

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP

NGUYỄN CÔNG DŨNG

**NGHIÊN CỨU BÙ HỆ SỐ CÔNG SUẤT ĐỂ CẢI THIỆN CHẤT LƯỢNG ĐIỆN
NĂNG CHO ĐƯỜNG DÂY 35KV LỘ 377 TRẠM 110KV NÔNG CỐNG E9.8**

Chuyên ngành: Kỹ thuật điện
Mã số: 852.02.01

TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC
PGS.TS TRẦN XUÂN MINH

Thái Nguyên - 2022

Công trình được hoàn thành tại:

Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - Đại học Thái Nguyên

Tên đề tài: Nghiên cứu bù hệ số công suất để cải thiện chất lượng điện năng cho đường dây 35kV lộ 377 trạm 110kV Nông Cống E9.8

Chuyên ngành: Kỹ thuật điện

Mã số: 852.02.01

Người hướng dẫn khoa học: PGS. TS. Trần Xuân Minh

Luận văn được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận văn thạc sĩ:

Họp tại: Trường Đại học Kỹ thuật công nghiệp – Đại học Thái Nguyên

Vào hồi 11 giờ 00 ngày 16 tháng 4 năm 2022.

Có thể tìm hiểu luận văn tại:

Thư viện Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp

Trung tâm Học liệu - Đại học Thái Nguyên

TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ

Đề tài: Nghiên cứu ứng hệ thống tự động hóa lưới điện phân phối tại Điện lực Bá

Thước- Tỉnh Thanh Hóa

Tác giả luận văn: Nguyễn Công Dũng

Khóa: 2019 - 2021

Người hướng dẫn: PGS. TS. Trần Xuân Minh

Nội dung tóm tắt:

1. Lý do chọn đề tài

Hiện nay, điện năng là nguồn năng lượng chủ yếu trong sản xuất cũng như trong đời sống hàng ngày của quốc gia. Với sự phát triển nhanh của nền công nghiệp, nhu cầu về điện ngày càng lớn, nhưng các nhiên nguyên liệu để sản xuất điện lại ngày càng cạn dần. Do vậy, bên cạnh việc tìm kiếm và phát triển các loại hệ thống phát điện khác thì việc tăng hiệu quả sử dụng điện năng là một trong những vấn đề được quan tâm hàng đầu. Hiệu quả sử dụng điện năng liên quan mật thiết đến chất lượng điện năng nên vấn đề nâng cao chất lượng điện năng là yêu cầu cấp thiết. Trong các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng điện năng, thì $\cos\varphi$ là một trong những yếu tố quan trọng có ảnh hưởng lớn đến tổn hao công suất và tổn thất điện áp khi truyền tải điện năng.

Hệ số công suất $\cos\varphi$ là tỉ số giữa công suất tác dụng và công suất toàn phần (hay còn được gọi là công suất biểu kiến) trong quá trình truyền tải điện năng. Công suất tác dụng đặc trưng cho khả năng sinh ra công hữu ích của thiết bị, đơn vị W hoặc kW. Công suất toàn phần là tích số của điện áp và dòng điện trên đường dây truyền tải điện năng và bằng căn bậc 2 của tổng bình phương công suất tác dụng và công suất phản kháng. Công suất phản kháng không sinh ra công hữu ích nhưng nó lại cần thiết cho quá trình biến đổi năng lượng, đơn vị VAR hoặc kVAR. Thông thường $\cos\varphi$ nhỏ hơn 1, do nhiều phụ tải điện yêu cầu một lượng công suất phản kháng trong quá trình hoạt động. Về lý thuyết, trong quá trình truyền tải thì $\cos\varphi$ của mạng điện bằng 1 là tốt nhất, khi đó, công suất tác dụng sẽ bằng với công suất toàn phần. Khi thành phần công suất phản kháng xuất hiện, sẽ làm cho công suất toàn phần tăng dẫn đến dòng điện trên đường dây tăng. Khi dòng điện trên đường dây tăng sẽ làm tăng tổn hao công suất trên điện trở đường dây và sụt điện áp trên tổng trở đường dây, giảm chất lượng điện năng. Để giảm tổn hao công suất và tổn thất điện áp trong quá trình truyền tải điện năng thì việc nâng cao hệ số công suất $\cos\varphi$ trở nên cấp thiết. Để nâng cao hệ số công suất $\cos\varphi$ thì phải giảm công suất phản kháng nguồn (mạng điện) cấp cho tải bằng cách đưa thêm vào hệ thống điện

một lượng công suất phản kháng ngược với lượng công suất phản kháng mà tải tiêu thụ. Biện pháp này gọi là bù hệ số công suất (bù công suất phản kháng).

Lưới trung thế 35kV lộ 377 của trạm 110kV Nông Công (E9.8) có một số phụ tải là các nhà máy sử dụng khá nhiều máy điện xoay chiều tiêu thụ nhiều công suất phản kháng nên hệ số công suất thường nhỏ. Vì vậy, tôi chọn đề tài nghiên cứu: **“Nghiên cứu bù hệ số công suất để cải thiện chất lượng điện năng cho đường dây 35kV lộ 377 trạm 110kV Nông Công E9.8”**.

2. Mục tiêu nghiên cứu

- Khảo sát về thực trạng mạng điện do đường dây 35kV lộ 377 trạm 110kV Nông Công E9.8 cấp và hệ số công suất tại các trạm biến áp được cung cấp từ đường dây.

- Tìm hiểu về các phương pháp bù công suất phản kháng để nâng cao hệ số công suất.

- Nghiên cứu lựa chọn cấu trúc thiết bị bù và thiết kế điều khiển hệ thống bù công suất phản kháng cho một trạm biến áp có hệ số công suất thấp.

- Mô phỏng, đánh giá chất lượng hệ thống bù.

3. Đối tượng nghiên cứu:

- Mạng điện đường dây 35kV lộ 377 trạm 110kV Nông Công E9.8;

- Các hệ thống bù công suất phản kháng.

4. Phạm vi nghiên cứu:

- Mạng điện đường dây 35kV lộ 377 trạm 110kV Nông Công E9.8;

5. Phương pháp nghiên cứu

- Tìm hiểu về các phương pháp bù công suất phản kháng để nâng cao hệ số công suất.

- Nghiên cứu lựa chọn cấu trúc thiết bị bù và thiết kế điều khiển hệ thống bù công suất phản kháng cho một trạm biến áp có hệ số công suất thấp.

- Mô phỏng, đánh giá chất lượng hệ thống bù.

6. Cấu trúc của luận văn:

Mở đầu

Chương 1: Tổng quan lưới điện và tình hình tiêu thụ điện đường dây 35kV lộ 377 trạm 110kV Nông Công (E9.8)

Chương 2: Các chỉ tiêu đánh giá chất lượng điện áp và giải pháp nâng cao chất lượng điện áp của mạng điện

Chương 3: Lựa chọn phương pháp bù công suất phản kháng một số trạm biến áp được cấp từ đường dây 35kV lộ 377 trạm 110kV Nông Công (E9.8)

Chương 4: Thiết kế điều khiển hệ thống bù công suất phản kháng DSVC

Chương 1

TỔNG QUAN LƯỚI ĐIỆN VÀ TÌNH HÌNH TIÊU THỤ ĐIỆN ĐƯỜNG DÂY 35KV LỘ 377 TRẠM 110KV NÔNG CÔNG (E9.8)

1.1. Giới thiệu chung về lưới điện Đường dây 35kV lộ 377 trạm 110kV Nông Công (E9.8)

Đường dây 35kV lộ 377 trạm 110kV Nông Công E9.8 đi qua huyện Như Thanh và huyện Như Xuân của tỉnh Thanh Hóa có diện tích khoảng 543.7km². Nằm bên đường Hồ Chí Minh và quốc lộ 45, cách Thành phố Thanh Hóa 80 km; về phía Tây-Nam. Dân số của vùng năm 2020 là 372.000 người, với nhiều dân tộc khác nhau như Kinh, Thái, Thổ, Mường, Tày,....

1.2. Các lộ đường dây trung thế cấp điện và đồ thị phụ tải điển hình

Khu vực huyện Như Xuân được cấp điện với duy nhất 01 đường dây 35kV lộ 377 trạm 110kV Nông Công E9.8.

1.2.1. Xuất tuyến 377E9.8

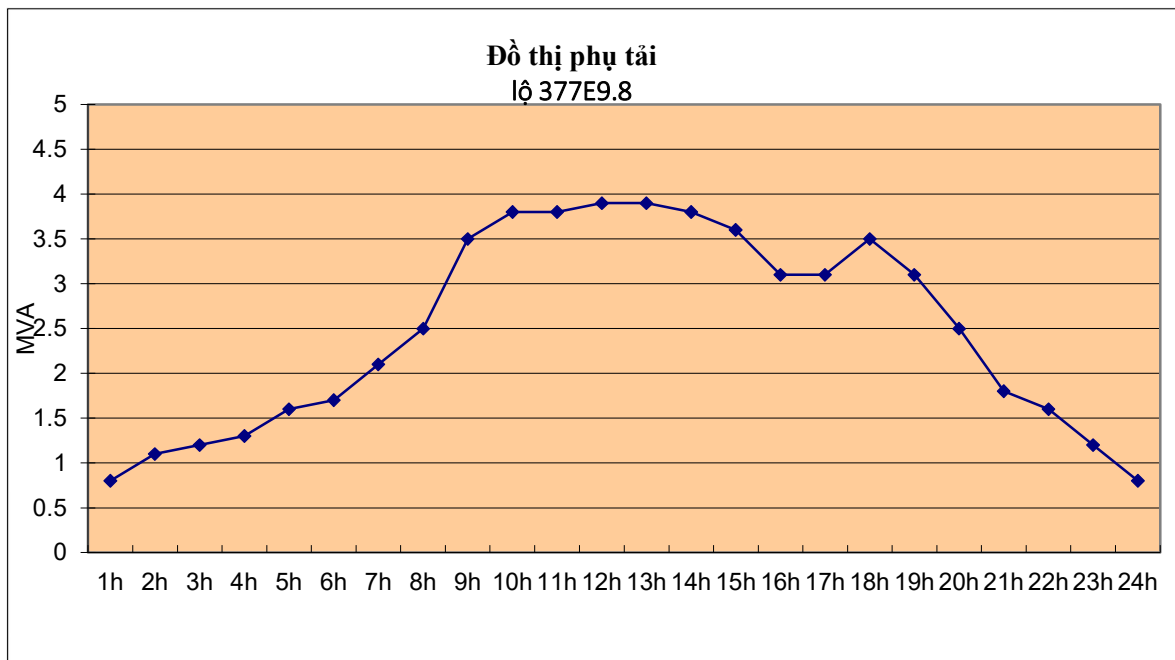
Phạm vi cấp điện: khu vực toàn bộ huyện Như Xuân

Số trạm biến áp trên đường dây: 174 trạm, tổng dung lượng 4,15MVA

Số cụm tụ bù 35kV: 07 cụm, tổng dung lượng 63,00kVAr (bù cố định).

Điện áp tại thanh cái trạm 110kV: từ 35 đến 37kV tùy vào từng thời điểm trong ngày.

Xuất tuyến 377E9.8: Cấp điện toàn bộ khu vực huyện Như Xuân



Hình 1.1. Đồ thị phụ tải lộ 377 E9.8

Đặc thù của xuất tuyến này là phụ tải điện dân dụng nên công suất cao điểm vào lúc trưa 11h và tối 19h.

Công suất lúc cao điểm: 4,3MVA $\cos\phi$ 0,94.

Điện áp tại thanh cái trạm 110kV: từ 35 đến 38kV tùy vào từng thời điểm trong ngày.

Hệ số công suất đầu đường dây: 0,98

1.3. Kết quả thực hiện chỉ tiêu tổn thất

Bảng 1.3. Số liệu về tổn thất điện năng trên đường dây 35 kV lộ 377 E9.8

STT	Lộ đường dây	Kế hoạch giao	Điện nhận	Điện tổn thất	Tỷ lệ tổn thất	So sánh kế hoạch
1	Lộ 377 E9.8	4,25	38,956,880	2,372,474	6,09	1.84

1.5. KẾT LUẬN CHƯƠNG 1

Từ những phân tích và các bảng số liệu ở trên có thể thấy rằng phần lớn các hộ phụ tải được cấp điện với chất lượng điện năng khá tốt, nhưng vẫn còn một số vị trí (ở một số trạm biến áp) chất lượng điện năng rất thấp (có trạm biến áp hệ số công suất trung bình chỉ đạt 0,38 (trạm Thanh Thành Đạt)). Vì vậy việc cải thiện chất lượng điện năng tại một số trạm biến áp của lưới điện Đường dây 35kV lộ 377 trạm 110kV Nông Công E9.8 là hết sức cần thiết để nâng cao hiệu quả việc sử dụng năng lượng nhằm phục vụ tốt nhất các nhu cầu phát triển kinh tế - xã hội, phục vụ mục đích chính trị, bảo đảm an ninh - quốc phòng. Đồng thời việc nâng cao chất lượng điện năng cũng là mục tiêu giảm tổn thất điện năng của Đường dây 35kV lộ 377 trạm 110kV Nông Công E9.8 theo kế hoạch Công ty Điện lực Thanh Hóa giao.

Chương 2

CÁC CHỈ TIÊU ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG ĐIỆN ÁP VÀ GIẢI PHÁP NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG ĐIỆN ÁP CỦA MẠNG ĐIỆN

2.1. Các chỉ tiêu chất lượng điện áp nguồn cung cấp

Chất lượng điện năng của nguồn điện cung cấp được đánh giá qua hai chỉ tiêu chính là tần số và điện áp. Trong đó, điện áp mang tính chất cục bộ, còn tần số mang tính hệ thống. Tần số đạt giá trị định mức khi có sự cân bằng công suất tác dụng phát ra với công suất tác dụng của phụ tải. Điện áp đạt giá trị định mức khi có sự cân bằng công suất phản kháng phát ra với công suất phản kháng của phụ tải. Chất lượng điện áp được đánh giá qua bốn chỉ tiêu.

Các phương pháp đánh giá chất lượng điện áp

2.2.1. Đánh giá chất lượng điện áp theo theo độ lệch điện áp

2.2.2. Đánh giá độ đối xứng của điện áp

2.2.3. Đánh giá mức độ hình sin

2.3. Các biện pháp nâng cao chất lượng điện áp

2.3.1. Các biện pháp chung

2.3.2. Nâng cao chất lượng điện áp bằng điều chỉnh điện áp

2.3.3. Các biện pháp nâng cao chất lượng điện áp

2.4. Kết luận chương 2

Trong chương 2, tác giả đã tìm hiểu các chỉ tiêu chất lượng điện áp nguồn cung cấp, các phương pháp đánh giá chất lượng điện áp nguồn điện cung cấp. Bên cạnh đó, tác giả cũng đã chỉ ra, muốn nâng cao chất lượng điện áp, tức là nâng cao chất lượng điện năng thì có hai biện pháp cơ bản là tính toán để lựa chọn tổng trở tối ưu của đường dây truyền tải và bù công suất phản kháng. Việc tính toán để lựa chọn tổng trở tối ưu của đường dây truyền tải thường được thực hiện khi thiết kế đường dây, tuy nhiên khi công suất truyền tải yêu cầu thay đổi thì việc thay đổi đường dây truyền tải có thể không thực hiện ngay được. Vì vậy, ở đây để cải thiện chất lượng điện năng cho một số trạm biến áp có hệ số công suất thấp trong mạng điện của đường dây 35KV cấp cho huyện Như Xuân, tác giả lựa chọn giải pháp bù công suất phản kháng.

Chương 3

LỰA CHỌN PHƯƠNG PHÁP BÙ CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG MỘT SỐ TRẠM BIẾN ÁP ĐƯỢC CẤP TỪ ĐƯỜNG DÂY 35KV TRẠM 110KV NÔNG CỐNG (E9.8)

3.1. Các phương pháp bù công suất phản kháng để nâng cao hệ số công suất truyền thống

3.1.1. Phương pháp nâng cao hệ số $\cos\varphi$ tự nhiên

3.1.2. Phương pháp nâng cao hệ số $\cos\varphi$ nhân tạo

3.2. Phương pháp sử dụng các thiết bị bù trong FACTS

Hệ thống truyền tải điện xoay chiều linh hoạt (FACTS - Flexible Alternating Current Transmission Systems) là tập hợp nhiều thiết bị điều khiển truyền tải điện năng trên nền tảng các phần tử điện tử công suất lớn. Các thiết bị bù công suất phản kháng trong FACTS có thể phân loại theo cách đấu nối: nhóm mắc nối tiếp và nhóm mắc song song.

3.3. Vị trí đặt thiết bị bù

Đặt tập trung: Tại thanh cái hạ áp trạm phân xưởng (0,4 kV) hoặc thanh cái trạm trung tâm (22 hoặc 35 kV), ưu điểm dễ quản lý vận hành, giảm vốn đầu tư.

Đặt phân tán: thiết bị bù được phân nhỏ thành từng nhóm đặt tại các tủ động lực trong phân xưởng. Trường hợp động cơ công suất lớn, tiêu thụ nhiều Q có thể đặt ngay tại các động cơ đó. Đặt thiết bị bù ở phía hạ áp không phải luôn có lợi, do giá tiền cho 1 kVAr tụ hạ áp đắt gấp đôi 1 kVAr tụ ở 6, 10, 22 kV. Phân nhỏ dung lượng bù để đặt theo nhóm riêng lẻ cũng không phải luôn có lợi, bởi vì có thể giảm tổn thất điện năng nhiều hơn so với đặt tập trung, nhưng làm tăng chi phí lắp đặt, quản lý và vận hành.

3.4. Xác định dung lượng bù

Khi đặt thiết bị bù sẽ giảm được tổn thất điện năng ΔA , nhưng tiêu tốn vốn đầu tư, đồng thời thiết bị bù cũng gây nên tổn thất ΔP ngay trong ở thiết bị và cần

chi phí vận hành. Thiết lập quan hệ của $Q_{bù}$ với Z_{tt} từ đó tìm $Q_{bù}$ để Z_{tt} tối thiểu, ta gọi dung lượng đó là $Q_{bù}$ kinh tế hoặc tối ưu.

3.5. Đề xuất phương pháp bù CSPK cải thiện chất lượng điện năng

Trong mạng điện cung cấp của huyện Như Xuân - tỉnh Thanh Hóa, phụ tải của phần lớn các trạm biến áp là tải sinh hoạt, hệ số công suất khá cao. Tuy nhiên cũng có một số trạm biến áp cung cấp cho một số xí nghiệp tiêu thụ khá nhiều công suất phản kháng, với đặc trưng quan trọng là lượng công suất phản kháng xí nghiệp tiêu thụ biến động liên tục theo thời gian và chế độ vận hành của các thiết bị. Vì vậy để đảm bảo bù tốt lượng công suất tiêu thụ của các xí nghiệp này, luôn duy trì được chất lượng điện áp thì tốt nhất là sử dụng thiết bị bù vô cấp dạng FC-TCR. Tuy nhiên, do bộ bù CSPK vô cấp dạng FC-TCR có nhược điểm là bị hạn chế về dung lượng bù và chi phí lắp đặt ban đầu cao. Tụ bù cố định lớn dẫn tới chi phí cho điện cảm bù cũng cao. Để giải quyết vấn đề này tác giả đề xuất phương pháp bù công suất phản kháng vô cấp kiểu lai (DSVC – Dynamic - Static Var Compensation). Hệ thống DSVC cho phép chỉnh định đồng thời dung lượng tụ bù và kháng bù theo sự thay đổi của hệ số công suất một cách hiệu quả nhất. Kích thước của kháng bù từ đó cũng giảm xuống tương ứng với cấp tụ bù nhỏ nhất.

3.6. Kết luận chương 3

Chương 3 trình bày các phương pháp bù công suất phản kháng truyền thống: phương pháp nâng cao hệ số công suất tự nhiên, phương pháp nâng cao hệ số công suất nhân tạo; các phương pháp bù công suất phản kháng trong FACTS, đây là phương pháp bù kết hợp giữa các phần tử điện dung, điện cảm và thiết bị biến đổi dùng dụng cụ bán dẫn công suất. Trong chương 3 cũng đưa ra cách xác định vị trí đặt tụ bù và cách tính dung lượng tụ bù, từ đó đánh giá ưu nhược điểm của từng phương pháp. Trên cơ sở tìm hiểu ưu nhược điểm của các phương pháp bù CSPK và căn cứ vào tính chất tải, luận văn đề xuất phương pháp nâng cao hệ số công suất sử dụng cấu trúc FC-TCR, và phương pháp bù lai DSVC.

Chương 4: THIẾT KẾ ĐIỀU KHIỂN HỆ THỐNG BÙ CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG DSVC

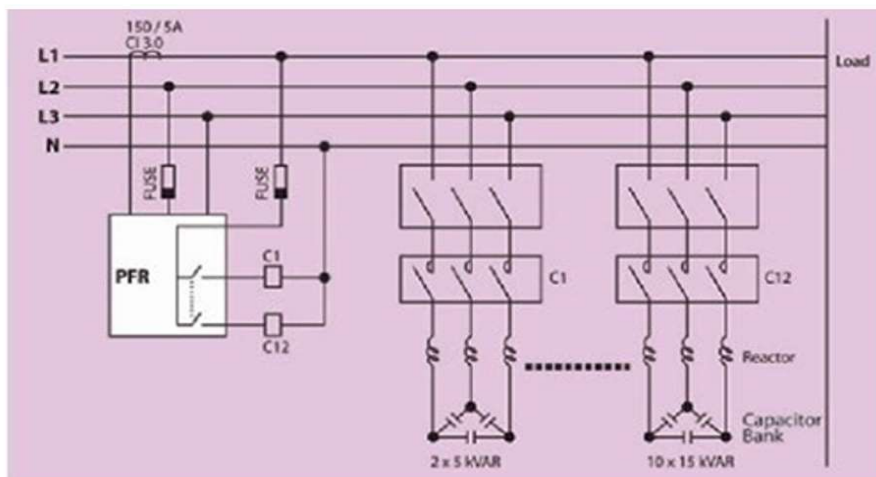
4.1. Bù công suất phản kháng sử dụng cấu trúc FC-TCR

Cấu trúc FC-TCR gồm các tụ bù ngang được cố định mắc song song với cuộn dây điện cảm (có hoặc không có lõi sắt) được điều chỉnh bằng thyristor. Nhờ việc thay đổi góc dẫn của thyristor mà điện kháng đẳng trị của SVC có thể thay đổi liên tục được. Do đó, công suất phản kháng của lưới điện có thể được cung cấp hoặc hấp thụ một cách liên tục. Theo cấu trúc này, các tụ điện sẽ điều chỉnh thô, sau đó, các TCR sẽ điều chỉnh giá trị cảm kháng, kết quả là giá trị điện kháng đẳng trị là một giá trị liên tục.

4.2. Bù công suất phản kháng sử dụng cấu trúc đề xuất DSVC

Phương pháp bù CSPK sử dụng tụ điện tĩnh đem lại hiệu quả cao, và phổ biến nhất là phương pháp bù động (sử dụng các chuyển mạch cơ khí để thêm hoặc loại bỏ bớt các cấp tụ), hay là phương pháp bù CSPK tĩnh sử dụng cấu trúc FC-TCR (sử dụng tụ cố định và thay đổi kháng thông qua việc điều chỉnh góc mở thyristor), tuy nhiên mỗi phương pháp đều có ưu điểm và nhược điểm riêng. Bù động gây ra hiện tượng bù thừa - bù thiếu, trong khi đó bù tĩnh thì bị giới hạn dải bù, để khắc phục nhược điểm và tận dụng ưu điểm của từng phương pháp, tác giả đề xuất giải pháp bù CSPK kiểu lai (kết hợp bù động và bù tĩnh, và gọi tắt là DSVC).

4.2.1. Phương pháp bù CSPK sử dụng các chuyển mạch cơ khí (DVC)



Hình 4.2. Cấu trúc bù CSPK sử dụng các chuyển mạch cơ khí

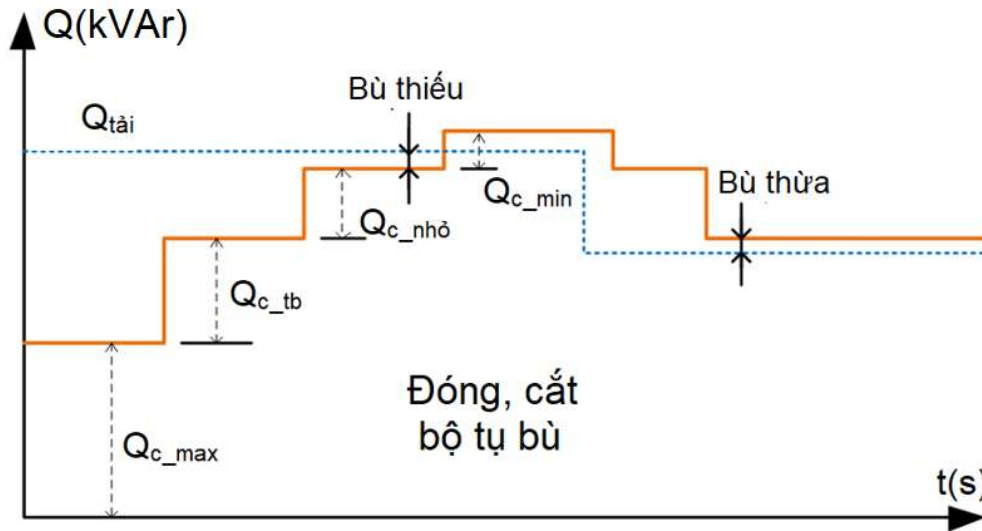
Các phụ tải công nghiệp thông thường mang tính cảm như là: Động cơ, máy biến áp, ... Những phụ tải này tạo ra lượng CSPK dương (điện áp sớm pha hơn

dòng điện). Tụ điện tĩnh được thêm vào/cắt ra (mắc kiểu song song với phụ tải) để cung cấp lượng CSPK trái dấu với CSPK của phụ tải, các cấp tụ bù này sẽ được điều khiển thông qua hệ thống các công tắc tơ, khi tụ bù có lượng CSPK Q_{com} (đơn vị kVAR) được mắc song song vào lưới điện với phụ tải có công suất P (đơn vị kW) thì hệ số công suất được cải thiện từ $PF0$ lên $PF1$.

$$Q_{com} = P \times (\tan(\cos^{-1}(PF0)) - \tan(\cos^{-1}(PF1))) \quad (4.1)$$

Để phù hợp với điều kiện tải thay đổi, tụ bù được thiết kế với các cấp tụ bù có giá trị khác nhau, và mỗi cấp tụ bù được kết nối với mạng điện thông qua một chuyển mạch có khả năng điều khiển (các công tắc tơ cùng hệ thống điều khiển).

$$Q_{com} = Q_{c1} \pm Q_{c2} \pm \dots \pm Q_{cn} \quad (4.2)$$



Hình 4.3. Nguyên tắc hoạt động của bù CSPK sử dụng thiết bị chuyển mạch cơ khí

Ưu điểm của phương pháp này đó là có thể thích nghi với sự thay đổi lớn của phụ tải, tuy nhiên nó cũng tồn tại nhược điểm là gây ra hiện tượng bù thừa hoặc bù thiếu.

4.2.2. Phương pháp bù CSPK sử dụng thyristor (SVC)

Cấu trúc FC-TCR được cấu tạo gồm nhánh điện cảm được điều chỉnh sử dụng Thyristor (TCR) và một nhánh tụ cố định (FC). Nhánh tụ cố định cung cấp lượng

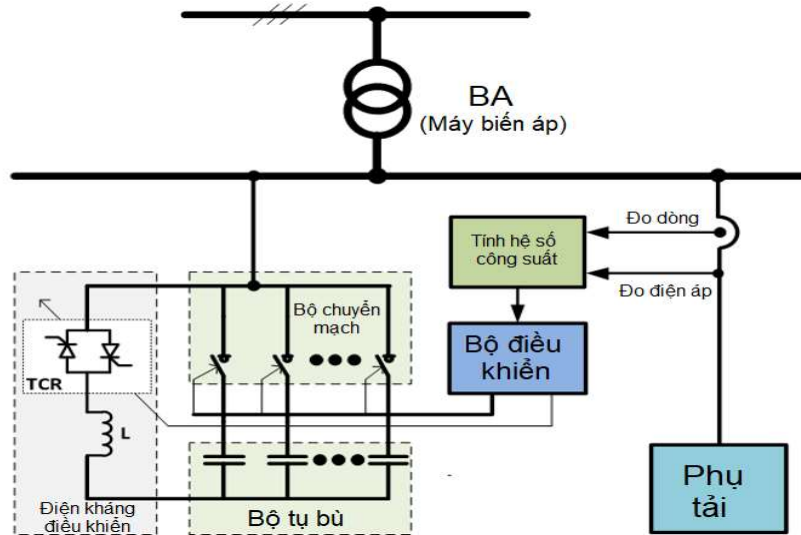
công suất phản kháng nhằm loại bỏ lượng công suất phản kháng gây ra bởi tải cảm. Khi mà phụ tải thay đổi dẫn tới lượng công suất phản kháng của nhánh tụ cố định bù thừa, thì nhánh TCR sẽ tiêu thụ lượng công suất phản kháng bù thừa đó bằng cách thay đổi góc mở Thyristor (α).

$$X_L(\alpha) = 2\pi fL \times \frac{\pi}{2\pi - 2\alpha + 2\sin\alpha} \quad (4.3)$$

Điểm mạnh của phương pháp bù FC-TCR là nó có thể bù chính xác lượng CSPK gây ra bởi phụ tải, nhưng phương pháp này yêu cầu tụ bù cố định lớn để có thể thích nghi được với sự thay đổi của phụ tải, hay nói cách khác là nó chỉ phù hợp với tải thay đổi nhỏ. Giả sử rằng phụ tải gây ra lượng công suất phản kháng Q_{load} , tụ bù cố định cần cung cấp lượng công suất phản kháng nhỏ nhất là $Q_{Cfixed} = Q_{Lfixed}$ hoặc lớn hơn (trong trường hợp phụ tải gia tăng lượng công suất phản kháng). Khi công suất phản kháng gây ra bởi phụ tải giảm xuống giá trị nhỏ nhất ($Q_{Loadmin}$) bằng 1/3 giá trị của Q_{Lfixed} , thì giá trị lớn nhất của cuộn cảm ở nhánh TCR sẽ được tính

4.2.3. Phương pháp bù lai DSVC

Để khắc phục nhược điểm của hai phương pháp bù động (DVC) và bù tĩnh (FC-TCR), luận văn đề xuất giải pháp sử dụng thiết bị bù lai DVSC (hình 4.4). Hệ



Hình 4.4. Sơ đồ cấu trúc bù lai
thống bù lai không những thay đổi giá trị của tụ bù thông qua việc đóng cắt các

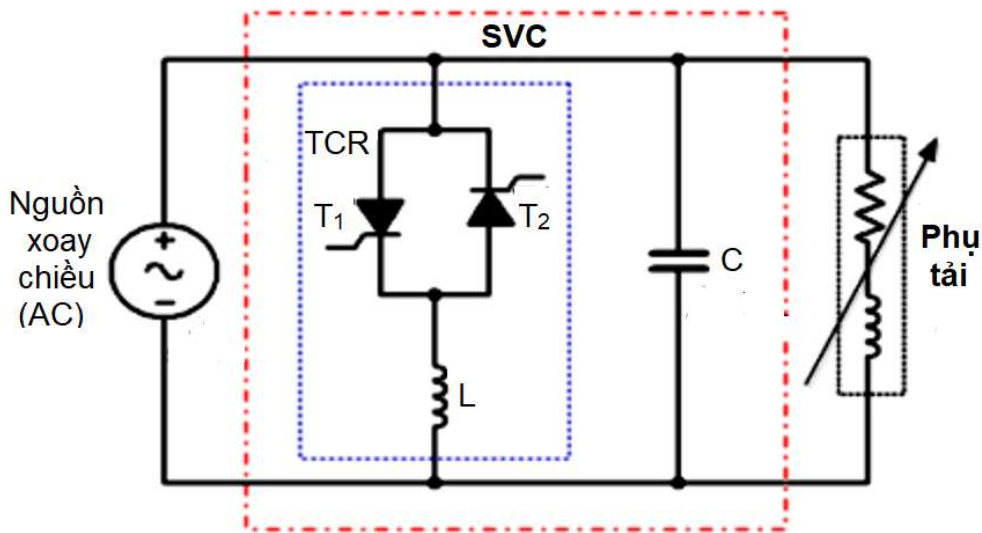
chuyển mạch giống với phương pháp bù DVC, mà đồng thời thay đổi giá trị của điện cảm giống với nhánh TCR của phương pháp bù FC-TCR.

4.3. Thiết kế điều khiển hệ thống bù công suất phản kháng DSVC

Như đã nêu, hệ thống bù công suất phản kháng kiểu DSVC gồm 2 phần: phần DVC gồm một số tụ điện mắc song song qua các tiếp điểm của hệ thống công tác tơ để thay đổi dung lượng tương đương của bộ tụ, phần TCR là một bộ biến đổi xoay chiều - xoay chiều ba pha dùng các thyristor với tải là điện cảm, tương ứng hệ thống DSVC sẽ có hai phần điều khiển là phần điều khiển DVC và phần điều khiển TCR, trong luận văn này chỉ chi thiết kế phần điều khiển TCR. Để thiết kế điều khiển hệ thống ta coi phần tụ là một tụ có dung lượng cố định bằng dung lượng của một tụ, như vậy hệ thống lúc này tương đương như hệ bù CSPK kiểu FC-TCR.

4.3.1. Mô hình hóa hệ thống bù công suất phản kháng FC-TCR

Hệ thống bù công suất phản kháng FC-TCR là một trong các phương pháp bù công suất phản kháng kiểu tĩnh SVC (đã được trình bày ở chương 3), trong đó bao gồm hai thành phần chính là nhánh tụ bù cố định và nhánh cảm thay đổi thông qua việc thay đổi góc mở các thyristor.

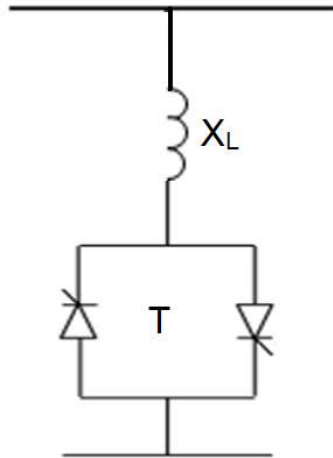


Hình 4.5. Mô hình hóa của hệ thống bù CSPK kiểu FC-TCR

Trong đó thiết bị TCR (Thyristor Controlled Reactor): Là thiết bị để điều khiển một cách liên tục dòng điện qua cuộn cảm mắc song song với tụ điện tĩnh và

lưới bằng cách thay đổi góc điều khiển của bộ biến đổi xoay chiều - xoay chiều (BBĐ) và được nối vào thanh cái điện áp thấp.

Sơ đồ mạch một pha của bộ TCR, bao gồm cặp thyristor mắc song song, ngược chiều nhau (thường gọi tắt là song song ngược) và nối tiếp với cuộn cảm kháng tuyến tính.



Hình 4.6. Sơ đồ mạch TCR

Trong đó:

- X_L : Cảm kháng chính;

- T: Các thyristor của BBĐ, có chức năng điều chỉnh dòng điện đi qua điện cảm L của TCR.

Điều khiển góc mở các thyristor kết hợp với cuộn kháng tuyến tính cho phép điện kháng hiệu dụng ứng tần số cơ bản của mạng là hàm số của góc mở (góc điều khiển) và nó có thể thay đổi một cách liên tục từ giá trị điện kháng xác định của cuộn kháng (ứng với trạng thái dẫn hoàn toàn của thyristor) đến một giá trị bằng không (ứng với trạng thái khóa của thyristor).

FC (Fixed Capacitor): là thành phần tụ có giá trị lớn đủ để tạo ra lượng CSPK đủ để bù cho lượng công suất phản kháng lớn nhất mà phụ tải gây ra.

4.3.2. Tính toán giá trị tụ bù cố định FC

Tụ điện tĩnh là thành phần chính cung cấp lượng dung kháng để tạo ra công suất phản kháng bù trái dấu với CSPK của phụ tải. Bởi vì thông thường, hầu hết các phụ tải mang tính cảm, do đó điện áp sớm pha hơn so với dòng điện, điều này dẫn tới việc tồn tại hệ số công suất trễ. Để hệ số công suất tiến tới giá trị mong muốn thì ta cần bù lượng CSPK bằng đúng giá trị CSPK phụ tải gây ra, và bất kỳ việc bù thừa hoặc bù thiếu đều dẫn tới hệ số công suất nhỏ hơn 1. Do đó ta có công thức tính giá trị tụ bù cho hệ thống bù công suất phản kháng sau:

$$C = \frac{Q_C}{2.p.f.U^2} = \frac{P_{Load}(tan\phi_1 - tan\phi_2)}{2.p.f.U^2} \quad (4.5)$$

Trong đó:

U : Giá trị điện áp hiệu dụng đặt trên tụ (đơn vị là V)

Q_C : Giá trị của tụ điện (đơn vị là Var)

P_{Load} : Công suất tác dụng của phụ tải (đơn vị là W)

ϕ_1 : Góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện trước khi thực hiện bù CSPK

ϕ_2 : Góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện mong muốn sau khi thực hiện việc bù CSPK

f : Tần số của lưới điện (đơn vị là Hz)

Trong thực tế sản xuất, tải có thể thay đổi phụ thuộc vào yêu cầu cụ thể ở các khoảng thời gian làm việc khác nhau. Để thích ứng với việc thay đổi đó, giá trị tụ bù cố định cần được chọn sao cho đủ để bù đủ lượng CSPK lớn nhất mà phụ tải tiêu thụ.

$$C_{Fix} \geq C_{Lmax}$$

Hoặc:
$$Q_{C_{Fix}} \geq Q_{Loadmax}$$

Trong đó: C_{Fix} là dung lượng tụ cần chọn (tụ cố định); C_{Lmax} là dung lượng tụ cần phải có để bù đủ lượng CSPK lớn nhất mà tải tiêu thụ; $Q_{C_{Fix}}$ là CSPK do bộ tụ cố định sinh ra; $Q_{Loadmax}$ là CSPK lớn nhất (cực đại) mà phụ tải tiêu thụ.

4.3.3. Tính toán giá trị điện cảm (L) tại nhánh TCR

Bộ SVC không trao đổi lượng công suất phản kháng với lưới điện khi mà hệ số công suất bằng 1, và dưới điều kiện hoạt động đó lượng công suất phản kháng mà nhánh tụ cố định bù thừa sẽ được hấp thụ bởi điện cảm trên nhánh TCR. Giá trị điện cảm L ở nhánh TCR được tìm như sau.

$$Q_L = Q_{C_{Fix}} - Q_{C_{Lmin}} \quad \text{P} \quad \frac{U^2}{X_L} = \frac{U^2}{X_{C_{Fix}}} - \frac{U^2}{X_{C_{Lmin}}} \quad (4.6)$$

Trong đó: Q_L , $Q_{C_{Fix}}$, $Q_{C_{Lmax}}$ tương ứng CSPK trên điện cảm L, trên tụ điện C_{Fix} khi được đặt điện áp là U và CSPK nhỏ nhất mà tải tiêu thụ; X_L , $X_{C_{Fix}}$, $X_{C_{Lmax}}$ tương ứng sẽ là trở kháng của điện cảm L ở nhánh TCR, dung kháng của tụ bù cố định, và giá trị dung kháng của tụ cần phải có để bù đủ lượng CSPK nhỏ nhất mà tải tiêu thụ.

Từ (4.6) suy ra:

$$X_L = \frac{I}{2pf(C_{Fix} - C_{Lmin})} \quad \text{P} \quad L = \frac{I}{(2pf)^2 \cdot (C_{Fix} - C_{Lmin})} \quad (4.7)$$

Trong đó: C_{Lmin} tương ứng sẽ là giá trị điện dung của tụ cần phải có để bù đủ lượng CSPK nhỏ nhất mà tải tiêu thụ, và được xác định như sau:

$$C_{Lmin} = \frac{Q_{Lmin}}{2.p.f.U^2} = \frac{P_{Load} \cdot \tan \varphi_{min}}{2.p.f.U^2} \quad (4.8)$$

Trong đó: φ_{min} là góc lệch pha nhỏ nhất giữa áp và dòng tải (tương ứng với giá trị $\cos \varphi$ là cực đại).

4.3.4. Mối liên hệ giữa điện cảm ở nhánh TCR, góc điều khiển BĐĐ, và việc bù CSPK

4.3.4.1. Sự phụ thuộc của điện cảm (L(α)) vào góc điều khiển BĐĐ (α)

Bản chất việc điều chỉnh cảm kháng của nhánh TCR là điều khiển góc mở thyristor (góc điều khiển bộ biến đổi xoay chiều - xoay chiều) để điều chỉnh dòng điện đi qua điện cảm, từ đó điều khiển lượng công suất phản kháng hấp thụ bởi

nhánh TCR. Dòng điện qua điện cảm có thể được điều khiển bằng cách thay đổi góc kích mở α (góc điều khiển) và được tính theo công thức sau.

$$I_L = \frac{U}{2p \cdot f \cdot L} \cdot \frac{2p - 2a + 2 \sin a}{p} \quad (4.9)$$

Cảm kháng biến đổi và điện cảm ($L(\alpha)$) được biểu diễn bởi hàm số của góc kích mở thyristor như phương trình sau.

$$X_L(\alpha) = 2p \cdot f \cdot L \cdot \frac{p}{2p - 2a + 2 \sin a} \quad (4.10)$$

$$L(\alpha) = L \cdot \frac{p}{2p - 2a + 2 \sin a} \quad (4.11)$$

Trong đó:

I_L : là dòng điện chạy qua nhánh TCR, [A];

α : là góc điều khiển, có giới hạn nằm trong khoảng $(0, \pi)$, [rad];

$L(\alpha)$ là hàm số biểu thị giá trị điện cảm theo góc điều khiển, [H];

$X_L(\alpha)$ là hàm số biểu diễn cảm kháng thay đổi của nhánh TCR ứng với góc điều khiển, [Ω].

Ta có thể thấy rằng cảm kháng của nhánh TCR là một hàm phụ thuộc vào góc điều khiển bộ biến đổi (α).

4.3.4.2. Cơ sở của việc bù công suất phản kháng

Công suất phản kháng gây ra bởi phụ tải được bù bởi nhánh bù FC-TCR được mắc song song với phụ tải. Tổng công suất phản kháng của bộ FC-TCR được tính bởi công thức sau.

$$Q(\alpha) = U^2 \cdot (B_{C_{Fix}} - B_L(\alpha)) \quad (4.12)$$

Trong đó:

$B_{C_{Fix}}$ là điện dẫn của tụ bù cố định và được tính bởi công thức sau.

$$B_{C_{Fix}} = \frac{I}{X_{C_{Fix}}} \quad (4.13)$$

$B_L(\alpha)$ là điện dẫn của nhánh TCR được xác định như là một hàm phụ thuộc vào góc điều khiển BĐĐ và được mô tả bởi phương trình sau.

$$B_L(\alpha) = \frac{1}{2\pi fL} * \frac{2\pi - 2\alpha + 2 \sin \alpha}{\pi} \quad (4.14)$$

4.3.5. Thiết kế bộ điều khiển PID theo phương pháp Ziegler-Nichols

Phương pháp Ziegler-Nichols là pháp thực nghiệm để xác định tham số bộ điều khiển P, PI, hoặc PID bằng cách dựa vào đáp ứng quá độ của đối tượng điều khiển. Tùy theo đặc điểm của từng đối tượng, Ziegler và Nichols đưa ra hai phương pháp lựa chọn tham số của bộ điều khiển:

Phương pháp Ziegler-Nichols thứ nhất (ZN-1):

Phương pháp này áp dụng cho các đối tượng có đặc tính quán tính hoặc đặc tính quán tính-tích phân (Hình 4.7) như nhiệt độ lò nhiệt, tốc độ động cơ...

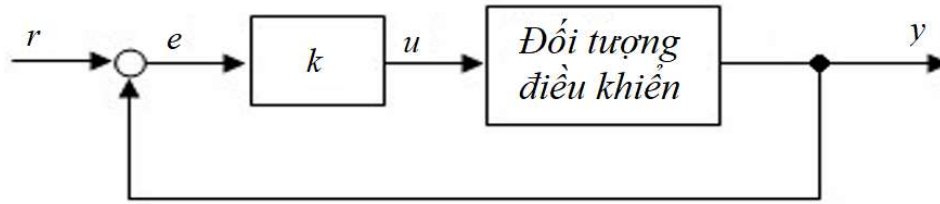
Thông số của các bộ điều khiển được chọn theo bảng sau:

Bảng 4.1: Các tham số PID theo phương pháp Ziegler-Nichols thứ nhất

Bộ điều khiển	k_p	τ_i	τ_d
P	$\frac{1}{a}$ hoặc $\frac{\tau}{k\theta}$	—	—
PI	$\frac{0,9}{a}$ hoặc $\frac{0,9\tau}{k\theta}$	$3,3\theta$	—
PID	$\frac{1,2}{a}$ hoặc $\frac{1,2\tau}{k\theta}$	2θ	$0,5\theta$

Phương pháp Ziegler-Nichols thứ hai:

Phương pháp này áp dụng cho đối tượng có khâu tích phân lý tưởng như mực chất lỏng trong bồn chứa, vị trí hệ truyền động dùng động cơ... Đáp ứng quá độ của hệ hở của đối tượng tăng đến vô cùng. Nội dung phương pháp:



Hình 4.8. Xác định hệ số khuếch đại tới hạn k_{th}

- Thay bộ điều khiển PID trong hệ kín bằng bộ khuếch đại (hình 4.8).
- Tăng hệ số khuếch đại tới giá trị tới hạn k_{th} để hệ kín ở chế độ biên giới ổn định, tức là $y(t)$ có dạng dao động điều hòa.
- Xác định chu kỳ T_{th} của dao động.

Thông số của các bộ điều khiển được chọn theo bảng sau:

Bảng 4.2: Các tham số PID theo phương pháp Ziegler-Nichols thứ 2

Bộ điều khiển	k_p	τ_i	τ_d
P	$0,5k_{th}$	-	-
PI	$0,45k_{th}$	$0,85T_{th}$	-
PID	$0,6k_{th}$	$0,5T_{th}$	$0,125T_{th}$

Thiết kế bộ điều khiển của hệ thống bù công suất phản kháng FC-TCR

Giả thiết tính toán với trường hợp trạm biến áp Vietnam Mobile có các thông số như sau: $S = 30 \text{ kVA}$; $\cos\varphi_{tb} = 0,68$; hệ số công suất cực đại của tải: $(\cos\varphi)_{max} = \cos\varphi_{min} = 0,8$.

Giả thiết phụ tải phân đều cho 3 pha, công suất tác dụng một pha phụ tải là:

$$P_{Load} = S : 3 \times \cos\varphi_{tb} = 30 : 3 \times 0,68 = 6,8 \text{ KW}$$

- Công suất phụ tải $P_{Load} = 6,8 \text{ KW} = 6800 \text{ W}$
- Điện áp định mức hiệu dụng một pha của phụ tải: $U = 220 \text{ V}$;

Từ các số liệu trên suy ra: $\varphi_1 = \varphi_{tb} = 47,15^\circ$;

Yêu cầu bù để có $\cos\varphi_2 = 0,98$, tức là $\varphi_2 = 11,48^\circ$;

Góc lệch pha cực tiểu giữa áp và dòng trên tải: $\varphi_2 = 36,878^\circ$

Tính toán tụ và cuộn kháng:

- Giá trị tụ điện bù đủ đối với phụ tải tương ứng được tính bởi công thức sau:

$$C = \frac{P_{Load} \cdot (\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2)}{2 \cdot p \cdot f \cdot U^2} = \frac{6800 \cdot (\tan 47,16^\circ - \tan 11,48^\circ)}{2 \cdot p \cdot 50 \cdot 220^2} \quad (4.13)$$

$$= 0,000391 \text{ F}$$

- Giá trị tụ bù cố định được lựa chọn sao cho có thể thích ứng với lượng công suất phản kháng tăng lên 2.0 lần so với giá trị trung bình.

Suy ra:

$$C_{Fix} = C' \cdot 2 = 0,000391' \cdot 2 = 0,000782 \text{ F} = 0,782 \text{ mF}$$

- Giá trị C_{Lmin} :

$$C_{Lmin} = \frac{Q_{Lmin}}{2 \cdot p \cdot f \cdot U^2} = \frac{P_{Load} \cdot \tan \phi_{min}}{2 \cdot p \cdot f \cdot U^2} = \frac{6800 \cdot \tan 36,87^\circ}{2 \cdot p \cdot 50 \cdot 220^2} = 0,000335 \text{ (F)}$$

- Ứng với giá trị của tụ bù cố định ở nhánh FC, thì ta tính được giá trị điện cảm (L) trên nhánh TCR theo công thức (4.7):

$$L = \frac{I}{(2 \cdot p \cdot f)^2 \cdot (C_{Fix} - C_{Lmin})} = \frac{I}{(2 \cdot p \cdot 50)^2 \cdot (0,000782 - 0,000335)} = 0,0236 \text{ (H)}$$

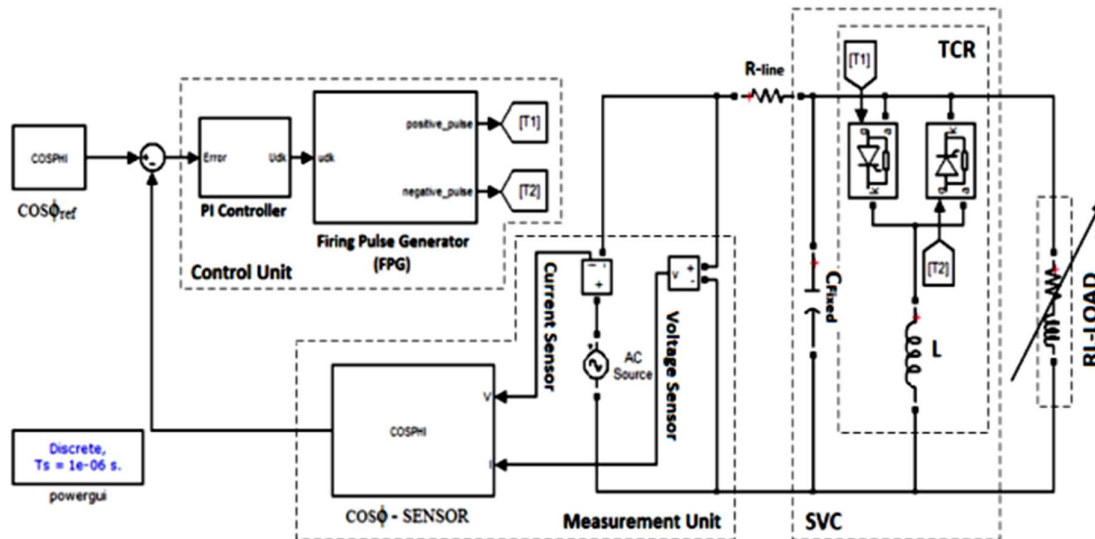
Thông số của bộ điều khiển PID được xác định thông qua thực nghiệm theo phương pháp Zigler-nichol. Bộ điều khiển được áp dụng là dạng tỷ lệ - tích phân (PI), và có hàm truyền như sau:

$$W_{PI}(s) = K_p + K_i \frac{1}{s} \quad (4.15)$$

Trong đó: $K_p = 4,5$, và $K_i = 400$

4.4. Mô phỏng hệ thống trên phần mềm Matlab/Simulink

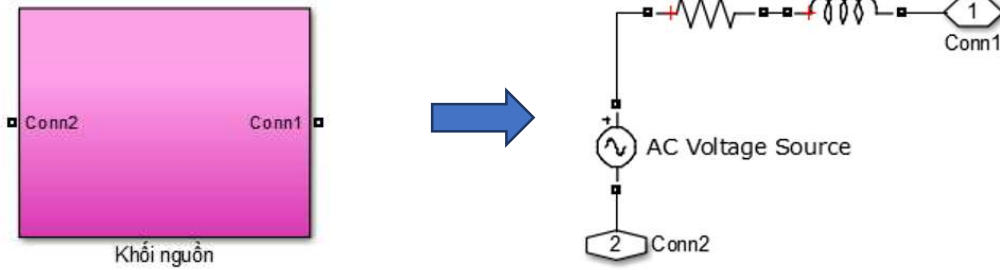
4.4.1. Sơ đồ mô phỏng



Hình 4.9. Cấu trúc điều khiển hệ thống bù CSPK FC-TCR

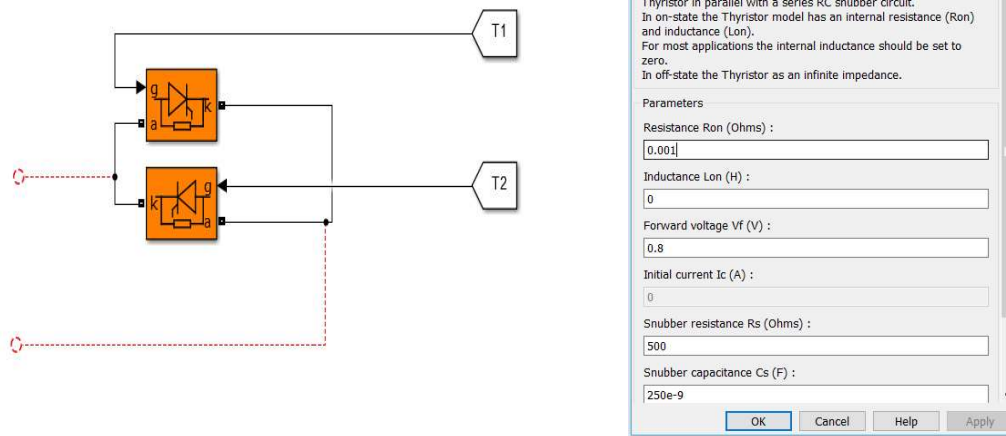
Để xây dựng sơ đồ mô phỏng, ta xuất phát từ cấu trúc điều khiển cho bởi hình 4.9. Từ sơ đồ cấu trúc điều khiển hình 4.9, chương trình mô phỏng hệ thống (cũng còn được gọi là sơ đồ mô phỏng) được xây dựng trong Matlab/Simulink như sau:

- Khối nguồn:



Hình 4.10. Khối nguồn một pha cung cấp cho phụ tải

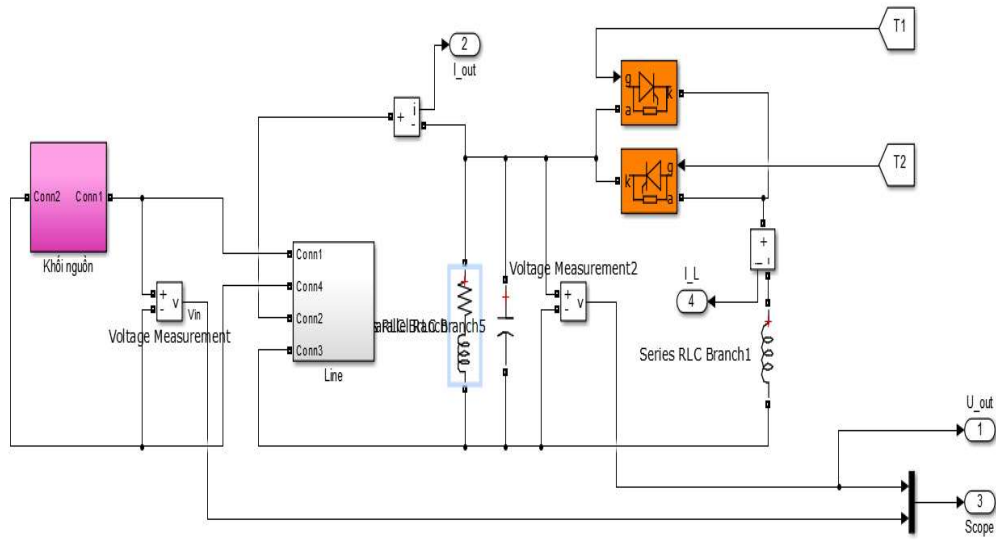
- Khối Thyristor (BĐĐ):



Hình 4.11. Khối Thyristor và thông số (gồm 2 thyristor mắc song song ngược)

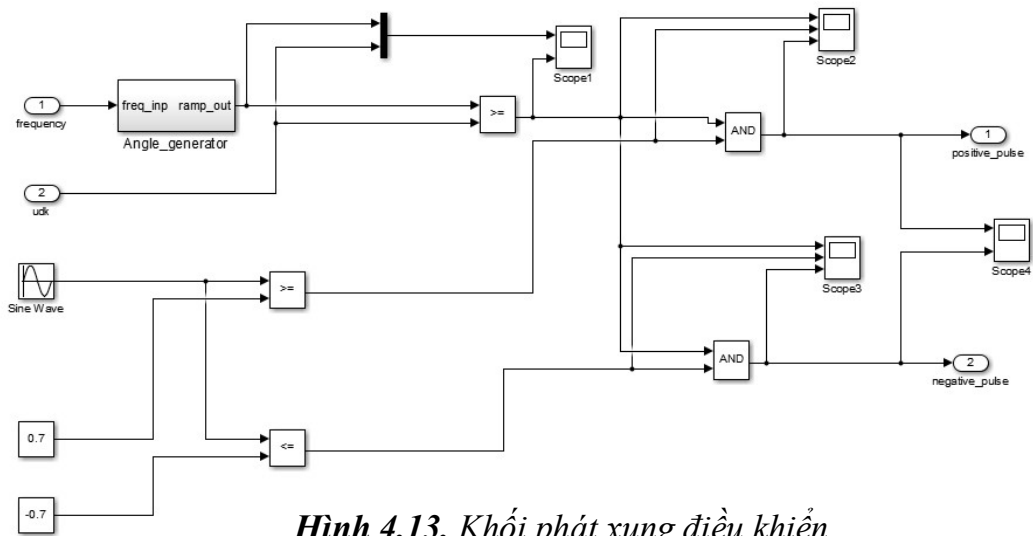
- Khối mô hình đối tượng điều khiển

Khối này bao gồm nguồn, thyristor, tụ bù, tải, v.v... và ta có sơ đồ khối này trên Matlab/Simulink như hình 4.12:



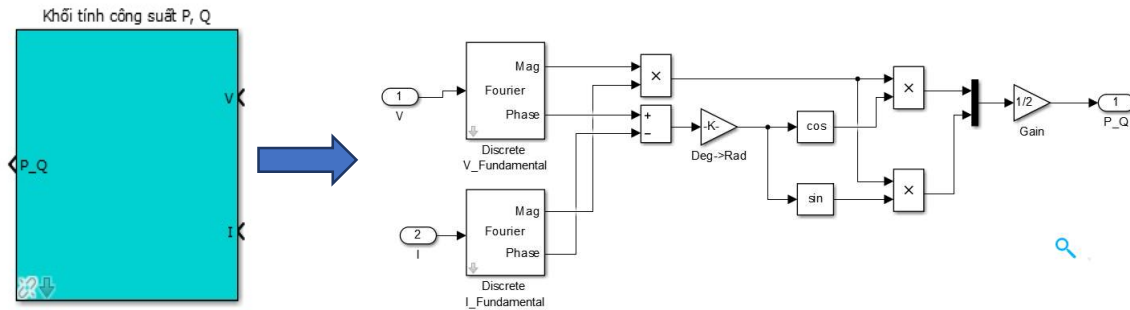
Hình 4.12. Khối mô hình đối tượng điều khiển

- Khối phát xung điều khiển



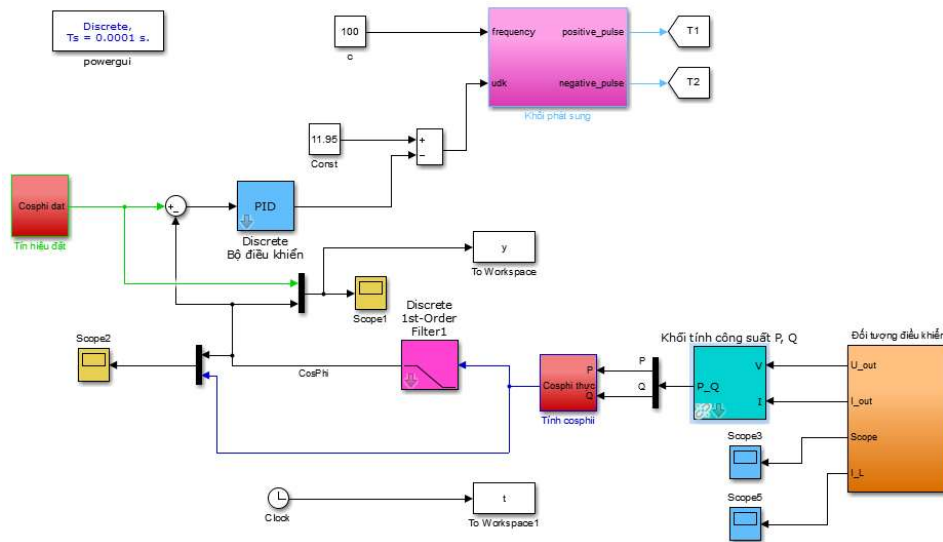
Hình 4.13. Khối phát xung điều khiển

- Khối tính công suất P, Q



Hình 1.14. Khối tính toán công suất tác dụng, phản kháng P, Q

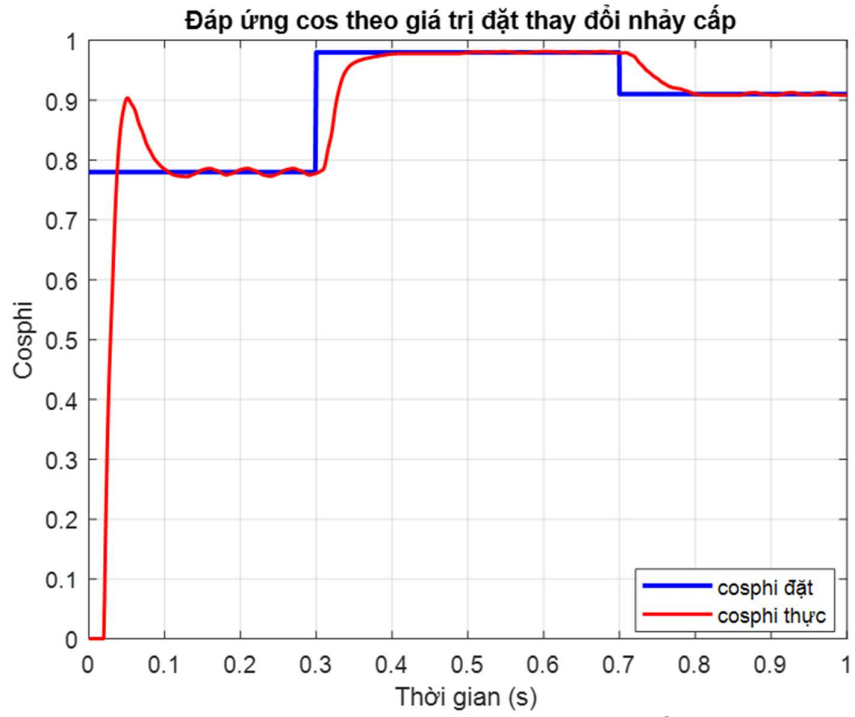
Từ các khối cơ bản trên ta có sơ đồ mô phỏng trên Matlab/Simulink của toàn hệ thống bù công suất phản kháng như hình 4.15:



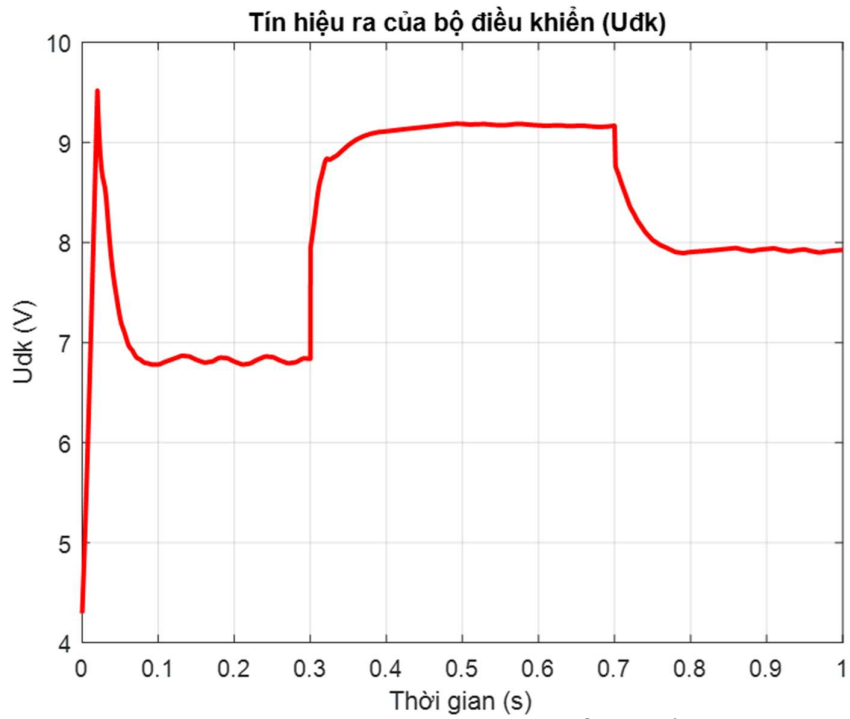
Hình 4.15. Sơ đồ mô phỏng toàn hệ thống

4.4.2. Kết quả mô phỏng

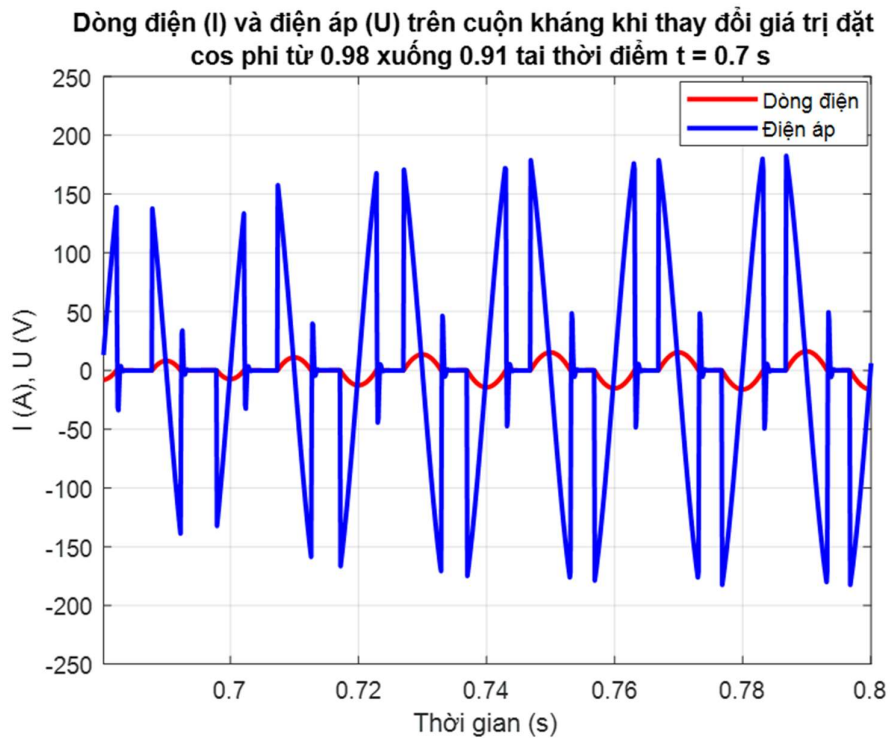
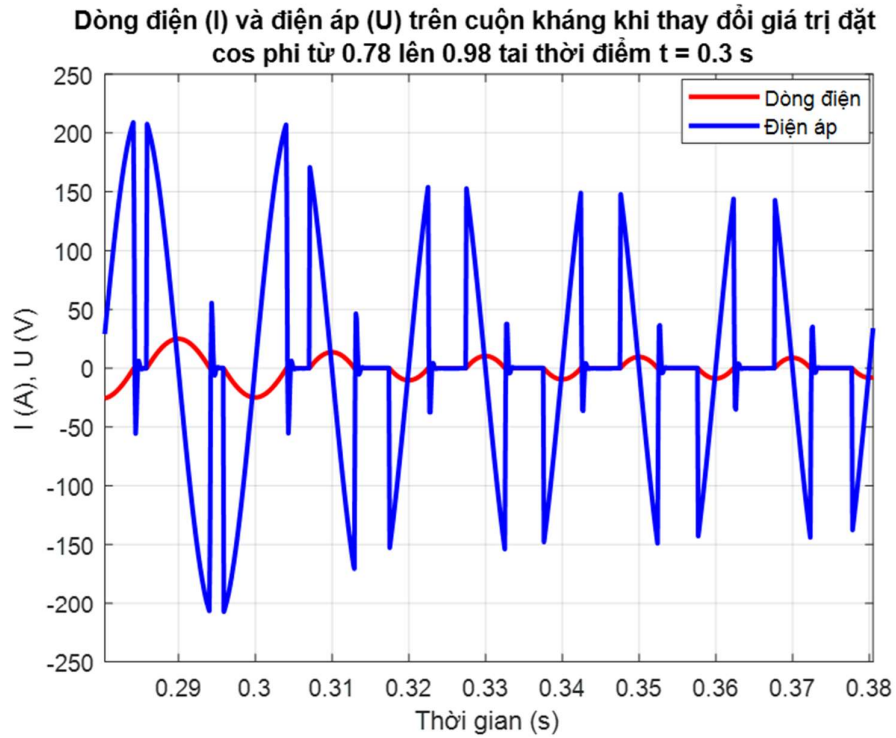
Với mục đích kiểm tra tính đúng đắn của hệ thống, hệ số công suất đặt ban đầu là 0.78, tiếp đến tăng lên 0.98 tại thời điểm 0.3s, và sau đó lại giảm xuống 0.91 ở thời điểm 0.7s. Phụ tải có thông số: $P = 6,8kW$. Nguồn xoay chiều cung cấp có: $U = 220V; f = 50Hz$. Kết quả mô phỏng được minh họa bởi một số đồ hình 4.16. hình 4.17 và hình 4.18.



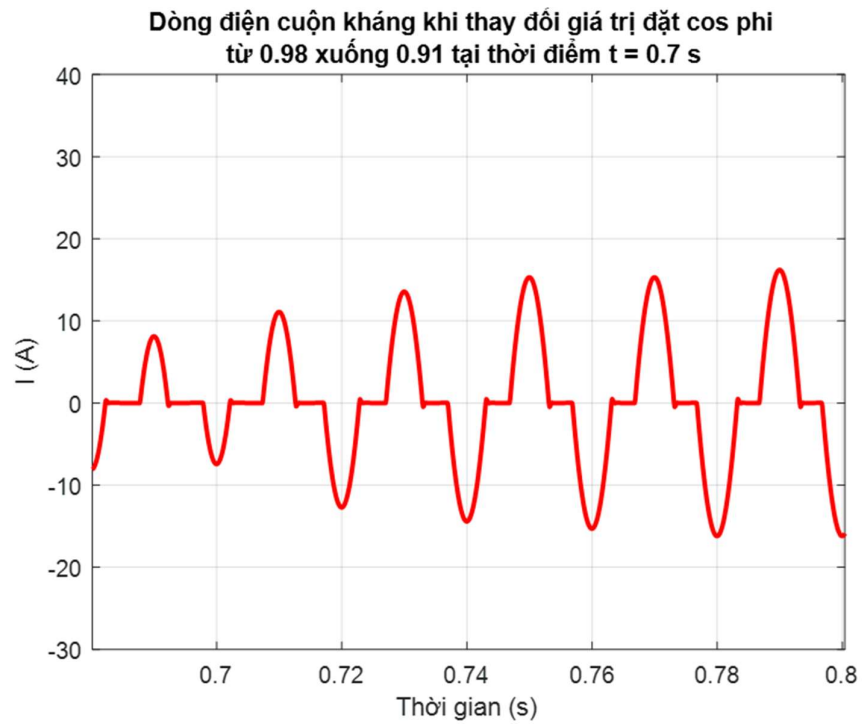
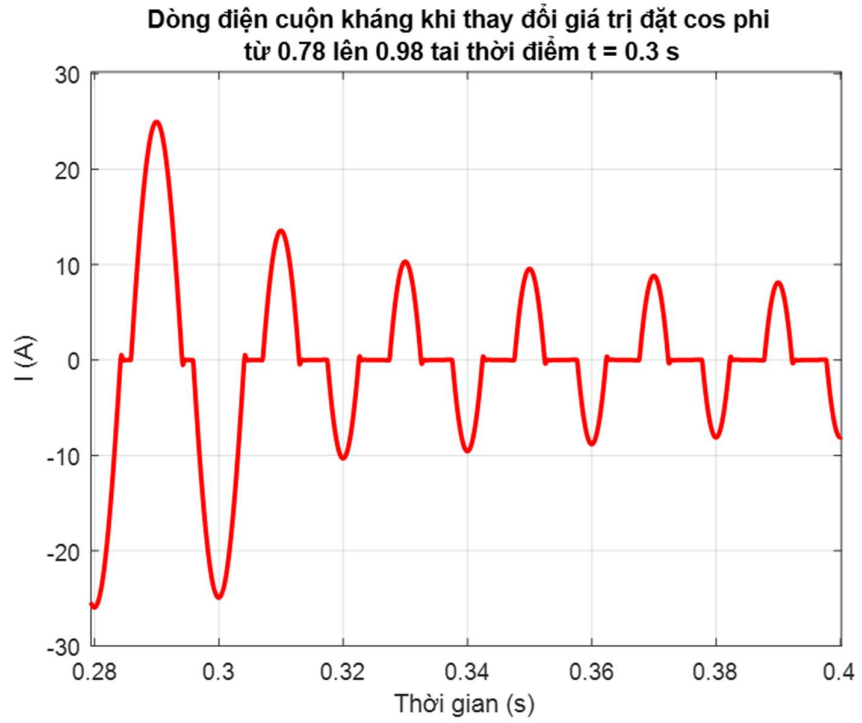
Hình 4.16. Đáp ứng $\cos\varphi$ của hệ thống



Hình 4.17. Đáp ứng điện áp điều khiển



Hình 4.18. Dòng điện và điện áp cuộn kháng khi thay đổi giá trị đặt $\cos \varphi$



Hình 4.19. Dòng điện cuộn kháng khi thay đổi giá trị đặt $\cos \phi$

Ở đây, để thay thế cho trường hợp hệ số công suất tải thay đổi mà hệ thống vẫn duy trì được công suất theo giá trị đặt ta tiến hành mô phỏng với trường hợp tải có hệ số công suất cố định là 0,68, ta thay đổi giá trị đặt hệ số công suất của hệ thống để kiểm tra phản ứng của khâu bù.

Các kết quả mô phỏng cho thấy hệ thống phản ứng rất tốt với sự thay đổi giá trị đặt hệ số công suất. Các đồ thị về dòng điện và điện áp cuộn kháng trong hệ thống bù phản ánh đúng bản chất của loại thiết bị bù này. Hệ thống đảm bảo độ tác động nhanh cao (hệ đạt giá trị ổn định mới sau khoảng thời gian hơn 3 chu kỳ điện áp lưới (khoảng 0,07 s)).

Từ kết quả mô phỏng có thể khẳng định, với thiết bị bù này sẽ đảm bảo duy trì được hệ số công suất của mạng điện theo yêu cầu khi hệ số công suất phụ tải thay đổi trong phạm vi đã tính toán và hoàn toàn có thể duy trì hệ số công suất tại trạm biến áp xấp xỉ bằng 1.

4.5. Kết luận chương 4

Chương 4 thực hiện xây dựng cấu trúc phân lực và phân điều khiển hệ thống bù CSPK kiểu FC-TCR trong thiết bị bù DSVC. Chương 4 cũng đã thực hiện tính toán tham số các khâu với một số liệu phụ tải của một trạm biến áp trên đường dây có hệ số công suất khá thấp (0,68) và tiến hành mô phỏng kiểm chứng hoạt động bộ điều khiển và cả thiết bị bù bằng phần mềm Matlab/Simulink.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận:

Tác giả luận văn đã tiến hành khảo sát, thu thập dữ liệu về mạng điện cung cấp cho huyện Như Xuân - tỉnh Thanh Hóa từ đường dây 35 kV lộ 377 trạm 110 kV (E9.8), để đánh giá được thực trạng về hệ số công suất các trạm biến áp nhằm đánh giá về chất lượng điện năng của các trạm biến áp trong mạng điện thành phố.

Luận văn đã cũng đã tìm hiểu về các chỉ tiêu đánh giá chất lượng điện năng là điện áp và tần số. Với quan điểm, tần số là do cả hệ thống quyết định và thường là ổn định nên chỉ quan tâm đến các chỉ tiêu đánh giá chất lượng điện áp và rút ra kết luận là một trong những biện pháp có ảnh hưởng lớn đến chất lượng điện áp các nút của mạng điện chính là cải thiện hệ số công suất mà biện pháp thực hiện là bù công suất phản kháng cho mạng điện.

Luận văn đã tìm hiểu về các phương pháp bù công suất phản kháng, phân tích ưu nhược điểm của từng phương pháp, kết hợp với thực tế của sự biến động công suất phản kháng phụ tải tiêu thụ tại một số trạm biến áp, luận văn đã lựa chọn giải pháp dùng thiết bị bù lai với sự kết hợp của DVC và FC-TCR. Luận văn đã xây dựng cấu trúc điều khiển của thiết bị bù FC-TCR, thiết kế bộ điều khiển và tiến hành mô phỏng hệ thống cho một trạm biến áp trên đường dây (trạm Vietnam Mobile). Các kết quả mô phỏng cho thấy cấu trúc hệ thống bù mà luận văn đề xuất đáp ứng được yêu cầu bù công suất phản kháng cho mạng điện, hệ số công suất hệ thống luôn bám theo giá trị đặt ngay cả khi có sự thay đổi nhanh của công suất tải (cả P và Q) trong phạm vi nhất định.

Kiến nghị:

Tuy luận văn đã đạt được kết quả về mặt tính toán lý thuyết nhưng chưa có điều kiện kiểm nghiệm bằng thiết bị thực, để có thể áp dụng kết quả nghiên cứu vào thực tế cần phải tiến hành thực nghiệm để kiểm chứng và thực hiện các hiệu chỉnh cần thiết.