

**ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP**

---

**LUẬN VĂN  
THẠC SĨ KỸ THUẬT**

**NGÀNH: TỰ ĐỘNG HOÁ**

**NGHIÊN CỨU BỘ BIẾN ĐỔI FROND – END  
TRONG HỆ THỐNG CUNG CẤP NGUỒN PHÂN TÁN**

**Học viên : Nguyễn Văn Việt  
Người hướng dẫn khoa học: TS. Trần Trọng Minh**

**THÁI NGUYÊN 2011**

## MỤC LỤC

<b>LỜI NÓI ĐẦU</b> .....	7
<b>Chương 1. TỔNG QUAN HỆ THỐNG NGUỒN PHÂN TÁN DPS</b> .....	9
1.1. Giới thiệu chung về hệ thống nguồn DPS (Distributed Power System).....	9
1.2. Cấu trúc nguồn DPS.....	9
1.2.1. Bộ PFC(Power Factor Correction).....	11
1.2.2. Bộ DC/DC.....	12
1.2.2.1. Nguyên lý cộng hưởng .....	12
1.2.2.2. Tìm hiểu nguyên lý chuyển mạch ZVS và ZCS.....	13
1.2.2.3. Cấu trúc chung của bộ nguồn cộng hưởng tải.....	16
1.2.3. Tải tiêu thụ .....	17
1.3. Ưu nhược điểm của nguồn DPS.....	18
1.3.1. Ưu điểm.....	18
1.3.2. Nhược điểm.....	18
1.4. Ứng dụng và phương hướng phát triển nguồn DPS.....	18
1.5. Kết luận .....	20
<b>Chương 2. TỔNG QUAN VỀ CÁC BỘ BIẾN ĐỔI CỘNG HƯỞNG</b> .....	21
2.1. Giới thiệu qua các bộ biến đổi cộng hưởng phổ biến .....	21
2.1.1. Bộ cộng hưởng nối tiếp SRC (Series Resonant Converter).....	21
2.1.2. Bộ cộng hưởng song song PRC (Parallel Resonant converter) .....	22
2.1.3. Bộ biến đổi nối tiếp-song song SPRC (Series-Parallel Resonant Converter) ....	24
2.2. Bộ cộng hưởng LLC .....	26
2.2.1. Giới thiệu chung.....	26
2.2.2. Sơ đồ bộ LLC.....	26
2.2.3. Các vùng làm việc.....	28
2.2.4. Nguyên lý hoạt động.....	31
2.3. Ưu điểm của bộ biến đổi cộng hưởng LLC .....	35
2.4. Nâng cao hiệu suất của bộ nguồn sử dụng chỉnh lưu đồng bộ ở đầu ra .....	36
2.4.1. Giới thiệu về chỉnh lưu đồng bộ .....	36

2.4.2. Điều khiển chỉnh lưu đồng bộ.....	38
2.5. Kết luận .....	45
<b>Chương 3. PHÂN TÍCH PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN .....</b>	<b>46</b>
3.1. Phương pháp điều khiển tần số .....	46
3.2. Phương pháp điều chế độ rộng xung (PWM) .....	48
3.3. Điều khiển cả tần số và độ rộng xung.....	49
3.4. Kết luận .....	50
<b>Chương 4. THIẾT KẾ THỬ NGHIỆM BỘ BIẾN ĐỔI CỘNG HƯỞNG LLC.....</b>	<b>51</b>
4.1. Tính toán các thông số đầu vào - đầu ra .....	51
4.2. Xác định hệ số điện áp lớn nhất và nhỏ nhất .....	52
4.3. Tính toán các thông số mạch cộng hưởng .....	53
4.4. Tính toán chọn máy biến áp .....	54
4.4.1. Sơ đồ mạch điện tương đương của MBA .....	54
4.4.2. Tỷ số biến áp.....	57
4.4.3. Số vòng dây.....	57
4.4.4. Chọn lõi biến áp .....	58
4.5. Tính toán cho mạch chỉnh lưu.....	58
4.6. Tính toán chọn tụ cộng hưởng .....	59
4.7. Kết luận .....	59
<b>Chương 5. THIẾT KẾ MẠCH PHẢN HỒI.....</b>	<b>60</b>
5.1. Cấu trúc mạch phản hồi .....	60
5.2. Phương pháp điều khiển phản hồi.....	60
5.3. Chế độ hoạt động và vùng hoạt động.....	61
5.3.1. Chế độ hoạt động .....	61
5.3.2. Vùng hoạt động .....	61
5.4. Phân tích tín hiệu nhỏ định hướng cho thiết kế (small-signal analysis) .....	62
5.4.1. Khảo sát đặc tính tần số của mô hình tín hiệu nhỏ của mạch LLC .....	62
5.4.2. Nhận xét đặc tính tín hiệu ở vùng 1 và vùng 2 .....	66
5.4.3. Đặc tính động trạng thái nguồn (di chuyển từ điểm B → A) .....	69

5.4.4. Hàm truyền tần số đầu ra (frequency – to - out).....	70
5.5. Giới thiệu qua IC FSRs 2100 .....	74
5.5.1. Các khối cơ bản.....	76
5.5.2. Khối dao động bên trong (internal oscillator).....	76
5.5.3. Khâu cài đặt tần số .....	77
5.5.4. Mạch bảo vệ.....	79
5.6. Kết luận .....	80
<b>Chương 6. MÔ PHỎNG.....</b>	<b>81</b>
6.1. Đáp ứng dòng điện, điện áp trên tải và điện áp vào khối VCO .....	82
6.2. Đáp ứng dòng điện, điện áp qua van và trên khối cộng hưởng .....	83
<b>KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ .....</b>	<b>85</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO .....</b>	<b>86</b>

## DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ VÀ BẢNG

<i>Hình 1.1. Cấu trúc bộ Front-End</i>	10
<i>Hình 1.2. Cấu trúc bộ Front-End</i>	10
<i>Hình 1.3. Sơ đồ chi tiết bộ PFC và bộ DC/DC</i>	11
<i>Hình 1.4. Hiện tượng cộng hưởng</i>	12
<i>Hình 1.5. Dạng sóng minh họa chuyển mạch ZCS</i>	14
<i>Hình 1.6. Dạng sóng minh họa chuyển mạch ZVS</i>	15
<i>Hình 1.7. Cấu trúc chung của bộ nguồn cộng hưởng</i>	16
<i>Hình 1.8. Cấu trúc bus trung gian</i>	17
<i>Hình 1.9. Một vài ứng dụng thực tế của nguồn DPS (bộ chuyển đổi Adapter)</i>	19
<i>Hình 1.10. Phương hướng phát triển nguồn DPS (AC/DC)</i>	19
<i>Hình 2.1. Sơ đồ bộ biến đổi cộng hưởng nối tiếp</i>	21
<i>Hình 2.2. Đặc tính khuếch đại một chiều bộ SRC</i>	22
<i>Hình 2.3. Sơ đồ bộ biến đổi cộng hưởng song song</i>	23
<i>Hình 2.4. Đặc tính khuếch đại một chiều bộ PRC</i>	24
<i>Hình 2.5. Sơ đồ bộ biến đổi cộng hưởng SPRC</i>	25
<i>Hình 2.6. Đặc tính khuếch đại một chiều bộ LCC</i>	25
<i>Hình 2.7. Bộ biến đổi cộng hưởng LLC</i>	27
<i>Hình 2.8. Khối cộng hưởng LCC và LLC</i>	27
<i>Hình 2.9. Cấu trúc bộ biến đổi bên sơ cấp</i>	28
<i>Hình 2.10. Cấu trúc chỉnh lưu bên thứ cấp</i>	28
<i>Hình 2.11. Các vùng làm việc của bộ biến đổi cộng hưởng LLC</i>	29
<i>Hình 2.12. Mô phỏng chế độ hoạt động ở vùng 1</i>	30
<i>Hình 2.13. Mô phỏng chế độ hoạt động ở vùng 2</i>	31
<i>Hình 2.14. Mô phỏng chế độ hoạt động ở vùng 3</i>	31
<i>Hình 2.15. Các vùng thời gian trong nguyên lý hoạt động</i>	32
<i>Hình 2.16. Chế độ 1</i>	32
<i>Hình 2.17. Chế độ 2</i>	33

Hình 2.18. Chế độ 3	34
Hình 2.19. Chế độ 4	34
Hình 2.20. Chế độ 5	35
Hình 2.21. Chế độ 6	35
Hình 2.22. Sơ đồ bộ biến đổi dùng diode Shottky	36
Hình 2.23. Đặc tính V-A của chỉnh lưu đồng bộ và chỉnh lưu diode	37
Hình 2.24. Sơ đồ bộ biến đổi sử dụng chỉnh lưu đồng bộ	37
Hình 2.25. Vùng chuyển đổi đóng cắt của thiết bị bán dẫn công suất	39
Hình 2.26. Trễ lan truyền trong thời gian đóng cắt	39
Hình 2.27. Mạch logic để đóng cắt MOSFET tại thời điểm ZCS	40
Hình 2.28. Thời gian đóng cắt của MOSFETs	41
Hình 2.29. Mạch điều khiển cho chỉnh lưu đồng bộ	42
Hình 2.30. Mối quan hệ điện áp và tần số chuyển mạch khi thay đổi tổng trở cực gate	43
Hình 2.31. Mối quan hệ điện áp và tần số chuyển mạch khi thay đổi tổng trở cực điều khiển	44
Hình 3.1. Tần số chuyển mạch và tải	46
Hình 3.2. Cấu trúc điều khiển tần số	47
Hình 3.3. Cấu trúc điều khiển độ rộng xung	49
Hình 3.4. Cấu trúc điều khiển	50
Hình 4.1. Sơ đồ bộ biến đổi cộng hưởng LLC	51
Hình 4.2. Hệ số khuếch đại lớn nhất, nhỏ nhất	52
Hình 4.3. Thiết kế mạch cộng hưởng sử dụng hệ số đỉnh với $k=7$	54
Hình 4.4. Sơ đồ mạch điện tương đương của MBA	55
Hình 4.5. Sơ đồ mạch điện quy đổi của MBA	56
Hình 4.6. Dải hoạt động của tần số chuyển mạch	57
Hình 4.7. Chọn lõi MBA	58
Hình 5.1. Cấu trúc mạch phản hồi bộ biến đổi LLC sử dụng bộ ghép quang	60
Hình 5.2. Chế độ hoạt động bộ	61

Hình 5.3. Vùng làm việc bộ biến đổi	62
Hình 5.4. Mạch thiết lập cho mô phỏng bước đầu	63
Hình 5.5. Mạch thiết lập cho mô phỏng bước hai	63
Hình 5.6. Sơ đồ bộ biến đổi ứng với tín hiệu nhỏ	64
Hình 5.7. Dạng đáp ứng đầu ra bộ biến đổi khi thay đổi tần số	64
Hình 5.8. Đáp ứng đầu ra bộ biến đổi ở vùng 1	65
Hình 5.9. Đáp ứng đầu ra bộ biến đổi ở vùng 2	66
Hình 5.10. Hệ thống điểm cực và điểm không của bộ biến đổi LLC ở các vùng 1 với tần số khác nhau	67
Hình 5.11. Thiết kế mạch bù tại điểm B (vùng 1)	68
Hình 5.12. Hệ thống điểm cực và điểm không	68
Hình 5.13. Khuếch đại mạch vòng tại điểm A (vùng 2)	69
Hình 5.14. Sơ đồ điểm cực di chuyển từ B đến A	70
Hình 5.15. Sơ đồ khối của khối nguồn chế độ chuyển mạch	70
Hình 5.16. Sơ đồ mạch điện bù ba điểm cực hai điểm không	72
Hình 5.17. Sơ đồ ghép nối chíp trong bộ biến đổi cộng hưởng LLC	75
Hình 5.18. Tín hiệu điều khiển các van Mosfet	76
Hình 5.19. Khâu dao động điều khiển dòng (CCO)	77
Hình 5.20. Mạch điều khiển tần số	77
Hình 5.21. Đường cong hệ số khuếch đại bộ cộng hưởng	79
Hình 5.22. Khối bảo vệ	79
Hình 6.1. Sơ đồ bộ biến đổi cộng hưởng LLC trong Matlab	81
Hình 6.2. Đáp ứng dòng điện, điện áp trên tải	82
Hình 6.3. Đáp ứng điện áp vào khối VCO khi tải hay điện áp vào thay đổi	82
Hình 6.4. Đáp ứng dòng điện, điện áp qua van và trên khối cộng hưởng	84
Bảng 4.1. Bảng chọn thông số $L_p, L_r$	54
Bảng 5.1. Thông số IC	75
Bảng 5.2. Chức năng các chân trong IC	75

## LỜI NÓI ĐẦU

Ngày nay, bộ nguồn điện nói chung là một khái niệm rất quen thuộc trong đời sống hàng ngày. Trong công nghiệp cũng như trong sinh hoạt thường nhật, bộ nguồn điện không chỉ có chức năng cung cấp nguồn điện mà nó còn giúp biến đổi, chuyển hóa các mức điện áp và dòng điện phụ thuộc vào từng yêu cầu của tải. Sự đa dạng về tải tiêu thụ đặt ra các yêu cầu cao hơn về nguồn cung cấp như hiệu suất, mật độ điện năng cao, cung cấp nhiều tải cùng lúc, tổn thất trong mạch nhỏ, độ bền vật liệu, kích thước nhỏ gọn, dải điện áp và dòng điện ra đa dạng... Với những yêu cầu ngày càng cao đó, hệ thống nguồn phân tán DPS ra đời như là một nhu cầu cấp bách, mà nó có thể đáp ứng được hầu hết các yêu cầu đặt ra.

Hệ thống nguồn phân tán DPS là một khái niệm tương đối rộng, nó bao gồm nhiều khâu, nhiều bộ biến đổi kết hợp với nhau trong một bo mạch khép kín để tạo ra dạng dòng và áp duy nhất cung cấp cho tải như các bộ PFC (Power Factor Correction), bộ biến đổi DC/DC, cấu trúc bus trung gian (Intermediate Bus Architecture)... Trong khuôn khổ luận văn tốt nghiệp, tôi xin trình bày chủ yếu về bộ biến đổi cộng hưởng LLC là một trong những phương pháp tối ưu khi chọn bộ DC/DC. Qua đó thiết kế thử nghiệm và mô phỏng để so sánh giữa tính toán và thực nghiệm.

Được sự hướng dẫn của Thầy giáo **TS. Trần Trọng Minh** - Trường ĐH Bách Khoa Hà Nội, tôi đã tiến hành nghiên cứu đề tài luận văn tốt nghiệp là: “**Nghiên cứu bộ biến đổi Front – End trong hệ thống cung cấp nguồn phân tán**”.

Luận văn của tôi gồm có 6 chương sau:

**Chương 1:** Tổng quan về hệ thống nguồn phân tán DPS

**Chương 2:** Tổng quan về các bộ biến đổi cộng hưởng

**Chương 3:** Phân tích phương pháp điều khiển

**Chương 4:** Thiết kế thử nghiệm bộ biến đổi cộng hưởng LLC

**Chương 5:** Thiết kế mạch phản hồi

**Chương 6:** Mô phỏng

Kết luận và kiến nghị



Đề tài đã được hoàn thành, ngoài sự nỗ lực của bản thân còn có sự chỉ bảo, giúp đỡ động viên của các thầy cô giáo, gia đình, bạn bè và đồng nghiệp. Tôi xin gửi lời cảm ơn sâu sắc nhất đến **Thầy giáo - TS Trần Trọng Minh**, người đã luôn quan tâm động viên, khích lệ và tận tình hướng dẫn tôi trong suốt quá trình thực hiện luận văn.

Các vấn đề được đề cập đến trong quyển luận văn này chắc chắn không tránh khỏi thiếu sót, tôi rất mong nhận được những ý kiến đóng góp từ các thầy cô giáo và các bạn đồng nghiệp.

Tôi xin trân trọng cảm ơn!

Thái Nguyên, ngày      tháng      năm 2011

Tác giả

*Nguyễn Văn Việt*

## Chương 1

### TỔNG QUAN HỆ THỐNG NGUỒN PHÂN TÁN DPS

#### 1.1. Giới thiệu chung về hệ thống nguồn DPS (Distributed Power System)

Trong khi kỹ thuật vi xử lý ngày càng phát triển không ngừng, các mức điện áp được giảm xuống và yêu cầu về dòng điện và nguồn tăng lên. Như điều tất yếu, công suất lớn hơn, các hệ thống số gọn nhẹ đang trở nên sẵn có. Với những thay đổi tuyệt vời trong mạch hệ thống số cũng đặt ra những thách thức trong việc quản lý nguồn phát. Thử thách này đến từ vài khía cạnh thay đổi của hệ thống số. Đầu tiên là nhiều phần tử bán dẫn được tích hợp trong mạch chip, nguồn yêu cầu cho hoạt động chip tăng lên rất nhanh. Thứ hai, với các chất bán dẫn hoạt động ở tần số cao, điện áp cung cấp có thể giảm trong thời gian rất nhanh và yêu cầu điều chỉnh khó khăn. Thứ ba, khi công nghệ mạch tích hợp quy mô lớn phát triển nhanh, yêu cầu về hệ thống nguồn cung cấp cũng phát triển tương ứng.

Hệ thống nguồn phân tán đang ngày càng thay thế hệ thống nguồn tập trung khi mà các sản phẩm ngày càng tăng về kích cỡ và công suất, trong khi mức điện áp ngày càng tăng. Những yêu cầu về nguồn cho các hệ thống quân sự và thương mại, ví dụ như các máy tính lớn và hệ thống điện tàu thủy, tàu vũ trụ, viễn thông... ngày càng tăng và trở nên phức tạp bởi vì các hệ thống phải chạy đua với việc tính toán và lưu trữ dữ liệu và khả năng phục hồi ở tốc độ cao hơn và chi phí thấp hơn. Các hệ thống nguồn tập trung với chi phí thấp và đơn giản, nhưng ít có khả năng cải thiện hiệu suất và chất lượng nguồn. Mà trong hiện tại và tương lai, phần lớn các nguồn sử dụng cho việc xử lý dữ liệu với tốc độ và công suất tăng khi điện áp có thể giảm xuống dưới 3V, thậm chí là 2V dẫn đến yêu cầu về nguồn xử lý mới cũng phải phức tạp hơn. Vì vậy nguồn phân tán ra đời như là một yêu cầu tất yếu của sự phát triển, với những tính năng vượt trội nguồn phân tán đang ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong công nghiệp cũng như đời sống hàng ngày.

#### 1.2. Cấu trúc nguồn DPS