số của hệ thống (Matlab).

- Phương pháp thực nghiệm

Xây dựng mô hình thí nghiệm, tiến hành thực nghiệm, đo đạc và thu thập các thông số kỹ thuật, kiểm chứng, phân tích và đánh giá, so sánh các kết quả thực nghiệm với các kết quả tính toán.

1.5 Các nội dung chính và dự kiến kết quả nghiên cứu

1.5.1 Dự kiến các nội dung trong đề tài

- Nghiên cứu lý thuyết về đánh lửa trên động cơ ô tô.
- Xây dựng các mô hình tính toán.
- Thiết lập các phương trình toán học mô tả các quá trình diễn biến trong hệ thống đánh lửa đã đề xuất.
- Mô phỏng hoạt động - xác định các thông số cho hệ thống đánh lửa hybrid.
- Xây dựng mô hình thật.
- Thực nghiệm hoạt động của hệ thống và đánh giá các kết quả thực nghiệm.
- Đánh giá mức độ tác động của hệ thống đánh lửa đã đề xuất đến hoạt động của động cơ.
- Kết luận.

1.5.2 Dự kiến kết quả nghiên cứu

- Mô hình nguyên lý của hệ thống đánh lửa hỗn hợp điện dung điện cảm sử dụng bo-bin đơn.
- Mô hình toán học các quá trình xảy ra trong hệ thống đánh lửa đã đề xuất.
- Các thông số của hệ thống.
- Tính toán và thi công được hệ thống đánh lửa trực tiếp sử dụng bo-bin đơn kết hợp đánh lửa điện cảm và điện dung.

- Thực nghiệm hoạt động của hệ thống đánh lửa hybrid và đánh giá kết quả, so sánh các kết quả mô phỏng bằng lý thuyết.
- Đánh giá mức độ tác động của hệ thống đánh lửa đã đề xuất đến hoạt động của động cơ.

Chương 2

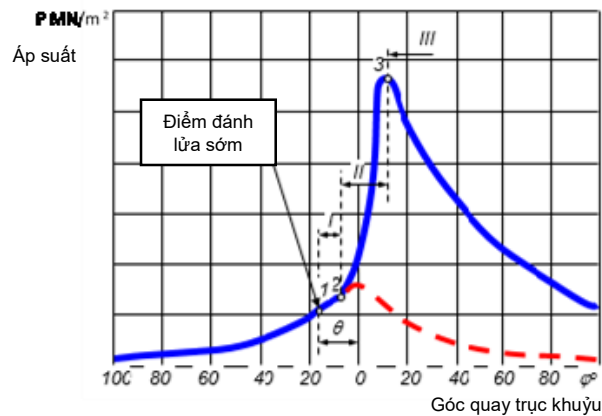
CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1 Nhiệm vụ của hệ thống đánh lửa

Hệ thống đánh lửa trên ô tô có nhiệm vụ tạo ra tia lửa điện nhằm đốt cháy hỗn hợp không khí và nhiên liệu vào đúng thời điểm, với năng lượng đánh lửa cần thiết [1,2,4]. Để đạt được điều này, hệ thống đánh lửa sẽ biến nguồn điện xoay chiều hoặc một chiều (12 hay 24V) có điện thế thấp thành các xung điện cao thế (từ 15kV đến 40kV). Các xung điện cao thế này sẽ được phân bố đến các bu-gi đúng thời điểm để tạo ra tia lửa điện đốt cháy hòa khí. [1,2,4]

2.2 Quá trình cháy trên động cơ đốt trong dùng nhiên liệu xăng

Quá trình cháy trên động cơ xăng bắt đầu khi bu-gi phát ra tia lửa điện và bén vào hoà khí. Màng lửa sẽ lan rộng khắp buồng đốt và lòng xy lanh rồi tắt dần đi. Quá trình này có thể được chia thành 3 giai đoạn chính [24]



I: Giai đoạn cháy trễ; II: Giai đoạn cháy chính; III: Giai đoạn cháy rớt

Hình 2.1: Đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa áp suất trong lòng xy-lanh theo góc quay trục khuỷu. [24]

- Giai đoạn từ lúc bu-gi đánh lửa và hình thành tâm cháy ban đầu (giai đoạn cháy trễ).
- Giai đoạn màng lửa phát triển và lan truyền màng lửa hay còn gọi là giai đoạn cháy chính
- Giai đoạn kết thúc quá trình cháy và màng lửa tắt dần đi. Giai đoạn này còn gọi là giai đoạn cháy rớt.[25]

Để đạt được momen cực đại, quá trình cháy phải diễn ra gần điểm chết trên. Toàn bộ thời gian phát triển và lan tràn màng lửa chiếm khoảng 30^0 đến 90^0 góc quay của trục khuỷu [5,26]. Ở giai đoạn I, tính từ lúc bu-gi đánh lửa cho đến khi đường cong áp suất cháy bắt đầu cao hơn đường cong áp suất nén [24], hàng loạt quá trình lý hóa xảy ra chuẩn bị cho sự đốt cháy hỗn hợp trong lòng xy-lanh, trong giai đoạn này lượng hòa khí tham gia phản ứng khoảng 1,5 % [27], sự tăng áp suất và tỏa nhiệt không rõ ràng. Trong giai đoạn II quá trình oxy hóa nhiên liệu xảy ra rất mãnh liệt, nhiệt độ và áp suất trong lòng xy-lanh tăng nhanh, áp suất lớn nhất trong lòng xy-lanh đạt được cuối giai đoạn này. Trường hợp góc đánh lửa sớm đạt tốt nhất, áp suất trong lòng xy-lanh sẽ đạt giá trị cực đại khoảng 16^0 sau điểm chết trên [5, 26] và ở vị trí 10^0 sau điểm chết trên có khoảng 50% hỗn hợp khí đã cháy. Giai đoạn III- cháy rớt dài hay ngắn phụ thuộc vào mức độ xoáy lốc của hỗn hợp, thành phần hòa khí và góc đánh lửa sớm. Nếu hỗn hợp quá loãng hoặc đánh lửa quá trễ sẽ làm quá trình cháy kết thúc chậm hơn [24, 25]

2.3 Các thông số chủ yếu của hệ thống đánh lửa

2.3.1 Hiệu điện thế thứ cấp cực đại U_{2m}

Là hiệu điện thế cực đại đo được ở đầu cuộn thứ cấp. Hiệu điện thế U_{2m} phải đủ lớn để tạo ra tia lửa giữa hai điện cực của bu-gi nhất là lúc khởi động. U_{2m} có giá trị từ 7- 40 kV [1, 28, 29, 30, 31]

2.3.2 Hiệu điện thế đánh lửa U_{dl} [1, 4]

Là hiệu điện thế thứ cấp mà tại đó quá trình đánh lửa xảy ra (U_{dl}).

Theo định luật Paschen:

$$U_{dl} = K \frac{P\delta}{T} \quad (2.1)$$

Trong đó:

P: áp suất trong buồng đốt tại thời điểm đánh lửa.

δ : khe hở bu-gi.

T: nhiệt độ ở điện cực trung tâm của bu-gi tại thời điểm đánh lửa.

K: hằng số phụ thuộc vào thành phần của hỗn hợp hòa khí.

2.3.3 Hệ số dự trữ K_{dl}

Hệ số dự trữ K_{dl} , còn được gọi là hệ số dự trữ điện thế là tỷ số giữa hiệu điện thế thứ cấp cực đại U_{2m} và hiệu điện thế đánh lửa U_{dl} [1, 4, 32]:

$$K_{dl} = \frac{U_{2m}}{U_{dl}} \quad (2.2)$$

Hệ số $K_{dl} < 1,5$ đối với hệ thống đánh lửa thường và bằng $1,5 \div 2$ đối với động cơ xăng dùng hệ thống đánh lửa điện tử.

2.3.4 Tốc độ biến thiên của hiệu điện thế thứ cấp S [1, 32]

$$S = \frac{du_2}{dt} = \frac{\Delta u_2}{\Delta t} = 300 \div 600 \text{ V}/\mu\text{s}$$

Δu_2 : độ biến thiên của hiệu điện thế thứ cấp.

Δt : thời gian biến thiên của hiệu điện thế thứ cấp.

Tốc độ biến thiên S càng lớn thì tia lửa xuất hiện tại điện cực bu-gi càng nhanh, nhờ đó dòng điện không bị rò qua muội than trên cực điện bu-gi, năng lượng tiêu hao trên mạch thứ cấp giảm.

2.3.5 Tần số và chu kỳ đánh lửa [1,4, 32]

Tần số đánh lửa là số tia lửa xuất hiện trong 1 giây.

Đối với động cơ 4 kỳ tần số f được tính bởi công thức:

$$f = \frac{nZ}{120} \text{ (Hz)} \quad (2.3)$$

Đối với động cơ 2 kỳ:

$$f = \frac{nZ}{60} \text{ (Hz)} \quad (2.4)$$

- f : tần số đánh lửa.
- n : số vòng quay động cơ. (vòng/phút)
- Z : số xy lanh động cơ.

Chu kỳ T là thời gian giữa hai lần xuất hiện tia lửa.

$$T = 1/f = t_d + t_m$$

t_d : thời gian vít ngậm hay transitor dẫn bão hòa.

t_m : thời gian vít hở hay transitor ngắt.

Tần số f tỷ lệ thuận với tốc độ động cơ và số xy-lanh, tỷ lệ nghịch với chu kỳ. Đối với các hệ thống đánh lửa được điều khiển bằng máy tính, thời gian t_d do máy tính điều khiển nhằm bảo đảm năng lượng đánh lửa đủ lớn ở mọi chế độ hoạt động của động cơ.

2.3.6 Thời gian ngậm điện (t_d)

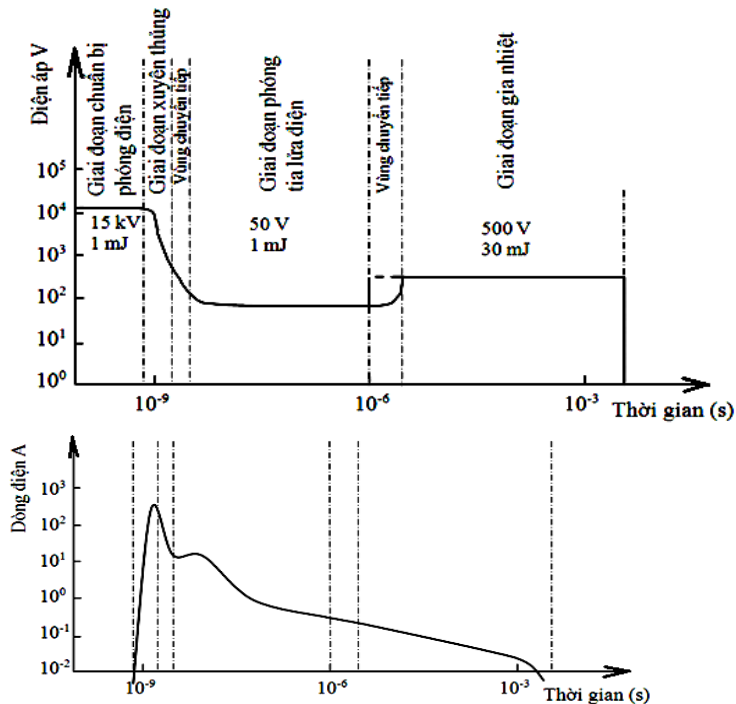
Thời gian ngậm điện t_d được xem như thời gian dòng điện đi qua cuộn sơ cấp của bo-bin. Cường độ dòng điện lúc ngắt, ảnh hưởng trực tiếp đến năng lượng tích lũy trên cuộn sơ cấp của bo-bin. Vì vậy, khoảng thời gian này thường được biết đến như thời gian tích lũy năng lượng. Trên hệ thống đánh lửa trực tiếp một bo-bin chỉ sử dụng cho một bu-gi, t_d được ECU – Electronic control unit điều khiển nhằm bảo đảm năng lượng đánh lửa khi thay đổi tốc độ của động cơ.[1, 31,32]

2.4 Năng lượng đánh lửa

2.4.1 Phân tích năng lượng của tia lửa điện [5,10]

Hỗn hợp cháy khởi đầu bởi sự phóng tia lửa điện giữa hai điện cực của bu-gi. Thời điểm xuất hiện tia lửa điện dao động từ $10^0 - 30^0$ trước điểm chết trên của góc quay trục khuỷu và tùy thuộc vào điều kiện làm việc tức thời của động cơ và hình dạng của buồng đốt.

Tia lửa điện chính là sự phóng ra của dòng plasma có nhiệt độ cực cao giữa hai điện cực bu-gi để đốt cháy lượng hoà khí ở khu vực lân cận. Lúc đầu, vận tốc cháy diễn ra khá chậm vì mất mát nhiệt, do nhiệt độ của điện cực bu-gi và hoà khí còn tương đối thấp và sau đó màng lửa mới bắt đầu lan nhanh dẫn đến khối hoà khí bùng cháy dữ dội. Thông thường thời gian cháy trễ ở điều kiện làm việc bình thường tương đương với khoảng 6^0 góc quay trục khuỷu.



Hình 2.2: Đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa điện áp, cường độ dòng điện và thời gian đánh lửa của một hệ thống đánh lửa cơ bản [5].

Các nghiên cứu của Maly và Vogel đã chia quá trình hình thành tia lửa điện trên bu-gi thành ba giai đoạn chính: ion hóa (đánh thủng), hình thành tia lửa điện và gia nhiệt.

Giai đoạn ion hoá (Giai đoạn đánh thủng)

Giai đoạn đánh thủng được đặc trưng bởi điện áp rất cao (xấp xỉ 10kV). Cường độ dòng điện cao nhất (xấp xỉ 200A). Với thời gian ngắn (khoảng 10 ns). Hình thành một kênh ion hóa giữa 2 điện cực bu-gi (đường kính khoảng 40 μm), toàn bộ năng lượng được truyền qua kênh dẫn. Đồng thời, nhiệt độ và áp suất trong buồng đốt sẽ tăng lên rất nhanh đạt mức xấp xỉ 6000⁰K và vài trăm atm. Khi các sóng xung kích được lan truyền ra ngoài, kênh dẫn mở rộng ra, kết quả là nhiệt độ và áp suất giảm, do đó 30% năng lượng plasma của kênh dẫn bị tiêu tán đi bởi sóng xung kích. Tuy nhiên năng lượng sẽ được bù lại khi nó lan truyền hầu hết vào khối hòa khí chưa phản ứng.

Giai đoạn phóng tia lửa điện

Giai đoạn phóng tia lửa điện có điện áp thấp (<100V) và cường độ dòng điện có thể tăng cao tùy vào thông số các linh kiện điện tử trong hệ thống. Đối với giai đoạn xuyên thủng hòa khí trong khe bị phân cực và ion hóa cao còn giai đoạn phóng tia lửa điện mức độ phân cực vẫn cao tại trung tâm của điểm phóng, nhưng mật độ ion hóa lại thấp (1%). Điện áp giảm ở cathode và anode có ý nghĩa quan trọng với giai đoạn phóng tia lửa điện. Toàn bộ năng lượng của giai đoạn phóng tia lửa điện là năng lượng tích tụ ở khu vực lân cận vùng điện cực nó được dẫn thông qua điện cực của bản cực.

Khi phóng tia lửa điện đòi hỏi cathode phải nóng để tạo sự bay hơi trên bề mặt của nó, tia lửa điện tăng lên chủ yếu do khả năng dẫn nhiệt và lượng nhiệt khuếch tán. Lúc này, nhiệt độ hòa khí đạt được 6000⁰K, và khả năng phân cực giảm nhanh nếu khe hở bu-gi được điều chỉnh nhỏ.

Giai đoạn gia nhiệt

Đối với giai đoạn gia nhiệt cường độ dòng điện nhỏ hơn 200mA, điện áp ở cathode trong khoảng (300 ÷ 500 V), và sự ion hóa giảm 0,01%. Nhiệt độ hòa khí cao nhất là 3000⁰K, tổn thất năng lượng cao hơn so với giai đoạn phóng tia lửa điện.

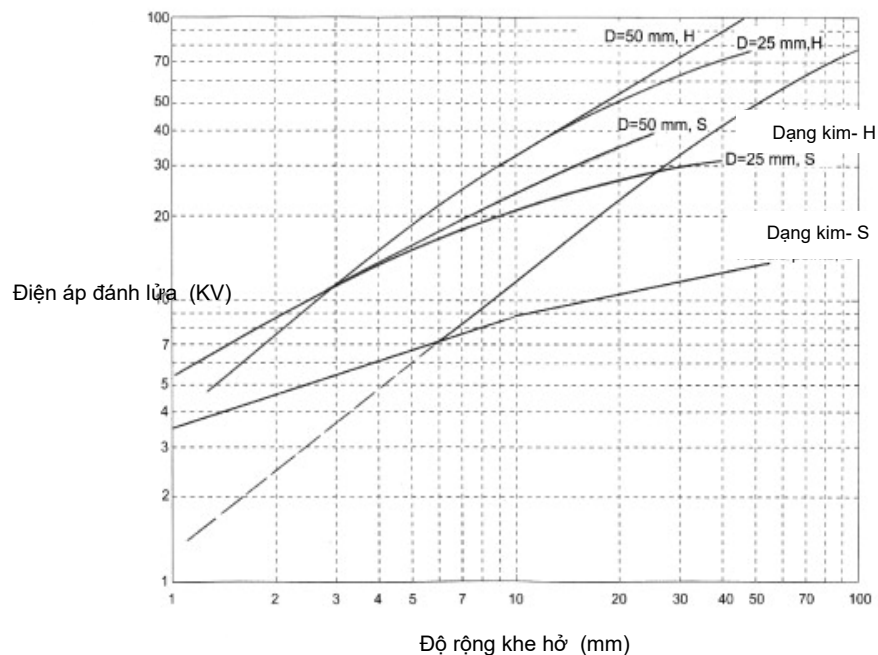
Thông thường hệ thống đánh lửa cung cấp 30 ÷ 50 mJ tại các điện cực bu-gi, 0,3 mJ là năng lượng yêu cầu để đốt cháy 1 tỷ lệ hòa khí lý thuyết ở điều kiện vận hành bình thường của động cơ. Thực chất tại các cực, năng lượng cung cấp yêu cầu lớn hơn (3 mJ). Nhưng do ảnh hưởng các đặc tính vật lý nêu trên nên chỉ có 1 phần nhỏ năng lượng cung cấp qua khe hở truyền đến hỗn hợp nhiên liệu. Trong giai đoạn xuyên thủng, công suất đạt mức cao nhất (1MW) nhưng năng lượng cung cấp nhỏ (0.3 ÷ 1 mJ). Cuối giai đoạn xuyên thủng khi cathode nóng lên sẽ chuyển sang giai đoạn phóng tia lửa điện vì thế tổn thất tổn thất nhiệt ở các cực rất quan trọng.

2.4.2 Một số các yếu tố ảnh hưởng đến năng lượng đánh lửa

Theo các nghiên cứu về năng lượng đánh lửa, đối với hỗn hợp đồng nhất, ổn định và có tỷ lệ A/F lân cận 14,7/1 năng lượng yêu cầu là 0,2 mJ [2,3,5,6]. Đối với hỗn hợp quá nghèo hay quá giàu năng lượng đánh lửa yêu cầu là 3mJ [2,3,5,6]. Ngoài ra, khi động cơ đã được làm nóng, năng lượng yêu cầu này chỉ còn khoảng 0,1mJ [33]. Đối với những hệ thống đánh lửa thông thường năng lượng đánh lửa 15mJ [6]. Tuy nhiên, để tăng khoảng thời gian duy trì tia lửa trên bu-gi và nếu tính cả các mất mát trên hệ thống (rò rỉ trên bu-gi, trên dây cao áp...), năng lượng này từ 30-50mJ [1,2,5,6,30]. Đối với những hệ thống đánh lửa dùng trên động cơ phun xăng trực tiếp, năng lượng này vào khoảng 100mJ [7].

Năng lượng đánh lửa phụ thuộc vào hình dạng điện cực, thành phần hỗn hợp, thời gian xuất hiện tia lửa...., trên hình 2-3 trình bày một số kết quả thu được ở hai phòng thí nghiệm khác nhau từ việc xác định điện áp đánh lửa trong không khí, ở điều kiện áp suất

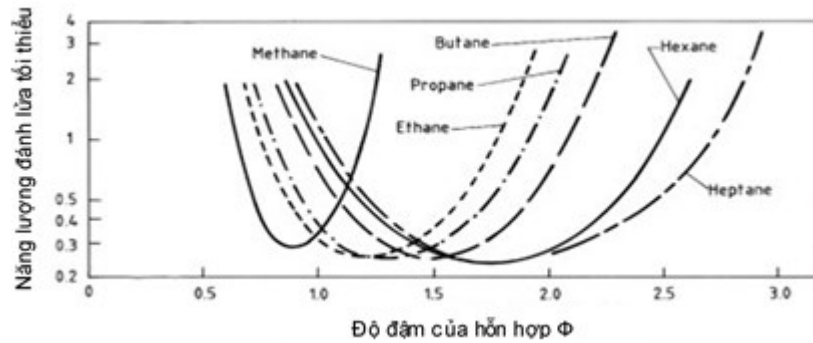
khí quyển sử dụng các cấu hình điện cực khác nhau. Các dữ liệu xác nhận rằng, đối với một dạng điện cực cụ thể, điện áp đánh lửa tăng lên khi tăng khe hở giữa các điện cực. Ngoài ra, dữ liệu xác nhận rằng, với một khe hở nhất định, điện áp đánh lửa thấp hơn đáng kể với các điện cực dạng nhọn so với các điện cực tròn [34]



Hình 2.3: Điện áp đánh lửa theo quan hệ của độ rộng khe hở và dạng điện cực khi phóng điện trong không khí ở điều kiện áp suất khí trời [34]

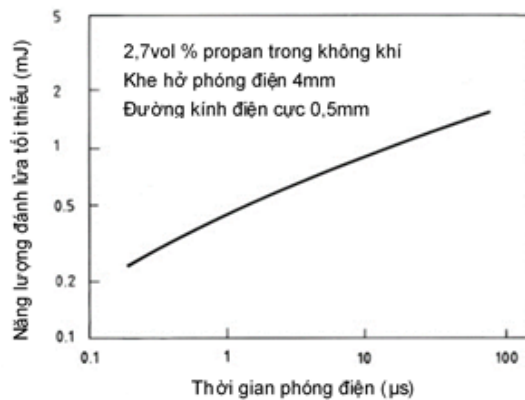
Ghi chú: “H” hiển thị các dữ liệu từ Handbook of Chemistry and Physics (1959/60) và “S” hiển thị các dữ liệu từ Smithsonian Physical Tables (1959).

Năng lượng đánh lửa phụ thuộc vào thành phần và tỷ lệ của hỗn hợp. Hình 2.4 minh họa điều này cho các nhiên liệu có gốc alkane. Ta thấy rằng các giá trị của tỷ lệ tương đương tại đó năng lượng đánh lửa tối thiểu cho mỗi khí xảy ra tăng khi tăng trọng lượng phân tử của khí nhiên liệu, từ 0,85 đối với metan lên 1,80 đối với heptan. Người ta cũng thấy rằng giá trị E_{\min} của methane (0,28 mJ) cao hơn một chút so với các alkane cao hơn (0,23 - 0,25 mJ).[34]



Hình 2.4: Năng lượng đánh lửa (điện dung) tối thiểu của hỗn hợp alkane và không khí theo độ đậm của hỗn hợp $\Phi = 1/\lambda$. [34]

Các nghiên cứu của Parker (1985) [34] cũng chỉ ra rằng, khi tăng năng lượng đánh lửa sẽ kéo dài được thời gian xuất hiện tia lửa giữa hai điện cực. Trên hình 2.5 cho thấy năng lượng đánh lửa tối thiểu của hỗn hợp khí propan / không khí tăng từ 0,2 mJ trong thời gian phóng tia lửa điện 0,1 μ s lên khoảng 2 mJ trong thời gian 100 μ s.



Hình 2.5: Ảnh hưởng của thời gian phóng tia lửa đến năng lượng đánh lửa tối thiểu của hỗn hợp nghèo (2,7 vol.%), ở nhiệt độ và áp suất khí trời.[34]

Đối với hệ thống đánh lửa điện cảm, năng lượng đánh lửa được tích trữ dưới dạng từ trường trong cuộn sơ cấp của bo-bin chúng được xác định bởi công thức:

$$W_{dl} = \frac{L_1 \cdot I_{ng}^2}{2} \quad (2.5)$$

L_1 : độ tự cảm của cuộn sơ cấp bo-bin.

I_{ng} : cường độ dòng điện tại thời điểm transistor công suất ngắt.

Khi sử dụng hệ thống đánh lửa điện dung, năng lượng đánh lửa được tích lũy dưới dạng điện trường trên tụ điện, năng lượng tích lũy lúc này được viết dưới dạng

$$W_{dl} = \frac{CU^2}{2} \quad (2.6)$$

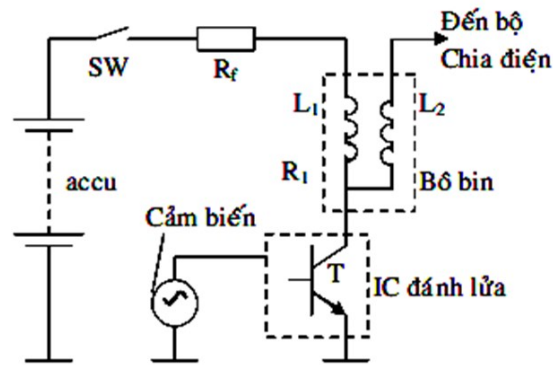
Trong đó: C : điện dung của tụ điện (F).

U : điện áp trên tụ điện (V).

2.5 Hệ thống đánh lửa điện cảm [1,32]

Hệ thống đánh lửa điện cảm TI (Transistorized Ignition system) được sử dụng phổ biến trên ô tô, năng lượng đánh lửa được tích trữ trên cuộn dây sơ cấp của bo-bin. Sơ đồ nguyên lý hệ thống đánh lửa điện cảm được mô tả trên hình 2.6.

Quá trình hoạt động của hệ thống đánh lửa điện cảm có thể chia làm ba giai đoạn



Hình 2.6: Sơ đồ nguyên lý hệ thống đánh lửa điện cảm [1, 32]

Trong sơ đồ trên:

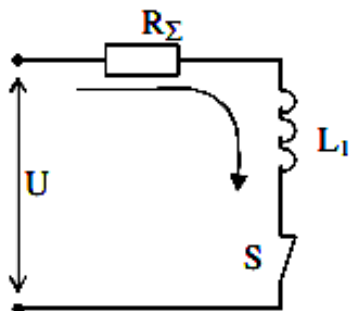
R_f : điện trở phụ (một số hệ thống không dùng điện trở phụ)

R_1 : điện trở của cuộn sơ cấp

L_1, L_2 : hệ số tự cảm của cuộn sơ cấp và thứ cấp của bo-bin

T: transistor công suất được điều khiển bởi tín hiệu từ các cảm biến hay từ máy tính điều khiển động cơ (ECU)

2.5.1 Giai đoạn tăng trưởng dòng sơ cấp



Hình 2.7: Sơ đồ tương đương giai đoạn tăng trưởng dòng sơ cấp [1,32].

Khi transistor T dẫn dòng điện đi từ (+) accu đến R_f đến L_1 đến T đến mass, do sức điện động tự cảm sinh ra trên cuộn sơ cấp L_1 chống lại sự tăng của cường độ dòng điện. nên dòng điện đi qua cuộn sơ cấp I_1 tăng chậm, Giai đoạn này mạch thứ cấp không chịu ảnh hưởng.

$$R_{\Sigma} = R_1 + R_f \quad (2.7)$$

$$U = U_a - \Delta U_T$$

U_a : hiệu điện thế của accu.

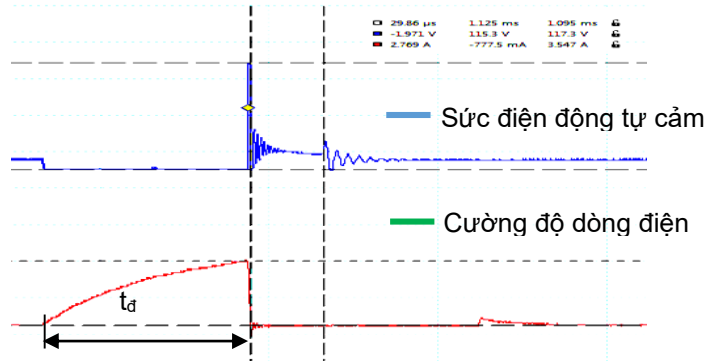
ΔU_T : độ sụt áp trên transistor công suất ở trạng thái dẫn bão hòa

Ta thiết lập được phương trình vi phân sau:

$$i_1 R_{\Sigma} + L_1 \frac{di_1}{dt} = U \quad (2.8)$$

Giải phương trình ta được:

$$i_1(t) = \frac{U}{R_1} (1 - e^{-(R_{\Sigma}/L_1).t}) \quad (2.9)$$



Hình 2.8: Đồ thị tăng trưởng cường độ dòng điện sơ cấp I_1

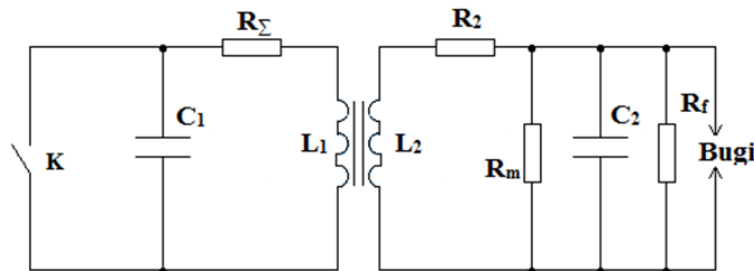
Gọi t_d là thời gian transistor dẫn bão hòa thì cường độ dòng điện sơ cấp tương ứng là I_{ng}

$$I_{ng} = \frac{U}{R_{\Sigma}} (1 - e^{-(R_{\Sigma}/L_1)t_d}) \quad (2.10)$$

Tại thời điểm đánh lửa năng lượng tích lũy trong cuộn sơ cấp dưới dạng từ trường:

$$W_{dt} = \frac{I_{ng}^2 L_1}{2} = \frac{L_1}{2} \frac{U^2}{R_{\Sigma}^2} (1 - e^{-(R_{\Sigma}/L_1)t_d})^2 \quad (2.11)$$

2.5.2 Giai đoạn ngắt dòng điện ở cuộn sơ cấp [1,32]



Hình 2.9: Sơ đồ mô tả quá trình phóng điện ở cuộn thứ cấp [1,32]

Khi dòng điện đi qua cuộn sơ cấp bị ngắt (transistor ngắt) trên cuộn thứ cấp xuất hiện một hiệu điện thế khoảng 15kV đến 40kV. Giá trị này phụ thuộc vào nhiều thông số của mạch sơ cấp và thứ cấp. Ví dụ như, điện trở mất mát, điện trở rò qua điện cực bugi..... Sơ đồ hình 2.9 được sử dụng để tính toán điện thế thứ cấp cực đại. Trong sơ đồ này:

R_m : điện trở mất mát trên cuộn thứ cấp

R_r : điện trở rò qua điện cực bu-gi

Năng lượng điện từ tích lũy trên mạch từ của cuộn sơ cấp lúc transistor ngắt

$$W_{dl} = \frac{L_1 I_{ng}^2}{2}$$

Nếu không đề xuất hiện tia lửa điện cao thế, năng lượng này sẽ biến thành năng lượng điện trường tích lũy trong điện dung C_1 của mạch sơ cấp và điện dung C_2 ký sinh của mạch thứ cấp, một phần mất mát khác do do tỏa nhiệt và hiệu suất làm việc của bo-bin (A)

Như vậy, phương trình cân bằng năng lượng lúc transistor ngắt có thể viết

$$\frac{I_{ng}^2 L_1}{2} = \frac{C_1 U_{1m}^2}{2} + \frac{C_2 U_{2m}^2}{2} + A \quad (2.12)$$

Sau khi biến đổi, hiệu điện thế cực đại trên cuộn thứ cấp U_{2m} được xác định bởi công thức:

$$U_{2m} = K_{bb} \sqrt{\frac{2W_{dt}}{C_1 + K_{bb}^2 C_2}} \cdot \eta \quad (2.13)$$

Trong đó:

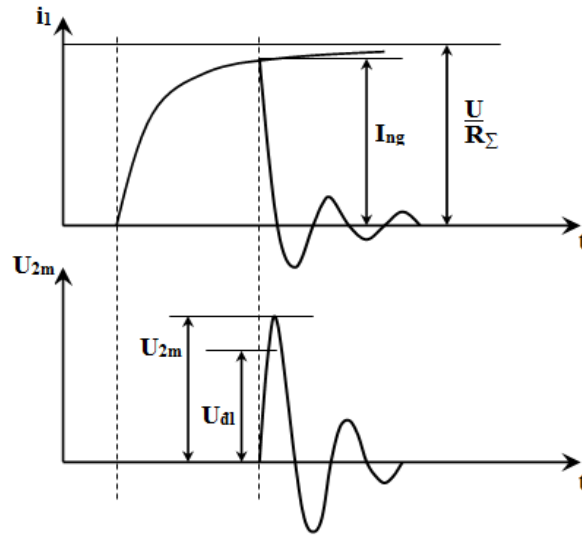
$K_{bb} = W_2/W_1$: Hệ số biến áp bo-bin.

η : hệ số tính đến sự mất mát trong mạch dao động (0,7 ÷ 0,8).

W_1, W_2 : số vòng dây của cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp.

C_1 : điện dung của tụ điện mắc song song với vít lửa hay với transistor công suất.

C_2 : điện dung ký sinh trên mạch thứ cấp.



Hình 2.10: Đồ thị mô tả qui luật biến đổi hiệu điện thế thứ cấp U_{2m} [1].

Khi transistor ngắt trên cuộn sơ cấp sẽ sinh ra một sức điện động khoảng 100V đến 300V [1, 32]

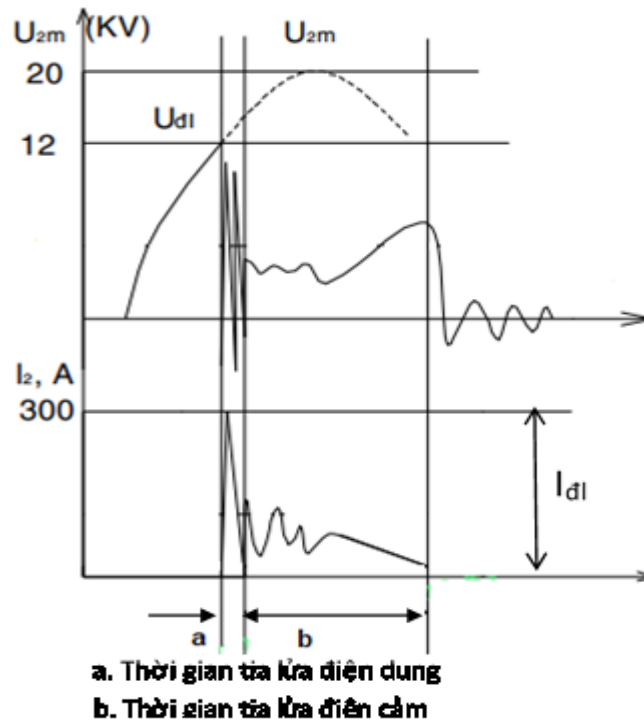
2.5.3 Giai đoạn phóng điện ở điện cực bu-gi [1,4,32]

Khi điện áp U_{2m} đạt đến giá trị U_{dl} sẽ xuất hiện tia lửa cao thế giữa hai đầu cực của bu-gi. Tia lửa điện trên bu-gi bao gồm tia lửa điện dung và tia lửa điện cảm.

Phần tia lửa điện dung: được qui ước bởi điện dung C_2 ký sinh và đặc trưng bởi sự sụt áp và tăng dòng đột ngột. Cường độ dòng điện có thể đạt đến hàng trăm Ampere, công suất của tia lửa điện dung có thể lên tới hàng chục hay hàng trăm kW. Do dao động với tần số cao ($10^6 \div 10^7$ Hz), nên tia lửa điện dung dễ gây ra mài mòn điện cực bu-gi. Nó thường có màu xanh sáng kèm theo tiếng nổ lách tách.

Khi xuất hiện tia lửa điện cảm: Cường độ dòng điện lúc này đạt khoảng $20 \div 40$ mA, hiệu điện thế giữa hai cực của bu-gi giảm nhanh đến giá trị từ $400 \div 500$ V. Thời gian kéo dài tia lửa điện cảm gấp $100 \div 1000$ lần tia lửa điện dung. Thời gian xuất hiện

tia lửa điện cảm từ 1- 2,5ms [5,6, 35]. Do đó tia lửa điện dung chỉ là một phần nhỏ của tia lửa, thời gian này phụ thuộc vào loại bu-gi, khe hở bu-gi và chế độ làm việc của động cơ.



Hình 2.11: Đồ thị mô tả quy luật biến đổi của tia lửa điện dung và điện cảm [1, 4, 32].

2.5.4 Ưu, nhược điểm của hệ thống đánh lửa điện cảm

Ưu điểm

- Thời gian phóng điện kéo dài (khoảng $1 \div 2,5 \text{ ms}$) nên sẽ đốt sạch hòa khí trong xy lanh ở hầu hết các chế độ làm việc của động cơ [5, 6, 35]
- Khe hở bu-gi không cần phải chỉnh quá lớn như đánh lửa điện dung nên tăng tuổi thọ của bu-gi.
- Hiệu suất sử dụng nhiên liệu cao hơn so với đánh lửa điện dung.

Nhược điểm

- Thời gian tích lũy năng lượng dài, nhất là khi động cơ hoạt động ở tốc độ thấp nên dễ gây lãng phí năng lượng, dễ gây nóng bo-bin, hỏng transistor.[1,4, 30]

- Ở tốc độ cao do không đủ thời gian tăng trường dòng sơ cấp nên điện áp thứ cấp sẽ giảm. [1, 4, 30]

- Hiệu điện thế thứ cấp tăng trường chậm hơn đánh lửa CDI, nên có hiệu suất làm việc kém khi có điện trở rò ở bu-gi.[1,9, 32, 30]

2.6 Hệ thống đánh lửa điện dung

Hệ thống đánh lửa điện dung thường được sử dụng trên các xe có động cơ hoạt động ở số vòng quay lớn (xe đua, mo-to và xe gắn máy)

Ở hệ thống đánh lửa điện dung năng lượng trên mạch sơ cấp của bo-bin được tích lũy dưới dạng điện trường được chứa trên tụ điện C:

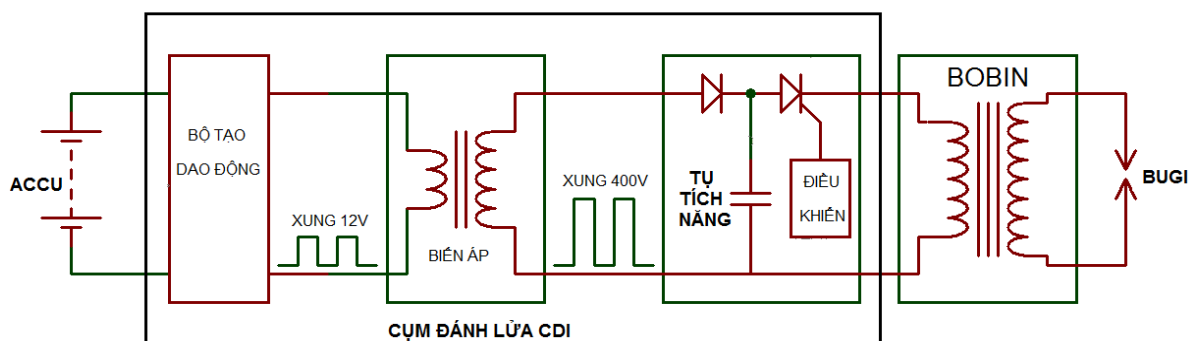
$$W_{dl} = \frac{CU^2}{2} \quad (2.14)$$

Trong đó: C: điện dung của tụ điện (F).

U: điện áp trên tụ điện (V).

2.6.1 Cấu tạo và nguyên lý làm việc của hệ thống đánh lửa điện dung (CDI-capacitor discharged ignition)

Hệ thống đánh lửa CDI bao gồm một bộ tạo dao động, biến áp, tụ tích năng và bộ điều khiển quá trình xả của tụ điện qua bo-bin đánh lửa. Bên trong cụm CDI có bố trí mạch kích, mạch này nhận tín hiệu từ cảm biến đánh lửa để điều khiển trạng thái hoạt động của công tắc chuyển mạch.



Hình 2.12: Sơ đồ khối của hệ thống đánh lửa điện dung.

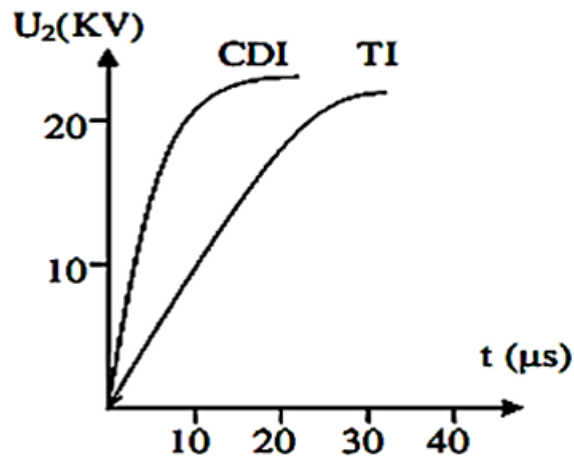
Nguyên lý hoạt động của hệ thống đánh lửa CDI

Dòng điện từ accu qua bộ tạo dao động tạo ra các xung 12V. Chính nhờ sự đóng ngắt này mà ở cuộn thứ cấp xuất hiện các xung điện áp khoảng 300-400V. Các xung này được chỉnh lưu qua diode và nạp cho tụ tích năng. Khi có tín hiệu đánh lửa, thông qua mạch điều khiển, công tắc chuyển mạch (SCR) sẽ ở trạng thái mở. Lúc này, năng lượng tích lũy trên tụ điện sẽ được phóng qua cuộn sơ cấp của bo-bin đánh lửa và về cực âm của tụ điện, điều này giúp tạo ra điện áp cao (30.000-60.000V) ở cuộn thứ cấp của bo-bin đánh lửa, năng lượng này được đưa đến các bu-gi để đốt cháy hoà khí bên trong các xy lanh.

2.6.2 Ưu, nhược điểm của hệ thống đánh lửa điện dung

Ưu điểm

- Đặc tính đánh lửa hầu như không phụ thuộc vào tốc độ động cơ, vì tụ điện có khả năng nạp rất nhanh và được tính toán là luôn được nạp đầy ở số vòng quay cao nhất của động cơ. [9,30,33]
- Hiệu điện thế đánh lửa tăng trưởng nhanh nên độ nhạy đánh lửa tăng và do đó không phụ thuộc vào điện trở rò ở bu-gi.[1,9, 4, 33]
- Điện áp của tia lửa điện dung (30kV- 60kV) lớn hơn năng lượng tia lửa điện cảm (12kV-40kV).[1, 33]



Hình 2.13: Đồ thị mô tả sự tăng trưởng của hiệu điện thế cuộn thứ cấp trong trường hợp đánh lửa TI và CDI. [1, 32]

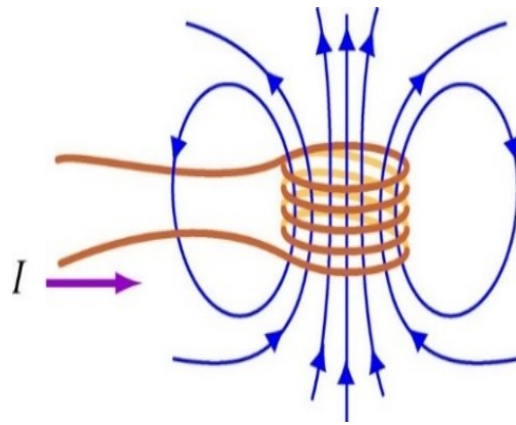
Nhược điểm

Thời gian phóng nạp của tụ điện là rất ngắn nên thời gian tồn tại tia lửa bu-gi là rất ngắn, chỉ từ (0,1 - 0,3) ms [5, 36] nên:

- Hòa khí sẽ khó bén cháy nếu quá loãng. [1, 5, 32]
- Khe hở điện cực bu-gi lớn (để tăng diện tích tiếp xúc với hỗn hợp) nên điện cực bu-gi mau mòn [1, 32].

2.7 Sức điện động tự cảm

Như ta đã biết, sự thay đổi từ trường quanh một dây dẫn sẽ tạo nên một sức điện động cảm ứng ở trong dây đó. Nếu cho một dòng điện trị số biến đổi đi qua một dây dẫn dây thì từ trường chung quanh nó sẽ biến đổi và trong dây sẽ phát sinh sức điện động cảm ứng. Như vậy, sức điện động cảm ứng phát sinh ngay trong dây dẫn, mà trong đó đang có dòng điện biến đổi. Sức điện động động ấy được gọi là sức điện động tự cảm. [37, 38, 39]



Hình.14: Từ trường B đi qua cuộn dây có mặt cắt A [37]

Xét một cuộn dây có N vòng dây, dòng điện I chạy trong mạch ngược chiều kim đồng hồ như hình vẽ 2.14. Từ thông Φ qua cuộn dây sẽ được viết dưới dạng:

$$\Phi = BA \cos(\vec{B}, \vec{n}) \quad (\text{Wb - Weber}) \quad (2-15)$$

Với: \vec{n} là vectơ pháp tuyến của mặt phẳng vòng dây

$$\text{cảm ứng từ B: } B = \frac{\mu_0 N}{l} I \quad (\text{T- tesla}) \quad (2.16)$$

Trong đó:

A: tiết diện vòng dây (m^2)

N: số vòng quấn (vòng)

μ_0 : độ từ thẩm, trong môi trường chân không: $\mu_0 = 4\pi 10^{-7} (\text{H/m})$ [14]

l: chiều dài cuộn dây (m)

I: cường độ dòng điện qua cuộn dây (A)

Độ từ thẩm $\mu_0 = 4\pi 10^{-7} (\text{H/m})$ là độ từ thẩm của chân không. Tuy nhiên, tỉ số giữa độ từ thẩm của không khí và độ từ thẩm của chân không là 1,000000373 nên có thể xem độ từ thẩm của không khí xấp xỉ $4\pi 10^{-7} (\text{H/m})$ [38, 39, 40, 41].

Khi dòng điện qua cuộn dây không đổi, từ thông qua cuộn dây không có sự biến thiên, sức điện động cảm ứng không xuất hiện.

Khi dòng điện qua cuộn dây thay đổi theo thời gian sẽ làm từ thông qua cuộn dây thay đổi, sinh ra sức điện động cảm ứng chống lại sự thay đổi đó. Từ trường sinh ra trong cuộn dây có xu hướng chống lại sự thay đổi của dòng điện trong mạch được gọi là hiện tượng tự cảm. Sức điện động cảm ứng sinh ra trong cuộn dây gọi là sức điện động tự cảm. Sức điện động tự cảm được kí hiệu là \mathcal{E}_L .

Sức điện động tự cảm được tính theo công thức:

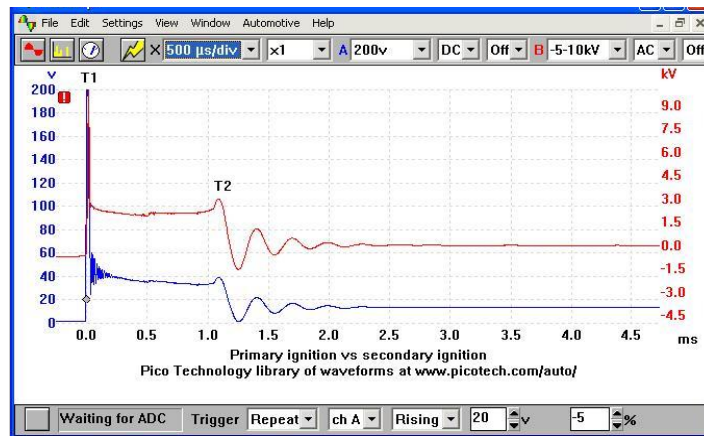
$$\mathcal{E}_L = -N \frac{d(\Phi_B)}{dt} = -N \frac{d}{dt} \iint \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad (2.17)$$

Hệ số tự cảm có thể tính theo qua công thức:

$$\mathcal{E}_L = -L \frac{dI}{dt} \quad (2.18)$$

Từ hai biểu thức (2.17) và (2.18) ta có thể suy ra:

$$L = \frac{Nd(\Phi_B)}{dI} \quad (2.19)$$

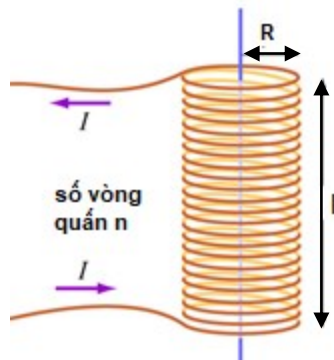


Hình 2.15: Sức điện động tự cảm trên cuộn sơ cấp và điện thế trên cuộn thứ cấp [42]

Hệ số tự cảm L của cuộn dây chính là yếu tố gây cản trở cho sự biến thiên của dòng điện. Hệ số tự cảm càng lớn thì tốc độ biến thiên của dòng điện càng nhỏ [37,39].

Hệ số tự cảm của cuộn dây được tính theo công thức

$$L = \frac{N\Phi_B}{I} = \mu_0 n^2 \cdot \Pi \cdot R^2 \cdot l \quad [37] \quad (2.20)$$



Hình 2.16: Mô tả các kích thước cuộn dây [37]

Trong đó:

L : hệ số tự cảm cuộn dây (H)

n : số vòng quấn cuộn dây

R : bán kính cuộn dây

l : chiều dài cuộn dây

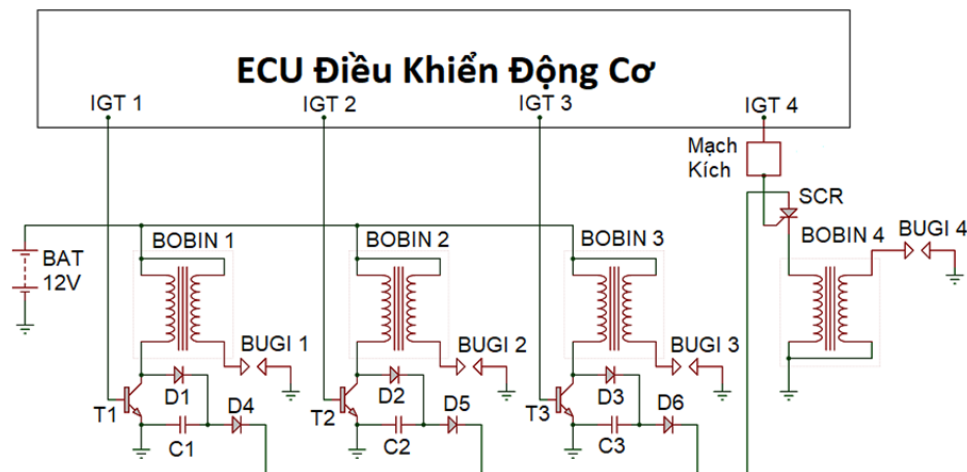
μ_0 : độ từ thẩm của lõi sắt từ

Chương 3

XÂY DỰNG MÔ HÌNH TÍNH TOÁN VÀ MÔ PHỎNG HOẠT ĐỘNG HỆ THỐNG ĐÁNH LỬA HỖN HỢP ĐIỆN DUNG- ĐIỆN CẢM (HYBRID)

Trong chương này sẽ trình bày các tính toán mạch đánh lửa hybrid ở cả hai giai đoạn đánh lửa điện cảm, điện dung. Các mô phỏng nhằm đánh giá ảnh hưởng của các chi tiết cấu thành hệ thống (điện trở R, hệ số tự cảm L, dung lượng C của tụ điện) đến sức điện động tự cảm và cường độ dòng điện. Đồng thời trình bày các tính toán nhằm chọn dung lượng của tụ điện lắp trên mạch đánh lửa hybrid (giai đoạn đánh lửa điện cảm)

3.1 Giới thiệu mô hình hệ thống đánh lửa hybrid



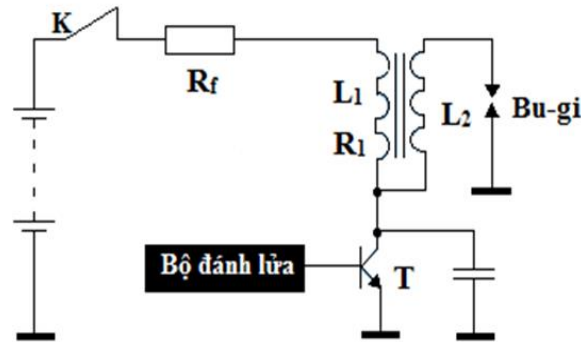
Hình 3.1: Mô hình nguyên lý làm việc của hệ thống đánh lửa hỗn hợp điện cảm - điện dung (sử dụng cho động cơ 4 xy-lanh)

Hệ thống đánh lửa hybrid trên hình 3.1 bao gồm hai giai đoạn làm việc: giai đoạn đánh lửa điện cảm và giai đoạn đánh lửa điện dung. Ở giai đoạn đánh lửa điện cảm, ECU điều khiển động cơ sẽ điều khiển quá trình đánh lửa của các tổ máy 1, 2, 3 (đánh lửa điện

cảm), thông qua các tín hiệu IGT1, IGT2, IGT3. Năng lượng tự cảm “thừa” trên các bo-bin 1, bo-bin 2, bo-bin 3,... sẽ được tích lũy vào các tụ C1, C2, C3. Ở giai đoạn đánh lửa điện dung, tương ứng với thời điểm làm việc của tổ máy 4, tín hiệu IGT4 sẽ điều khiển SCR mở. Năng lượng tích lũy trên các tụ C1, C2, C3 sẽ được giải phóng đến cuộn dây sơ cấp của bo-bin 4, sinh ra quá trình đánh lửa ở tổ máy 4.

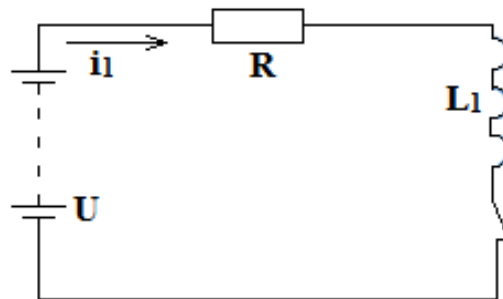
3.2 Các tính toán mạch đánh lửa hybrid - giai đoạn đánh lửa điện cảm [43, 44, 45]

Như đã đề cập trong chương một, để tích lũy năng lượng tự cảm có thể gây ra các ảnh hưởng xấu trong hệ thống đánh lửa và sử dụng lượng năng lượng này cho các lần đánh lửa tiếp theo. Năng lượng tự cảm sẽ được tích lũy lại trên một tụ điện như trong hình 3.2 và sẽ được giải phóng qua cuộn sơ cấp của bo-bin trong lần đánh lửa sau.



Hình 3.2: Mô hình hệ thống đánh lửa hybrid - giai đoạn đánh lửa điện cảm

3.2.1 Giai đoạn tích lũy năng lượng



Hình 3.3: Sơ đồ tương đương hệ thống đánh lửa hybrid - quá trình tích lũy năng lượng

Áp dụng định luật Kirchoff cho sơ đồ trên hình 3.3, ta được phương trình vi phân [1, 32]

$$U = I_1 R + L_1 \frac{di_1}{dt} \quad (3-1)$$

Với: R: tổng trở mạch sơ cấp ($R = R_f + R_1$)

Trong đó:

R_f : điện trở phụ của hệ thống, điện trở transistor công suất lúc dẫn, điện trở dây dẫn

R_1 : điện trở cuộn sơ cấp của bo-bin đánh lửa điện cảm

L_1 : hệ số tự cảm của cuộn sơ cấp bo-bin

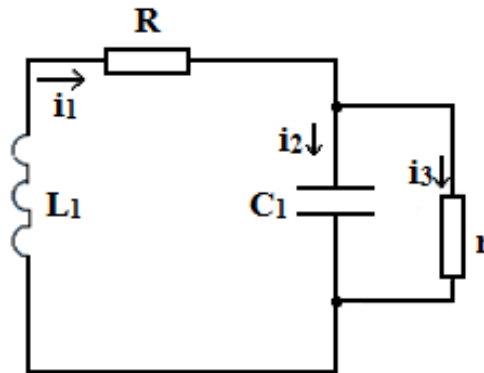
i_1 : cường độ dòng điện sơ cấp

Giải phương trình (3-1):

$$I_{ng} = \frac{U}{R} (1 - e^{-\frac{R}{L_1} t_d}) \quad (3-2)$$

I_{ng} : Cường độ dòng điện lúc transistor công suất ngắt, t_d : thời gian tích lũy năng lượng

3.2.2 Giai đoạn ngắt dòng điện sơ cấp



Hình 3.4 Sơ đồ tương đương mạch đánh lửa hybrid – giai đoạn ngắt dòng sơ cấp

R: tổng trở mạch sơ cấp (Ω)

r: điện trở rò tụ $C_1 = 10^6 \Omega$ [46, 47]

i_1 : dòng điện đi qua điện trở R

i_2 : dòng điện đi qua tụ điện C_1

i_3 : dòng điện rò của tụ

L_1 : độ tự cảm cuộn sơ cấp

C_1 : điện dung của tụ

Áp dụng định luật Kirchhoff cho sơ đồ trên ta có:

$$\begin{cases} -L_1 \frac{di_1}{dt} = i_2(t)R + i_3(t)r \\ i_1(t) = i_2(t) + i_3(t) \\ ri_3(t) = \frac{1}{C_1} \int i_2(t)dt \end{cases} \quad (3-3)$$

Biên đổi Laplace (3.3)

$$\begin{cases} -L_1 * [sI_{1s} - i(0_+)] = I_{2s}R + I_{3s}r \\ I_{1s} = I_{2s} + I_{3s} \\ I_{3s}r = \frac{1}{C_1s} [I_{2s} + q(0_+)] \end{cases}$$

Với: $\begin{cases} i(0_+) = I_0 \\ q(0_+) = 0 \end{cases}$

với I_0 là cường độ dòng điện ở mạch sơ cấp cuối thời gian tích trữ năng lượng, q là điện tích tích lũy.

$$\rightarrow \begin{cases} -L_1[sI_{1s} - I_0] = I_{2s}R + I_{3s}r \\ I_{1s} = I_{2s} + I_{3s} \\ I_{3s}r = \frac{I_{2s}}{C_1s} \end{cases}$$

$$\rightarrow I_{1s} = \frac{I_0s + \frac{I_0}{C_1r}}{s^2 + s\left(\frac{L_1 + RC_1r}{L_1C_1r}\right) + \frac{R+r}{L_1C_1r}}$$

$$\text{Đặt } \begin{cases} a = I_0 \\ b = \frac{I_0}{C_1r} \\ c = \frac{L_1 + RC_1r}{L_1C_1r} [43] \\ d = \frac{R+r}{L_1C_1r} \end{cases}$$

$$\rightarrow I_{1s} = \frac{a\left(S + \frac{c}{2}\right)}{\left(S + \frac{c}{2}\right)^2 + \left(\sqrt{d - \frac{c^2}{4}}\right)^2} + \frac{b - \frac{ac}{2}}{\sqrt{d - \frac{c^2}{4}}} \frac{\sqrt{d - \frac{c^2}{4}}}{\left(S + \frac{c}{2}\right)^2 + \left(\sqrt{d - \frac{c^2}{4}}\right)^2}$$

$$\text{Đặt } \begin{cases} x = -\frac{c}{2} \\ y = \sqrt{d - \frac{c^2}{4}} \\ z = \frac{b - \frac{ac}{2}}{\sqrt{d - \frac{c^2}{4}}} \end{cases}$$

Biến đổi Laplace, ta có cường độ dòng sơ cấp

$$i(t) = ae^{xt} \cos(yt) + ze^{xt} \sin(yt) \quad (3.4)$$

Sức điện động tự cảm trên cuộn sơ cấp khi transistor công suất ngắt

$$V_1(t) = -L_1 \frac{di_1}{dt} = -L_1 [ae^{xt} \cos(yt) + ze^{xt} \sin(yt)]'$$

$$V_1(t) = -L_1 [(ax + zy)e^{xt} \cos(yt) + (xz - ay)e^{xt} \sin(yt)] \quad (3-5)$$

3.2.3 Đánh giá tần số của $i_1(t)$ và $V_1(t)$

Tần số của $i_1(t)$

$$i_1(t) = ae^{xt} \cos(yt) + ze^{xt} \sin(yt)$$

Phương trình tổng quát của hệ thống:

$$i_1(t) = A_1 e^{-\alpha t} \sin(\omega_d t + \varphi)$$

Từ phương trình tổng quát của $i_1(t)$, qua các phép biến đổi ta được

$$i_1(t) = A_1 e^{-\alpha t} \sin(\omega_d t + \varphi) = \sqrt{a^2 + z^2} e^{xt} \sin \left[yt + \arctan \left(-\frac{z}{a} \right) + \frac{\pi}{2} \right]$$

Ta có tần số của $i_1(t)$ là
$$\omega_d = y = \sqrt{d - \frac{c^2}{4}} \quad (3.6)$$

Tần số của $V_1(t)$

$$V_1(t) = -L_1 [(ax + zy)e^{xt} \cos(yt) + (xz - ay)e^{xt} \sin(yt)]$$

Từ phương trình tổng quát:

$$V_1(t) = A_2 e^{-\alpha t} \cos(\omega_d t + \varphi_{sin})$$

$$= -L_1 \sqrt{(ax + zy)^2 + (xz - ay)^2} e^{xt} \cos \left[yt + \arctan \left(-\frac{xz - ay}{ax + zy} \right) \right]$$

Ta có tần số của $V_1(t)$ là
$$\omega_d = y = \sqrt{d - \frac{c^2}{4}} \quad (3.7)$$

Như vậy, tần số của $V_1(t)$ và $i_1(t)$ giống nhau, cùng là $\omega_d = y = \sqrt{d - \frac{c^2}{4}}$. Đây là tần số của cường độ và điện áp nạp vào tụ trong quá trình làm việc của hệ thống đánh lửa hybrid.

3.2.4 Nhận xét

Cường độ dòng sơ cấp khi transistor công suất ngắt (công thức 3-4):

$$i(t) = ae^{xt} \cos(yt) + ze^{xt} \sin(yt)$$

Sức điện động tự cảm trên cuộn sơ cấp khi transistor công suất ngắt (công thức 3-5):

$$V_1(t) = -L_1 [(ax + zy)e^{xt} \cos(yt) + (xz - ay)e^{xt} \sin(yt)]$$

Tần số của $V_1(t)$ và $i_1(t)$ (công thức 3-6): $\omega_d = y = \sqrt{d - \frac{c^2}{4}}$

Chu kỳ dao động của hệ $\tau = \frac{2\pi}{\omega_d} = \frac{2\pi}{\sqrt{1 - \left(\frac{R}{2\sqrt{L_1/C_1}}\right)^2} \sqrt{\frac{1}{L_1 C_1}}} \quad (3.8)$

$$\text{Với } \begin{cases} x = -\frac{c}{2} \\ y = \sqrt{d - \frac{c^2}{4}} \\ z = \frac{b - \frac{ac}{2}}{\sqrt{d - \frac{c^2}{4}}} \end{cases} \text{ và } \begin{cases} a = I_0 \\ b = \frac{I_0}{C_1 r} \\ c = \frac{L_1 + RC_1 r}{L_1 C_1 r} \\ d = \frac{R+r}{L_1 C_1 r} \end{cases}$$

Cường độ dòng điện $i_1(t)$ và $V_1(t)$ có giá trị phụ thuộc vào thông số e^{xt} và các hàm \cos , \sin . Vì vậy, các giá trị trên sẽ là một dao động dạng sin tắt dần theo thời gian.

3.3. Mô phỏng hoạt động mạch đánh lửa hybrid – giai đoạn đánh lửa điện cảm

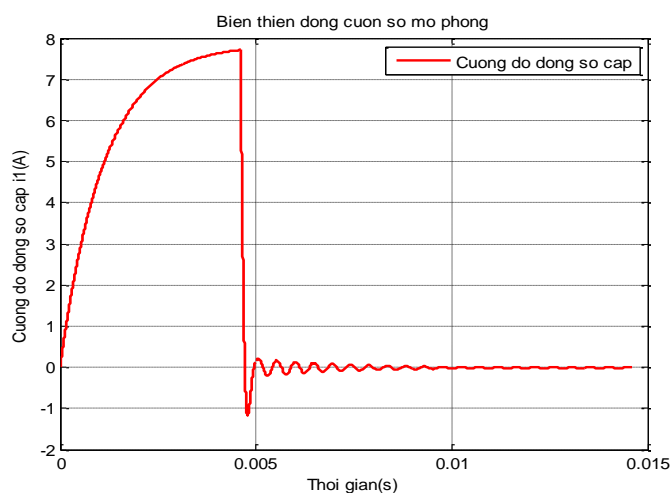
3.3.1 Mục tiêu mô phỏng

Nhằm đánh giá tác động của các thông số cấu thành hệ thống, tổng trở của mạch: R , hệ số tự cảm của cuộn dây sơ cấp bo-bin: L , dung lượng của tụ: C , ảnh hưởng thế nào

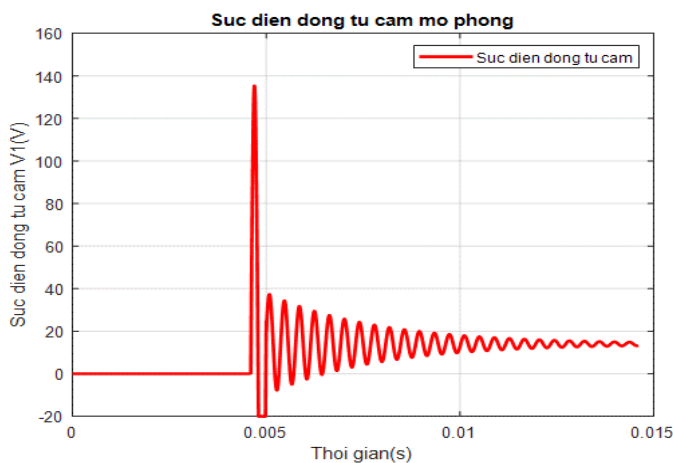
đến biên độ, tần số của cường độ dòng điện $i_1(t)$ và sức điện động tự cảm $V_1(t)$ ta tiến hành các mô phỏng sau

3.3.2 Mô phỏng cường độ dòng điện $i_1(t)$ sức điện động tự cảm $V_1(t)$ trên bo-bin đánh lửa điện cảm

Các thông số của hệ thống: thời gian tích lũy năng lượng (thời gian ngậm) $t_d=5.10^{-3}(s)$, $C_1=1.10^{-6}(F)$, $r=10^6(\Omega)$, $R=1,5(\Omega)$, $L_1=1,25.10^{-3}(H)$, $U=12,6(V)$.



Hình 3.5: Mô phỏng cường độ dòng điện qua cuộn sơ cấp $i_1(t)$



Hình 3.6: Mô phỏng sức điện động tự cảm trên cuộn sơ cấp $V_1(t)$

Có thể nhận thấy, đồ thị $i_1(t)$ và $V_1(t)$ có dao động dạng sin. Tuy nhiên do chịu ảnh hưởng của biên độ mà cụ thể là e^{xt} , với $x = -\frac{c}{2} = -\frac{1}{2} \frac{L_1 + RC_1 r}{L_1 C_1 r}$, nên dao động có dạng sin tắt dần.

Sức điện động tự cảm đạt cực đại là 136,6 V; cường độ dòng sơ cấp cực đại đạt 7,71 A, chu kỳ $\tau = 4,72 \times 10^{-4} s$ và tần số $f = 2,12 \times 10^3 Hz$.

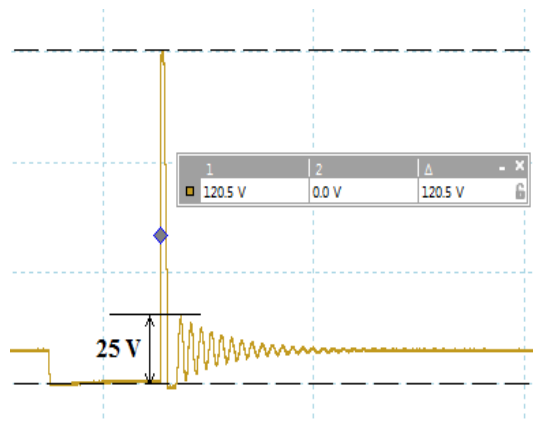
Thực nghiệm xác định hình dạng và giá trị cường độ dòng điện $i_1(t)$ và sức điện động tự cảm $V_1(t)$

Trong các phương trình cường độ dòng điện $i_1(t)$ (3.4), sức điện động tự cảm $V_1(t)$ (3.5) có thể chưa đánh giá hết được các yếu tố ảnh hưởng đến hoạt động của hệ thống. Vì vậy, việc xác định hình dạng và các giá trị thực tế của cường độ dòng điện $i_1(t)$, sức điện động tự cảm $V_1(t)$, nhằm có cơ sở để hiệu chỉnh các thông số trong các phương trình thể hiện cường độ dòng điện $i_1(t)$ (3.4), sức điện động tự cảm $V_1(t)$ (3.5) là cần thiết.

Các thực nghiệm tiến hành với các thông số tương ứng trong mô phỏng.



Hình 3.7: Kết quả thực nghiệm cường độ dòng sơ cấp $i_1(t)$



Hình 3.8: Kết quả thực nghiệm sức điện động tự cảm trên cuộn sơ cấp $V_1(t)$

Kết quả thực nghiệm cho thấy cường độ dòng điện $i_1(t)$ và sức điện động tự cảm V_1 có dạng dao động giống với lý thuyết đã đưa ra.

- Sức điện động tự cảm đạt cực đại $V_1 = 120,5 \text{ V}$. Tần số dao động là $f = 2,4 \times 10^3 \text{ H}$.
- Cường độ dòng sơ cấp cực đại $7,25 \text{ A}$ tại thời điểm ngắt

Các kết quả thực nghiệm và mô phỏng có sức khác biệt nhất định. Do các sai số đo lường và có thể chưa đánh giá hết các yếu tố tác động. Vì vậy, ta sẽ tiến hành hiệu chỉnh các phương trình (3.4), (3.5)

Phương trình mô tả cường độ dòng điện $i_1(t)$ sau hiệu chỉnh

$$i_1(t) = 0,7ae^{20xt} \cos(yt/1,5) + ze^{20xt} \sin(yt/1,5) \tag{3.9}$$

với biên độ có dạng $A_1e^{xt} = e^{20xt} \sqrt{(0,7a)^2 + z^2}$

và tần số dao động $\omega_d = y/1,5$.

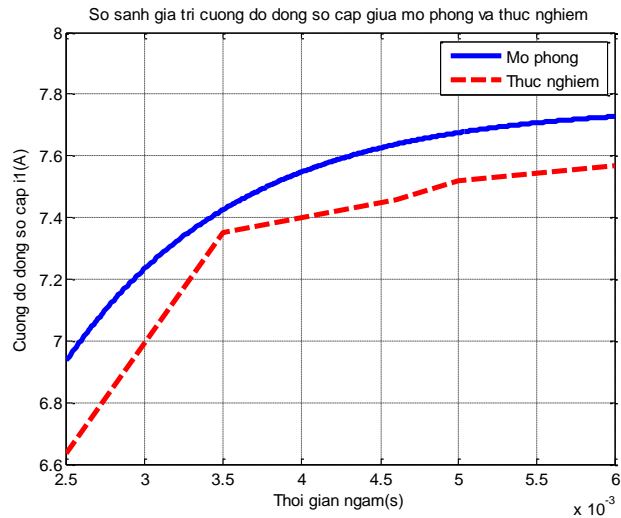
Phương trình sức điện động tự cảm $V_1(t)$ sau hiệu chỉnh

$$V_1(t) = -L_1[(ax + zy/1,5)e^{xt} \cos(yt/1,5)/3 + 0,8(xz - ay/1,5)e^{xt} \sin(yt/1,5)] - 3,5 = -L_1A_2e^{xt} \cos(yt + \varphi) \tag{3.10}$$

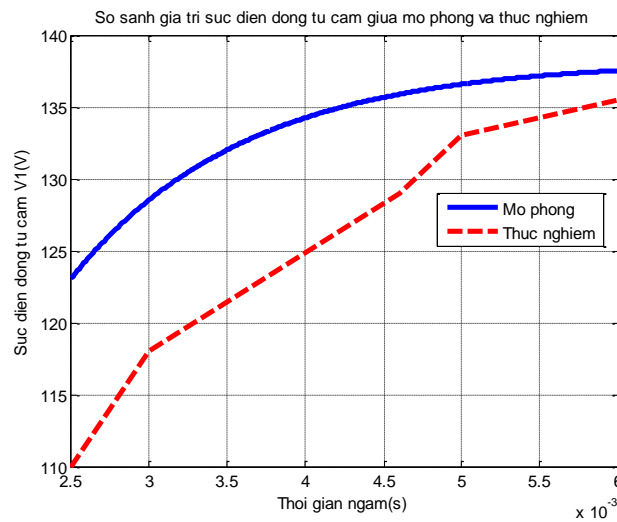
với biên độ có dạng $-L_1A_2e^{xt} = -L_1e^{xt} \sqrt{(ax + zy/1,5)^2 + [0,8(xz - ay/1,5)]^2}$

và tần số dao động $\omega_d = y/1,5$.

Sau khi hiệu chỉnh, đồ thị mô phỏng sức điện động tự cảm và cường độ dòng sơ cấp có hình dạng và giá trị sai lệch nhỏ so với thực nghiệm.



Hình 3.9: So sánh cực đại cường độ dòng sơ cấp khi mô phỏng và thực nghiệm ở các thời gian tích lũy năng lượng t_d khác nhau



Hình 3.10: So sánh cực đại sức điện động tự cảm khi mô phỏng và thực nghiệm ở các tích lũy năng lượng t_d khác nhau

Sai lệch giữa cực đại của cường độ dòng sơ cấp và sức điện động tự cảm khi mô phỏng và thực nghiệm nhỏ hơn 10%. Tần số dao động mô phỏng có hiệu chỉnh là $f = 2,12 \times 10^3 \text{ Hz}$, sai số là 9%.

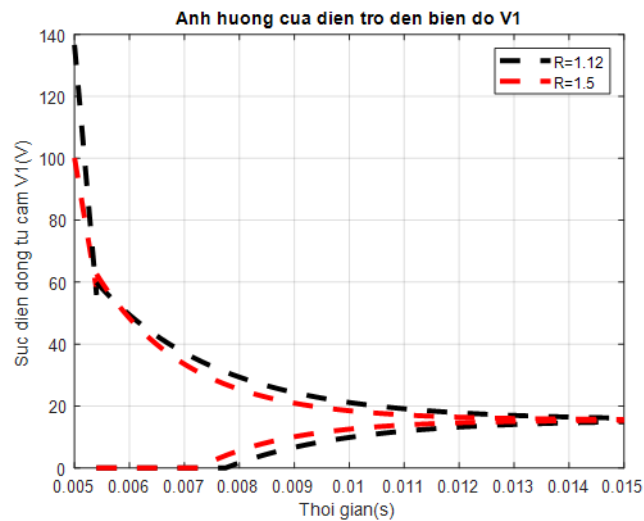
3.3.3 Ảnh hưởng của tổng trở mạch sơ cấp R đến $V_1(t)$, $i_1(t)$

Sử dụng các phương trình $i_1(t)$ (3.8) và $V_1(t)$ (3.9) sau hiệu chỉnh để tiến hành mô phỏng

Các thông số thực hiện mô phỏng: $t_d=5.10^{-3}$ (s), $C_1=1.10^{-6}$ (F), $r=10^6$ (Ω),

$L_1=1,25.10^{-3}$ (H), $U=12,6$ (V). Tổng trở của mạch sơ cấp R: 1,12 Ω và 1,5 Ω

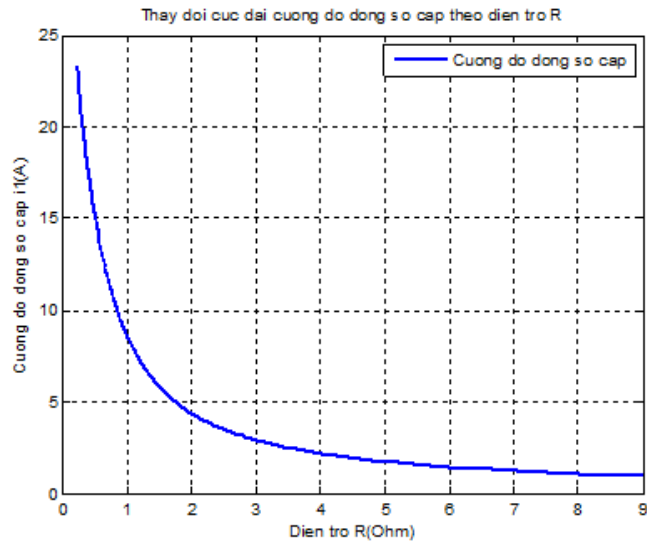
Ảnh hưởng của tổng trở R đến biên độ V_1



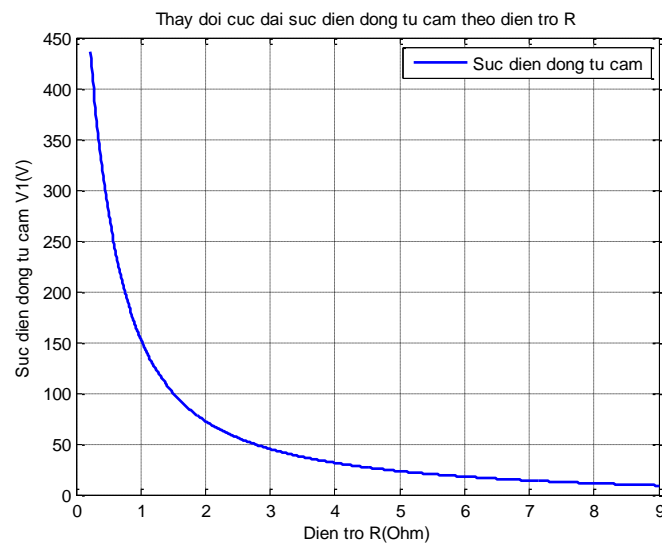
Hình 3.11: Ảnh hưởng của tổng trở R đến biên độ $V_1(t)$

Khi tăng giá trị điện trở biên độ dao động của $V_1(t)$ giảm đi

Ảnh hưởng của tổng trở R đến cực đại của giá trị i_1, V_1



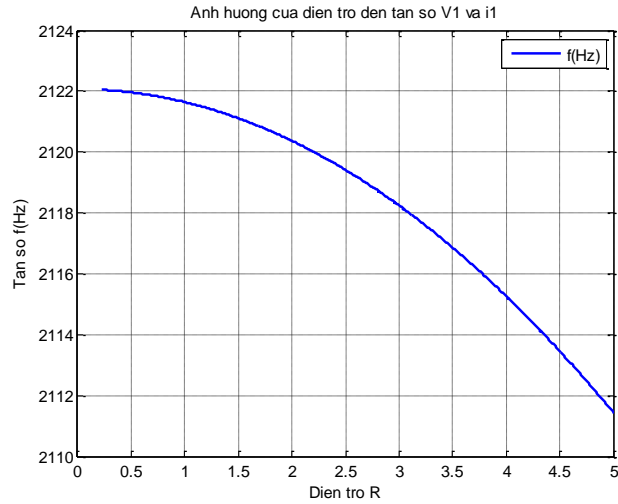
Hình 3.12: Ảnh hưởng của tổng trở R đến giá trị cực đại của i_1



Hình 3.13: Ảnh hưởng của tổng trở R đến giá trị cực đại của i_1

Khi tăng giá trị tổng trở R , năng lượng của hệ thống giảm xuống. Vì vậy, các giá trị cực đại của $i_1(t), V_1(t)$ cũng giảm theo.

Ảnh hưởng của điện trở đến tần số dao động của i_1 và V_1



Hình 3.14: Ảnh hưởng của tổng trở R đến tần số dao động của V_1

Các khảo sát cho thấy, tần số dao động của hệ chịu ảnh hưởng rất ít từ giá trị điện trở của mạch sơ cấp R .

Với $R = 1,12 \Omega$: $\tau = 3326 \times 10^{-4} s$, $f = 3,0007 \times 10^3 Hz$

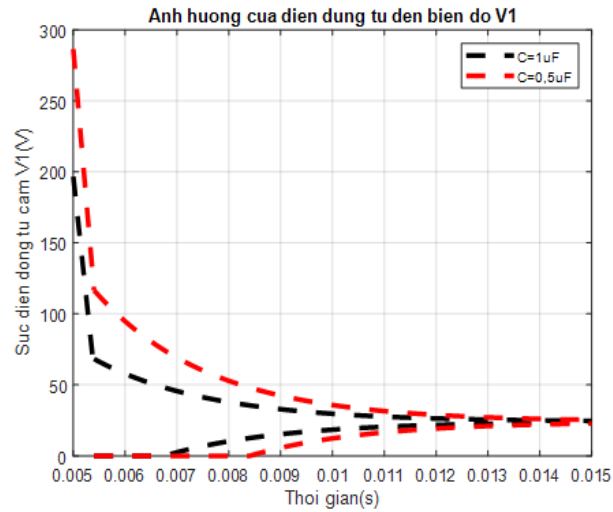
Với $R = 1,5 \Omega$: $\tau = 4,3329 \times 10^{-4} s$, $f = 3,0004 \times 10^3 Hz$

3.3.4 Ảnh hưởng của điện dung tụ C đến biên độ và tần số $V_1(t)$, $i_1(t)$

Quá trình tăng trưởng của dòng điện $i_1(t)$ không chịu ảnh hưởng của điện dung tụ

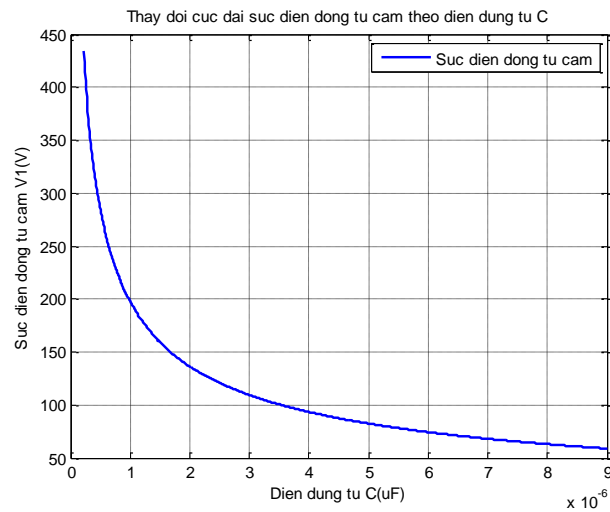
$i_1(t) = \frac{U}{R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L_1}t} \right)$. Vì vậy, việc tiến hành khảo sát chỉ đặt ra đối với sức điện động tụ cảm $V_1(t)$.

Ảnh hưởng của điện dung tụ C đến biên độ V_1



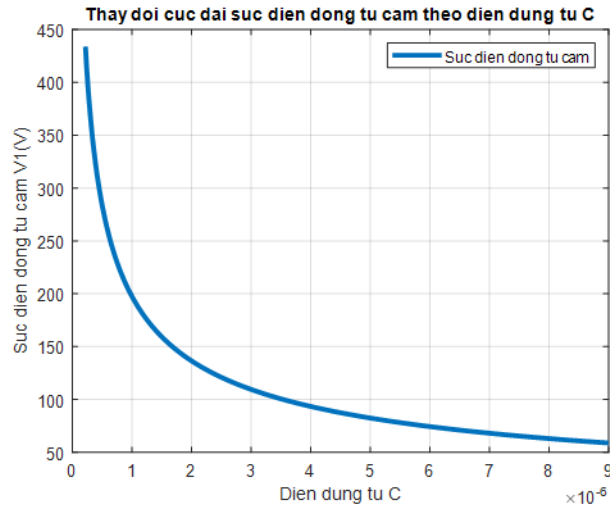
Hình 3.15: Ảnh hưởng dung lượng của tụ C đến biên độ dao động của V_1
 Biên độ dao động của $V_1(t)$ sẽ tăng khi dung lượng của tụ C giảm (Khi $C = 1 \mu\text{F}$, V_1
 $\text{max} = 197,6 \text{ V}$; khi $C = 0,5 \mu\text{F}$, V_1 max tăng lên 284 V.

Ảnh hưởng của điện dung tụ C đến cực đại V_1



Hình 3.16: Ảnh hưởng dung lượng của tụ C đến giá trị cực đại của V_1
 Khi điện dung tụ tăng, cực đại của V_1 giảm rất nhanh trong khoảng từ 0 – $3,5\mu\text{F}$
 .Tuy nhiên, khi C vượt qua $3,5\mu\text{F}$, cực đại của V_1 giảm tương đối chậm

Ảnh hưởng của điện dung tụ C đến tần số dao động của V_1



Hình 3.17: Ảnh hưởng của điện dung C đến tần số dao động của V_1

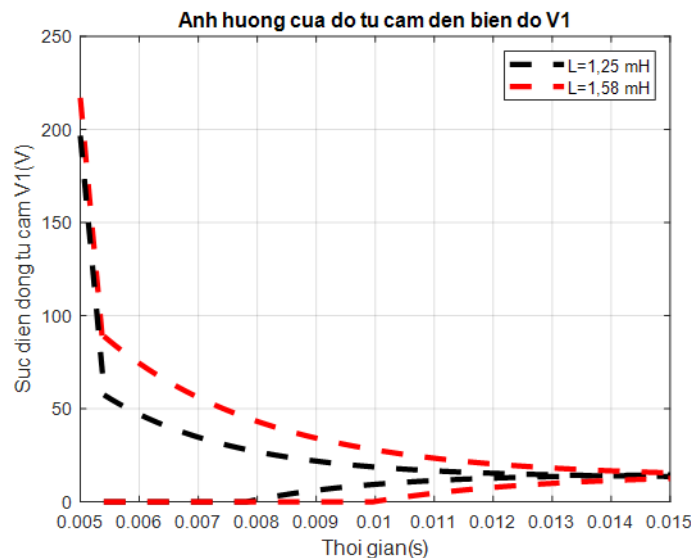
Với $C = 1 \mu\text{F}$: $\tau = 3,326 \times 10^{-4} \text{ s}$, $f = 3,007 \times 10^3 \text{ Hz}$

Với $C = 0,5 \mu\text{F}$: $\tau = 2,356 \times 10^{-4} \text{ s}$, $f = 4,244 \times 10^3 \text{ Hz}$

Khi tăng điện dung của C từ $0,5 \mu\text{F} \rightarrow 2 \mu\text{F}$, tần số của hệ giảm.

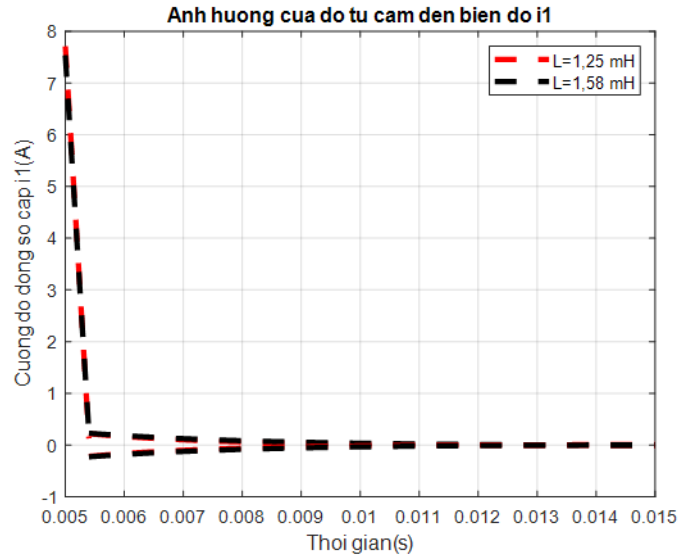
3.3.5 Ảnh hưởng của hệ số tự cảm L của cuộn sơ cấp đến biên độ và tần số V_1, i_1

Ảnh hưởng của hệ số tự cảm L của cuộn sơ cấp đến biên độ V_1



Hình 3.18: Ảnh hưởng của hệ số tự cảm L đến biên độ dao động của V_1

Ảnh hưởng của hệ số tự cảm L của cuộn sơ cấp đến biên độ i_1

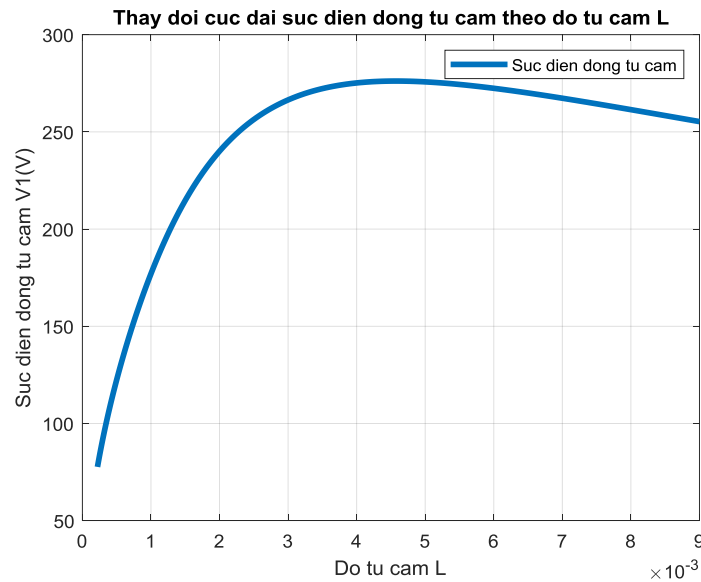


Hình 3.19: Ảnh hưởng của hệ số tự cảm L đến biên độ dao động của i_1

Với $L_1=1,58$ mH, $V_{1max}=217,3$ V; $i_{1max}=7,537$ A.

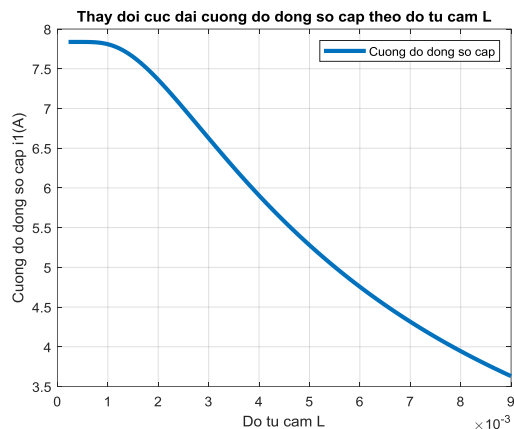
Với $L_1=1,25$ mH, $V_{1max}=197,6$ V; $i_{1max}=7,71$ A.

Ảnh hưởng của hệ số tự cảm L cuộn sơ cấp đến giá trị cực đại của V_1



Hình 3.20: Ảnh hưởng của hệ số tự cảm L đến giá trị cực đại của V_1

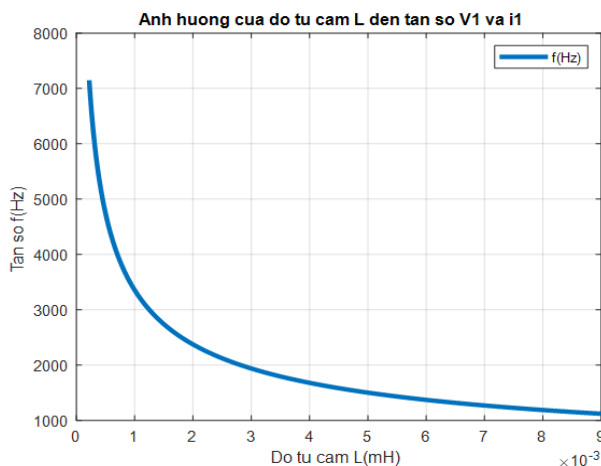
Ảnh hưởng của hệ số tự cảm L của cuộn sơ cấp đến giá trị cực đại i_1



Hình 3.21: Ảnh hưởng của hệ số tự cảm L đến giá trị cực đại của i_1

Từ hình 3.20 và 3.21 cho thấy, khi độ tự cảm tăng, cực đại của V_1 tăng nhanh trong khoảng từ 0 – 4mH. Khi L vượt qua 4 mH, cực đại của V_1 giảm. Khi độ tự cảm tăng, cực đại của i_1 giảm, các nội dung trên có thể giải thích như sau: Khi tăng giá trị của hệ số tự cảm, nhưng thời gian tích lũy năng lượng t_d không đổi, giá trị cường độ dòng điện I_{ng} sẽ giảm xuống. Tuy nhiên, giá trị $V_1 = L \cdot di_{ng}/dt$ nên V_1 sẽ đạt cực đại tại một giá trị nhất định của L.

Ảnh hưởng của hệ số tự cảm L đến tần số dao động của i_1 và V_1 :



Hình 3.22: Ảnh hưởng của hệ số tự cảm L đến tần số dao động của V_1

Với $L_1 = 1,25 \text{ mH}$: $\tau = 4,714 \times 10^{-4} \text{ s}$, $f = 2,122 \times 10^3 \text{ Hz}$

Với $L_1 = 1,58 \text{ mH}$: $\tau = 5,299 \times 10^{-4} \text{ s}$, $f = 1,887 \times 10^3 \text{ Hz}$

Khi tăng L , tần số của V_1 giảm.

3.3.6 Nhận xét

Trong phần 3.3, đạt được các nội dung sau:

- Hiệu chỉnh được các phương trình thể hiện cường độ dòng điện qua cuộn sơ cấp $i_1(t)$ và sức điện động tự cảm $V_1(t)$ (giai đoạn đánh lửa điện cảm)
- Các mô phỏng thể hiện ảnh hưởng của các thông số hệ thống R, L, C đến các giá trị $i_1(t)$ và $V_1(t)$

Các phương trình sau hiệu chỉnh có dạng:

Cường độ dòng sơ cấp i_1 :

$$i_1(t) = 0,7ae^{20xt} \cos(yt/1,5) + ze^{20xt} \sin(yt/1,5)$$

Sức điện động tự cảm V_1 :

$$V_1(t) = -L_1[(ax + zy/1,5)e^{xt} \cos(yt/1,5)/3 + 0,8(xz - ay/1,5)e^{xt} \sin(yt/1,5)] - 3,5$$

Sai lệch lớn nhất giữa cực đại của cường độ dòng sơ cấp và sức điện động tự cảm khi mô phỏng và thực nghiệm nhỏ hơn 10%. Sai lệch lớn nhất tần số dao động giữa mô phỏng và thực nghiệm là 9%.

Các kết quả mô phỏng cho thấy

Với điện trở R : khi tổng trở hệ thống tăng, nếu giữ nguyên điện áp trên hệ thống $V = 12,6 \text{ V}$, cực đại của cường độ dòng sơ cấp và sức điện động tự cảm giảm (hình 3.12, 3.13); tần số dao động của cường độ dòng sơ cấp và sức điện động tự cảm ảnh hưởng rất ít (hình 3.14).

Với điện dung tụ C : khi C tăng, cực đại của cường độ dòng sơ cấp không đổi (do điện dung C không tham gia vào quá trình tăng trưởng của $i_1(t)$). Tuy nhiên, cực đại của sức điện động tự cảm giảm (hình 3.16), tần số dao động của cường độ dòng sơ cấp và sức điện động tự cảm giảm (hình 3.17).

Với độ tự cảm L: khi L tăng, cường độ dòng sơ cấp có xu hướng giảm (khi L tăng, tốc độ tăng trưởng của $i_1(t)$ giảm). Sức điện động tự cảm có dạng $e_L = -L \frac{di_{ng}}{dt}$, vì phụ thuộc vào cả hai giá trị I_{ng} và L nên khi giữ nguyên thời gian tích lũy năng lượng t_d , nhưng thay đổi giá trị của hệ số tự cảm L, sức điện động tự cảm sẽ đạt cực đại tại một điểm (trên hình 3.20 là 4,5mH). Tần số dao động của cường độ dòng sơ cấp và sức điện động tự cảm đều giảm xuống khi tăng độ tự cảm L (hình 3.22), điều đó cho thấy khi tăng giá trị L sẽ làm cho chu kỳ của dao động tăng.

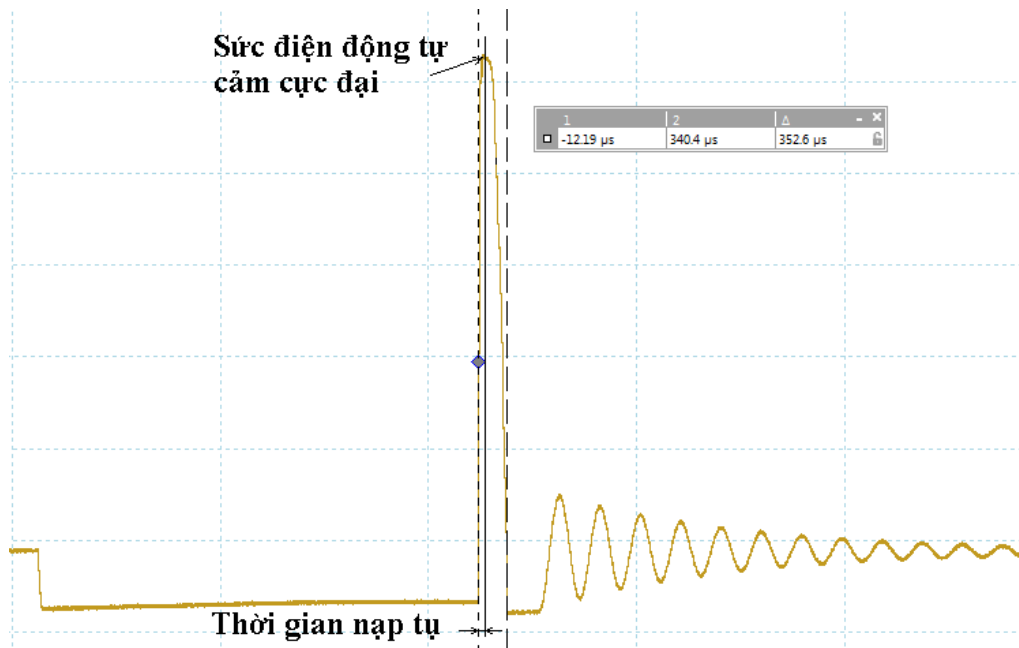
3.4 Xác định dung lượng tụ cho hệ thống đánh lửa hybrid

Việc xác định dung lượng của tụ điện cho hệ thống đánh lửa hybrid có ý nghĩa hết sức quan trọng, vì ngoài công dụng bảo vệ cho các thiết bị đóng ngắt và chống lại các ảnh hưởng xấu như trong chương chương 1 đã trình bày. Năng lượng tích lũy trên tụ phải đủ lớn để thực hiện quá trình đánh lửa điện dung. Việc chọn tụ phải chịu các ràng buộc sau:

- Quan hệ giữa thời gian nạp tụ và dung lượng tụ
- Mất mát trên tụ
- Khả năng làm việc của mạch đánh lửa điện cảm

Các yếu tố trên sẽ được lần lượt khảo sát

3.4.1 Thời gian nạp tụ



Hình 3.23: Thời gian nạp tụ ($92\mu\text{s}$) ở mô hình 4 xy lanh trong khoảng thời gian tích lũy năng lượng $t_d=5\text{ ms}$ với $r=10^6\ (\Omega)$, $R=1,5\ (\Omega)$, $L_1=1,25\cdot 10^{-3}\ (\text{H})$, $U=12,6\ (\text{V})$, $C=1(\mu\text{F})$

Điện áp tự cảm trên cuộn sơ cấp của bo-bin có dạng một dao động dạng sin tắt dần. Vì vậy, khi điện áp trên tụ đã được nạp đến giá trị cực đại của điện áp tự cảm quá trình nạp tụ sẽ không thể tiếp tục. Như vậy, thời gian nạp tụ tối đa sẽ bằng $1/2$ thời gian của xung điện áp thứ nhất, cũng là $1/4$ thời gian hình thành chu kỳ (T) xung sức điện động tự cảm cực đại được sinh ra như hình 3.23. Thời gian này phải lớn hơn thời gian nạp đầy dung lượng tụ.

Theo các công thức tính toán thời gian nạp cho tụ với nguồn không đổi

- Với:
- C là điện dung của tụ điện
 - $V_{\text{nạp}}$ là điện áp nạp cho tụ.
 - V_C là điện áp trên tụ.

- $\tau = RC$ là thời hằng nạp tụ. Ứng với thời gian nạp $t = 4\tau$, điện áp trên tụ V_C đạt giá trị $V_C = 99\% V_{\text{nạp}}$.

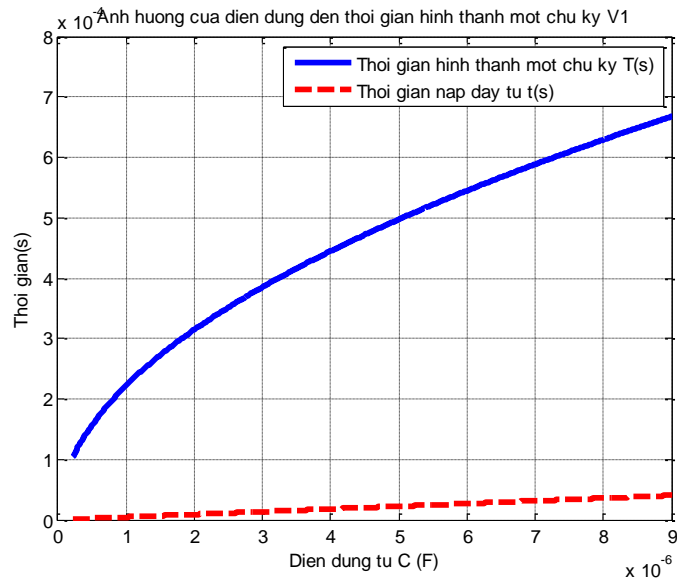
Vậy ứng với dung lượng của tụ $C = 1\mu\text{F}$, tổng trở của mạch sơ cấp $R = 1,5\ \Omega$, thời gian nạp đầy tụ sẽ là $t = 4\tau = 4RC = 6\mu\text{s}$

Theo công thức (3.8), chu kỳ dao động của điện áp tụ cảm V_1 được viết dưới dạng:

$$\tau = \frac{2\pi}{\omega_d} = \frac{2\pi}{\sqrt{1 - \left(\frac{R}{2\sqrt{L_1/C_1}}\right)^2} \sqrt{L_1 C_1}}$$

Dựa trên công thức chu kỳ V_1 , có thể thấy thời gian tích lũy năng lượng của cuộn dây t_d không ảnh hưởng đến chu kỳ và tần số của i_1 và V_1 . Như vậy, khi động cơ làm việc, thời gian tích lũy năng lượng của cuộn dây có thay đổi thì chu kỳ và tần số dao động của V_1 và i_1 trên cuộn dây không đổi. Vì vậy, khi tính toán đủ thời gian nạp đầy tụ tại một thời gian ngâm sẽ thỏa ở các chế độ làm việc khác của động cơ.

Trên hình 3.24 thể hiện mô phỏng chu kỳ của V_1 :



Hình 3.24: Thời gian hình thành một chu kỳ của V_1 và thời gian nạp đầy tụ khi thay đổi điện dung tụ từ $0,22\ \mu\text{F} - 9\ \mu\text{F}$, $t_d = 5 \cdot 10^{-3}$ (s), $r = 10^6$ (Ω), $R = 1,5$ (Ω), $L_1 = 1,25 \cdot 10^{-3}$ (H), $U = 12,6$ (V)

Thời gian hình thành một chu kỳ của $V_1(t)$ có xu hướng tăng lên khi tăng điện dung tụ từ $0,22 \mu\text{F} - 9\mu\text{F}$. Thời gian hình thành một chu kỳ thấp nhất là $T = 156,3 \mu\text{s}$ ở tụ có điện dung $C = 0,22 \mu\text{F}$. Với thời gian nạp tụ bằng $\frac{1}{4}$ thời gian hình thành một chu kỳ của V_1 , ta có thời gian nạp tụ theo mô phỏng thấp nhất là $39,075 \mu\text{s}$. Thời gian này lớn hơn rất nhiều so với thời gian nạp đầy tụ là $t = 4RC = 6 \mu\text{s}$. Tương tự, thời gian hình thành một chu kỳ của V_1 khi tăng điện dung tụ từ $0,22 \mu\text{F} - 9\mu\text{F}$ đều lớn hơn rất nhiều so với thời gian nạp đầy tụ, nên điện áp trên tụ sẽ đạt giá trị cực đại của sức điện động tụ cảm

3.4.2 Năng lượng tích lũy trên tụ

Năng lượng tích lũy trên tụ được tính theo công thức:

$$W_C = \frac{1}{2} CV_C^2$$

Trong quá trình làm việc của động cơ, tùy thuộc vào số vòng quay ECU động cơ sẽ điều chỉnh thời gian tích lũy năng lượng t_d [31, 35], thời gian này sẽ giảm khi số vòng quay động cơ tăng (xem bảng 3.1). Như vậy, khi giữ nguyên các giá trị R, L, C cấu thành hệ thống, khi thay đổi số vòng quay năng lượng tích lũy trên tụ sẽ thay đổi.

Bảng 3.1: Thời gian tích lũy năng lượng t_d trên động cơ TOYOTA 1NZ-FE

Tốc độ động cơ (vòng/ phút)	700	1000	2000	3000	4000	5000	6000
Thời gian tích lũy năng lượng t_d (ms)	5.6	5	4.7	4.3	3.9	3.7	3.5

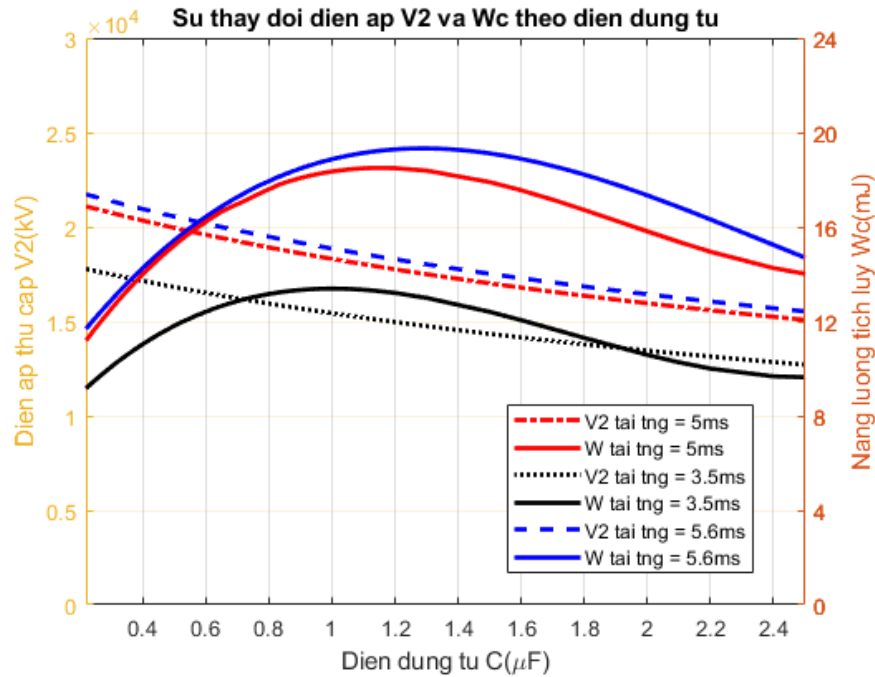
Tuy nhiên, trên tụ có hiện tượng mất mát năng lượng, làm tổn thất năng lượng tích lũy trên tụ. Năng lượng mất mát do rò điện P_d được tính bởi công thức [47,48,49,50]:

$$P_d = I_d^2 ESR \quad (3.10)$$

Trong đó: $ESR = \frac{1}{\omega^2 C^2 r}$ (Ω) là điện trở tương đương tụ.

Với: - r: điện trở rò (Ω)

- C: điện dung tụ (F)
- ω : tốc độ góc của hệ được xét (rad/s)
- I_d : cường độ dòng điện khi nạp đầy tụ (A)



Hình 3.25: Khảo sát sự thay đổi giá trị điện áp thứ cấp cực đại trên mạch đánh lửa tự cảm V_{2m} và năng lượng tích lũy W_c theo điện dung tụ điện

Trên hình 3.25 khảo sát năng lượng tích lũy W_c trên tụ, có tính tới các tổn thất tại 3 số vòng quay của động cơ khi thay đổi dung lượng của tụ

- Số vòng quay tối thiểu của động cơ 700 vòng /phút
- Số vòng quay thường sử dụng của động cơ 1000 vòng /phút
- Số vòng quay cực đại của động cơ 6000 vòng/phút

Từ khảo sát trên ta nhận thấy, tương ứng với các số vòng quay trên năng lượng cực đại có thể tích lũy trên tụ sẽ đạt các giá trị lần lượt

Bảng 3.2: Năng lượng cực đại tích lũy trên tụ theo tốc độ của động cơ

Tốc độ động cơ (vòng/ phút)	700	1000	6000
Dung lượng tụ (μF)	1,3	1,13	0,98
Năng lượng cực đại tích lũy trên một tụ (mJ)	19,3	18,65	13,7
Năng lượng cực đại tích lũy trên 3 tụ (mJ)	57,9	55,95	41,1

Năng lượng đánh lửa yêu cầu có giá trị từ 30-50mJ [1,2,5,6,30]. Như vậy, tại các giá trị của tụ nói trên (xem bảng 3.2), năng lượng đánh lửa tích lũy trên tụ đều đạt giá trị cần thiết để đánh lửa và duy trì thời gian phóng điện.

Để đơn giản cho kết cấu của mạch chọn giá trị tụ $C=1\mu\text{F}$, kiểm tra lại năng lượng tích lũy trên tụ, ta thấy tương ứng với giá trị của tụ như trên các giá trị được như sau

Bảng 3.3: Năng lượng tích lũy trên tại các số vòng quay ứng với tụ điện có giá trị $C= 1 \mu\text{F}$

Tốc độ động cơ (vòng/ phút)	700	1000	6000
Năng lượng tích lũy (mJ) trên một tụ - dung lượng tụ 1 (μF)	18,7	18,4	13,6
Năng lượng tích lũy (mJ) trên 3 tụ	56,1	55,2	40,8

Qua các khảo sát trên ta nhận thấy, năng lượng tích lũy trên ba tụ có dung lượng 1 μF (xem bảng 3.3) khi thực hiện một lần tích lũy, đều thỏa năng lượng đánh lửa yêu cầu cho một lần đánh lửa.

3.4.3 Kiểm tra khả năng làm việc của hệ thống đánh lửa hybrid khi thực hiện đánh lửa điện cảm

Bằng cách dùng tụ điện ta sẽ thu hồi một phần năng lượng tự cảm tích lũy trên hệ thống, điều này sẽ ảnh hưởng đến điện áp cực đại U_{2m} thực hiện. Để đánh giá ảnh hưởng này ta thực hiện các tính toán sau

Từ công thức xác định hiệu điện thế thứ cấp cực đại U_{2m} [1, 4, 32]

$$U_{2m} = K_{bb} \sqrt{\frac{2W_{dt}}{C_1 + K_{bb}^2 \cdot C_2}} \cdot \eta \quad (\text{kV})$$

Với các thông số trong công thức trên như sau:

- $K_{bb} = W_2/W_1$: Hệ số biến áp bo-bin = 90, (80-100) [4]
- $W_{dt} = I_{ng}^2/2$ với I_{ng} = cực đại cường độ dòng điện lúc transistor công suất ngắt (A)
- η : Hệ số tính đến sự mất mát trong mạch = 0,75 (0,7- 0,8).[1,4,32]
- C_1 : Điện dung của tụ điện mắc song song với transistor công suất (1 μ F)
- C_2 : 90 pF, điện dung ký sinh trên mạch thứ cấp (60-120 pF) [4]
được tính bằng $C_2 = C_{2w2} + C_{2n}$

Trong đó:

- C_{2w2} : điện dung ký sinh của cuộn thứ cấp với mát của hệ thống, giá trị này phụ thuộc vào kích thước và các thông số của cuộn dây. Thông thường bằng 30-60 pF [4]
 - C_{2n} : Điện dung ký sinh của bu-gi thường bằng 30-60pF [4]
- Từ hình 3.25, ta nhận thấy khi chọn dung lượng của tụ $C_1 = 1\mu\text{F}$ các giá trị điện áp đánh lửa U_{2m} có giá trị lần lượt như bảng 3.4

Bảng 3.4: Giá trị hiệu điện thế thứ cấp cực đại U_{2m} trên các bo-bin đánh lửa điện cảm tại các số vòng quay khác nhau

Tốc độ động cơ (vòng/ phút)	700	1000	6000
Điện thế thứ cấp cực đại U_{2m} (kV)	18,9	18,65	16

Các giá trị trên đều thỏa mãn yêu cầu cho hiệu điện thế thứ cấp cực đại (7-40kV) [1, 28, 29, 30, 31]

3.4.4 Nhận xét:

Với các thông số của mạch đánh lửa điện cảm, $V = 12,6 \text{ V}$, tổng trở của mạch sơ cấp $R = 1,5 \Omega$, $L = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ H}$ khi chọn tụ có giá trị $C_1 = 1 \mu\text{F}$ cho thấy:

Năng lượng tích lũy trên 3 tụ, khi kể đến các tổn thất do sinh nhiệt trên tụ đều thỏa mãn năng lượng đánh lửa khi quá trình đánh lửa điện dung xảy ra (40,8- 56,1 mJ), đồng thời vẫn bảo đảm hiệu điện thế thứ cấp cực đại U_{2m} khi hệ thống đánh lửa hybrid thực hiện đánh lửa điện cảm (16- 18,9kV). Tuy nhiên, khi tăng số vòng quay do thời gian tích lũy năng lượng t_d giảm, dẫn đến giá trị cực đại của cường độ dòng điện đi qua cuộn sơ cấp I_{ng} giảm xuống, nên năng lượng tích lũy được trên tụ cũng giảm theo. Mặc dù vậy, các giá trị này vẫn thỏa giá trị của hiệu điện thế thứ cấp cực đại (từ 7-40kV) để bảo đảm quá trình đánh lửa trên động cơ [1, 28, 29, 30, 31].

3.5 Tính toán mạch đánh lửa hybrid – giai đoạn đánh lửa điện dung (CDI)

3.5.1 Mô hình tính toán

Dựa trên sơ đồ nguyên lý hệ thống đánh lửa hybrid (hình 3.1), với cách mắc ba tụ song song, trong tính toán có thể thay thế bằng một tụ điện C có điện dung tương đương của ba tụ C_1, C_2, C_3 (mỗi tụ có giá trị $C = 1 \mu\text{F}$). Quá trình giải phóng năng lượng tích lũy trên tụ đến cuộn sơ cấp của bo-bin 4, có tính chất tương đương với quá trình tụ điện phóng trên mạch RLC.

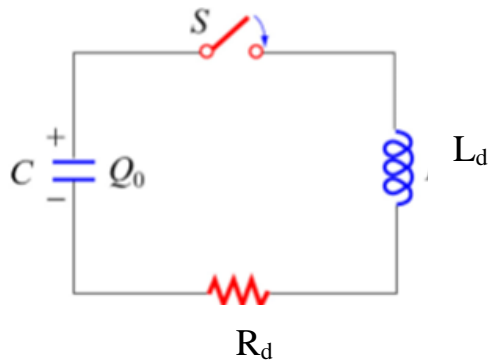
Vì vậy, trong tính toán có thể sử dụng mô hình mạch RLC (hình 3.26) trong đó:

C: tụ điện có điện dung tương đương của ba tụ C_1, C_2, C_3 ($3\mu\text{F}$)

S: công tắc đóng/mở thể hiện hai trạng thái đóng/ngắt của SCR.

L_d : hệ số tự cảm của cuộn sơ cấp của bo-bin 4.

R_d : tổng trở của mạch sơ cấp đánh lửa điện dung, bao gồm: điện trở của các linh kiện, điện trở cuộn sơ cấp bo-bin 4, điện trở của các mối nối,...



Hình 3.26. Mô hình tính toán hệ thống đánh lửa hybrid - giai đoạn đánh lửa điện dung

3.5.2 Xây dựng phương trình tổng quát cường độ dòng điện, sức điện động tự cảm trên cuộn sơ cấp của bo-bin khi tụ điện phóng

Như đã trình bày ở phần 3.1, sau quá trình đánh lửa điện dung trên trên các bo-bin 1, bo-bin 2, bo-bin 3 năng lượng tự cảm sẽ được tích lũy lần lượt trên các tụ C_1, C_2, C_3 (hình 3.1). Các tụ trên sẽ được tích đến giá trị Q_0

Dựa vào mô hình tính toán mạch đánh lửa điện dung (hình 3.26)

Ta có thể xây dựng phương trình cân bằng năng lượng trên mạch:

$$W = W_C + W_L = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C_d} + \frac{1}{2} L_d i_d^2 \quad (3.11)$$

Trong đó:

- C_d : dung lượng của tụ trên mạch đánh lửa điện dung
- L_d : hệ số tự cảm trên mạch đánh lửa điện dung
- i_d : cường độ dòng điện lúc tụ nạp đầy

Năng lượng tiêu hao trên điện trở R_d được biểu diễn bởi công thức:

$$\frac{dW}{dt} = -i_d^2 R_d \quad (3.12)$$

Với R_d : tổng trở mạch sơ cấp đánh lửa điện dung

Thay (3.12) vào (3.11), ta có phương trình vi phân như sau:

$$\frac{Q}{c_d} \frac{dQ}{dt} + L_d i_d \frac{di_d}{dt} = -i_d^2 R_d \quad (3.13)$$

Quan hệ giữa cường độ dòng điện và điện tích trên tụ điện C được thể hiện như sau: $i_d = -\frac{dQ}{dt}$. Chia cả hai vế (3.13) cho i_d , ta có:

$$L_d \frac{d^2Q}{dt^2} + R_d \frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{c_d} = 0 \quad (3.14)$$

$$\Leftrightarrow Q'' + \frac{R_d}{L_d} Q' + \frac{1}{L_d c_d} Q = 0 \quad (3.15)$$

Đặt: $\gamma = \frac{R_d}{2L_d}$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_d c_d}}$$

$$\omega' = \sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2} = \sqrt{\frac{1}{L_d c_d} - \left(\frac{R}{2L_d}\right)^2}$$

Nghiệm tổng quát của phương trình (3.15) là:

$$Q(t) = e^{-\gamma t} \cdot [A_1 \cos(\omega' t) + A_2 \sin(\omega' t)]$$

Tại thời điểm ban đầu $t=0$, $Q(t=0) = Q_0$, với Q_0 là điện tích cực đại ban đầu của tụ.

Viết lại phương trình $Q(t)$ ta có:

$$Q(t) = Q_0 e^{-\gamma t} \cos(\omega' t)$$

Trong đó:

$$\gamma = \frac{R_d}{2L_d} \text{ (Hệ số tắt dần)}$$

$$\omega' = \sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2} \text{ (Tần số góc của dao động tắt dần).}$$

Từ công thức
$$i_d(t) = -\frac{dQ}{dt}$$

Ta có:

$$i_d(t) = Q_0 \omega' e^{-\gamma t} \left[\sin \omega' t + \left(\frac{\gamma}{\omega'} \right) \cos(\omega' t) \right] \quad (3.16)$$

Xây dựng phương trình tổng quát sức điện động tự cảm trên cuộn sơ cấp của bo-bin khi tụ điện phóng:

Phương trình tổng quát của sức điện động tự cảm được viết dưới dạng

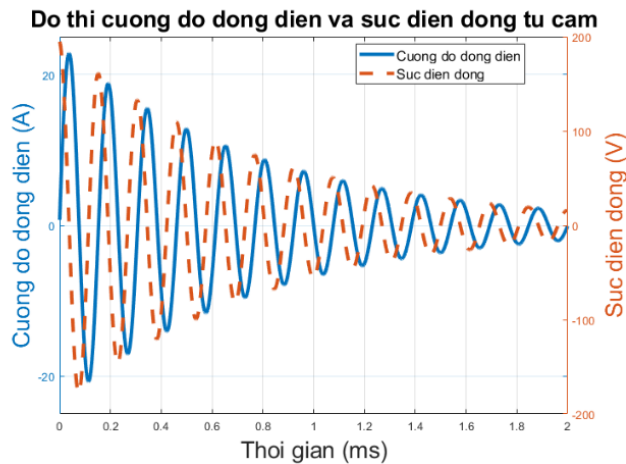
$$e_L(t) = -L \frac{di(t)}{dt}$$

Tiến hành đạo hàm phương trình (3.16) ta được:

$$\begin{aligned} \frac{di_d(t)}{dt} &= Q_0 \omega' e^{-\gamma t} \left[\left(\omega' - \frac{\gamma^2}{\omega'} \right) \cdot \cos \omega' t - 2\gamma \sin \omega' t \right] \\ \Leftrightarrow e_d(t) &= L_d \cdot Q_0 \omega' e^{-\gamma t} \left[\left(\omega' - \frac{\gamma^2}{\omega'} \right) \cdot \cos \omega' t - 2\gamma \sin \omega' t \right] \end{aligned} \quad (3.17)$$

Tiến hành xây dựng đồ thị cường độ dòng điện $i_d(t)$ và sức điện động tự cảm của cuộn sơ cấp $e_d(t)$. Các giá trị đưa vào tính toán:

- Bo-bin đánh lửa điện dung có giá trị: $R_d = 0.5 \Omega$, $L_d = 0.2 \text{mH}$
- Điện dung của tụ $C_d = 3 \mu\text{F}$ (3 tụ điện $1 \mu\text{F}$ mắc song song), V_{max} tụ điện = 195V, tại số vòng quay động cơ 700 vòng/phút.



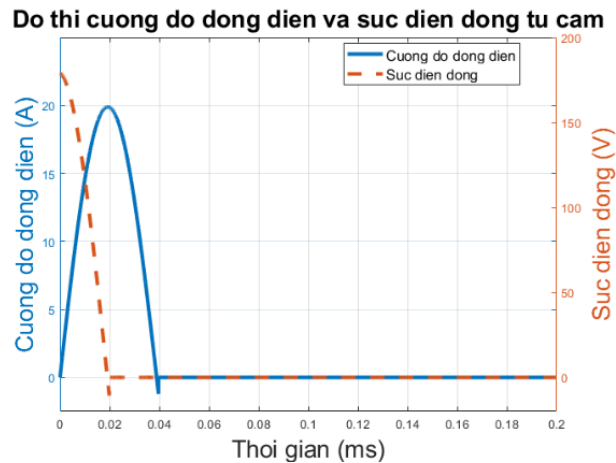
Hình 3.27: Đồ thị cường độ dòng điện $i_d(t)$ và sức điện động tự cảm $e_d(t)$ của cuộn sơ giai đoạn đánh lửa điện dung

Cường độ dòng điện $i_d(t)$ và sức điện động tự cảm $e_d(t)$ của cuộn sơ cấp (khi tụ điện phóng) có dao động tắt dần dạng sin, chúng lệch pha nhau một góc $\frac{\pi}{2}$. Khi cường độ dòng điện đạt giá trị cực đại cũng chính là lúc sức điện động tự cảm bằng 0.

3.5.3 Các mô phỏng

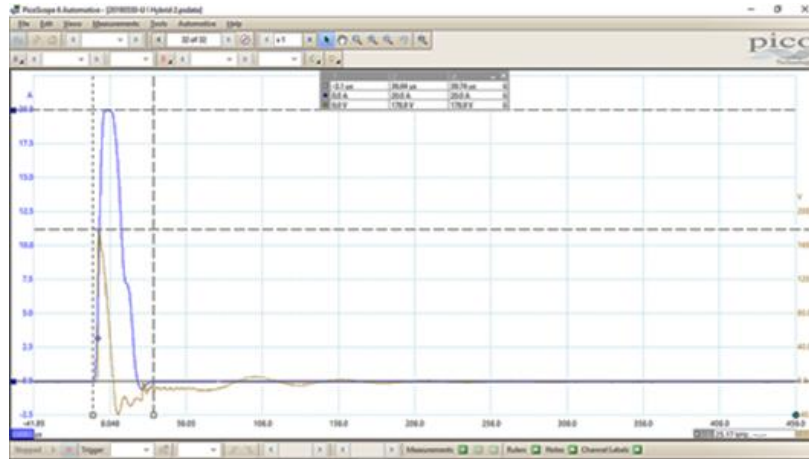
Cường độ dòng điện và sức điện động tự cảm trong mạch sơ cấp trong hệ thống đánh lửa hybrid – giai đoạn đánh lửa điện dung:

Trên thực tế, có diode mắc ở đầu ra của các tụ điện. Vì vậy, toàn bộ phần âm của dao động cường độ dòng điện và sức điện động tự cảm của cuộn sơ cấp đều bị lược bỏ.



Hình 3.28. Đồ thị cường độ dòng điện $i_d(t)$ và sức điện động tự cảm $e_d(t)$ của cuộn sơ cấp trên hệ thống đánh lửa hybrid- giai đoạn đánh lửa điện dung

Sử dụng thiết bị Pico Automotive Oscilloscopes 4425, đo cường độ dòng điện và sức điện động tự cảm của cuộn dây sơ cấp trên mạch đánh lửa hybrid - giai đoạn đánh lửa điện dung (được lắp trên động cơ TOYOTA 1NZ-FE). Các thông số linh kiện sử dụng như trong các mô phỏng trên, động cơ hoạt động ở số vòng quay 700 vòng/phút.



Hình 3.29: Đồ thị thực nghiệm cường độ dòng điện $i_d(t)$ và sức điện động tự cảm $e_d(t)$ của cuộn sơ cấp trên hệ thống đánh lửa hybrid- giai đoạn đánh lửa điện dung

Từ kết quả thu được, ta nhận thấy quá trình tăng trưởng của cường độ dòng điện và sức điện động tự cảm trên cuộn sơ cấp của bo-bin giữa mô phỏng và thực tế là giống nhau. Tuy nhiên, giá trị biên độ và chu kỳ có sự sai lệch nên cần thêm các giá trị hiệu chỉnh.

Phương trình sau hiệu chỉnh:

$$i_d(t) = 0,88 \cdot Q_0 \cdot \omega' \cdot e^{-\gamma t} \left[\sin(1,94\omega' t) + \left(\frac{\gamma}{\omega'} \right) \cos(1,94\omega' t) - \left(\frac{\gamma}{\omega'} \right) \right] \quad (3.18)$$

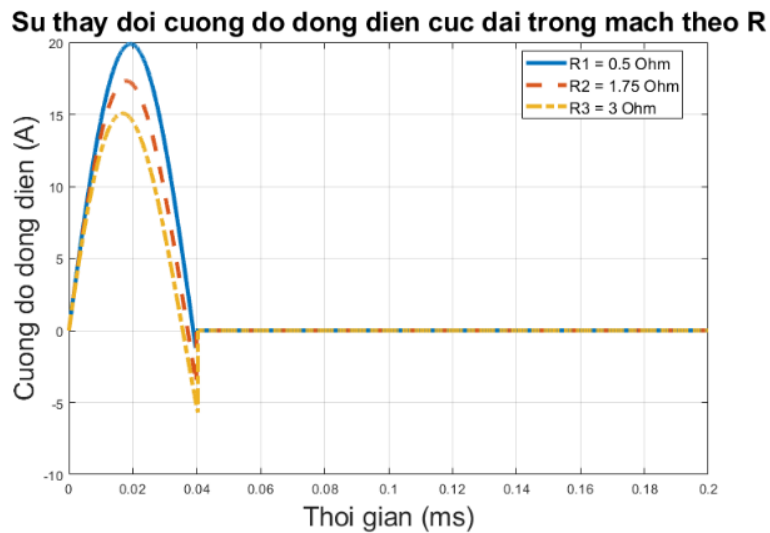
$$e_d(t) = 0,92 \cdot L_d \cdot Q_0 \omega' \cdot e^{-\gamma t} \left[\left(\omega' - \frac{\gamma^2}{\omega'} \right) \cdot \cos(1,94\omega' t) - 2\gamma \sin(1,94\omega' t) \right] \quad (3.19)$$

Đánh giá ảnh hưởng điện trở R và hệ số tự cảm L của cuộn dây sơ cấp đến cường độ và sức điện động trên mạch đánh lửa hybrid – giai đoạn đánh lửa điện dung

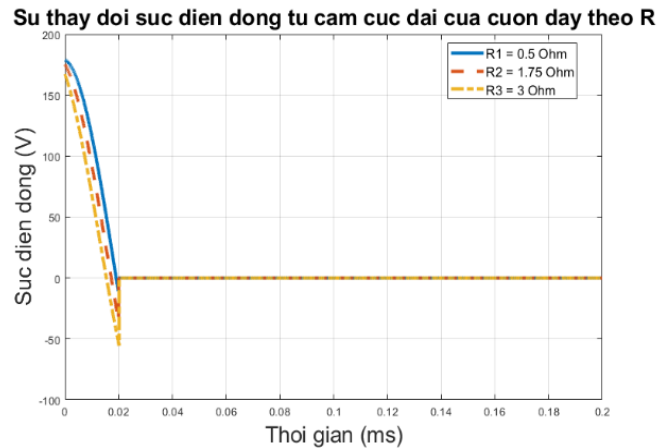
Trên thực tế, với sự thay đổi độ tự cảm của cuộn dây có thể sẽ kéo theo sự thay đổi điện trở bản thân của cuộn dây, đồng nghĩa với việc sẽ làm thay đổi tổng trở R_d của mạch. Ngoài ra độ tự cảm L_d phụ thuộc vào rất nhiều các thông số như: số vòng dây quấn, chiều dài cuộn dây, bán kính cuộn dây, độ từ thẩm [37,38,39],.... Vì vậy, để đơn giản trong quá trình đánh giá, ta xem xét độc lập của một trong hai thông số.

Đánh giá ảnh hưởng của tổng trở R_d đến cường độ dòng điện và sức điện động trên mạch đánh lửa hybrid- giai đoạn đánh lửa điện dung

Nhằm đánh giá sự thay đổi của cường độ dòng điện và sức điện động của cuộn sơ cấp của bo-bin đánh lửa điện dung ta giả định tổng trở mạch sơ cấp có ba giá trị R_d khác nhau. Lần lượt $R_{d1} = 0.5\Omega$, $R_{d2} = 1.75\Omega$, $R_{d3} = 3\Omega$ và hệ số tự cảm của cuộn sơ cấp bo-bin đánh lửa điện dung $L_d = 0.2\text{mH}$, dung lượng của tụ $C_d = 3\mu\text{F}$ (3 tụ điện $1\mu\text{F}$ mắc song song), V_{max} tụ điện = 195V và mô phỏng tại số vòng quay 700 vòng/phút.



Hình 3.30. Đồ thị cường độ dòng điện $i_d(t)$ qua cuộn sơ cấp trong hệ thống đánh lửa hybrid- giai đoạn đánh lửa điện dung khi tổng trở R_d thay đổi.

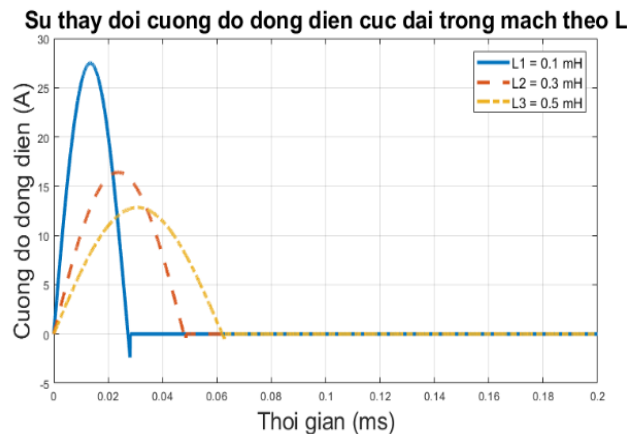


Hình 3.31: Đồ thị sức điện động tự cảm $e_d(t)$ của cuộn sơ cấp trong hệ thống đánh lửa hybrid- giai đoạn đánh lửa điện dung khi tổng trở R_d thay đổi.

Dựa trên đồ thị ta thấy, nếu tổng trở R_d càng lớn thì càng làm giảm giá trị cực đại của cường độ dòng điện và sức điện động tự cảm đạt được trên cuộn sơ cấp. Chu kỳ dao động: $T_d = \frac{2\pi}{1,94 \cdot \omega'} = \frac{2\pi}{1,94 \cdot \sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2}}$, tổng trở R_d tăng sẽ làm cho hệ số tắt dần $\gamma = \frac{R_d}{2L_d}$ tăng

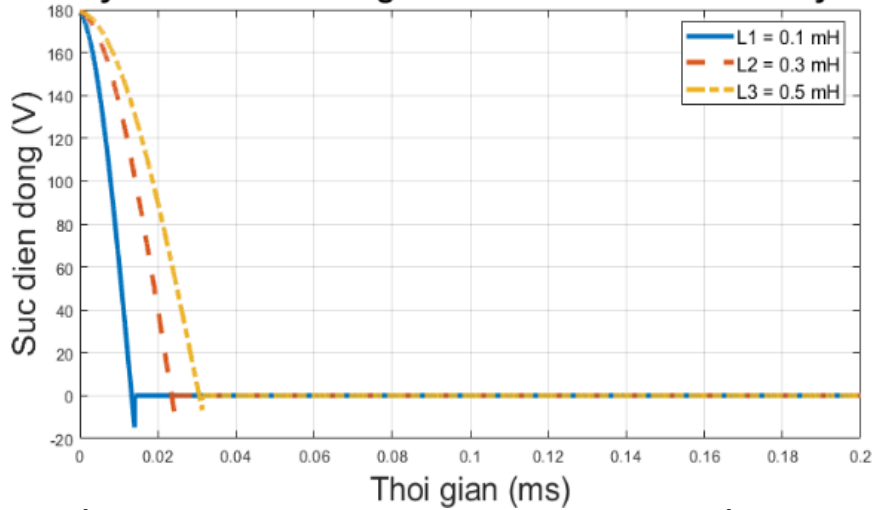
lên, điều này dẫn đến việc kéo dài thời gian chu kỳ T_d . Tuy nhiên, do γ quá nhỏ so với ω_0 nên sự thay đổi này là không đáng kể.

Đánh giá ảnh hưởng của hệ số tự cảm L_d đến cường độ dòng điện và sức điện động trên mạch đánh lửa hybrid – giai đoạn đánh lửa điện dung



Hình 3.32: Đồ thị cường độ dòng điện $i_d(t)$ đi qua cuộn sơ cấp trong hệ thống đánh lửa hybrid- giai đoạn đánh lửa điện dung khi L_d thay đổi.

Sự thay đổi sức điện động tự cảm cực đại của cuộn dây theo L

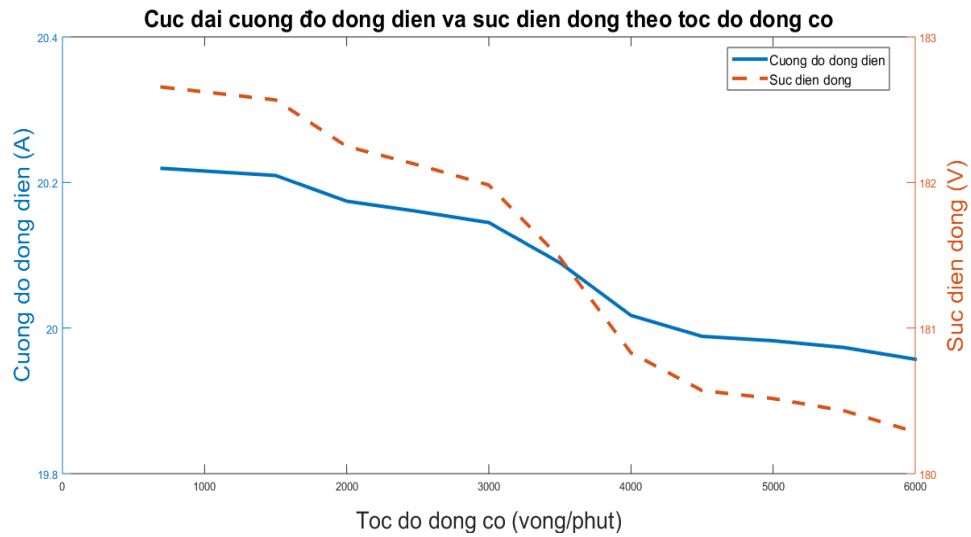


Hình 3.33: Đồ thị sức điện động tự cảm $e_d(t)$ trên cuộn sơ cấp trong hệ thống đánh lửa hybrid- giai đoạn đánh lửa điện dung khi L_d thay đổi.

Với sự thay đổi L_d , gần như không ảnh hưởng đến cực đại của sức điện động tự cảm trên cuộn sơ cấp nhưng lại tác động rất lớn đến cường độ dòng điện và thời gian chu kỳ T_d . Từ phương trình (3.18), ta thấy, cực đại của cường độ dòng điện $I_{dmax} = 0,88 \cdot Q_0 \cdot \omega'$. Như vậy, khi L_d tăng lên, làm cho ω' giảm đi nên I_{dmax} cũng giảm theo. Ngược lại, với sự sụt giảm của I_{max} thì chu kỳ T_d lại được tăng lên, kéo dài thời duy trì sự tồn tại sức điện động tự cảm của cuộn sơ cấp.

Đánh giá cường độ dòng điện i_a và sức điện động tự cảm e_a của cuộn sơ cấp bo-bin đánh lửa điện dung theo tốc độ động cơ

Khi tăng tốc độ động cơ, thời gian tích lũy năng lượng t_d trên các bo-bin đánh lửa điện cảm thu ngắn lại. Do đó, sức điện động tự cảm cực đại sinh ra trên các bo-bin đánh lửa điện cảm cũng giảm, dẫn đến năng lượng tích lũy trên các tụ điện cũng giảm theo. Vì vậy, năng lượng cung cấp cho mạch đánh lửa hybrid - giai đoạn đánh lửa điện dung có xu hướng giảm khi số vòng quay động cơ tăng.



Hình 3.34: Đồ thị cực đại của cường độ dòng điện i_d và sức điện động tự cảm e_d trong hệ thống đánh lửa hybrid- giai đoạn đánh lửa điện dung theo tốc độ động cơ

Trên đồ thị mô phỏng, ta thấy sức điện động tự cảm cực đại của cuộn sơ cấp (bo-bin 4, mạch điện dung) đạt 182,7V tại tốc độ 700 vòng/phút và giảm dần về 180,3V tại 6000 vòng/phút. Cường độ dòng điện cực đại trong mạch đánh lửa điện dung đạt 20,23 A tại tốc độ 700 vòng/phút và giảm dần về 19,93A tại 6000 vòng/phút. Điều này cho thấy cực đại của cường độ dòng điện và sức điện động trên cuộn sơ cấp của bo-bin mạch đánh lửa điện dung thay đổi rất ít trong miền làm việc theo tốc độ động cơ (2,3 % đối với sức điện động và 1,49% đối với cường độ dòng điện khi tốc độ động cơ thay đổi từ 700 - 6000 v/ phút).

3.5.4 Nhận xét

Dựa vào các tính toán đã nêu tác giả đã đề xuất được biểu thức tính toán cường độ dòng điện $i_d(t)$ và sức điện động tự cảm $e_d(t)$ trên cuộn sơ cấp của bo-bin trên hệ thống đánh lửa hybrid - giai đoạn đánh lửa điện dung, các mô phỏng phù hợp với diễn biến thực tế. Qua đó, khảo sát được sự thay đổi của cường độ dòng điện và sức điện động tự

cảm khi thay đổi các thông số của hệ thống như điện trở (R_d), hệ số tự cảm của cuộn sơ cấp bo-bin (L_d).

Các mô phỏng cho thấy, khi tăng giá trị điện trở của mạch (R_d), tổn thất năng lượng tăng làm giảm giá trị cực đại của cường độ dòng điện và sức điện động. Khi thay đổi hệ số tự cảm trên bo-bin đánh lửa điện dung (L_d), không làm ảnh hưởng đến giá trị cực đại của sức điện động tự cảm. Tuy nhiên, giá trị cực đại của cường độ dòng điện và thời gian chu kỳ T_d lại có sự thay đổi theo L_d , khi L_d tăng, thời gian hình thành chu kỳ T_d tăng, giá trị cực đại của cường độ dòng điện càng giảm và ngược lại.

3.5 Kết luận chương 3

Trong chương 3, đã đưa ra được các mô hình nguyên lý làm việc của hệ thống đánh lửa hybrid có hai giai đoạn làm việc (giai đoạn đánh lửa điện cảm và giai đoạn đánh lửa điện dung). Từ đó, triển khai được các mô hình tính toán cho cả hai giai đoạn đánh lửa điện cảm và đánh lửa điện dung.

Ở giai đoạn đánh lửa điện cảm, đã thực hiện được các phương trình mô tả cường độ dòng điện $i_1(t)$ và sức điện động tự cảm $V_1(t)$. Các tính toán và thực nghiệm cho thấy các diễn biến của hệ thống phù hợp với các tính toán lý thuyết. Ngoài ra tác giả cũng khảo sát được ảnh hưởng của các chi tiết cấu thành hệ thống như hệ số tự cảm của cuộn dây L_1 , tụ điện C_1 và tổng trở R đến các giá trị cường độ dòng điện $i_1(t)$ và sức điện động tự cảm $V_1(t)$.

Việc chọn dung lượng của tụ tích lũy năng lượng cho hệ thống đánh lửa hybrid có ý nghĩa quan trọng, các giá trị dung lượng của tụ không những ảnh hưởng đến khả năng đánh lửa ở giai đoạn đánh lửa điện dung, mà còn ảnh hưởng đến khả năng làm việc của cả hệ thống ở giai đoạn đánh lửa điện cảm. Với các giá trị của mạch đánh lửa điện cảm: tổng trở hệ thống $R=1,5 \Omega$, hệ số tự cảm của cuộn sơ cấp bo-bin $L_1= 1,25 \text{ mH}$, điện thế của nguồn cung cấp cho hệ thống đánh lửa $V=12,6\text{V}$. Dung lượng của tụ điện có giá trị $C_1=1\mu\text{F}$ cho thấy, các giá trị về năng lượng đánh lửa phục vụ cho mạch đánh lửa điện

dung thỏa mãn các yêu cầu đánh lửa và điện áp cực đại U_{2m} ở mạch thứ cấp giai đoạn đánh lửa điện cảm vẫn đáp ứng được yêu cầu trên toàn miền làm việc của động cơ. Vì vậy, giá trị dung lượng tụ này ($C=1\mu\text{F}$) sẽ sử dụng cho thiết kế mạch đánh lửa hybrid.

Trong chương này cũng trình bày được mô hình tính toán của mạch đánh lửa hybrid ở giai đoạn đánh lửa điện dung và đưa ra được phương trình mô tả các giá trị cường độ dòng điện và sức điện động tụ cảm ở giai đoạn đánh lửa điện dung $i_d(t)$ và $e_d(t)$ (các công thức 3.18, 3.19). Các tính toán và mô phỏng ở giai đoạn này cho thấy, các diễn biến thực tế trên mạch phù hợp với các tính toán lý thuyết. Từ những mô phỏng, ta nhận thấy khi tăng giá trị hệ số tự cảm L_d của bo-bin đánh lửa điện dung chu kỳ dao động T_d tăng (xem hình 3.33), điều này sẽ làm tăng thời gian xuất hiện tia lửa trên bu-gi. Như vậy, với cùng một giá trị điện trở, các bo-bin sử dụng cho hệ thống đánh lửa điện dung nên chọn các bo-bin có tỷ số kích thước của chiều rộng / chiều dài của bo-bin lớn để tăng thời gian xuất hiện tia lửa trên bu-gi (công thức 2.11).

Chương 4

CHẾ TẠO MẠCH ĐÁNH LỬA HYBRID

4. 1 Khảo sát hệ thống điều khiển đánh lửa trên động cơ TOYOTA 1NZ-FE theo thiết kế của nhà chế tạo

4.1.1 Giới thiệu về hệ thống điều khiển động cơ

Nhằm đạt được công suất lớn nhất, giảm tiết hao nhiên liệu và bảo đảm chất lượng khí thải, những động cơ hiện đại thường dùng hệ thống điều khiển động cơ. Một máy tính, được gọi là Mô-đun điều khiển động cơ (engine ECU), thông qua các thông tin từ hệ thống các cảm biến sẽ xác định được chế độ làm việc và tình trạng của động cơ, kết hợp với các dữ liệu và các chương trình đã lưu trong bộ nhớ, Mô-đun điều khiển động cơ sẽ đưa ra các tín hiệu điều khiển các cơ cấu chấp hành. Các cơ cấu này, được chia thành các các hệ thống chính như sau:

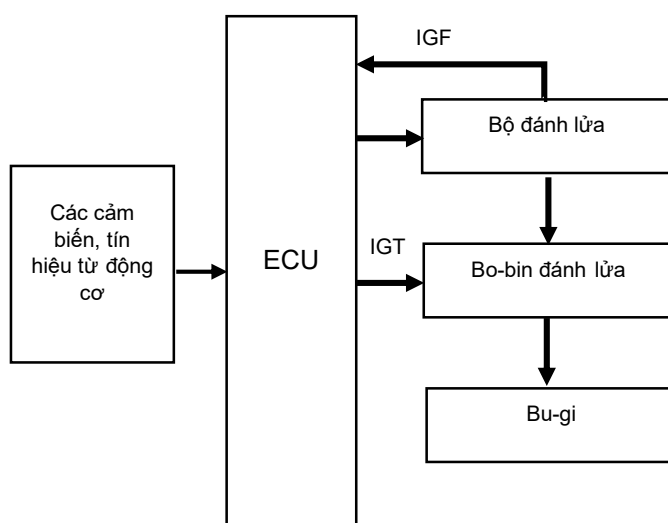
- Hệ thống nạp khí.
- Hệ thống nhiên liệu.
- Hệ thống đánh lửa.
- Hệ thống kiểm soát khí thải.

Hệ thống với các cảm biến và cơ cấu chấp hành và Mô-đun điều khiển động cơ (engine ECU) được gọi là hệ thống điều khiển động cơ [1, 6, 31, 32]

4.1.2 Nguyên lý làm việc của hệ thống đánh lửa sử dụng trên động cơ TOYOTA 1 NZ-FE

Để có thể phát huy tối đa hiệu suất làm việc của động cơ, hỗn hợp không khí và nhiên liệu phải được đốt cháy sao cho áp suất cực đại của quá trình cháy ở khoảng 10^0 sau điểm chết trên. Tuy nhiên, thời gian từ khi hỗn hợp được đốt cháy, đến khi áp suất ở quá trình cháy đạt giá trị lớn nhất phụ thuộc vào tốc độ động cơ và áp suất đường ống nạp, nhiệt độ nước làm mát, nhiệt độ khí trời và một số yếu tố khác [51]. Ở những động

cơ được điều khiển từ máy tính, thông qua chức năng đánh lửa sớm điện tử (ESA - Electronic spark advanced), thời điểm đánh lửa sẽ được điều khiển trực tiếp từ ECU động cơ, với chức năng này động cơ được cung cấp thời điểm đánh lửa gần như lý tưởng. Dựa trên các thông tin từ các cảm biến và các dữ liệu chứa trong bộ nhớ, ECU sẽ xác định thời điểm đánh lửa đánh lửa tối ưu cho từng điều kiện làm việc khác nhau của động cơ. Sau khi xác định thời điểm đánh lửa, ECU sẽ gửi tín hiệu thời điểm đánh lửa (IGT) đến bộ đánh lửa. Khi tín hiệu IGT ngắt bộ đánh lửa sẽ ngắt dòng điện sơ cấp trong biến áp đánh lửa, tạo ra tia lửa điện áp cao 7- 40 kV [1, 28, 29, 30, 31] trong xi lanh. Vì ESA luôn đảm bảo thời điểm đánh lửa tối ưu, lượng khí thải được giảm xuống, tiêu hao nhiên liệu và công suất động cơ đều được duy trì ở mức tối ưu. [31, 35, 51]



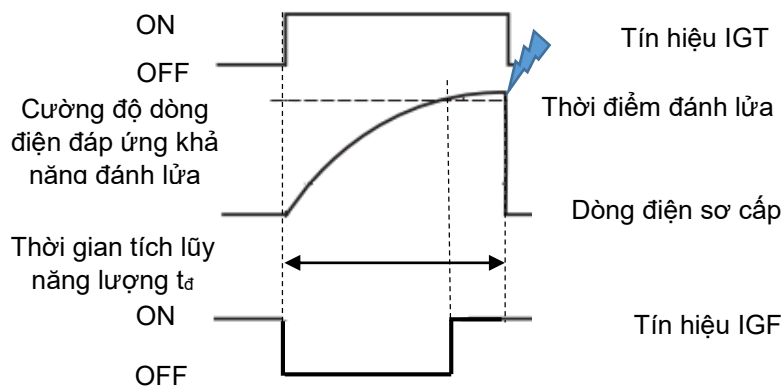
Hình 4.1 Sơ đồ chung về điều khiển đánh lửa trên động cơ

4.1.3 Bộ đánh lửa

Bộ đánh lửa có chức năng điều khiển đóng mở dòng điện đi qua cuộn sơ cấp của bo-bin khi nhận được tín hiệu IGT từ ECU điều khiển động cơ và tạo ra tín hiệu phản hồi IGF gửi về ECU. Ở động cơ đánh lửa trực tiếp TOYOTA 1 NZ-FE bộ đánh lửa và bo-bin đánh lửa được bố trí tích hợp thành cụm. (COP- Coil on plug) [51,52, 53]

4.1.4 Điều khiển dòng điện sơ cấp của bo-bin

Cường độ dòng điện sơ cấp ảnh hưởng đến cường độ từ trường trên cuộn dây đánh lửa và năng lượng đánh lửa. Vì vậy, cường độ dòng điện sơ cấp càng lớn càng tốt. Tuy nhiên, cường độ này không được quá lớn để tránh hỏng cuộn dây sơ cấp do nhiệt sinh ra trong quá trình làm việc, ảnh hưởng này rất lớn khi động cơ hoạt động với số vòng quay nhỏ (thời gian tích lũy năng lượng t_d lớn). Với các động cơ được điều khiển từ ECU, dòng điện này được điều khiển sao cho khi đạt giá trị định mức (10A đến 30A) [1,31, 32, 35, 53]. Máy tính sẽ điều khiển thời gian tích lũy năng lượng t_d nhằm bảo đảm giá trị cường độ dòng điện mong muốn.



Hình 4.2: Quan hệ cường độ dòng điện sơ cấp, tín hiệu IGT và IGF [31, 51]

4.1.5 Tín hiệu đánh lửa IGT- Ignition timing

Dòng điện đi qua cuộn sơ cấp của bo-bin được điều khiển từ ECU động cơ thông qua tín hiệu đánh lửa IGT, tín hiệu này sẽ điều khiển trạng thái đóng/ mở của transistor công suất trong bộ đánh lửa. Khi dòng điện qua cuộn sơ cấp của bo-bin ngắt, sự biến thiên từ trường sẽ làm xuất hiện quá trình đánh lửa trên bu-gi.

Dựa vào các thông tin thu thập từ các cảm biến, thông qua bản đồ dữ liệu và các chương trình lưu trữ từ bộ nhớ trong, ECU động cơ sẽ điều khiển hai thông số của xung IGT.

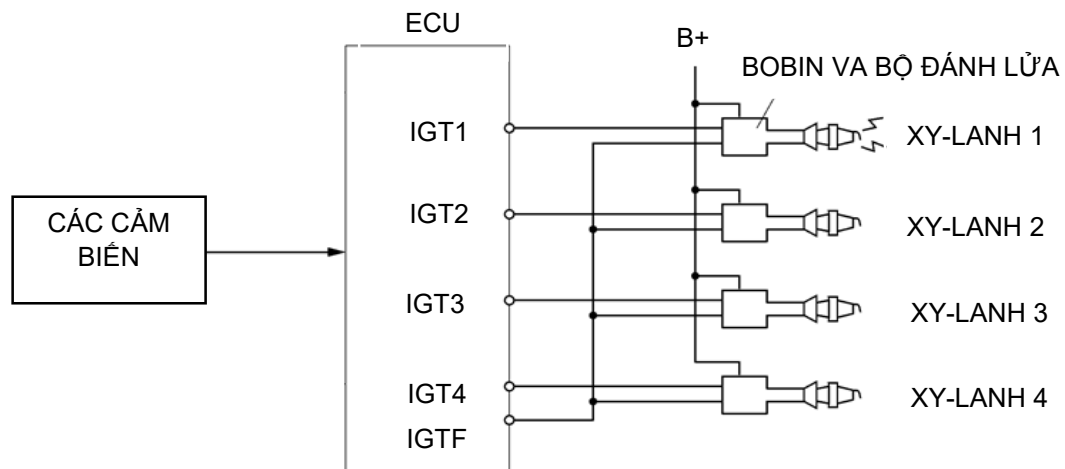
- Thời điểm xuất hiện xung IGT
- Độ rộng xung hay thời gian tích lũy năng lượng t_d [35, 53]. Độ rộng xung IGT được điều khiển phụ thuộc vào giá trị điện thế của accu và tốc độ động cơ [35].

4.1.6 Tín hiệu IGF

Tín hiệu IGF nhằm phục vụ cho mục đích chẩn đoán và chức năng an toàn trên động cơ. Khi bộ đánh lửa xác định cường độ dòng điện đạt giá trị đáp ứng được khả năng đánh lửa [31,51], tín hiệu IGF sẽ được tạo ra từ bộ đánh lửa và gửi về ECU động cơ, (cứ một lần thực hiện qua trình đánh lửa, tương ứng với một tín hiệu IGF) [31, 51, 53]. Trường hợp không nhận được tín hiệu này ECU sẽ ngừng quá trình điều khiển phun nhiên liệu nhằm tránh xảy ra các hư hỏng và bảo đảm giới hạn phát thải trên động cơ. [31, 51, 53]

4.1.7 Sơ đồ mô tả hệ thống đánh lửa theo thiết kế của nhà chế tạo trên động cơ TOYOTA 1 NZ-FE

Theo thiết kế của nhà chế tạo, hệ thống đánh lửa sử dụng trên động cơ TOYOTA 1 NZ-FE có các đặc điểm sau: hệ thống đánh lửa điện cảm được điều khiển trực tiếp từ hệ thống điều khiển động cơ - Engine management system, hệ thống không sử dụng bộ chia điện, bố trí bộ đánh lửa và bo-bin thành một cụm (COP - coil on plug) xem hình 4.3

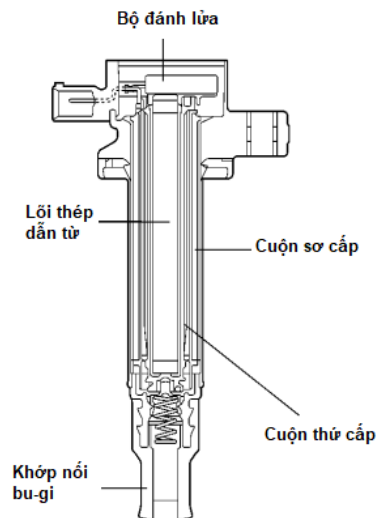


Hình 4.3: Sơ đồ thiết kế nguyên thủy của hệ thống đánh lửa trực tiếp trên động cơ TOYOTA 1NZ-FE [52]

Trên bảng 4.1 trình bày mô tả các thông số chính của hệ thống đánh lửa sử dụng trên động cơ TOYOTA 1 NZ-FE

Bảng 4. 1: Các thông số chính của hệ thống hệ thống đánh lửa trực tiếp trên động cơ TOYOTA 1NZ-FE

Tên chi tiết	Mô tả	Đặc điểm [52]	
Bo-bin và bộ đánh lửa	Thiết kế bố trí chung thành cụm (COP)- mã C371 x4 [54]	Hệ số tự cảm của cuộn sơ cấp	$L= 1,33 \cdot 10^{-3}(H)$
		Điện trở của cuộn sơ cấp	$R= 1,25 \Omega$
Bu-gi	DENSO SK16R11 hay IFR5A-11 (bu-gi sử dụng điện cực Iridium)	Khe hở điện cực	1.1 mm



Hình 4.4: Bo-bin và bộ đánh lửa sử dụng trên động cơ TOYOTA 1 NZ-FE

4.2 Chế tạo mạch đánh lửa hybrid

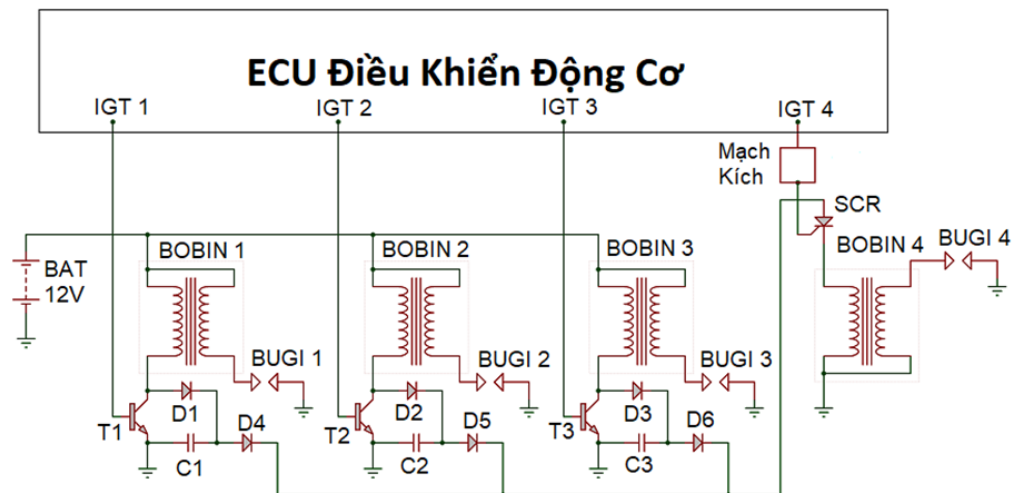
4.2.1 Ý tưởng chế tạo

Dựa vào hệ thống đánh lửa điện cảm do máy tính điều khiển như thiết kế ban đầu. Việc chế tạo hệ thống đánh lửa hybrid sẽ giữ lại các cụm chính như:

- ECU cùng các hệ thống các cảm biến. Như vậy, các tín hiệu điều khiển đánh lửa IGT đến từng bộ đánh lửa sẽ được đảm bảo như thiết kế của nhà chế tạo.
- Các bo-bin đánh lửa điện cảm và bộ đánh lửa của động cơ 1NZ-FE bố trí thành cụm, do không kết nối được tụ điện với cuộn sơ cấp nhằm tích lũy năng lượng tụ cảm nên sẽ thay thế bằng bo-bin sử dụng trên động cơ TOYOTA 1 MZ-FE.
- Thiết kế thêm hệ thống mạch đánh lửa điện dung (nhằm điều khiển quá trình phóng thích năng lượng từ các tụ điện trên mạch tụ cảm qua bo-bin 4 trên mạch đánh lửa điện dung)
- Nhằm bảo đảm tín hiệu phản hồi IGF như đã trình bày ở phần 4.1.6, hệ thống đánh lửa hybrid phải thiết kế thêm mạch tạo tín hiệu IGF.

4.2.2 Nguyên lý làm việc của hệ thống đánh lửa hỗn hợp điện dung - điện cảm(sử dụng cho động cơ 4 xy-lanh)

Hệ thống bao gồm hai chế độ làm việc: chế độ đánh lửa điện cảm và chế độ đánh lửa điện dung. Ở chế độ đánh lửa điện cảm, ECU điều khiển động cơ sẽ điều khiển quá trình đánh lửa của các tổ máy 1, 2, 3 (đánh lửa điện cảm), thông qua các tín hiệu IGT1, IGT2, IGT3. Năng lượng tụ cảm “thừa” trên các bo-bin 1, bo-bin 2, bo-bin 3,... sẽ được tích lũy vào các tụ C1, C2, C3 tương ứng. Sau quá trình đánh lửa điện cảm, ở chế độ đánh lửa điện dung, tương ứng với thời điểm làm việc của tổ máy 4, tín hiệu IGT4 từ ECU điều khiển động cơ sẽ điều khiển SCR mở. Năng lượng tích lũy trên các tụ C1, C2, C3 sẽ được giải phóng đến cuộn dây sơ cấp của bo-bin 4, thực hiện quá trình đánh lửa trên tổ máy 4.



Hình 4.5: Mô hình nguyên lý làm việc của hệ thống đánh lửa hybrid

Để thực hiện mô hình đánh lửa hybrid, các chi tiết sử dụng các linh kiện được liệt kê trong bảng 4.2

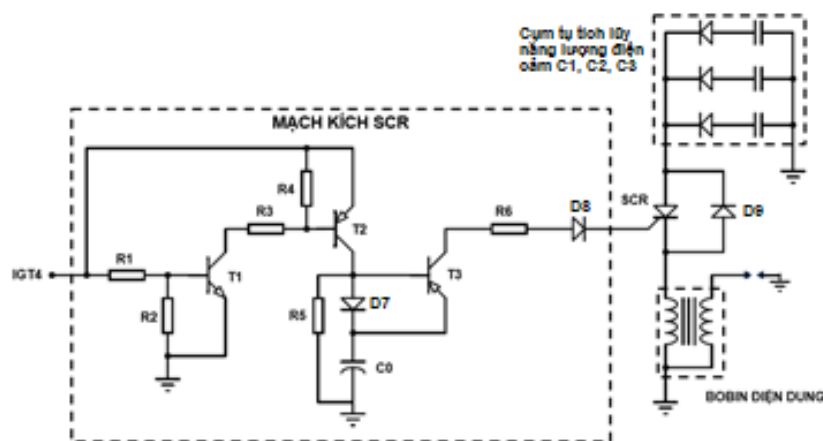
Bảng 4.2: Thông số linh kiện sử dụng trên mạch đánh lửa Hybrid

Ký hiệu	Tên linh kiện
D ₁ , D ₂ , D ₃ , D ₄ , D ₅ , D ₆	Diode 1N4007
Q ₁ , Q ₂ , Q ₃	Power Transistor Nissan
SCR	Thyristor TYN1225

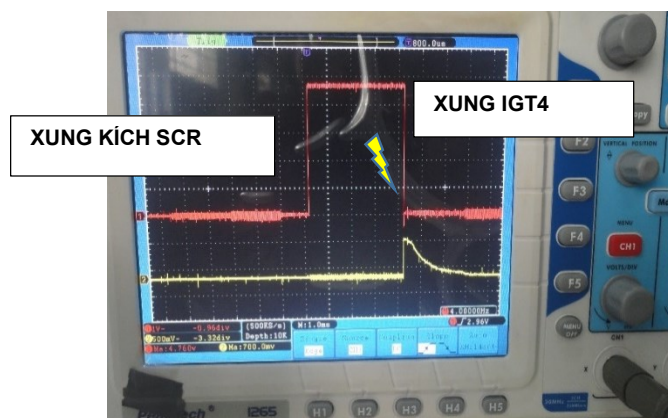
4.2.3 Mạch kích SCR

Khi thiết kế mạch đánh lửa hybrid tác giả sử dụng tín hiệu đánh lửa IGT4 (xem hình 4.5) từ ECU động cơ, để điều khiển quá trình đánh lửa điện dung tại bu-gi 4. Mạch điều khiển sử dụng SCR được bố trí, nhằm điều khiển thời điểm phóng thích năng lượng từ tụ C1, C2, C3 qua bobin điện dung (bobin 4), thực hiện quá trình đánh lửa điện dung như thiết kế. Thời điểm tín hiệu “OFF” chính là thời điểm sinh ra tia lửa tại bu-gi (hình 4.7).

Trên hình 4.6 là sơ đồ mạch điều khiển SCR cho quá trình đánh lửa điện dung. Khi IGT4 “ON”; T₁, T₂ dẫn, nạp điện cho tụ C₀; T₃ ngắt nên chưa kích SCR. Khi IGT4 “OFF” chính là thời điểm đánh lửa, T₁, T₂ vừa ngắt thì T₃ dẫn, tụ điện C₀ (1uF/16V) tức thời phóng điện kích hoạt SCR hoạt động, năng lượng tích trữ từ cụm tụ C₁, C₂, C₃ phóng qua cuộn dây sơ cấp bộ-bin điện dung, làm xuất hiện quá trình đánh lửa điện dung tia lửa tại bu-gi của tổ máy 4.



Hình 4.6: Thiết kế mạch điều khiển SCR



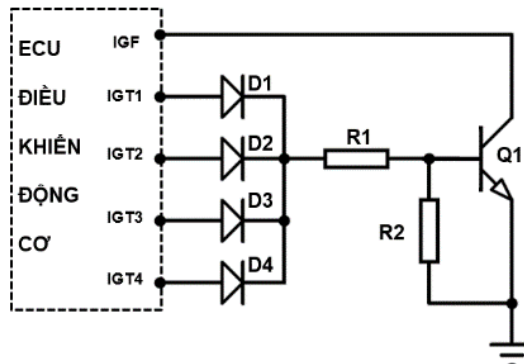
Hình 4.7: Tín hiệu kích SCR tại thời điểm đánh lửa

Trên hình 4.7 là màn hình hiện sóng (Peaktech 1265) khi khảo sát tín hiệu kích SCR hoạt động theo tín hiệu điều khiển đánh lửa (IGT4).

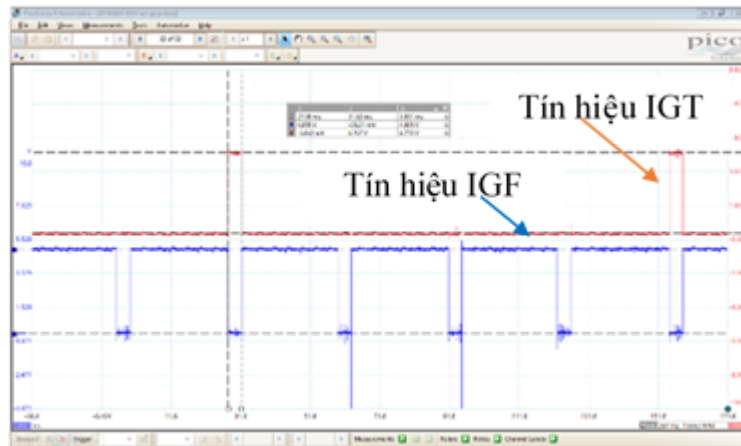
4.2.4 Mạch tạo tín hiệu IGF

ECU của động cơ 1NZ-FE (TOYOTA), cần có tín hiệu phản hồi đánh lửa IGF từ bộ đánh lửa gửi về ECU, nhằm xác định hệ thống đánh lửa hoạt động bình thường. Vì vậy, cần thiết kế thêm mạch tạo tín hiệu IGF để ECU nhận biết quá trình đánh lửa có xảy ra. Sơ đồ mạch tạo tín hiệu IGF được thiết kế trên hình 4.8.

Bằng cách trích các tín hiệu IGT từ ECU động cơ thông qua các diode D₁, D₂, D₃, D₄ điều khiển transistor Q₁ hoạt động để tạo ra các tín hiệu IGF phản hồi, các tín hiệu này tương tự như dạng tín hiệu theo thiết kế nguyên thủy. Trên hình 4.9 là biểu đồ thực tế khi khảo sát trên thiết bị đo sóng.



Hình 4.8: Thiết kế mạch tạo tín hiệu IGF

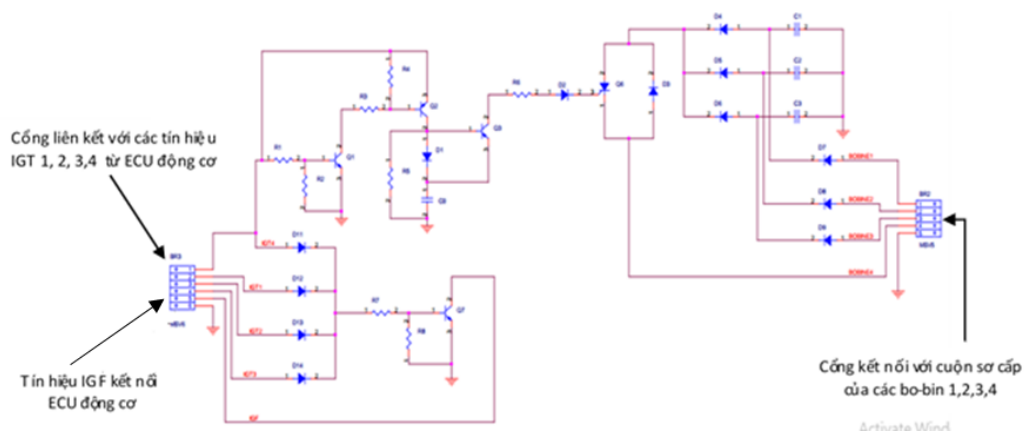


Hình 4.9: Tín hiệu IGF khảo sát bằng thiết bị PICO

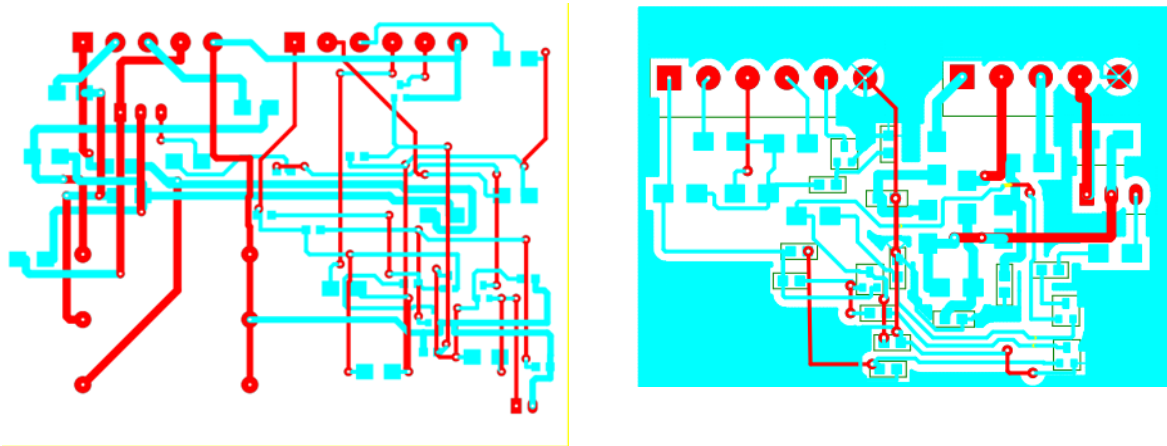
Tín hiệu IGF khi thực hiện có tần số và biên độ phù hợp với yêu cầu của nhà chế tạo, bảo đảm cho ECU động cơ nhận biết được quá trình đánh lửa diễn ra bình thường. Từ đó, ECU động cơ sẽ điều khiển quá trình phun nhiên liệu theo yêu cầu làm việc của động cơ.

4.2.5 Sơ đồ tổng quát của toàn mạch

Trên hình 4.10 thể hiện bố trí toàn mạch của bộ đánh lửa hybrid theo các ý tưởng đã trình bày. Các linh kiện được bố trí thành cụm với kích thước nhỏ, gọn để bố trí và lắp đặt trên không gian khoang động cơ.

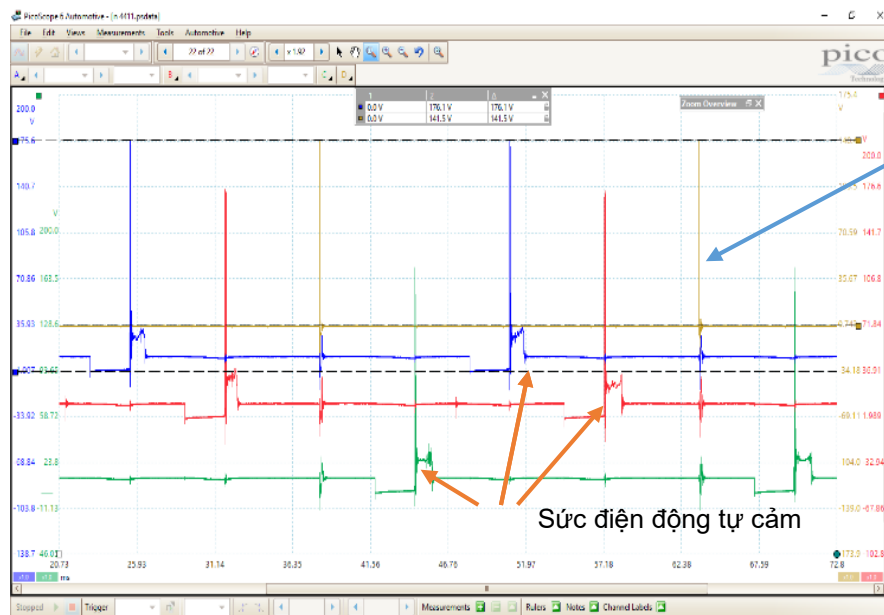


Hình 4.10: Bố trí chung mạch đánh lửa hybrid



Hình 4.11: Mạch in của hệ thống đánh lửa hybrid

Trên hình 4.12 thể hiện các dao động về sức điện động tự cảm trên hệ thống đánh lửa hybrid. Từ các dao động này ta thấy, cứ ba đánh lửa điện cảm, hệ thống sẽ thực hiện được một lần đánh lửa điện dung. Các quá trình này sẽ lặp đi lặp lại, nhằm thực hiện quá trình đốt cháy hỗn hợp trên động cơ.



Sức điện động
trên bu-gi đánh lửa
điện dung

Hình 4.12: Dao động sức điện động tự cảm trên mạch đánh lửa hybrid

4.3 Kết luận chương 4

Từ những đặc điểm trong thiết kế, chế tạo và nguyên lý hoạt động của mạch đánh lửa hỗn hợp điện dung-điện cảm có thể đưa ra các kết luận sau:

Kết cấu của toàn mạch đơn giản, linh kiện dễ kiếm, có khả năng làm việc ổn định ở các chế độ làm việc khác nhau của động cơ.

Kích thước mạch nhỏ gọn có thể bố trí và lắp đặt dễ dàng trong khoang động cơ

Do sử dụng các tín hiệu điều khiển thời điểm đánh lửa (IGT) từ hệ thống điều khiển động cơ, với tất cả các đặc tính sẵn có của hệ thống, nên có thể bảo đảm được các tính năng cơ bản của hệ thống đánh lửa như: thời điểm đánh lửa và khả năng tích lũy năng lượng (thông qua giá trị t_d) của hệ thống khi làm việc.

Hệ thống chỉ sử dụng năng lượng từ các tín hiệu IGT_i để điều khiển mạch hoạt động, mà không cần sử dụng thêm năng lượng từ bên ngoài. Vì vậy, bảo đảm tính tiết kiệm năng lượng theo ý tưởng đã đưa ra.

Với thiết kế hệ thống áp dụng trên động cơ 4 xy-lanh đánh lửa trực tiếp, với ba lần đánh lửa điện cảm ta được một lần đánh lửa điện dung mà vẫn bảo đảm năng lượng đánh lửa phục vụ quá trình làm việc của động cơ là khả thi và đáp ứng được mục tiêu tiết kiệm nhiên liệu sử dụng cho động cơ.

Các linh kiện phổ biến và có giá thành rẻ nên (Khi thực hiện riêng lẻ, giá thành khoảng hai triệu đồng) nên bảo đảm tính kinh tế khi vận hành thực tế.

Chương 5

THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ

KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Trong quá trình thực hiện đề tài, người nghiên cứu thực hiện hai thực nghiệm chính:
Thực nghiệm I: Qua các tính toán về việc chọn tụ, tác giả đã tính toán và mô phỏng được tụ điện có giá trị $1 \mu\text{F}$ là thích hợp với các thông số cấu thành hệ thống. Việc tiến hành thực nghiệm nhằm đánh giá được khả năng tích lũy như các tính toán lý thuyết đã đề cập
Thực nghiệm II: Thực nghiệm đánh giá hiệu quả làm việc của hệ thống đánh lửa hybrid. Việc thực nghiệm nhằm đánh giá tác động của hệ thống đánh lửa hybrid lên động cơ dộng

5.1 Thực nghiệm đánh giá khả năng tích lũy năng lượng

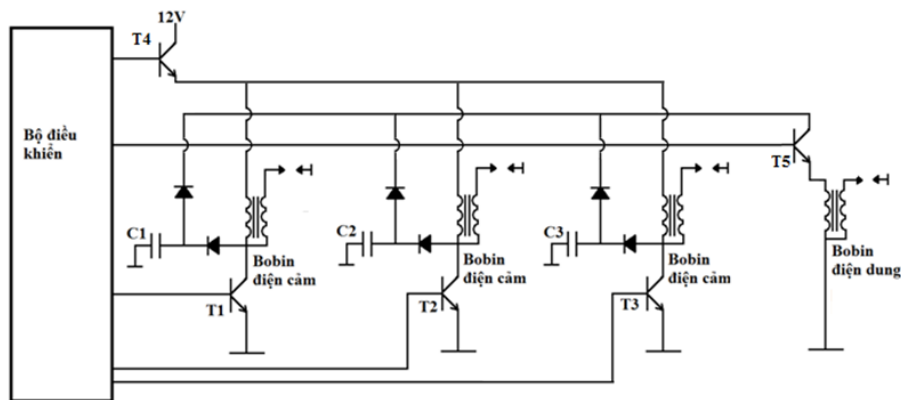
5.1.1 Mục đích, đối tượng, thiết bị thực nghiệm, thiết lập thực nghiệm

Mục đích thực nghiệm:

Thực nghiệm được tiến hành nhằm xác định khả năng tích lũy năng lượng điện cảm trên hệ thống đánh lửa hybrid

Đối tượng thực nghiệm

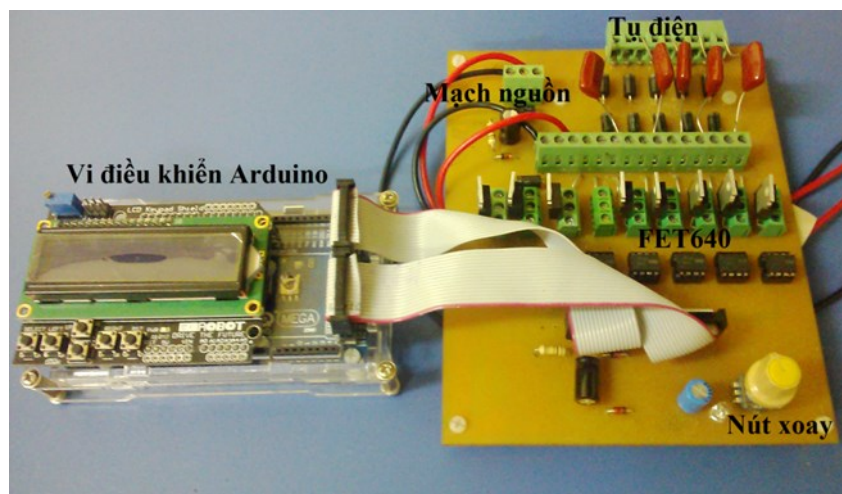
Mô hình đánh lửa đánh lửa lai tương ứng với động cơ 4 xy-lanh



Hình 5.1: Mô hình thực nghiệm đánh giá khả năng tích lũy năng lượng

Trên hình 5.1 thể hiện mô hình thực nghiệm khả năng tích lũy năng lượng trên hệ thống đánh lửa hybrid ở động cơ 4 xy-lanh

Bộ điều khiển (sử dụng vi điều khiển Arduino) sẽ tác động vào các transistor T_1 , T_2 , T_3 , quá trình đánh lửa điện cảm sẽ xảy ra ở các bu-gi tương ứng, năng lượng tự cảm (do phần sức điện động tự cảm “thừa” sinh ra tại cuộn sơ cấp) sẽ được tích lũy lần lượt vào các tụ C_1 , C_2 , C_3 và sẽ được giải phóng đồng thời qua bo-bin đánh lửa điện dung khi transistor T_6 được điều khiển



Hình 5.2: Hình mô hình hệ thống đánh lửa hybrid (có thể sử dụng cho động cơ 4- hoặc 6 xy-lanh)

B_+ : nguồn cấp cho Arduino.

B_{out} : nguồn cấp cho bo-bin điện cảm.

Nút xoay: điều chỉnh thời gian tích lũy năng lượng t_d , chế độ hoạt động bốn hoặc sáu bo-bin.

FET640: các transistor T_1 , T_2 , T_3 , T_4 , T_5 , T_6 , T_7 .

IGT_i: tín hiệu đánh lửa.

E: mass.

Vi điều khiển Arduino sẽ điều khiển các bo-bin thực hiện quá trình đánh lửa. Có hai chế độ thực nghiệm là chế độ hoạt động bốn bo-bin hoặc sáu bo-bin. Mô hình thực nghiệm có thể điều chỉnh: chế độ hoạt động ở chế độ bốn hoặc sáu bo-bin, thời gian tích lũy năng lượng t_d (thời gian tích lũy năng lượng) và tần số làm việc.

Các thông số của các thiết bị sử dụng trong thực nghiệm được mô tả trong bảng 5.1

Bảng 5.1: Thông số của các thiết bị sử dụng trong thực nghiệm I

Bo-bin TOYOTA 1MZ-FE (TOYOTA 90919-02214) [54]	Điện trở của mạch sơ cấp R: 1,12 Ω
	Hệ số tự cảm của cuộn sơ cấp bo-bin L = 1,25 mH
Điện áp nguồn	U= 12,6 V
Điện dung tụ	C= 1 μ F

Các thông số về thời gian tích lũy năng lượng t_d sử dụng trong thực nghiệm được xác định đo đạc trực tiếp thông qua tín hiệu IGT trên động cơ TOYOTA INZ-FE có các số liệu như bảng 5.2


Bảng 5.2: Thời gian tích lũy năng lượng (t_d) trên động cơ TOYOTA 1NZ_FE

Tốc độ động cơ (vòng/ phút)	700	1000	2000	3000	4000	5000	6000
Thời gian tích lũy năng lượng t_d (ms)	5,6	5	4,7	4,3	3,9	3,7	3,5

Trang thiết bị thực nghiệm

Thực nghiệm sử dụng thiết bị đo điện áp- cường độ dòng điện chuyên dụng trên ô tô Picoscope 4425, có 4 kênh đo, giao tiếp với máy tính với các đặc điểm chính như sau

Bảng 5.3: Các thông số của thiết bị đo Automotive oscilloscopes 4425 [55]

Tên thiết bị: PICO Automotive oscilloscopes 4425 [55]	
Thông số	Đặc tính
Băng thông	20 Mhz
Độ phân giải	12bits
Cấp chính xác	0,05%
Tốc độ lấy mẫu	400 Ms/s
Bộ nhớ đệm	256 MS
Khoảng đo (full scale)	Từ ± 50 mV tới ± 200 V
Kết nối	Máy tính bàn hay máy tính xách tay sử dụng Windows 7, 8 hay 10
Nguồn cung cấp	Cổng USB

5.1.2 Qui trình thực nghiệm

Nhiệm vụ

Thu thập các giá trị điện áp trên các tụ 1, 2 và 3 khi cho mô hình hoạt động tương ứng với số vòng quay động cơ thay đổi (thể hiện qua thời gian tích lũy năng lượng thay đổi t_d)

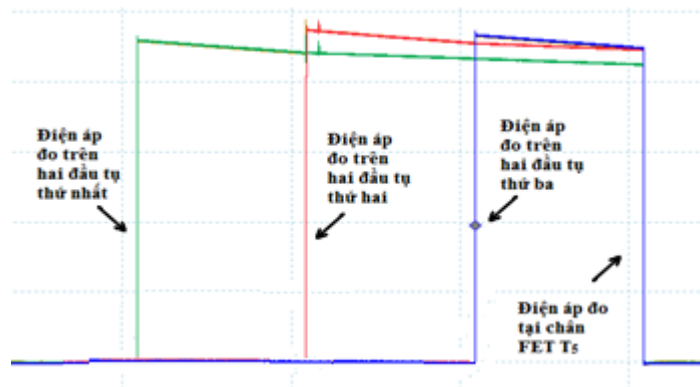
Tính toán năng lượng tích lũy được ở giai đoạn đánh lửa điện cảm khi số vòng quay thay đổi

Đánh giá khả năng tích lũy năng lượng trên hệ thống khi số vòng quay của động cơ thay đổi

Quy trình thực nghiệm

Để chuẩn bị thực nghiệm: thiết bị PICO Automotive oscilloscopes 4425 sẽ được kết nối vào máy tính và điều chỉnh các thông số cần thiết như khoảng đo, chọn kênh đo. Mô hình sẽ được kết nối với các chi tiết khác như bo-bin, tụ điện và cho hoạt động trong khoảng thời gian nhất định (tương ứng với thời gian hoạt động làm ấm của động cơ). Điều chỉnh điện áp cung cấp cho hệ thống (12,6V). Sau đó, kết nối các que đo vào các vị trí tụ điện. Để tiến hành lấy kết quả, ta điều chỉnh giá trị thời gian tích lũy năng lượng (t_d) tương ứng với số vòng quay làm việc của động cơ. Tiến hành thu thập các dữ liệu tại điểm đo. Tại các điểm đo việc thu thập dữ liệu được tiến hành 3 lần. Các số liệu thu thập được sẽ là trung bình của loạt đo.

5.1.3 Kết quả thực nghiệm



Hình 5.3: Hình thực nghiệm mô tả điện áp trên tụ ở mô hình 4 xy lanh trong khoảng thời gian ngắn 5 ms với $r=10^6$ (Ω), $R=1,5$ (Ω), $L_1=1,25 \cdot 10^{-3}$ (H), $U=12,6$ (V), $C=1$ (μF)

Số liệu thực nghiệm được thể hiện ở bảng bên dưới.

Bảng 5.4: Kết quả thu thập số liệu thực nghiệm điện áp trên tụ ở mô hình bốn xy lanh với $R = 1,5\Omega$, $C = 1 \mu\text{F}$ và $L = 1,25 \text{ mH}$, $V = 12,6\text{V}$

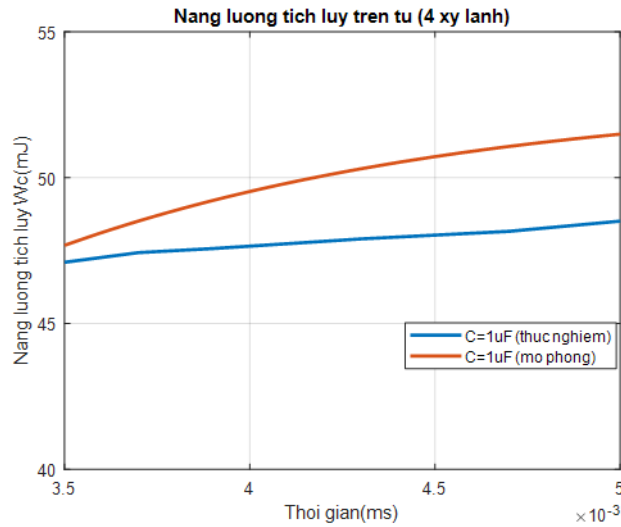
t_d (ms)	$V_1(\text{V})$		
	Tụ 1	Tụ 2	Tụ 3
5	173,2	182,1	182,9
4,7	173	181,7	182,7
4,3	172,5	181,3	182,1
3,9	171,9	180,6	181,6
3,7	171,6	180,1	181,6
3,5	170,9	179,8	180,8

Bảng 5.5: Năng lượng tích lũy trên tụ khi thực nghiệm mô hình bốn xy lanh với $R = 1,5 \Omega$, $C = 1 \mu\text{F}$ và $L = 1,25 \text{ mH}$, $V = 12,6\text{V}$.

t_d (ms)	W_c một tụ (mJ)			W_c tổng (mJ)
	Tụ 1	Tụ 2	Tụ 3	
5	14,99	16,58	16,73	48,3
4,7	14,96	16,51	16,69	48,16
4,3	14,89	16,43	16,58	47,9
3,9	14,77	16,31	16,49	47,57
3,7	14,72	16,22	16,49	47,43
3,5	14,6	16,16	16,34	47,1

Năng lượng tích lũy tăng dần theo thời gian và đạt cực đại 48,3 mJ tại $t_d = 5 \text{ ms}$. Năng lượng tích lũy thấp nhất là 47,1 mJ tại $t_d = 3,5 \text{ ms}$. Năng lượng tích lũy thấp nhất trên mô hình vẫn vượt qua mức năng lượng tối thiểu để đánh lửa là 30 mJ [1,2,5,6,30].

So sánh năng lượng tích lũy trên tụ theo thực nghiệm và lý thuyết cho thấy, sai lệch lớn nhất giữa các kết quả tính toán lý thuyết và thực nghiệm nhỏ hơn 7% (Hình 5.4)



Hình 5.4: So sánh năng lượng tích lũy giữa kết quả tính toán lý thuyết và thực nghiệm

Nhận xét

Kết quả thực nghiệm đã chứng minh được năng lượng tích lũy trên mô hình đủ sức để đánh lửa trên thực tế (lớn hơn 47 mJ ở chế độ bốn xy-lạnh). Sai số của năng lượng tích lũy trên tụ giữa kết quả mô phỏng và thực nghiệm là khoảng 7%. Các kết quả thực nghiệm cho thấy:

- Năng lượng tích lũy trên hệ thống nhỏ nhất là 47,1 mJ khi sử dụng 3 tụ điện có dung lượng $C = 1 \mu\text{F}$, tương ứng với số vòng quay làm việc lớn nhất của động cơ 6000 vòng / phút (Bảng 5.5). Điều này cho thấy năng lượng đánh lửa tích lũy được trên các tụ đánh lửa điện cảm thỏa mãn yêu cầu đánh lửa của động cơ khi thực hiện quá trình đánh lửa điện dung.
- Sai lệch giữa năng lượng tích lũy trên tụ khi thực hiện tính toán mô phỏng và thực nghiệm là 7%

5.2 Thực nghiệm đánh giá hiệu quả làm việc của hệ thống đánh lửa hybrid

5.2.1 Mục đích, đối tượng, trang thiết bị thực nghiệm, sơ đồ bố trí thực nghiệm

Mục đích thực nghiệm:

Quá trình thực nghiệm trên động cơ bốn xy-lạnh TOYOTA 1 NZ-FE sử dụng nhiên liệu xăng, đánh lửa trực tiếp, nhằm mục đích đánh giá các tính năng kinh tế, kỹ thuật và

mức độ phát thải của động cơ khi sử dụng hệ thống đánh lửa điện cảm và khi sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid, cụ thể:

- Xây dựng các đường đặc tính thể hiện công suất có ích theo số vòng quay ($M_e = f(n)$) và Mômen có ích theo số vòng quay ($N_e = f(n)$) tại các vị trí bướm ga 20%, 35%, 50%, 75%, 100% khi sử dụng hệ thống đánh lửa điện cảm theo thiết kế ban đầu và khi sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid.
 - Xây dựng các đặc tính lượng tiêu hao nhiên liệu G_{nl} (g/h) và suất tiêu hao nhiên liệu ge (g/kW/h) tại các vị trí bướm ga 20%, 35%, 50%, 75%, 100%, khi sử dụng hệ thống đánh lửa điện cảm và khi sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid.
 - Đánh giá chất lượng khí thải của động cơ khi sử dụng hệ thống đánh lửa điện cảm và khi sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid.
- Các kết quả này sẽ dùng để đánh giá hiệu quả của hệ thống đánh lửa hybrid khi ứng dụng trên động cơ Toyota 1NZ-FE.

Đối tượng thực nghiệm

Thực nghiệm được tiến hành trên động cơ Toyota (1NZ-FE), sử dụng nhiên liệu xăng, đánh lửa trực tiếp, động cơ được điều khiển bằng ECU với các thông số kỹ thuật chính được mô tả trong bảng 5.6.

Bảng 5.6: Thông số kỹ thuật của động cơ Toyota 1NZ-FE [52]

Thông số kỹ thuật	Đặc điểm
Dung tích xylanh	1497 cc
Số xylanh	4
Tỉ số nén	10.5:1
Trị số octan nhiên liệu (RON)	≥ 95
Công suất cực đại	81.2 kW tại 6000 vòng/phút

Momen xoắn cực đại	141 Nm tại 4200 vòng/phút
Mức CO tại tốc độ không tải	< 0.5 %vol.
Mức HC tại tốc độ không tải	100 ppm
Mức CO ₂ tại tốc độ không tải	14,5-16 %vol.
Mức O ₂ tại tốc độ không tải	0.1-0.5 %vol.
Lambda tại tốc độ không tải	0.98 -1.02
Hệ thống đánh lửa	điện cảm, sử dụng bo-bin đơn (COP)
Số vòng quay không tải	700 ± 50 vòng/phút
Động cơ được điều khiển bằng ECU	Điều khiển phun xăng – đánh lửa bằng máy tính

Các yêu cầu đối với thiết bị thực nghiệm

Đề bảo đảm tính ổn định và chính xác trong suốt quá trình tiến hành các thực nghiệm, phải thực hiện việc kiểm tra và hiệu chỉnh tất cả các hệ thống cấu thành động cơ như: hệ thống điều khiển động cơ, hệ thống bôi trơn, hệ thống làm mát...Băng thử công suất phải được kiểm tra và hiệu chỉnh (calibration), máy phân tích khí thải cần kiểm chỉnh trước bằng khí hiệu chỉnh. Các bước chuẩn bị này phải thực hiện trước khi thực hiện các phép đo.

Trang thiết bị thực nghiệm

Các nội dung thử nghiệm trong luận án được thực hiện tại phòng thí nghiệm động cơ - Khoa Cơ khí Động lực - Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh. Các thiết bị chính sử dụng trong quá trình thực nghiệm bao gồm: băng thử công suất AVL Dyno 160 cùng với hệ thống điều khiển và thu thập dữ liệu AVL EMCOM 400 (công

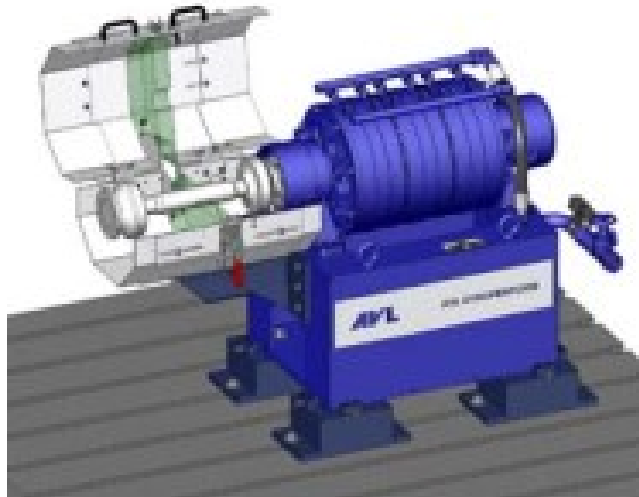
hòa Áo), thiết bị đo tiêu hao nhiên liệu FP7000 classic model 406-II (Fillon Pichon), thiết bị kiểm tra khí thải HG-520, Heshbon (Hàn Quốc).

Băng thử công suất [56]

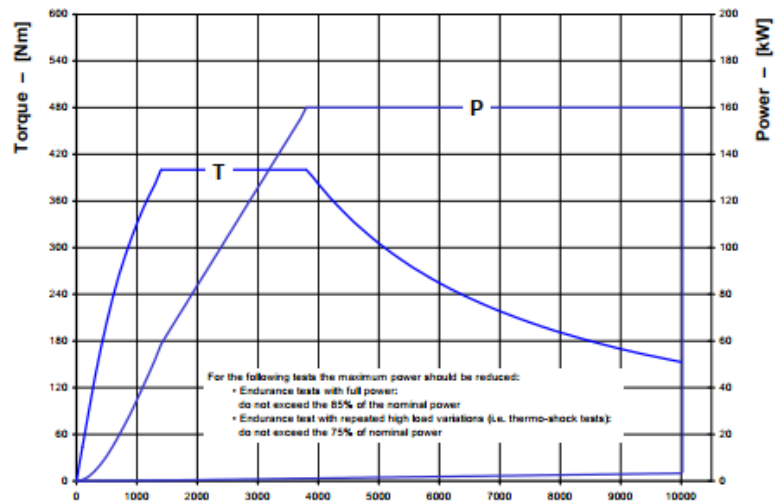
Băng thử công suất AVL Dynoperform 160 sử dụng nguyên lý dòng điện xoáy (eddy current), khi rotor quay mật độ từ trường thay đổi và dòng điện xoáy được gây ra trên bề mặt của rotor. Từ trường của dòng điện xoáy sẽ chống lại với từ trường sinh ra nó và có tác dụng hãm hoạt động của rotor. Lực phanh tỷ lệ thuận với dòng điện kích thích trên stator. Năng lượng phanh sẽ được chuyển thành dạng nhiệt và được hấp thụ bởi nước làm mát chảy qua stator [57]. Việc điều khiển tải thông qua bộ điều khiển bướm ga Throttle actuator THA 100, việc điều chỉnh và thu thập các số liệu về số vòng quay (RPM), momen có ích M_e (Nm), công suất có ích N_e (kW)... được hệ thống hệ thống điều khiển và thu thập dữ liệu AVL EMCOM 400 và AVL IndiCOM thực hiện. Các đặc tính chính của băng thử thể hiện trong bảng 5.7.

Bảng 5.7: Thông số kỹ thuật của băng thử AVL Dynoperform 160 [56]

Thông số kỹ thuật	Đặc tính
Công nghệ	Eddy current
Moment tối đa	400 Nm (1,400 rpm-3,800 rpm)
Công suất tối đa	160 kW (3,800 rpm-10,000 rpm)
Số vòng quay lớn nhất	10.000 vòng/phút
Cấp chính xác khi đo moment	0,2 % FS
Cấp chính xác của số vòng quay	+/- 1 RPM



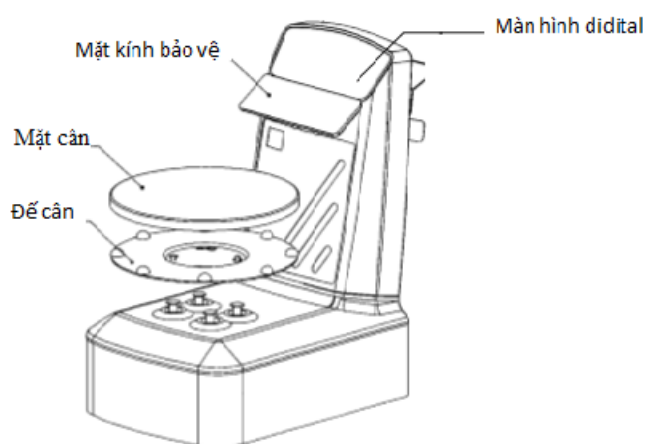
Hình 5.5: Hình ảnh thử công suất AVL Dynoperform160 [56]



Hình 5.6: Đặc tính của băng thử công suất AVL Dynoperform160 [56]

Thiết bị đo tiêu hao nhiên liệu

Lượng tiêu hao nhiên liệu được xác định bằng phép cân trực tiếp thông qua thiết bị cân FP7000 model 406 –II của hãng Fillon Pichon. Thiết bị cho phép đo lượng tiêu hao nhiên liệu, cho phép cập nhật số liệu liên tục 6 lần/ giây và có cấp chính xác cao 0,1 gram. Các thông số chính của thiết bị được mô tả trong bảng 5.8.



Hình 5.7: Thiết bị cân FP7000 model 406 –II của hãng Fillon Pichon [58]

Bảng 5.8: Đặc tính của thiết bị cân FP7000 model 406 –II (Fillon Pichon)[58]

Thông số	Đặc tính
Phạm vi cân	0 – 7000 grams (7kg)
Sai số	0,1 gram
Thời gian ổn định	< 1,5 giây
Tốc độ cập nhật	6 lần/s

Máy phân tích khí thải [59]

Đánh giá lượng phát thải của động cơ xăng thông qua thành phần khí thải của động cơ như CO (% Vol), HC (ppm) Thiết bị HG-520 của hãng HESHBON - Hàn Quốc. HG-520 được sử dụng trong thực nghiệm thiết bị đo và phân tích tự động các thành phần Cacbon oxide (CO), Hydrocacbon (HC) có trong khí thải của động cơ [59]. Thành phần

CO được xác định bằng bộ phân tích hồng ngoại không tán sắc (NDIR- Nondispersive infrared analyser)[59, 60] và thành phần HC (hydrocarbon) được xác định bằng bộ dò ngọn lửa ion hóa (FID- Flame ionization detector) [59,60,61, 62].



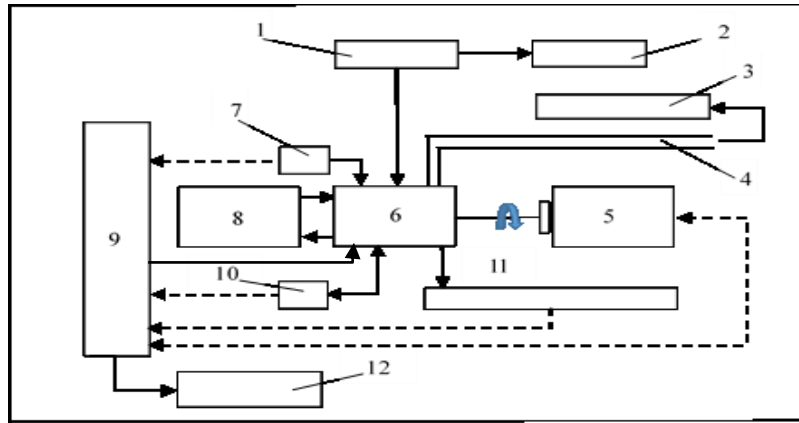
Hình 5.8: Thiết bị phân tích khí thải HG-520 của hãng HESHBON - Hàn Quốc [59]

Bảng 5.9: Các thông số của thiết bị đo khí thải HG-520 của hãng HESHBON [59]

Thông số	Phạm vi
CO	0,00 – 9,99 %
CO ₂	0,0 – 20,0 %
HC	0 – 9999 ppm
Hệ số Lamda	0 – 2
AFR	0,0 – 99,0
Nhiệt độ hoạt động	0 – 40°C
Nguồn điện hoạt động	AC220V 50/60Hz

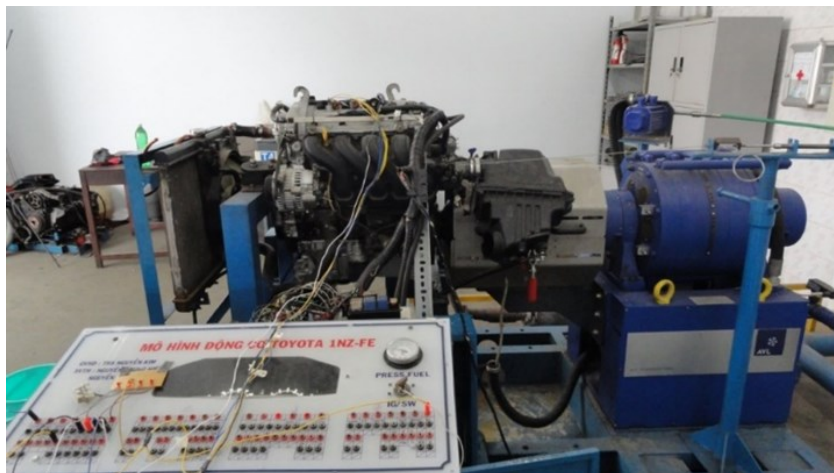
Cấp chính xác của thiết bị đo khí thải phù hợp với TCVN 6208:2014 (ISO 3930:2009) về dụng cụ đo chất phát thải động cơ.

Sơ đồ bố trí trang thiết bị thí nghiệm



Hình 5.9: Sơ đồ bố trí thiết bị thí nghiệm động cơ Toyota 1NZ-FE

1. Thùng chứa nhiên liệu; 2. Thiết bị đo tiêu hao nhiên liệu; 3. Máy phân tích khí thải; 4. Hệ thống thải; 5. Bảng thử công suất; 6. Động cơ Toyota 1NZ-FE; 7. Thiết bị điều khiển bướm ga; 8. Hệ thống làm mát động cơ; 9. Hệ thống điều khiển trung tâm (EMCON 400); 10. Hệ thống điều khiển động cơ; 11. Hệ thống thu thập dữ liệu; 12. Máy tính thu thập dữ liệu.



Hình 5.10: Hình thực nghiệm đánh giá hiệu quả làm việc của hệ thống đánh lửa hybrid

5.2.2 Các qui trình thực nghiệm

Để đánh giá hiệu quả làm việc của hệ thống đánh lửa hybrid thực nghiệm tiến hành xác định các giá trị Xác định M_e , N_e , G_{nl} , g_e , chất lượng khí thải theo hai loạt đo

Loạt đo 1: Khi động cơ sử dụng hệ thống đánh lửa điện cảm (theo thiết kế ban đầu)

Loạt đo 2: Khi động cơ sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid.

Các qui trình thực nghiệm thực hiện giống nhau ở các hai loạt đo. Nhiên liệu xăng (A95) sử dụng cho cả hai loạt đo theo đúng yêu cầu nhà sản xuất.

Xác định đặc tính Momen có ích (M_e) và công suất có ích (N_e)

Từ bảng điều khiển EMCON 400 khởi động động cơ và cho hoạt động đến nhiệt độ ổn định, chọn chế độ vận hành bằng thử Tốc độ / Góc mở bướm ga (Speed/ Alpha). Tại các vị trí bướm ga 20%, 35%, 50%, 75%, 100% tiến hành xác định momen có ích M_e , công suất có ích N_e tại các điểm đo, bằng cách thay đổi số vòng quay động cơ từ 700- 6000 vòng / phút (bước chuyển 250 vòng / phút), duy trì các giá trị vận hành bằng thử tại điểm đo trong một phút. Trong quá trình này hệ thống thu thập AVL- Indicom sẽ tính toán và thu thập dữ liệu M_e , N_e tại các điểm đo.

Xác định lượng tiêu nhiên liệu theo giờ (G_e) và suất tiêu hao nhiên liệu riêng (g_e)

Tính toán lượng tiêu hao nhiên liệu theo giờ được sử dụng phép đo khối lượng nhiên liệu trực tiếp thông qua thiết bị thiết bị cân FP7000 model 406 –II của hãng Fillon Pichon. Tại các điểm đo, các chế độ đo được duy trì trong 1 phút. Lưu lại các kết quả và tính toán ra lượng tiêu hao nhiên liệu theo giờ. Suất tiêu hao nhiên liệu riêng (g_e) được tính toán theo công thức

$$g_e = \frac{G_{nl}}{N_e} \quad (\text{g/kW/giờ})$$

Trong đó:

- g_e : g/kW.giờ
- G_{nl} : g/ giờ
- N_e : kW

Đánh giá chất lượng khí thải

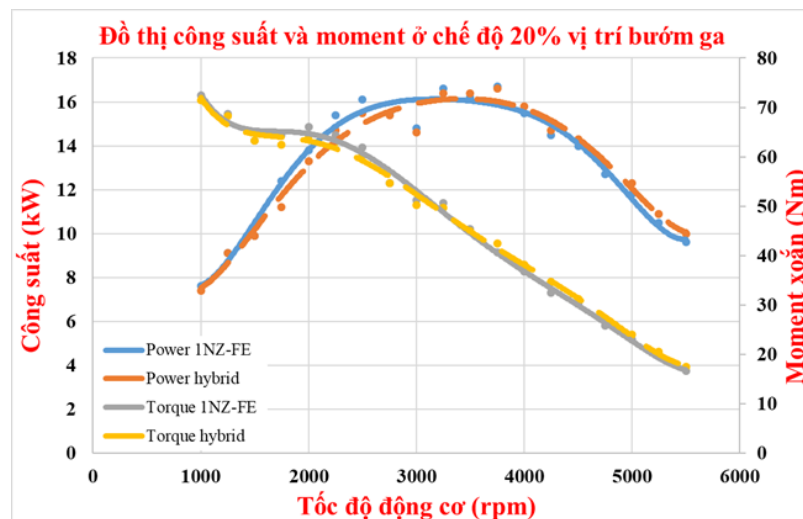
Chất lượng khí thải được đánh giá qua hai thông số CO (% thể tích), HC (ppm thể tích)

Việc đánh giá này được thực hiện tại vị trí cầm chừng theo qui trình ISO 3930-1976 của cục đăng kiểm Việt Nam [62] và tại các vị trí bướm ga 20%, 50% và 75% tương ứng với các số vòng quay 1000 vòng/ phút, 3000 vòng/ phút và 6000 vòng/ phút. Trước khi tiến hành đo thiết bị cần được khởi động. Tại các điểm đo thực hiện bước làm sạch (nhấn nút Purge), sau một thời gian đo đủ lớn nhưng không quá 30 giây [62], thực hiện việc in ra dữ liệu. [62]

5.2.3 Kết quả thực nghiệm và nhận xét

Các đường đặc tính thể hiện công suất có ích theo số vòng quay $M_e = f(n)$ và Mômen có ích theo số vòng quay $N_e = f(n)$ tại các vị trí bướm ga 20%, 35%, 50%, 75%, 100% khi sử dụng hệ thống đánh lửa điện cảm và khi sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid. Thuyết minh sẽ trình bày tại các chế độ 20%, 50% và 100% bướm ga (Các chế độ còn lại sẽ trình bày ở phụ lục)

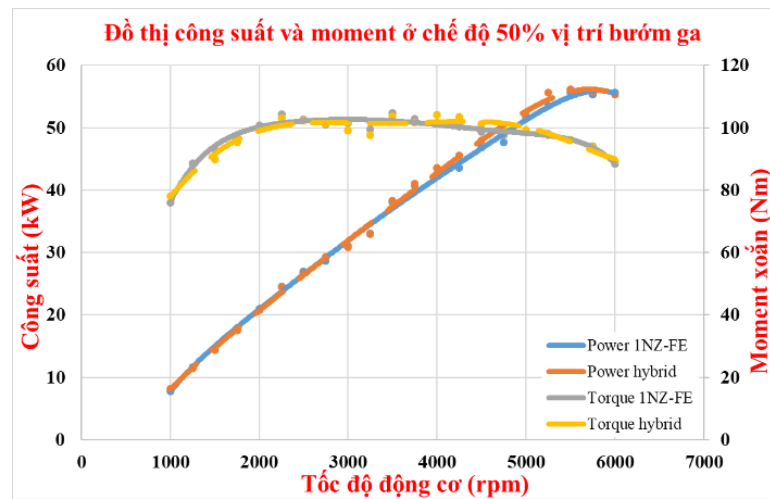
Chế độ 20% bướm ga



Hình 5.11: Đồ thị công suất có ích N_e , moment có ích M_e ở chế độ 20% bướm ga của hệ thống đánh lửa nguyên thủy và hybrid

Từ đồ thị ta thấy, động cơ sử dụng hệ thống đánh lửa nguyên thủy, công suất có ích cực đại đạt 16,7 kW tại 3750 vòng/phút, moment có ích cực đại đạt 72,4 N.m tại 1000 vòng/phút (các đường Power 1NZ-FE và Torque 1NZ-FE trên hình 5.12). Khi động cơ sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid: công suất có ích cực đại đạt 16,6 kW tại 3750 vòng/phút, moment có ích cực đại có giá trị 71,5 N.m tại 1000 vòng/phút (các đường Power hybrid và Torque hybrid trên hình 5.12)

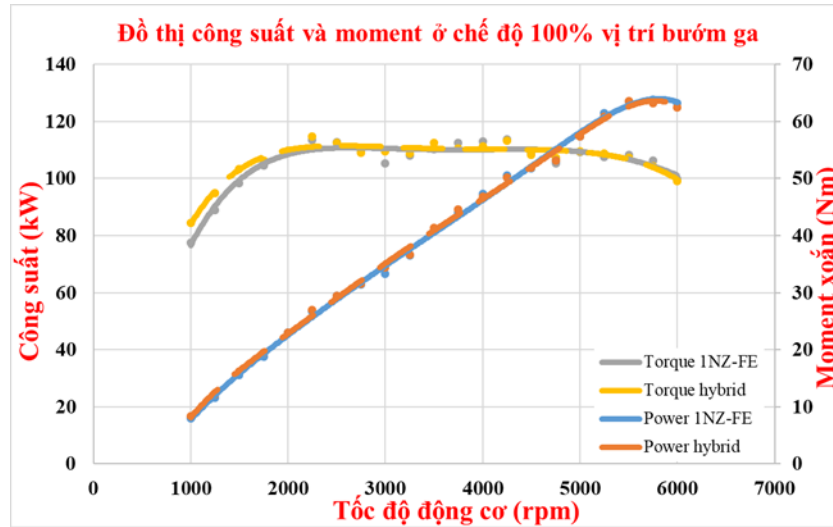
Chế độ 50% bướm ga



Hình 5.12: Đồ thị công suất có ích N_e và moment có ích M_e ở chế độ 50 % bướm ga của hệ thống đánh lửa nguyên thủy và hybrid

Trên động cơ TOYOTA 1 NZ-FE khi sử dụng hệ thống đánh lửa nguyên thủy, công suất có ích cực đại đạt 55,6 kW tại 5600 vòng/phút và moment có ích cực đại có giá trị 104,8 N.m tại 4000 vòng/phút. (các đường Power 1 NZ-FE và Torque 1NZ-FE trên hình 5.13). Khi sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid, công suất có ích cực đại có giá trị 56.2 kW tại 5600 vòng/phút, moment có ích cực đại đạt 104,2 N.m tại 4000 vòng/phút (các đường Power hybrid và Torque hybrid trên hình 5.13)

Chế độ 100 % bướm ga



Hình 5.131: Đồ thị công suất có ích N_e và moment có ích M_e ở chế độ 100 % bướm ga của hệ thống đánh lửa nguyên thủy và hybrid

Đồ thị 5.14 cho thấy rằng động cơ khi sử dụng hệ thống đánh lửa nguyên thủy có công suất có ích cực đại đạt giá trị 64,8 kW tại 5850 vòng/phút và moment đạt cực đại 113,7 N.m tại 4250 vòng/phút (các đường Power 1 NZ-FE và Torque 1NZ-FE trên hình 5.14). Khi động cơ hoạt động với hệ thống đánh lửa hybrid, công suất có ích cực đại của động cơ sẽ là 64,6 kW tại 5860 vòng/phút và moment có ích cực đại đạt giá trị 113,3 N.m tại 4250 vòng/phút (các đường Power hybrid và Torque hybrid trên hình 5.14).

Khi so sánh cho thấy, các sai lệch về công suất đỉnh $N_{e\max}$ và momen $M_{e\max}$ của động cơ khi sử dụng hệ thống đánh lửa điện khi sử dụng hệ thống đánh lửa điện cảm và hệ thống đánh lửa hybrid là không đáng kể. Tuy nhiên, do động cơ thực nghiệm đã qua sử dụng nên cả hai giá trị N_e cực đại và M_e cực đại, khi sử dụng hệ thống đánh lửa nguyên thủy và cả khi sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid đều có giá trị nhỏ hơn khoảng 18% so với giá trị của nhà chế tạo công bố (xem bảng 5.10, bảng 5.11). Việc thực hiện đối sánh giữa các đường biểu diễn momen có ích, công suất có ích khi sử dụng hệ thống đánh

lửa theo thiết kế nguyên thủy và khi sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid cho thấy, các kết quả đo tại các vị trí khác nhau cho sai lệch không đáng kể. Bảng 5.10 sẽ cho một đánh giá tổng quát về sai lệch giữa và công suất có ích N_e và Momen có ích M_e tại các điểm đo. Sai lệch lớn nhất theo công suất và momen (tại vị trí số vòng quay 1000 v/phút và tải 100%) trên toàn bộ miền làm việc của động cơ lần lượt là 5% và 8,8%. Điều này cho thấy năng lượng tự cảm tích lũy trên các bo-bin đánh lửa điện cảm đủ lớn để thực hiện việc hình thành và duy trì tia lửa nhằm đốt cháy hỗn hợp ở tổ máy 4 (thực hiện đánh lửa điện dung)

Bảng 5.10: Độ chênh lệch giá trị công suất động cơ (%)

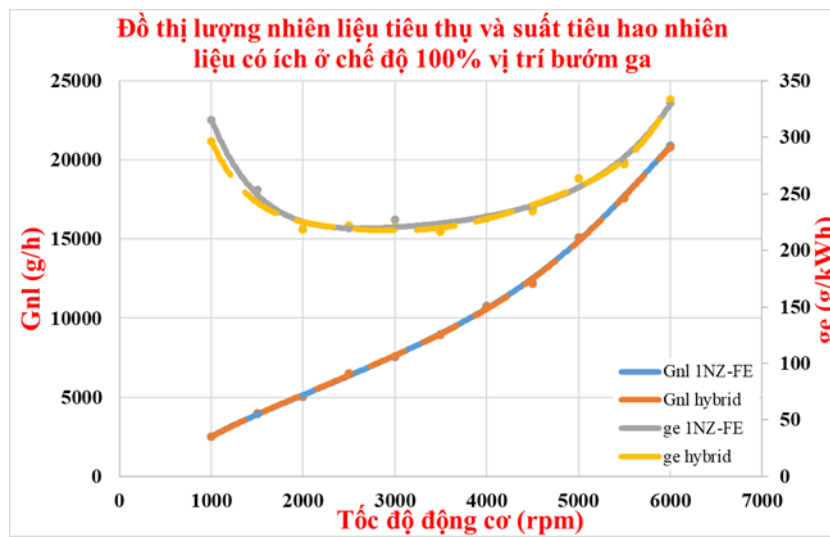
Tải (%)	Tốc độ động cơ (vòng/phút)										
	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000
100%	5.0	3.8	0.0	-0.3	3.3	1.5	-1.1	0.2	-0.2	0.2	-1.1
75%	1.2	-4.5	0.5	0.4	1.3	-0.8	1.6	2.9	-1.1	-0.6	-1.3
50%	5.1	-2.0	-1.0	-1.1	-1.0	0.5	2.3	2.6	0.6	1.1	-0.5
35%	4.8	2.9	-1.0	-3.6	-1.1	-1.8	-1.9	-0.5	0.0	2.1	2.8
20%	-2.6	0.0	-3.6	-3.7	-1.4	1.2	1.9	2.1	4.2	4.2	

Bảng 5.11: Độ chênh lệch giá trị moment động cơ (%)

Tải (%)	Tốc độ động cơ (vòng/phút)										
	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000
100%	8.8	5.1	0.5	-0.4	4.0	2.1	-1.5	-0.7	0.2	-1.0	-0.6
75%	2.5	-0.2	0.9	0.5	0.9	-0.2	0.3	3.4	-0.7	-2.0	-0.3
50%	2.6	-3.1	-0.9	-0.3	-2.3	-1.0	2.6	2.5	0.8	0.1	1.0
35%	6.0	5.8	-1.3	-0.9	-1.7	-1.0	-2.1	-3.3	-3.2	1.6	1.8
20%	-1.2	-0.2	-2.7	-2.4	-2.0	-0.9	3.8	3.3	4.3	5.4	

Đánh giá tiêu hao nhiên liệu của động cơ khi sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid

Trên hình 5.15 thể hiện lượng tiêu hao nhiên liệu theo giờ và suất tiêu hao nhiên liệu riêng khi thực hiện phép đo tiêu hao nhiên liệu tại vị trí bướm ga mở 100%. Các kết quả cho thấy lượng tiêu hao nhiên liệu của động cơ đạt giá trị đạt giá trị 21kg nhiên liệu / giờ và suất tiêu hao nhiên liệu riêng đạt giá trị nhỏ nhất $g_{emin} = 223g/kWh$ tại 2500 v/phút. Các khác biệt về tiêu hao nhiên liệu khi thực hiện đối sánh không thể hiện rõ trên đồ thị khi tiến hành thực nghiệm.



Hình 5.14: Đồ thị lượng tiêu hao nhiên liệu theo giờ (G_{nl}) và suất tiêu hao nhiên liệu riêng (g_e)

Trên hệ thống điện của động cơ, hệ thống đánh lửa được xem như một loại phụ tải làm việc liên tục [1, 32]. Trong quá trình làm việc năng lượng sử dụng cho một lần đánh lửa phụ thuộc vào thời gian tích lũy năng lượng t_d . Tuy nhiên, t_d chỉ phụ thuộc vào hai thông số chính điện áp accu và số vòng quay động cơ [1, 35] (không phụ thuộc vào chế độ tải). Vì vậy, nếu điện áp accu ổn định lượng nhiên liệu tiết kiệm được trên hệ thống đánh lửa cũng thay đổi theo số vòng quay động cơ.

Để đánh giá được lượng nhiên liệu tiết kiệm từ hệ thống đánh lửa hybrid có thể sử dụng các tính toán sau:

Tổng năng lượng cung cấp cho một lần làm việc bao gồm năng lượng tỏa nhiệt (W_n) trên cuộn dây sơ cấp bobin và năng lượng dự trữ đánh lửa (W_{dt}).

$$W_{\Sigma} = W_n + W_{dt} \quad (5.1)$$

Năng lượng tiêu hao do tỏa nhiệt trên bobin được tính [1, 32]

$$W_n = \int_0^{t_d} i_1^2 \cdot R_1 \cdot dt \quad (5.2)$$

Trong đó: i_1 : dòng điện đi qua cuộn sơ cấp của bobin đánh lửa điện cảm (A)

$$i_1(t) = \frac{U}{R_{\Sigma}} \left[1 - e^{-\frac{R_{\Sigma} \cdot t}{L_1}} \right] \quad (5.3)$$

Thay 5.3 vào 5.2, giải tích phân ta được:

$$W_n = \frac{U^2}{R_{\Sigma}^2} \cdot R_1 \cdot \left[t_d + 2 \cdot \tau_1 \cdot e^{-\frac{t_d}{\tau_1}} - \frac{\tau_1}{2} \cdot e^{-\frac{2t_d}{\tau_1}} - \frac{3}{2} \cdot \tau_1 \right] \quad (5.4)$$

Với:

R_1 : điện trở cuộn dây sơ cấp (Ω)

R_{Σ} : tổng trở trên mạch sơ cấp (Ω)

$\tau_1 = \frac{L_1}{R_{\Sigma}}$: là hằng số điện từ của mạch

Năng lượng dự trữ cho đánh lửa điện cảm được tính theo biểu thức sau:

$$W_{dt} = \frac{L_1 \cdot I_d^2}{2} \quad (5.5)$$

Trong đó: W_{dt} : Năng lượng dự trữ đánh lửa (J)

I_{ng} : Cường độ dòng điện cuối thời gian tích lũy năng lượng (t_d) trên

cuộn sơ cấp của bo-bin đánh lửa điện cảm (A), $I_{ng} = i_1(t_d)$

Tổng năng lượng tiêu hao cho một một bo-bin trên hệ thống đánh lửa điện cảm trong một giờ tương ứng với tốc độ động cơ cho ở bảng 5.12 được tính như sau:

$$W_{\Sigma 1h} = W_{\Sigma} \cdot 60 \cdot \frac{ne}{2} \quad (5.6)$$

ne: số vòng quay động cơ (vòng / phút)

Bảng 5.12: Đánh giá năng lượng tích lũy trên hệ thống đánh lửa hybrid theo số vòng quay động cơ

Số vòng quay (vòng/phút)	W_{dt} (mJ)1 lần đánh lửa	W_n (mJ) 1 lần đánh lửa	W_{Σ} (mJ) 1 lần đánh lửa	$W_{\Sigma 1h}$ (J)1 giờ
1000	75.08	470.51	545.59	16368
2000	74.5	429.48	503.98	30238
3000	73.54	375.3	448.84	40395
4000	72.2	321.97	394.17	47300
5000	71.25	321.97	393.22	58983
6000	70.13	269.83	339.96	61192

Trong bảng 5.12 trình bày năng lượng tiết kiệm được trong một giờ khi sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid ở các vùng tốc độ khác nhau. Phần năng lượng này thực tế lấy từ accu với rất nhiều tổn thất trong quá trình tích lũy và chuyển hóa năng lượng (hình 5.16). (hiệu suất làm việc của động cơ xăng, hiệu suất làm việc của máy phát điện, hiệu quả tích lũy của accu và các mất mát khác).



Hình 5.15: Mô tả đường truyền năng lượng từ Nhiên liệu- Hệ thống đánh lửa

Các nghiên cứu cho thấy:

Hiệu suất động cơ: $\eta_e = 0.2 - 0.35$ [24,25,63].

Hiệu suất bộ truyền đai thang: $\eta_d = 0.95 - 0.96$ [64].

Hiệu suất máy phát: $\eta_p = 0.4 - 0.65$ [3].

Hiệu suất ắc-quy: $\eta_a = 0.75 - 0.9$ [65].

Hiệu suất tổng cộng: $\eta_\Sigma = \eta_e \cdot \eta_d \cdot \eta_p \cdot \eta_a = 0.057 - 0.1966$.

Năng lượng tiết kiệm (W_e) được khi tính đến sự tổn hao qua đường truyền năng lượng cho ở bảng 5.13, được tính theo biểu thức (5.7).

$$W_e = \frac{W_{\Sigma 1h}}{\eta_\Sigma} \quad (J) \quad (5.7)$$

Như vậy: Năng lượng tiết kiệm (W_{emax}) lớn nhất: $W_{emax} = \frac{W_{\Sigma 1h}}{\eta_{\Sigma min}}$

Năng lượng tiết kiệm (W_{emin}) nhỏ nhất: $W_{emin} = \frac{W_{\Sigma 1h}}{\eta_{\Sigma max}}$

Bảng 5.13: Tổng năng lượng tiết kiệm trong một giờ W_e khi tính đến sự tổn hao khi truyền năng lượng

Số vòng quay (vòng/phút)	$W_{\Sigma 1h}$ (J) 1 giờ	$W_{e\max}$ (J)	W_{emin} (J)
1000	16368	287150	83253
2000	30238	530500	153810
3000	40395	708690	205470
4000	47300	829830	240590
5000	58983	965730	279990
6000	61192	1073600	311250

Công sinh ra của nhiên liệu khi bỏ qua nhiệt lượng tỏa ra do sự ngưng tụ của hơi nước chứa trong sản vật cháy khi ta làm lạnh nó đến nhiệt độ ban đầu gọi là nhiệt trị thấp Q_H của nhiên liệu. Đối với nhiên liệu xăng ta có Q_H của xăng là 44 MJ/kg [24].

Lượng nhiên liệu tiết kiệm được trong 1 giờ từ việc tiết kiệm năng lượng đánh lửa được cho ở bảng 5.13 được tính theo biểu thức sau:

$$G_{nltk} = \frac{W_e \cdot 1000}{Q_H} \quad (g) \quad (5.8)$$

Trong đó: G_{nltk} : lượng nhiên liệu tiết kiệm (g)

Q_H : Nhiệt trị thấp của nhiên liệu (J/kg)

W_e : Năng lượng tiết kiệm (J)

Bảng 5.14: Lượng nhiên liệu tiết kiệm được trong 1 giờ khi sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid

ne (vòng/phút)	Wemax (J)	Wemin (J)	Gnlkmax (g/giờ)	Gnlkmin (g/giờ)
1000	28685	83165	6.53	1.89
2000	530500	153810	12.1	3.5
3000	708690	205470	16.11	4.7
4000	829830	240590	18.86	5.47
5000	965730	279990	21.95	6.36
6000	1073600	311250	24.4	7.07

Đánh giá chất lượng khí thải

Theo quyết định của Thủ tướng chính phủ số 16/2019/ QĐ-TTg ngày 28 tháng 3 năm 2019, qui định lộ trình áp dụng tiêu chuẩn khí thải đối với xe ô tô tham gia giao thông và xe ô tô đã qua sử dụng nhập khẩu, mức giới hạn lớn nhất cho phép của các chất gây ô nhiễm trong khí thải tuân thủ theo qui định TCVN 6438-2018. Qua đó thành phần gây ô nhiễm của khí thải được chia làm bốn mức với thời gian áp dụng trong đánh giá chất lượng khí thải của ô tô khác nhau.

Bảng 5.15: Giới hạn cho phép của các chất gây ô nhiễm trong khí thải của động cơ 4 kỳ sử dụng nhiên liệu xăng (theo tiêu chuẩn TCVN 6438-2018)

Thành phần gây ô nhiễm trong khí thải	Phương tiện lắp động cơ đốt cháy cưỡng bức			
	Mức 1	Mức 2	Mức 3	Mức 4
CO (% thể tích)	4.5	3.5	3.0	0.5
HC (ppm thể tích)	1200	800	600	300

Qui trình đo chất lượng khí thải được thực hiện theo TCVN 6204:2008 (ISO 3929: 2003- tương thích với chỉ thị 92/55/EEC của cộng đồng Kinh tế châu Âu). Qua đó động cơ sau khi đã kiểm tra hệ thống thải của động cơ (không được rò rỉ), động cơ phải được hâm nóng đến trạng thái hoạt động bình thường (ít nhất hoạt động sau 15 phút). Đầu ống đo được đặt sâu vào ống xả ít nhất 300mm.

Sau khi hâm nóng động cơ, cho động cơ hoạt động ở 3000 vòng/phút trong 60 giây sau đó đưa về số vòng quay không tải. Đưa bộ phân tích về chế độ đo. Thực hiện phép đo trong thời gian đủ lâu (nhưng không quá 30 giây). Các số liệu về hàm lượng CO (% thể tích) và HC (ppm thể tích) thu thập được sau khi thực hiện phép đo được trình bày trong bảng 5.16.

Bảng 5.16: Chất lượng khí thải động cơ khi thực hiện đối sánh - sử dụng hệ thống đánh lửa nguyên thủy và khi sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid

Thành phần gây ô nhiễm	Động cơ khi sử dụng hệ thống đánh lửa nguyên thủy			Động cơ khi sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid		
	Lần 1	Lần 2	Lần 3	Lần 1	Lần 2	Lần 3
CO (% thể tích)	2.78	2.15	1.96	2.26	2.86	2.76
Giá trị trung bình (% thể tích)	2,29			2,63		
HC (ppm thể tích)	65	71	72	86	71	74
Giá trị trung bình (ppm thể tích)	69,33			77		

Qua các kết quả thực nghiệm nói trên có thể thấy, chất lượng khí thải của động cơ khi sử dụng hệ thống đánh lửa hỗn hợp điện cảm - điện dung (hybrid) có sai lệch không đáng kể so với khi sử dụng hệ thống đánh lửa nguyên thủy, các kết quả này đều đạt tiêu chuẩn khí thải của động cơ đốt cháy cưỡng bức ở mức 3 theo TCVN 6438-2018. Điều

này một lần nữa cho thấy, hệ thống đánh lửa hybrid hoạt động hiệu quả trong quá trình hoạt động của động cơ.

5.3 Kết luận chương 5

Qua các nội dung được trình bày trong chương 5, có thể rút ra các kết luận sau:

Thực nghiệm I: Với các thông số của hệ thống có thể rút ra thấy rằng năng lượng tích lũy trên các bo-bin đánh lửa điện cảm thỏa mãn các yêu cầu về năng lượng đánh lửa trên động cơ

Thực nghiệm II:

Đề tài đã chế tạo thành công mạch đánh lửa hybrid trên động cơ đánh lửa trực tiếp 4 xi-lanh sử dụng ba bo-bin điện cảm và một bo-bin điện dung. Hệ thống đánh lửa Hybrid có khả năng thu thập năng lượng tự cảm từ ba bo-bin thực hiện quá trình đánh lửa điện cảm, để thực hiện quá trình đánh lửa cho xi-lanh còn lại mà không cần chi phí thêm năng lượng cho quá trình đánh lửa điện dung.

Hệ thống đánh lửa Hybrid được lắp đặt trên động cơ 1NZ-FE của hãng Toyota. Hệ thống đánh lửa Hybrid đảm bảo khả năng vận hành ổn định ở tất cả các chế độ hoạt động của động cơ.

Công suất, moment và suất tiêu hao nhiên liệu có ích của động cơ sử dụng hệ thống đánh lửa Hybrid

Các thực đánh giá hiệu quả làm việc của hệ thống đánh lửa hybrid. Trên cơ sở so sánh sự khác biệt về momen có ích M_e và công suất có ích N_e trên cùng một động cơ TOYOTA 1NZ-FE (Khi dùng hệ thống đánh lửa trực tiếp theo nhà chế tạo và khi dùng hệ thống đánh lửa hybrid) ta nhận thấy sự khác biệt này là không đáng kể (lớn nhất chỉ là 8,8%). Tuy nhiên, do động cơ sử dụng để thực nghiệm đã qua sử dụng nên các giá trị cực đại của công suất có ích và momen có ích đều nhỏ giá trị của nhà chế tạo khoảng 18%.

Các thực nghiệm về lượng phát thải của động cơ cho thấy ở chế làm việc không tải với các qui trình đánh giá của cục đăng kiểm Việt Nam cung cấp ta thấy sai lệch về

lượng phát thải CO (% thể tích và HC (ppm % thể tích) là không đáng kể (dưới 5%) và các số liệu này phù hợp với mức 3 tiêu chuẩn khí thải Việt Nam - theo TCVN 6438-2018

Năng lượng tiết kiệm được khi sử dụng hệ thống đánh lửa Hybrid

Hệ thống đánh lửa Hybrid khi áp dụng trên động cơ 4 xy-lanh có khả năng sử dụng năng lượng tự cảm từ ba rô-bin điện cảm để thực hiện quá trình đánh lửa cho xi-lanh còn lại, mà không cần chi phí thêm năng lượng cho quá trình đánh lửa thứ 4. Như vậy, chúng ta có thể tiết kiệm được 25 % năng lượng đánh lửa cung cấp cho toàn bộ hệ thống đánh lửa khi động cơ làm việc. Năng lượng sử dụng cho một lần đánh lửa không lớn. Tuy nhiên, nếu xem xét việc tiết kiệm năng lượng dưới góc nhìn, có tính đến các tổn hao trên đường truyền năng lượng, số lượng ô tô và các loại động cơ sử dụng nhiên liệu xăng thì con số tiết kiệm nhiên liệu thật sự ấn tượng. Hiện nay, số ô tô sử dụng trên toàn thế giới đã đạt con số 1,2 tỷ, con số này sẽ đạt đến 2 tỷ vào năm 2035 [66]. Ngoài ra, theo các dự báo từ tổ chức Statista - Hoa kỳ số lượng ô tô sử dụng động cơ xăng chiếm tỷ lệ 47% (khoảng 1 tỷ chiếc) so với số lượng ô tô bán ra trên toàn thế giới vào năm 2030 (bảng 5.7) [67]. Với các khảo sát của tổ chức thống kê phi chính phủ tại Hà Lan (CBS) cho thấy một ô tô sẽ di chuyển khoảng 37 km/ ngày [68], càng cho thấy, việc tiết kiệm nhiên liệu sử dụng trên ô tô có ý nghĩa hết sức to lớn.

Bảng 5.17: Dự báo số lượng ô tô trên thế giới (đến năm 2030) [67]

Năm sản xuất	2017	2030
Động cơ xăng	76	47
Động cơ Diesel	19	5
Động cơ hybrid	3	28
Động cơ điện	1	14
Plug-in hybrid	1	15

Việc tiết kiệm năng lượng cho ô tô nói chung, hay trên hệ thống đánh lửa nói riêng còn có ý nghĩa quan trọng trong việc bảo vệ môi trường. Theo các thông tin từ Cục bảo vệ môi trường Hoa kỳ (EPA) [69], các phương tiện cơ giới gây ra 75% ô nhiễm carbon monoxide ở Mỹ. Quỹ Bảo vệ Môi trường Hoa kỳ (EDF) cũng ước tính rằng, các phương tiện trên đường gây ra một phần ba ô nhiễm không khí tạo ra khói bụi ở Hoa Kỳ và vận chuyển gây ra 27 % phát thải khí nhà kính. Từ các thông tin trên cho thấy, việc tiết kiệm nhiên liệu sử dụng cho động cơ có ý nghĩa kép trong kinh tế nhiên liệu và bảo vệ môi trường.

KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Kết luận

Luận án được hoàn thành và rút ra được các kết luận sau:

1. Hệ thống đánh lửa hybrid (hệ thống đánh lửa hỗn hợp điện dung - điện cảm) là một trong các hướng nghiên cứu về hệ thống đánh lửa đã được nhiều nhà nghiên cứu quan tâm. Tuy nhiên, đối với các nghiên cứu ngoài nước, các công trình đã công bố chỉ đề cập theo hướng phối hợp hai kiểu đánh lửa điện cảm, điện dung nhằm kéo dài thời gian xuất hiện tia lửa trên bu-gi. Hướng nghiên cứu theo hướng tích lũy năng lượng từ sức điện động tự cảm trên tụ điện (từ những lần đánh lửa tự cảm), nhằm phục vụ cho đánh lửa điện dung lần đầu tiên được đề cập trong luận án của tác giả.

2. Luận án đã trình bày các nghiên cứu tổng quan về các hệ thống đánh lửa sử dụng trên động cơ xăng, các đặc điểm của hệ thống đánh lửa điện dung, điện cảm. Các thông số chủ yếu của hệ thống đánh lửa. Luận án cũng đề cập đến năng lượng cần thiết cho quá trình đánh lửa trên động cơ xăng, cũng như các yếu tố ảnh hưởng đến năng lượng đánh lửa.

3. Luận án đã xây dựng được phương trình biểu diễn quá trình tăng trưởng của dòng điện đi qua cuộn sơ cấp, sức điện động tự cảm ở giai đoạn đánh lửa điện cảm và giai đoạn đánh lửa điện dung và khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến chúng (điện trở của mạch sơ cấp, hệ số tự cảm của các cuộn dây bo-bin, dung lượng tụ điện). Ngoài ra, luận án cũng đề cập được các bước trong quá trình xác định dung lượng của tụ nhằm thực hiện tích lũy năng lượng từ sức điện động tự cảm, phục vụ cho giai đoạn đánh lửa điện dung.

4. Luận án đã nghiên cứu và chế tạo thành công hệ thống đánh lửa hỗn hợp điện dung - điện cảm trên động cơ bốn xylanh (TOYOTA 1NZ-FE) có khả năng tích lũy sức điện động tự cảm (từ giai đoạn đánh lửa điện cảm) trên 3 tụ điện $1 \mu\text{F}$ và phục vụ cho giai đoạn đánh lửa điện dung. Với kết cấu đơn giản và tận dụng được các đặc điểm sẵn có từ hệ thống điều khiển động cơ. Hệ thống đánh lửa hybrid như đã trình bày, bảo đảm hoạt

động ổn định của động cơ ở các chế độ hoạt động khác nhau và tiết kiệm được năng lượng cho một lần đánh lửa / một chu kỳ làm việc của động cơ.

5. Các kết quả thực nghiệm trên mô hình đánh lửa hybrid trên động cơ 4 xy-lanh cho thấy: Với các thông số của hệ thống: điện trở của mạch sơ cấp R: 1,12 Ω , hệ số tự cảm của cuộn sơ cấp bo-bin L = 1,25 mH, dung lượng của tụ C=1 μ F, điện áp nguồn V= 12,6V. Năng lượng tích lũy trên tụ điện ở 3 lần đánh lửa điện cảm thỏa mãn năng lượng phục vụ cho một lần đánh lửa điện dung.

6. Khi lắp đặt hệ thống đánh lửa hybrid trên động cơ TOYOTA 1NZ-FE các thực nghiệm theo hướng đối sánh giữa hai trường hợp, khi động cơ sử dụng hệ thống đánh lửa điện cảm theo thiết kế của nhà chế tạo và khi sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid cho thấy

- Các khác biệt về momen có ích (M_e) và công suất có ích (N_e) không đáng kể
 - Khác biệt lớn nhất đối với momen có ích M_e là 8,8 % - bướm ga mở 100%, số vòng quay 1000 vòng/phút)
 - Khác biệt lớn nhất đối với công suất có ích N_e là 5 % - bướm ga mở 100%, số vòng quay 1000 vòng/phút)
- Các sai lệch về hàm lượng khí thải ứng với chế độ làm việc không tải theo hệ thống đánh lửa điện cảm nguyên thủy và hệ thống đánh lửa hybrid lần lượt là:
 - CO (% thể tích): 2,29 và 2,63
 - HC (ppm thể tích): 69,33 và 77

Các số liệu khí thải này phù hợp với các qui định về khí thải Việt Nam ở mức 3 theo TCVN 6438-2018

- Hệ thống đánh lửa hybrid có khả năng tiết kiệm năng lượng

Mặc dù khả năng tiết kiệm năng lượng của hệ thống đánh lửa hybrid không lớn khoảng 24,4 g nhiên liệu / giờ khi động cơ hoạt động 6000 vòng/ phút (Bảng 5.14). Tuy nhiên, khi tiết kiệm nhiên liệu sử dụng, đồng nghĩa với việc giảm phát thải ra môi trường và với số lượng ô tô sử dụng nhiên liệu xăng trên thế giới lên đến 1,2 tỷ như hiện nay, đây là một hướng nghiên cứu hữu ích.

. Các cơ sở lý luận, các tính toán trong luận án có thể triển khai áp dụng trên hệ thống đánh lửa của các động cơ nhiều xy-lanh.

Hướng phát triển

Trên cơ sở các nghiên cứu đã đề cập trong luận án, người nghiên cứu xin được phép trình bày các hướng phát triển sau:

1. Nghiên cứu sử dụng năng lượng tích lũy từ sức điện động tự cảm của các cuộn dây để sử dụng cho mục đích khác.

2. Nghiên cứu ứng dụng hệ thống đánh lửa hybrid trên động cơ 1 xy-lanh theo hướng sử dụng nhiều tụ điện được nạp lần lượt và giải phóng năng lượng trên các tụ một lần

4. Nghiên cứu thay đổi dung lượng của tụ điện tương ứng với từng chế độ làm việc của động cơ.

5. Đánh giá ảnh hưởng của điều kiện khí hậu Việt Nam (nóng, ẩm), đến hoạt động của hệ thống đánh lửa nói chung và hệ thống đánh lửa hybrid nói chung.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] PGS.TS Đỗ Văn Dũng, *Điện động cơ và điều khiển động cơ*, NXB Đại học Quốc gia Tp.HCM, 2013, pp 122
- [2] Dipl.Ing (FH) Horst Bauer, *Automotive Electric/Electronic System*, Robert Bosch GmBh, 1995, pp.181
- [3] Dipl.-Ing (FH) Ulrich Adler, *Automotive Handbook*, Bosch, 1993 pp 478
- [4] Đinh Ngọc Ân, *Trang bị điện ô tô máy kéo*, Nhà xuất bản đại học và trung học chuyên nghiệp Hà Nội, 1980, pp 279.
- [5] John B Heywood, *Internal combustion engine fundamentals*, McGraw-hill Book company. 1988, pp 429
- [6] Konrad reif, *Gasoline engine management system and components*, Springer vieweg 2015, pp 157
- [7] *Delco ignition system*, Internet:
https://en.wikipedia.org/wiki/Delco_ignition_system, 18/04/2020
- [8] *Ignition system*, Internet: https://en.wikipedia.org/wiki/Ignition_system, 18/04/2020
- [9] *Capacitor discharge ignition systems*, Internet:
www.rotaryeng.net > Why-CDI, 30/1/2020, pp 3, 18/04/2020
- [10] Ignition Systems Technology, internet:
<http://www.geocities.ws/MotorCity/Downs/3837/ignsyste.html>, 18/04/2020
- [11] Shano, C. and Hufton, A., *Capacitor Discharge Ignition - A Design Approach*, SAE Technical Paper 670115, 1967.
- [12] *Capacitor discharge ignition*, Internet:
https://en.wikipedia.org/wiki/Capacitor_discharge_ignition#Nikola_Tesla, 30/1/2020
- [13] Martin E.Gerry, *Inductive-capacitive cyclic charge-discharge ignition system*, US Patent No 4288723, 1981.
- [14] Michael J French và Matthew Joseph Edwards, *Hybrid ignition circuit for an internal combustion engine*, US Patent 5806504, 1998.

- [15] Joseph M. Lepley, *Capacitive discharge ignition system with extended duration spark*, US Patent No 6701904B2, 2004.
- [16] Audris Simakaukas, *Hybrid Ignition system with variable spark duration for spark ignition engine*, The 8th International conference, Vilnius, Lithuania, 2013.
- [17] Martin E. Gerry, *Inductive- capacitive modulated ignition system*, Patent US4291661, Aug. 13, 1979
- [18] Lâm Bá Nha Nguyễn Khắc Bằng và Ngô Thanh Hà, *Nghiên cứu chuyển đổi hệ thống đánh lửa bán dẫn sang hệ thống đánh lửa trực tiếp*, ĐHSPKT. TPHCM, 2009
- [19] GVC.ThS Nguyễn Văn Thành, PGS.TS Đỗ Văn Dũng, ThS Đỗ Quốc Âm, Th.S Nguyễn Văn Long, *Nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm các hệ thống đánh lửa đang sử dụng phổ biến trên các ô tô tại Việt Nam và khả năng lắp lẫn*, ĐHSPKT. TPHCM, 2009
- [20] TS Lê Văn Tuy, Nguyễn Việt Thuận, *Thiết kế mạch điều khiển góc đánh lửa sớm cho động cơ M161, Mercedes-Benz 140*, Đại học Bách khoa Đà Nẵng, 2012.
- [21] Nguyễn Duy Tân; *Bán dẫn hóa hệ thống đánh lửa trên xe thiết giáp BTR-60BP*; Đại học Trần Đại Nghĩa.
- [22] Đỗ Quốc Âm và các công sự, *Nghiên cứu chế tạo mạch đánh lửa trên động cơ ô tô theo chương trình*, ĐHSPKT. TPHCM, 2009
- [23] PGS.TS Đỗ Văn Dũng, Lâm Phương An, *Nghiên cứu tương thích hóa đặc tuyến làm việc của IC đánh lửa theo chương trình*, ĐHSPKT. TPHCM, 2003
- [24] Đặng Đức Hương, *Nguyên lý động cơ đốt trong*, NXB Đại học và trung học chuyên nghiệp, 1979, trang 156
- [25] Nguyễn Văn Bình- Nguyễn Tất Tiên, *Nguyên lý động cơ đốt trong*, NXB Giáo dục, 1994, tr 156
- [26] Bùi Văn Ga, *Quá trình cháy trong động cơ đốt trong*, NXB Khoa học và kỹ thuật Hà nội, 2002, tr 56
- [27] Phạm Minh Tuấn, *Lý thuyết động cơ đốt trong*, NXB Khoa học và kỹ thuật, 2008, tr 75
- [28] *Scoping Ignition Waveforms*, internet:
<https://www.underhoodservice.com/scoping-ignition-waveforms/>, 31/03/2020

- [29] *Efficient diagnosis of faulty distributorless and hybrid ignition systems*, Patent application publication US 2005/0068037 A1 Mar. 31,2005, Internet
- [30] Terrence Lyle Williamson, *Ignition system requirements and their application to the design of capacitor discharge ignition system*, Naval postgraduate school Monterey, California, 1971, 13
- [31] *Introduction to Engine Control Systems-* TOYOTA, Engine Control Systems I - Course L852, pp 129
- [32] PGS.TS Đỗ Văn Dũng, *Trang bị điện và điện tử trên ô tô hiện đại*, NXB Đại học Quốc gia Tp.HCM, 2004 , pp 113-117.
- [33] V.A.W.Hillier, *Fundamentals of Automotive Electronics 2nd Edition*, Stanley Chornes (Publishers) Ltd, 1996.pp 167
- [34] Rolf K. Eckhoff, *Explosion Hazards in the Process Industries*, 2005
- [35] Nhiều tác giả, *chuyên ngành kỹ thuật ô tô và xe máy hiện đại*, NXB Trẻ , năm 2016, trang 643
- [36] Dip- Ing (FH) Ulrich Adler, *Automotive hand book*, Bosch, 1993, pp 461
- [37] *Chapter 11, Inductance and Magnetic Energy*
<http://web.mit.edu/8.02t/www/802TEAL3D/visualizations/coursenotes/modules/guide11.pdf>, pp. 11.6, 20/01/2020
- [38] Sen-Ben Liao, Peter Dourmashkin, John Belcher, *Introduction to Electricity and Magnetism: MIT 8.02 Course Notes*, 2011.
- [39] IP Gierebxop, *Các mạch điện và từ*, NXB Mir Maxcova, 1986, pp 113
- [40] *Relative Permeability*, Internet
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/solids/ferro.html#c5>, 21/04/2020
- [41] *Permeability (electromagnetism)*, Internet
[https://en.wikipedia.org/wiki/Permeability_\(electromagnetism\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Permeability_(electromagnetism)), 21/04/2020
- [42] *Pico scope waveforms*. Internet
<https://www.picoauto.com/library/automotive-guided-tests/primary-voltage-vs-current/>, 21/04/2020

- [43] ThS Đỗ Quốc Âm, PGS.TS Đỗ Văn Dũng, ThS Phan Nguyễn Quý Tâm, KS Lê Khánh Tân, *Tính toán sức điện động tự cảm trên hệ thống đánh lửa lai*, tạp chí Khoa học Giáo dục Kỹ thuật, số 32, 2015.
- [44] Do Van Dung, Do Quoc Am, Nguyen Tan Ngoc, *EFFECTS OF RESISTANCE, CAPACITANCE AND SELF-INDUCTANCE ON ACCUMULATED ENERGY IN THE HYBRID IGNITION SYSTEM*, ICSSE 2017, 2017.
- [45] Do Quoc Am, Do Van Dung, Nguyen Tan Ngoc; *Effects of Capacitor on the Hybrid Ignition System*, Material, Machines and Methods for Sustainable Development Volume 889, 2018.
- [46] *Capacitor Leakage Measurements Using a Model 6517A Electrometer*, Keithley Instruments Inc., Ohio, 2001. internet
http://www.tek.com/sites/tek.com/files/media/document/resources/Capacitor_Leakage_AN.pdf, 20/06/2016.
- [47] Richard Fiore, *ESR losses in ceramic capacitors*, American Technical Ceramics Corp., New York, 2001.
- [48] *Equivalent Series Resistance (ESR) of Capacitors*, QuadTech Inc., California, 2007. Internet
<http://my.ece.ucsb.edu/York/Bobsclass/194/References/General/ESR%20of%20Capacitors.pdf>.
- [49] *Dissipation factor of ceramic capacitors; a primer*, Metuchen Capacitors, Inc., New York.
<http://www.metcaps.com/mci%20web%20docs/DISSIPATION%20FACTOR%20OF%20CERAMIC%20CAPACITORS.pdf>.
- [50] *Dissipation factor*, Internet
https://en.wikipedia.org/wiki/Dissipation_factor.
- [51] *Toyota computer control system*, step 3, vol 1, pp 6
- [52] *ENGINE - 1NZ-FE ENGINE-DESCRIPTION*, internet
https://www.academia.edu/14068126/ENGINE_-1NZ-FE_ENGINE_EG-2_1NZ-FE_ENGINE, 22/04/2020
- [53] *Ignition system- TOYOTA* , step 2, vol 6, pp 44

[54] *RAE ignition and sensors, ignition coil catalogue*, pp 72, Internet
http://www.rae.com.au/assets/RAE_Ignition_coil_catalogue_web.pdf

[55] *Automotive Diagnostic Oscilloscope*, internet
<https://www.picoauto.com/download/documents/datasheets/4225-and-4425-oscilloscope-data-sheet.pdf>
10/04/3020

[56] *System Description of AVL Dynoperform*
AVL SEA & AUSTRALIA CO., LTD

[57] Michal Plint- Anthony Martyr, *Engine Testing theory and practice*, Butterworth Heinemann, 1995, pp216

[58] *FP7000 SELECT With FixMix™ Keypad Intrinsically Safe PAINT MIXING SCALE Owner's, manual*. Internet:
<https://www.fillontechus.com/files/uploads/pdfs/FP7000%20Select%20Scale.pdf>
15/03/2020

[59] *Exhaust gases analyser HG 520 Heshbon*,. Internet:
http://en.heshbon.com/Pro_Mon/1913
15/03/2020

[60] *Exhaust gas analyzer*. Internet:
https://en.wikipedia.org/wiki/Exhaust_gas_analyzer
15/03/2020

[61] Võ Nghĩa- Trần Quang Vinh, *Kỹ thuật đo trong động cơ đốt trong và ô tô*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2008, pp 221

[62] Cục đăng kiểm Việt Nam, *Giáo trình đào tạo đăng kiểm viên cơ giới đường bộ, 2001*, trang 139

[63] ThS Nguyễn Văn Trọng, *Động cơ đốt trong 1*, Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp.HCM, 2005.

[64] Nguyễn Hữu Lộc, *Cơ sở thiết kế máy*, NXB Đại học Quốc gia Tp.HCM, 2013.

[65] M. F. Cowlshaw, *The Characteristics and Use of Lead-Acid Cap Lamps*, Trans. British Cave Research Association, 1974.

[66] *Green car report*, internet:

https://www.greencarreports.com/news/1093560_1-2-billion-vehicles-on-worlds-roads-now-2-billion-by-2035-report, 24/04/2020

[67] *Breakdown of global car sales in 2017 and 2030, by fuel technology*, internet:

<https://www.statista.com/statistics/827460/global-car-sales-by-fuel-technology/>, 24/04/2020

[68] *Cars average 37 kilometres a day*, Internet:

<https://www.cbs.nl/en-gb/news/2012/10/cars-average-37-kilometres-a-day>, 24/04/2020

[69] *How much air pollution comes from cars?*, internet:

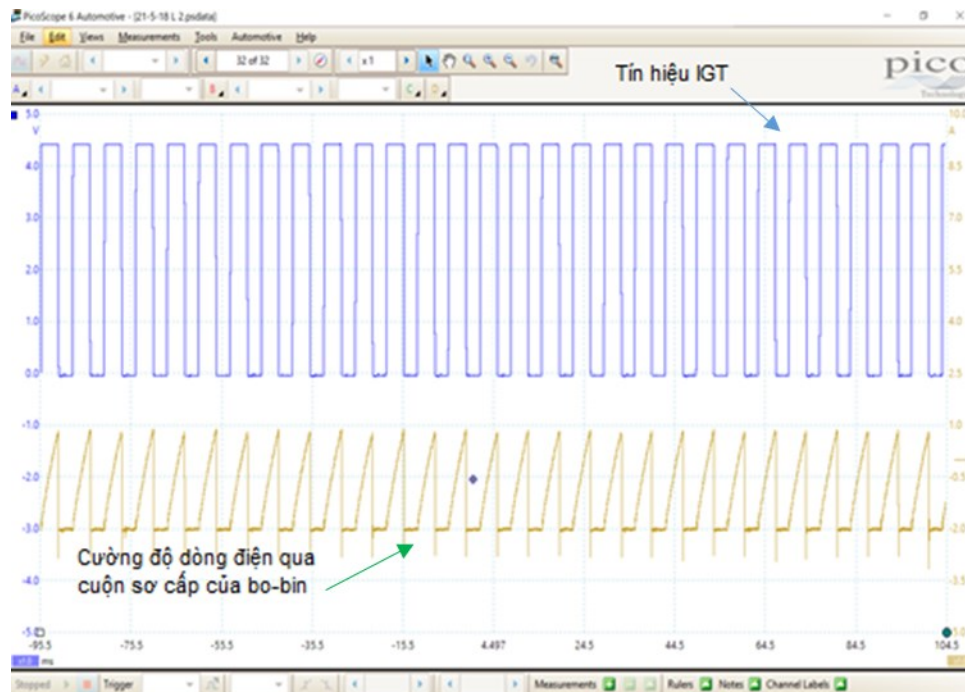
<https://auto.howstuffworks.com/air-pollution-from-cars.htm>, 24/04/2020

PHỤ LỤC 1

THỰC NGHIỆM XÁC ĐỊNH THỜI GIAN TÍCH LŨY NĂNG LƯỢNG t_d

(trên động cơ TOYOTA 1NZ-FE)

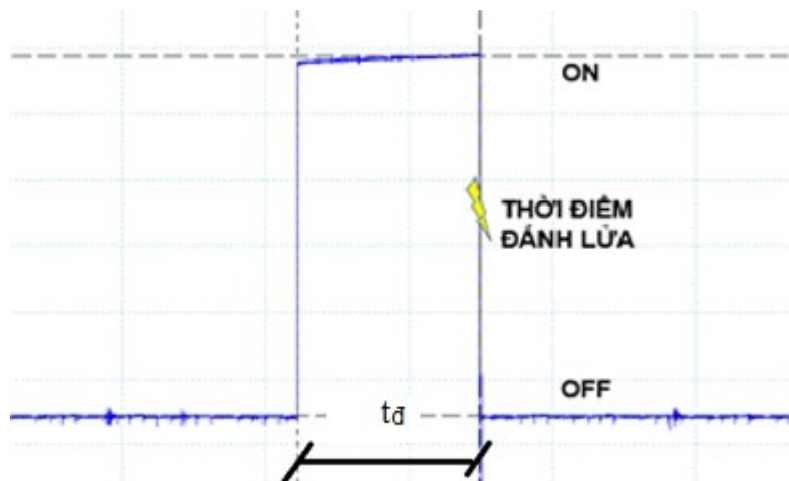
Thời gian tích lũy năng lượng thời gian t_d được xác định bằng phương pháp thực nghiệm, thông qua việc đo đặc trực tiếp độ rộng xung IGT (điều khiển thời gian dòng điện đi qua cuộn sơ cấp của động cơ) từ bộ điều khiển động cơ TOYOTA 1NZ-FE khi động cơ hoạt động tại các số vòng quay khác nhau.



Hình 1: Minh họa ghi nhận số liệu IGT được trên thiết bị đo PICO

Kết quả thực nghiệm

Trên mạch điều khiển đánh lửa hỗn hợp điện cảm- điện dung, IGT là tín hiệu điều khiển đánh lửa từ ECU động cơ. Tín hiệu IGT điều khiển thời gian tích lũy năng lượng cũng như thời điểm phát sinh tia lửa tại bu-gi. Độ rộng xung IGT phụ thuộc vào điện áp accu và số vòng quay động cơ. Trên bảng 1 trình bày kết quả thực nghiệm.



Hình 2: Thời gian tích lũy năng lượng t_d theo xung IGT

Bảng 1: Số liệu thời gian tích lũy năng lượng t_d khi thực nghiệm trên động cơ TOYOTA 1NZ-FE theo số vòng quay động cơ.

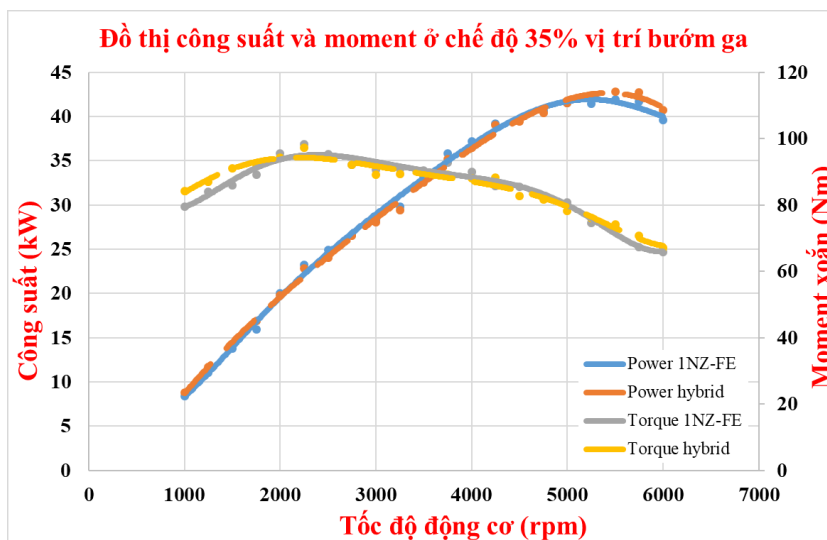
Tốc độ động cơ (v/ph)	700	1000	2000	3000	4000	5000	6000
Thời gian tích lũy năng lượng t_d (ms)	5,6	5	4,7	4,3	3,9	3,7	3,5

Phụ lục II

KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM ĐÁNH GIÁ CÔNG SUẤT CÓ ÍCH N_e VÀ MOMEN CÓ ÍCH M_e CỦA ĐỘNG CƠ TOYOTA 1NZ-FE

(Chế độ tải 35% VÀ 75 % bướm ga khi sử dụng hệ thống đánh lửa nguyên thủy và khi sử dụng hệ thống đánh lửa hỗn hợp điện cảm- điện dung)

1 Chế độ tải 35 % vị trí bướm ga



Hình 1: Đồ thị công suất có ích N_e , moment có ích M_e ở chế độ 35 % bướm ga của hệ thống đánh lửa nguyên thủy và Hybrid

Trên hình 1 trình bày đồ thị công suất có ích N_e , moment có ích M_e , của động cơ TOYOTA 1NZ-FE khi sử dụng hai hệ thống đánh lửa nguyên thủy và hybrid.

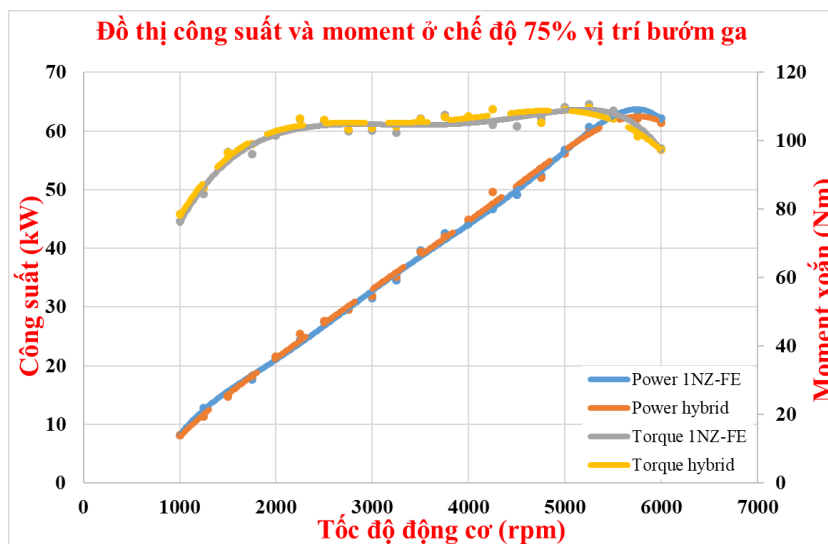
Từ đồ thị ta thấy:

Khi sử dụng hệ thống đánh lửa nguyên thủy động cơ đạt công suất cực đại 41,9 kW tại 5500 vòng/phút, moment đạt cực đại 98,4 N.m tại 2250 vòng/phút.

Động cơ khi sử dụng hệ thống đánh lửa hỗn hợp điện cảm – điện dung có giá trị công suất cực đại 42,8 kW tại 5500 vòng/phút, moment đạt cực đại 97,3 N.m tại 2250 vòng/phút.

Từ kết quả thí nghiệm tại 35 % độ mở bướm ga khi sử dụng hệ thống đánh lửa Hybrid và nguyên thủy thì công suất có ích N_e và moment có ích M_e có khác biệt không đáng kể trong phạm vi tốc độ động cơ 1000 – 6000 vòng/phút.

2 Chế độ tải 75 % vị trí bướm ga



Hình 2: Đồ thị công suất, moment ở chế độ 75 % bướm ga của hệ thống đánh lửa nguyên thủy và hybrid

Trên hình 2 trình bày đồ thị công suất có ích N_e và moment có ích M_e của động cơ TOYOTA 1NZ-FE khi sử dụng hệ thống đánh lửa nguyên thủy và hệ thống đánh lửa hỗn hợp điện cảm- điện dung ở vị trí 75% độ mở bướm ga.

Kết quả từ đồ thị cho thấy:

Động cơ sử dụng hệ thống đánh lửa nguyên thủy có công suất cực đại 63 kW tại 5500 vòng/phút, moment đạt cực đại 110,6 N.m tại 5000 vòng/phút.

Khi sử dụng hệ thống đánh lửa hybrid công suất cực đại của động cơ có giá trị 62,6 kW tại 5500 vòng/phút, moment đạt cực đại 109,7 N.m tại 5250 vòng/phút.

Từ kết quả thí nghiệm cho thấy tại 75 % độ mở bướm ga của động cơ khi sử dụng hai hệ thống đánh lửa công suất có ích N_e và momen có ích M_e có khác biệt rất nhỏ tại vùng tốc độ động cơ 1000 – 6000 vòng/phút.

Nhận xét:

Từ kết quả thí nghiệm ở chế độ tải 35% và 75 % vị trí bướm ga của động cơ TOYOTA 1NZ-FE khi sử dụng hai hệ thống đánh lửa nguyên thủy và hỗn hợp điện cảm-điện dung cho thấy:

Trong vùng tốc độ làm việc của động cơ (1000 – 6000 vòng/phút), các kết quả thực nghiệm đo công suất có ích N_e và momen có ích M_e giữa hai hệ thống trên là tương đương nhau. Tại vị trí bướm ga mở 35% sai lệch công suất N_e và momen có ích M_e lớn nhất lần lượt là 4,8% và 6%. Tại vị trí bướm ga mở 75% sai lệch công suất N_e và momen có ích M_e lớn nhất lần lượt là 4,5% và 3,4%. Điều này cho thấy hiệu quả làm việc của hệ thống đánh lửa hỗn hợp điện cảm- điện dung tương đương với khi sử dụng hệ thống đánh lửa điện cảm theo thiết kế.

PHỤ LỤC 3

KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG KHÍ THẢI TẠI CÁC VỊ TRÍ TẢI KHÁC NHAU CỦA ĐỘNG CƠ

Nhằm đánh giá hiệu quả của hệ thống đánh lửa hỗn hợp điện cảm - điện dung, ngoài các số liệu đánh giá về chất lượng khí thải của động cơ xăng theo tiêu chuẩn hiện hành của Việt Nam (TCVN 6348: 2018), người nghiên cứu còn tiến hành đo đạc các thông số về CO và HC tại các vị trí tải khác nhau của động cơ TOYOTA 1NZ-FE (% vị trí bướm ga), theo cách đối sánh giữa hai trường hợp: động cơ sử dụng hệ thống đánh lửa nguyên thủy theo thiết kế và khi sử dụng hệ thống đánh lửa hỗn hợp điện cảm - điện dung. Các kết quả trên thể hiện trên các bảng sau:

Bảng 1: Số liệu chất lượng khí thải tại vị trí bướm ga 20%

Tốc độ động cơ (vòng/ phút)	1000	3000	5500
CO (% vol) – HT ĐL hỗn hợp	0.44	0.29	0.56
CO (% vol) – HT ĐL theo thiết kế nguyên thủy	0.36	0.45	0.43
HC (ppm) – HT ĐL hỗn hợp	40	24	76
HC (ppm) - HTĐL theo thiết kế nguyên thủy	49	61	68

Bảng 2: Số liệu chất lượng khí thải tại vị trí bướm ga 35%

Tốc độ động cơ (vòng/ phút)	1000	3000	6000
CO (% vol) – HT ĐL hỗn hợp	0.41	0.42	2.15
CO (% vol) – HT ĐL theo thiết kế nguyên thủy	0.43	0.4	0.49
HC (ppm) – HT ĐL hỗn hợp	134	51	47
HC (ppm) - HTĐL theo thiết kế nguyên thủy	174	60	32

Bảng 3: Số liệu chất lượng khí thải tại vị trí bướm ga 50%

Tốc độ động cơ (vòng/ phút)	1000	3000	6000
CO (% vol) – HT ĐL hỗn hợp	0.01	0.03	0.23
CO (% vol) – HT ĐL theo thiết kế nguyên thủy	0.05	0.05	0.4
HC (ppm) – HT ĐL hỗn hợp	27	13	15
HC (ppm) - HTĐL theo thiết kế nguyên thủy	97	0	0

Bảng 4: Số liệu chất lượng khí thải tại vị trí buồng ga 75%

Tốc độ động cơ (vòng/ phút)	1000	3000	6000
CO (% vol) – HT ĐL hỗn hợp	0.33	0.86	0.5
CO (% vol) – HT ĐL theo thiết kế nguyên thủy	0.55	0.76	0.54
HC (ppm) – HT ĐL hỗn hợp	159	155	34
HC (ppm) - HTĐL theo thiết kế nguyên thủy	118	153	20

Bảng 5: Số liệu chất lượng khí thải tại vị trí buồng ga 100%

Tốc độ động cơ (vòng/ phút)	1000	3000	6000
CO (% vol) – HT ĐL hỗn hợp	3,5	3.07	3.42
CO (% vol) – HT ĐL theo thiết kế nguyên thủy	3,2	2.5	2.84
HC (ppm) – HT ĐL hỗn hợp	128	106	140
HC (ppm) - HTĐL theo thiết kế nguyên thủy	123	121	104

Các kết quả trên cho thấy chất lượng khí thải của động cơ khi sử dụng cả hai hệ thống đánh lửa đều thỏa mãn yêu cầu về chất lượng khí thải Việt Nam theo mức 3 TCVN 6438: 2018.