

HỌ VÀ TÊN TÁC GIẢ LUẬN  
VĂN

CHUYÊN NGÀNH

KHOA

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI**

**LƯƠNG THỊ THU GIANG**

**NGHIÊN CỨU CÁC BIỆN PHÁP NÂNG CAO ỔN ĐỊNH ĐIỆN ÁP CỦA  
LƯỚI PHÂN PHỐI ĐIỆN TRUNG ÁP**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC  
HỆ THỐNG ĐIỆN**

Hà Nội – Năm 2013

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI**

-----

**LƯƠNG THỊ THU GIANG**

**NGHIÊN CỨU CÁC BIỆN PHÁP NÂNG CAO ỔN ĐỊNH ĐIỆN ÁP CỦA LƯỚI PHÂN  
PHỐI ĐIỆN TRUNG ÁP**

**CHUYÊN NGÀNH: HỆ THỐNG ĐIỆN**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC  
HỆ THỐNG ĐIỆN**

**NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:  
PGS.TS. TRẦN BÁCH**

Hà Nội – Năm 2013

## MỤC LỤC

<b>TRANG PHỤ BÌA</b> .....	2
<b>LỜI CẢM ƠN</b> .....	6
<b>DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT</b> .....	7
<b>DANH MỤC CÁC BẢNG</b> .....	8
<b>DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ</b> .....	9
<b>MỞ ĐẦU</b> .....	11
<b>Chương 1: TỔNG QUAN VỀ LƯỚI ĐIỆN PHÂN PHỐI TRUNG ÁP</b> .....	14
1.1. Đặc điểm của lưới điện phân phối trung áp.....	14
1.1.1. Cấu trúc lưới điện.....	14
1.1.2. Ảnh hưởng lớn đến các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật của HTĐ.....	16
1.2. Hiện trạng của LĐPP trung áp Việt Nam.....	16
1.2.1. Có nhiều cấp điện áp.....	16
1.2.2. Phát triển lưới điện trung áp qua các năm.....	28
1.3. Kết luận chương 1.....	29
<b>Chương 2: PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ ỔN ĐỊNH ĐIỆN ÁP LƯỚI ĐIỆN PHÂN PHỐI TRUNG ÁP</b> .....	30
2.1. Tổng quan về ổn định phụ tải.....	30
2.1.1. Đặc tính tĩnh phụ tải có động cơ và điều kiện cân bằng công suất.....	30
2.1.2. Hiện tượng sụp đổ điện áp.....	32
2.1.3. Các tiêu chuẩn và phương pháp đánh giá ổn định điện áp nút tải.....	33
2.2. Nghiên cứu lựa chọn phương pháp phân tích ổn định điện áp nút tải.....	36
2.2.1. Các tiêu chuẩn phân tích độ nhạy.....	36
2.2.2. Phương pháp phân tích chỉ số sụt áp.....	38
2.2.3. Phương pháp phân tích mất ổn định phi chu kỳ.....	41
2.2.4. Đặc tính tĩnh của phụ tải tổng hợp.....	43
2.3. Kết luận chương 2.....	47
<b>Chương 3: CÁC BIỆN PHÁP NÂNG CAO ỔN ĐỊNH ĐIỆN ÁP</b> .....	48
3.1. Các phương pháp cơ bản giải tích lưới điện.....	49

3.1.1. Phương pháp Newton-raphson (N-R).....	49
3.1.2. Phương pháp dòng điện 1 chiều (phương pháp DC model) .....	54
3.2. Lựa chọn cấu trúc tối ưu HTCCĐ. ....	55
3.2.1. Khảo sát giới hạn CCĐ LĐTĐA trên mặt phẳng công suất.....	55
3.2.2. Các chỉ tiêu đánh giá mức độ ổn định hệ thống CCĐ phức tạp. ....	58
3.2.3. Các phương án cải tạo LĐTĐA.....	59
3.3. Bù công suất phản kháng trong lưới điện phân phối trung áp. ....	59
3.3.1. Công suất phản kháng và các thông số liên quan .....	59
3.3.2. Ưu nhược điểm của các nguồn phát công suất phản kháng .....	65
3.3.3. Thiết bị bù ngang có điều khiển (SVC).....	67
3.4. Kết luận chương 3 .....	80
<b>Chương 4: TÍNH TOÁN ÁP DỤNG.....</b>	<b>81</b>
4.1. Phương pháp tính ổn định điện áp của lưới phân phối.....	81
4.2. Chương trình tính toán : .....	82
4.3. Phân tích ảnh hưởng của điện áp nguồn và đặc tính phụ tải đến ổn định điện áp của lưới phân phối. ....	84
4.3.1. Tính ảnh hưởng của điện áp nguồn E đến ổn định điện áp trong trường hợp phụ tải cố định không biến đổi theo điện áp.....	85
4.3.2. Ảnh hưởng của đặc tính tĩnh của phụ tải đến ổn định điện áp .....	88
4.4. Phân tích ảnh hưởng của SVC đến ổn định điện áp của lưới phân phối .....	91
4.4.1. Phân tích ổn định khi chưa đặt SVC.....	91
4.4.2. Phân tích ổn định khi đặt SVC .....	91
4.5. Kết luận chương 4 .....	94
<b>KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ .....</b>	<b>96</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO .....</b>	<b>97</b>
<b>PHỤ LỤC.....</b>	<b>98</b>

## **LỜI CAM ĐOAN**

Tôi xin cam đoan công trình nghiên cứu trên là của riêng tôi.  
Các số liệu, tính toán là chính xác và trung thực. Công trình này chưa được công bố trên các tạp chí khoa học nào.

LƯƠNG THỊ THU GIANG

## **LỜI CẢM ƠN**

Em xin chân thành gửi lời cảm ơn đến các thầy cô tại Đại học Bách khoa Hà Nội, các thầy cô Viện Điện đã truyền đạt cho em những kiến thức quý báu để em có thể hoàn thành luận văn này.

Đặc biệt em xin bày tỏ lòng biết ơn chân thành tới thầy Trần Bách đã tận tình hướng dẫn và chỉ bảo em trong suốt quá trình thực hiện luận văn.

Em xin gửi lời biết ơn sâu sắc tới gia đình đã tạo mọi điều kiện thuận lợi trong suốt quá trình học tập và hoàn thành luận văn.

Tôi xin chân thành cảm ơn các thầy cô trường Đại học Hoa Lư Ninh Bình đã tạo điều kiện giúp đỡ trong quá trình học tập và thực hiện luận văn.

**Hà Nội, tháng 10 năm 2013**

**Lương Thị Thu Giang**

## **DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT**

CLĐN	Chất lượng điện năng
CĐXL	Chế độ xác lập
HTCCĐ	Hệ thống cung cấp điện
HTĐ	Hệ thống điện
LĐPP	Lưới điện phân phối
MBA	Máy biến áp
QTQĐ	Quá trình quá độ
TBA	Trạm biến áp
TBATG	Trạm biến áp trung gian
TBAPP	Trạm biến áp phân phối
CSTD	Công suất tác dụng
CSPK	Công suất phản kháng
FACTS	Flexible AC Transmission Systems: hệ thống truyền tải điện xoay chiều linh hoạt
SVC	Static Var Compensator: bộ bù công suất phản kháng tĩnh

## DANH MỤC CÁC BẢNG

Bảng 2.1. Giá trị $p_v$ , $q_v$ , $pf$ , $q_f$ một số phụ tải .....	44
Bảng 2.2. Các hệ số phụ thuộc $\cos \varphi$ .....	45
Bảng 3.1. Ảnh hưởng của thiết bị FACTS đến các chỉ tiêu.....	49
Bảng 4.1. Giá trị điện áp, công suất một số nút 10kV (phụ tải 10kV biến thiên theo điện áp).....	49
Bảng 4.2. Công suất phụ tải nút (phụ tải 10kV biến thiên theo điện áp).....	90
Bảng 4.3. Giá trị điện áp, công suất phụ tải nút 10kV (phụ tải tất cả các nút biến thiên theo điện áp).....	91
Bảng 4.4. Quan hệ công suất SVC và độ dự trữ ổn định .....	97



## DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ

Hình 1.1. Sơ đồ lưới điện hình tia.....	14
Hình 1.2. Sơ đồ cung cấp điện kín vận hành hở .....	15
Hình 1.3. Biểu đồ tỷ trọng các cấp điện áp lưới trung áp toàn quốc.....	17
Hình 1.4. Biểu đồ tỷ trọng các cấp điện áp lưới trung áp khu vực miền Bắc .....	18
Hình 1.5. Biểu đồ tỷ trọng các cấp điện áp lưới trung áp khu vực miền Nam .....	23
Hình 1.6. Biểu đồ tỷ trọng các cấp điện áp lưới trung áp khu vực miền Trung .....	26
Hình 1.7. Khối lượng đường dây và TBAPP qua các năm.....	28
Hình 2.1. Đặc tính moomen tĩnh $M(s)$ .....	31
Hình 2.2a. Mô hình đẳng trị của động cơ không đồng bộ .....	31
Hình 2.2b. Dạng đặc tính CSPK $Q_s(U)$ .....	31
Hình 2.3a. Sự phụ thuộc của $U^*$ vào $s$ khi $\alpha = 1$ , $\beta$ nhận các giá trị khác. ....	33
Hình 2.3b. Hiện tượng sụp đổ điện áp .....	33
Hình 2.4a. Sơ đồ đẳng trị một động cơ không đồng bộ nối với nút nguồn cung cấp qua một kháng điện. ....	35
Hình 2.4b. Đặc tính $Q(E)$ .....	35
Hình 2.4c. Đặc tính $E(U)$ .....	35
Hình 2.4d. Dạng đặc tính CSTD $P(s)$ .....	35
Hình 2.5. Quan hệ giữa CSTD, CSPK của phụ tải theo điện áp.....	46
Hình 3.1. Sơ đồ thuật toán phương pháp Newton-Raphson .....	52
Hình 3.2. Sơ đồ khảo sát giới hạn CCD LĐTA .....	56
Hình 3.3. Giới hạn mặt phẳng công suất $S_1$ theo chỉ số $L$ .....	57
Hình 3.4. Mạch điện đơn giản RL.....	60
Hình 3.5. Quan hệ giữa CSTD và CSPK .....	60
Hình 3.6. Nguyên lý cấu tạo SVC.....	68
Hình 3.7. Sơ đồ giải thích nguyên lý làm việc của SVC .....	69
Hình 3.8. Sơ đồ và nguyên lý hoạt động của Thyristor .....	71
Hình 3.9. Sơ đồ biểu diễn đặc tính làm việc của SVC.....	72

Hình 3.10. Đặc tính điều chỉnh của SVC .....	72
Hình 3.11. Sơ đồ tính toán CĐXL .....	73
Hình 3.12. Đặc tính của CSTD .....	77
Hình 3.13. Đặc tính CSPK của máy phát.....	77
Hình 3.14. Mô hình SVC .....	77
Hình 3.15. Các dạng đặc tính của SVC.....	79
Hình 3.16a. Sơ đồ nguyên lý.....	79
Hình 3.16b. Sơ đồ tính toán .....	79
Hình 4.1. Quan hệ $U = f(P)$ .....	81
Hình 4.2. Phương pháp liên tục vẽ đường cong PV .....	82
Hình 4.3. Giao diện phần mềm PSAT .....	83
Hình 4.4. Chức năng vẽ đường cong PV của PSAT .....	84
Hình 4.5. Sơ đồ cấu trúc lưới điện 53 nút .....	85
Hình 4.6. Quan hệ $\lambda = f(E)$ .....	87
Hình 4.7. Quan hệ công suất SVC và độ dự trữ ổn định .....	98

## MỞ ĐẦU

### 1. Lý do chọn đề tài.

Ổn định điện áp là một vấn đề đã và đang được nghiên cứu nhiều ở các nước phát triển trên thế giới, nhất là trong cơ chế thị trường điện do tác hại của hiện tượng mất ổn định điện áp là rất lớn, có thể đưa hệ thống điện đến tình trạng sụp đổ điện áp từng phần hoặc hoàn toàn. Lưới điện trung áp Việt Nam trong thời gian qua phát triển quá nhanh, trải rộng trên mọi địa hình. Sự phát triển quá nhanh của lưới điện phân phối theo nhu cầu tăng trưởng của phụ tải có thể dẫn đến những thay đổi bất hợp lý sơ đồ lưới điện trung áp, trong đó có nguy cơ mất ổn định điện áp. Việc đánh giá và nghiên cứu ổn định điện áp của lưới phân phối điện trung áp là rất cần thiết trong thực tế hiện nay và tương lai. Đó cũng là lý do chọn đề tài nghiên cứu của luận văn: *“Nghiên cứu các biện pháp nâng cao ổn định điện áp của lưới phân phối điện trung áp”*

### 2. Lịch sử nghiên cứu.

Đã có rất nhiều tài liệu công bố về vấn đề nghiên cứu của đề tài. Các nội dung đang được quan tâm nghiên cứu chủ yếu là:

- Lựa chọn cấu trúc LĐTA dựa trên việc nghiên cứu các chỉ tiêu ổn định, xác định những nút phụ tải, nhánh đường dây có vai trò quan trọng trong HTCCĐ để cải thiện các thông số. Kết quả nghiên cứu cho thấy việc lựa chọn cấu trúc LĐTA có xét đến đặc trưng ổn định điện áp thì khả năng tải của lưới và độ dự trữ ổn định các nút đều được cải thiện. [10]

- Đánh giá ổn định điện áp qua đặc tuyến PV, QV và nâng cao ổn định điện áp bằng cách sử dụng thiết bị FACTS.

- Nghiên cứu ổn định điện áp lưới điện phân phối khi có kết nối DG [9]

Tuy nhiên vẫn còn nhiều vấn đề chưa giải quyết được và đang được quan tâm nghiên cứu:

- Ảnh hưởng cụ thể của các thiết bị FACTS đến ổn định điện áp lưới điện phân phối Việt Nam.

- Lựa chọn vị trí lắp đặt thiết bị FACTS mang lại hiệu quả nâng cao ổn định điện áp lưới điện phân phối.

- Ổn định điện áp lưới điện phân phối khi có các DG nối vào lưới.

Luận văn lựa chọn hướng nghiên cứu biện pháp nâng cao ổn định điện áp dựa trên các tiêu chuẩn phân tích ổn định: thay đổi cấu trúc lưới điện và phân tích ổn định điện áp lưới phân phối trung áp khi xét đến đặc tính tĩnh của phụ tải, ảnh hưởng của SVC đến ổn định điện áp lưới phân phối trung áp.

### **3. Mục đích nghiên cứu của luận văn, đối tượng và phạm vi nghiên cứu.**

#### ***Mục đích nghiên cứu của luận văn:***

- Đưa ra biện pháp nâng cao ổn định điện áp lưới điện phân phối trung áp.
- Đánh giá ảnh hưởng của điện áp nguồn, của đặc tính tĩnh của phụ tải và của SVC đến độ dự trữ ổn định điện áp của lưới điện phân phối.

#### ***Đối tượng nghiên cứu:***

Các đặc điểm lưới phân phối trung áp, lý thuyết phân tích ổn định điện áp, thiết bị bù công suất phản kháng SVC, phần mềm tính toán phân tích ổn định điện áp PSAT, lưới điện phân phối trung áp có 2 cấp điện áp 35, 10kV.

#### ***Phạm vi nghiên cứu:***

- Luận văn nghiên cứu lý thuyết về ổn định điện áp, đánh giá phương pháp phân tích ổn định điện áp nút tải.
- Tính toán đánh giá ổn định điện áp cho lưới phân phối trung áp 53 nút có 2 cấp điện áp.
- Nghiên cứu hai nhóm biện pháp nâng cao ổn định điện áp trong lưới phân phối trung áp: thay đổi cấu trúc lưới, bù công suất phản kháng.

### **4. Tóm tắt cô đọng các luận điểm cơ bản và đóng góp mới của tác giả.**

#### ***Các nội dung chính của luận văn:***

- Tổng quan về lưới điện phân phối trung áp.
- Phương pháp đánh giá ổn định điện áp lưới điện phân phối trung áp.
- Các biện pháp nâng cao ổn định điện áp lưới điện phân phối trung áp.
- Tính toán áp dụng.

***Đóng góp mới của tác giả:***

- Sử dụng phần mềm PSAT tính toán độ dự trữ ổn định điện áp cho lưới điện cụ thể.
- Phân tích ổn định điện áp của lưới điện phân phối trung áp 53 nút, ảnh hưởng của SVC đến ổn định điện áp lưới phân phối trung áp.
- Đề xuất biện pháp nâng cao ổn định điện áp lưới phân phối trung áp.

**5. Phương pháp nghiên cứu.**

- Nghiên cứu lý thuyết về phân tích ổn định điện áp và phương pháp đánh giá ổn định điện áp cho lưới điện phân phối.
- Sử dụng phần mềm tính toán, phân tích, đánh giá, nâng cao ổn định điện áp.

## Chương 1: TỔNG QUAN VỀ LƯỚI ĐIỆN PHÂN PHỐI TRUNG ÁP

### 1.1. Đặc điểm của lưới điện phân phối trung áp.

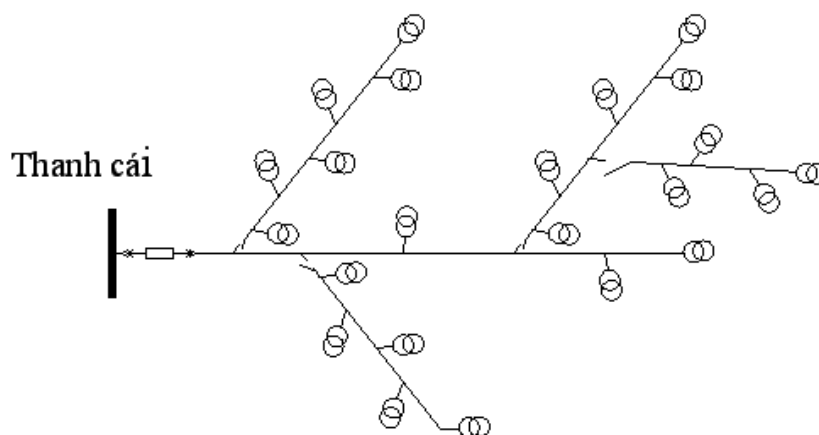
LĐPP trung áp là cầu nối quan trọng giữa lưới truyền tải và các hộ phụ tải hạ áp (các trạm biến áp phân phối). Đặc điểm chính khi nghiên cứu LĐPP trung áp như sau:

#### 1.1.1. Cấu trúc lưới điện.

- Cấu trúc LĐPP trung áp đa dạng, phức tạp, số lượng nút nhánh rất nhiều do đó việc tính toán các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật gặp rất nhiều khó khăn.

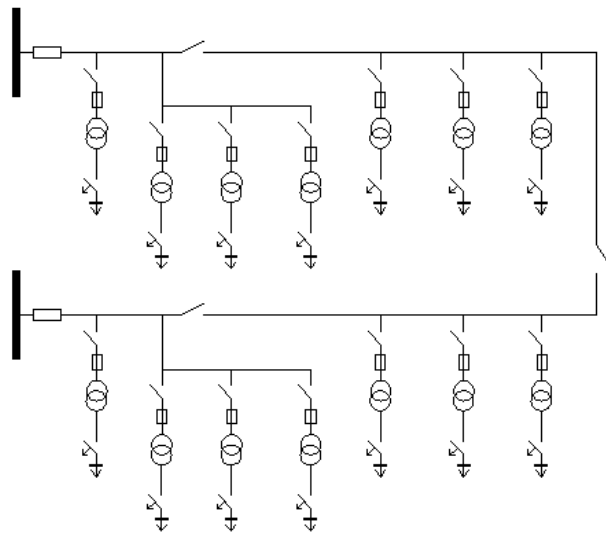
- Lưới điện phát triển nhanh, trải rộng, các hộ phụ tải đa dạng, đan xen.

- Chế độ vận hành bình thường LĐPP trung áp là vận hành hở. Các sơ đồ lưới điện thường gặp là: hình tia, hình tia có nguồn dự phòng (lưới điện kín vận hành hở). Các sơ đồ trên có ưu điểm như: vận hành đơn giản, trình tự phục hồi lại kết cấu sau sự cố dễ dàng hơn, ít gặp khó khăn trong việc lập kế hoạch cắt điện cục bộ. Một số sơ đồ cung cấp điện thường được sử dụng như các hình.



Hình 1.1

### Thanh cái



Hình 1.2

#### + Sơ đồ LĐPP trung áp trên không

LĐPP trên không sử dụng ở nông thôn là nơi có phụ tải phân tán với mật độ phụ tải không cao, việc đi dây trên không không bị hạn chế vì điều kiện an toàn hay mỹ quan. Ở LĐPP trên không có thể dễ dàng nối các dẫn với nhau, các đường dây khá dài và việc tìm kiếm điểm sự cố không khó khăn như với LĐPP cáp. Lưới phân phối nông thôn không đòi hỏi về độ tin cậy cao như LĐPP thành phố. Vì thế LĐPP trên không có sơ đồ hình tia (hình cành cây), từ trạm nguồn có nhiều trục chính đi ra cấp điện cho từng nhóm trạm phân phối (hình 1.1 và hình 1.2). Các trục chính được phân đoạn để tăng độ tin cậy, thiết bị phân đoạn có thể là máy cắt, máy cắt có tự đóng lại có thể tự động cắt ra khi sự cố và điều khiển từ xa. Giữa các trục chính của một trạm nguồn hoặc của các trạm nguồn khác nhau có thể được nối liên thông để dự phòng khi sự cố hoặc khi ngừng điện kế hoạch đường trục hoặc trạm biến áp nguồn. Máy cắt hoặc dao cách ly liên lạc được mở trong khi làm việc để vận hành hờ.

#### + Sơ đồ LĐPP cáp trung áp

LĐPP cáp được dùng ở thành phố có mật độ phụ tải cao, do đó lưới ngắn. Điều kiện thành phố không cho phép đi dây trên không mà phải chôn xuống đất tạo thành lưới phân phối cáp. LĐPP thành phố đòi hỏi độ tin cậy cung cấp điện cao,

hơn nữa việc tìm kiếm điểm sự cố khó khăn và sửa chữa điểm sự cố lâu nên lưới phân phối cáp có các sơ đồ phức tạp và đắt tiền. Các chỗ nối cáp được hạn chế đến mức tối đa vì xác suất hỏng các chỗ nối rất cao.

### **1.1.2. Ảnh hưởng lớn đến các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật của HTĐ.**

- Chất lượng cung cấp điện ảnh hưởng trực tiếp đến các hộ tiêu thụ.
- Tổn thất điện năng chiếm tỉ lệ lớn so với lưới truyền tải (tổn thất trên LĐPP từ 6% - 8%, lưới truyền tải từ 1,5% - 2%).
- Vốn đầu tư cho mạng trung áp cũng chiếm tỷ trọng lớn: nếu chia theo tỉ lệ vốn đầu tư mạng cao áp là 1, thì mạng trung áp từ 1,5-2 lần, hạ áp từ 2-2,5 lần.
- Xác suất ngừng cung cấp điện do sự cố, sửa chữa bảo dưỡng theo kế hoạch cải tạo, lắp đặt trạm mới trên LĐPP trung áp cũng nhiều hơn so với lưới truyền tải.

## **1.2. Hiện trạng của LĐPP trung áp Việt Nam.**

LĐPP trung áp Việt Nam, ngoài các đặc điểm chung nói trên còn có những đặc điểm riêng. Hiện trạng và đặc điểm của LĐPP trung áp Việt Nam như sau:

### **1.2.1. Có nhiều cấp điện áp.**

LĐPP trung áp Việt Nam phát triển từ đầu thế kỷ 20, với mô hình lưới (3, 6)kV là cấp phân phối tải, lưới 35kV là cấp trung gian. Do nhu cầu dùng điện tăng, cùng với khả năng cấp điện hạn chế của lưới (3, 6)kV nên lưới điện (10, 15)kV được đưa vào sử dụng nhằm thay thế dần lưới (3, 6)kV (lưới 10kV ở miền Bắc, miền Trung, lưới 15kV cho khu vực miền Trung, miền Nam), lưới 35kV vừa làm nhiệm vụ phân phối vừa cấp điện cho các trạm trung gian. Từ năm 1993, lưới 22kV chính thức được xây dựng và vận hành để từng bước chuyển đổi lưới (6, 10, 15, 35)kV thành lưới 22kV.

Do tính lịch sử, LĐPP trung áp Việt Nam tồn tại nhiều cấp điện áp khác nhau. Miền Bắc sử dụng các cấp điện áp (6, 10, 22, 35) kV, miền Trung sử dụng cấp điện áp (6, 10, 15, 22, 35) kV, miền Nam sử dụng cấp điện áp (15, 22)kV (cấp 35kV còn tồn tại không đáng kể).

Lưới 22kV có mặt hầu khắp toàn quốc, tuy nhiên tỷ lệ lưới 22kV ở mỗi địa phương khác nhau (miền Nam 50%, miền Bắc 32%, miền Trung 18%).

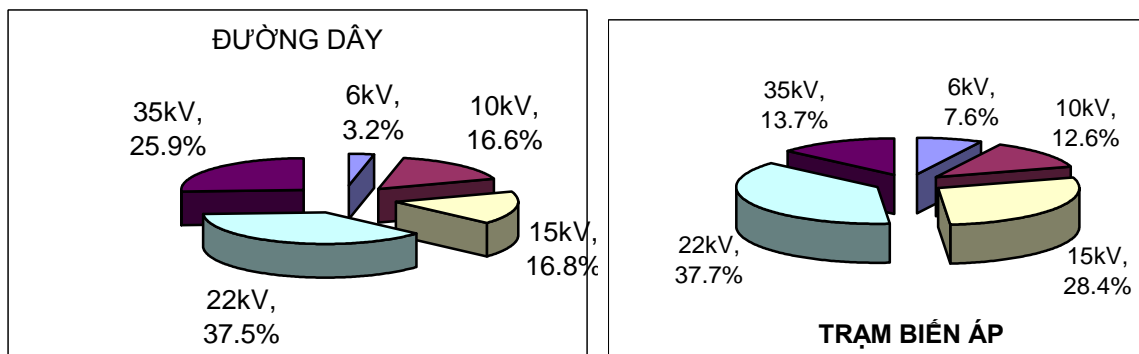


Lưới 35kV tồn tại khắp toàn quốc trừ khu vực Thành phố Hồ Chí Minh, tuy nhiên khối lượng lưới 35kV ở miền Bắc chiếm tỷ lệ áp đảo (88,2%), miền Trung (9,3%), miền Nam (2,5%)

Lưới 15kV chủ yếu tập trung ở khu vực miền Nam (82,4%) và miền Trung (15,6%)

Lưới 10kV tập trung chủ yếu ở miền Bắc (82,4%), miền Trung (17,6%).

Lưới 6kV chủ yếu tập trung ở khu vực miền Bắc (74,8%), miền Trung chiếm 25,2%.



Hình 1.3

Nhìn chung, LĐPP trung áp Việt Nam trước đây và hiện nay vẫn còn mang tính đặc trưng phân miền khá rõ nét. Phân tích chi tiết hiện trạng LĐPP trung áp Việt Nam theo các khu vực như sau:

#### 1.2.1.1. Khu vực miền Bắc

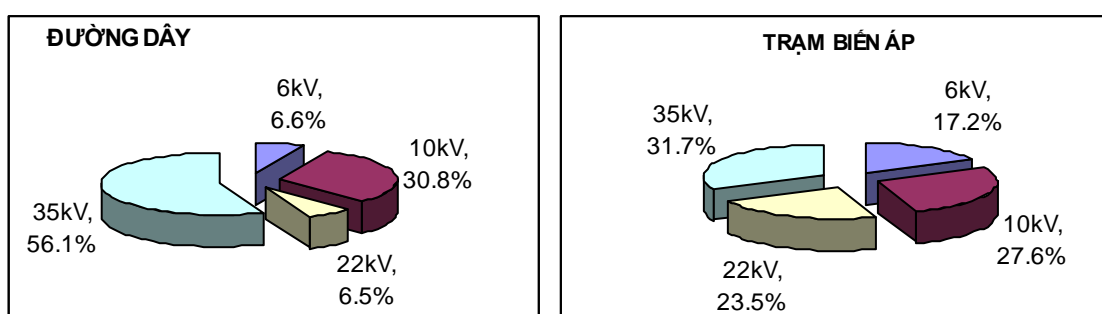
Lưới điện miền Bắc tồn tại 4 cấp điện áp 6, 10, 22, 35kV.

Lưới 35kV vừa làm nhiệm vụ truyền tải thông qua các trạm trung gian 35/22, 10/6kV vừa đóng vai trò phân phối cho các phụ tải thông qua các trạm phân phối.

Lưới 10kV được xây dựng từ những năm 1960-1970 thường tập trung ở khu vực thị trấn (đối với các tỉnh miền núi) và những vùng nông thôn, thành phố nhỏ (khu vực đồng bằng).

Lưới 6kV được xây dựng cách đây 60-70 năm tại các thành phố lớn như Hà Nội, Hải Phòng, Nam Định, Việt Trì, Vinh, Hạ Long.

Riêng lưới 22kV mới được phát triển trong những năm gần đây tại những thành phố, thị xã, một số khu vực thị trấn, thị tứ có nguồn 22kV.



Hình 1.4

Đối với lưới trung áp miền Bắc, LĐPP trung áp không đồng nhất và thể hiện nét đặc trưng theo từng khu vực.

*a. Khu vực miền núi.*

Trong thời gian qua, tại khu vực này lưới điện 35kV phát triển mạnh mẽ, hiện khối lượng chiếm tỷ trọng từ (70-80)%. Nguyên nhân dẫn tới lưới điện 35kV tại khu vực này phát triển mạnh mẽ và chiếm tỷ trọng lớn là chương trình điện khí hóa nông thôn đưa điện tới các hộ vùng sâu, vùng xa; khoảng cách cung cấp điện từ trạm nguồn tới các hộ phụ tải lớn; mật độ phụ tải nhỏ.

Lưới 35kV ở miền núi hiện nay phần lớn không đảm bảo các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật do một số nguyên nhân:

- Lưới 35kV gồm nhiều loại dây dẫn tiết diện nhỏ, chấp vá, nhiều đường dây xây dựng từ lâu, hiện đã xuống cấp nghiêm trọng;
- Nhiều tuyến mang tải lớn, bán kính cấp điện quá dài như một số tuyến 35kV khu vực các tỉnh Lai Châu, Hà Giang, Lạng Sơn, Bắc Giang, Tuyên Quang, Bắc Kạn, Hòa Bình... gây nên tổn thất điện áp và điện năng cao;
- Lưới 35kV vừa làm nhiệm vụ chuyên tải, phân phối, các trang thiết bị trên lưới lạc hậu nên chất lượng cung cấp điện thấp.

*b. Khu vực nông thôn đồng bằng.*

LĐPP trung áp khu vực này được hình thành từ những năm 1954 và thường sử dụng 2 cấp điện áp 35kV và (6,10)kV; giai đoạn đầu cấp 35kV là cấp trung gian, (6,10)kV là cấp phân phối tải. Từ những năm 1990 trở lại đây do mật độ phụ tải tăng nhanh cùng với lưới (6,10)kV và các trạm trung gian 35/10(6)kV bị quá tải nên

lưới điện 22kV đã từng bước được xây dựng nhằm thay thế dần lưới (6,10)kV tải khu vực không đảm bảo các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật, bên cạnh đó lưới 35kV cũng trở thành cấp cấp phân phối tải.

LĐPP trung áp khu vực đồng bằng có đặc điểm sau:

- Tỷ trọng lưới (6,10)kV chiếm tỉ trọng cao (50-60%), lưới 22kV chiếm tỉ trọng (20-40%), lưới 35kV chiếm tỉ trọng (10-20%);
- Hiện tại phần lớn các trạm trung gian 35/10kV đều đã vận hành ở trạng thái đầy và quá tải. Các trạm trung gian này được xây dựng từ những năm trước 1993 và hiện các thiết bị đã lạc hậu và xuống cấp, gây khó khăn trong việc cấp điện cho các khách hàng.

Chất lượng lưới (6,10)kV không đảm bảo độ an toàn cung cấp điện do:

- Được xây dựng từ lâu, tiết diện nhỏ;
- Nhiều tuyến mang tải cao, bán kính cấp điện lớn;
- Việc xây dựng không theo quy hoạch dài hạn, vốn đầu tư hạn chế.

#### *c. Khu vực đô thị, ven đô.*

Khu vực này, trước đây chủ yếu là lưới (6,10)kV, trong thời gian vừa qua do mật độ phụ tải tăng nhanh, lưới (6,10)kV xuống cấp nên ngành điện đã tập trung vốn để cải tạo lưới điện hiện hữu thành lưới 22kV.

Hiện nay tại khu vực này lưới (6,10,35)kV chiếm tỷ trọng khoảng 30-40%, lưới 22kV chiếm tỷ trọng (60-40%)

#### **Lưới điện trung áp tại các tỉnh khảo sát.**

##### **\* Thành phố Hà Nội**

Năm 2005 điện thương phẩm Thành phố Hà Nội là 4,03 tỷ kWh, lưới điện trung áp tồn tại 4 cấp điện áp 35, 22, 6, 10kV với 2.479km đường dây, trong đó 41% là cáp ngầm, 5452 trạm/ 3.636,5MVA trạm biến áp phân phối.

- Lưới 35kV bao gồm: 399km đường dây (chiếm 16% theo khối lượng đường dây trung áp), 638 trạm/ 324,06MVA (chiếm 12,3% theo dung lượng TBA phân phối). Nhìn chung trong thời gian qua lưới 35kV không phát triển và có xu hướng giảm.

- Lưới 22kV bao gồm: 770km đường dây (chiếm 31,1% theo khối lượng đường dây trung áp), 1.833 trạm / 1.058,74MVA (chiếm 41,16% theo dung lượng TBA phân phối)

- Lưới 10kV bao gồm: 460km đường dây (chiếm 18,5% theo khối lượng đường dây trung áp), 1.093 trạm / 515,152MVA (chiếm 19,5% theo dung lượng TBA phân phối).

- Lưới 6kV bao gồm: 850km đường dây (chiếm 34,3% theo khối lượng đường dây trung áp), 1.888 trạm / 738,55MVA (chiếm 28% theo dung lượng TBA phân phối).

Trong những năm qua hệ thống LĐPP 6-10kV, đặc biệt là lưới 6kV đang được đầu tư cải tạo nâng cấp lên 22kV với tiến độ khá nhanh. Hiện tại trên toàn thành phố số TBA đang vận hành 6kV chiếm 28% (năm 2000 còn là 53,6%); số trạm biến áp đang vận hành 10kV chiếm 19,5% (năm 2000 là 25,4%); số trạm biến áp đang vận hành cấp 22kV chiếm trên 40,1% (so với năm 2000 mới chỉ là 3,5%). Nhờ được cải tạo nâng cấp, chất lượng lưới trung áp trên địa bàn Thành phố Hà Nội đã được cải thiện đáng kể, tỷ lệ tổn thất trên lưới giảm từ 10,9% năm 2000 xuống còn 9,13% năm 2004.

Tuy nhiên, hệ thống lưới trung áp còn gồm nhiều hệ thống 6, 10, 22, 35kV tiếp tục gây khó khăn lớn trong quản lý vận hành và hạn chế rất nhiều khả năng linh hoạt cung cấp điện mỗi khi lưới bị sự cố.

#### \* Tỉnh Thái Bình

Năm 2005 điện thương phẩm tỉnh Thái Bình là 482 triệu kWh, lưới điện trung áp tồn tại 2 cấp điện áp 35kV và 10kV.

- Lưới 35kV bao gồm: 358km đường dây (chiếm 20% theo khối lượng đường dây trung áp), 281 trạm/ 96.110kVA (chiếm 28,8% theo dung lượng TBA phân phối). Lưới 35kV có mặt ở tất cả các huyện thị với nhiệm vụ vừa cấp điện cho các TBA phân phối, vừa cấp điện cho các TBA trung gian. Đặc điểm chính của lưới điện 35kV tỉnh Thái Bình là tiết diện dây nhỏ (AC-120,95,70,50), xây dựng lâu, hiện đã xuống cấp, nhiều tuyến dây mang tải cao, tổn thất điện áp lớn. Trên địa bàn

tỉnh có 4 lộ 35kV có tổn thất điện áp trên 6%, cá biệt có lộ tổn thất trên 12%. Việc tồn tại quá nhiều TBATG và các TBATG đều vận hành trong tình trạng đầy tải dẫn tới lãng phí vốn đầu tư xây dựng mở rộng trạm, nhân công trực vận hành trạm và làm tăng tổn thất điện năng.

- Lưới 10kV bao gồm: 1.362km đường dây (chiếm 80% theo khối lượng đường dây trung áp), 1.452 trạm/ 236.490kVA (chiếm 71,2% theo dung lượng TBA phân phối). Lưới 10kV Thái Bình xây dựng từ lâu, nguồn vốn xây dựng hạn hẹp, việc xây dựng chưa được quy chuẩn cho nên lưới 10kV trên địa bàn tỉnh Thái Bình chủ yếu dùng cột chữ H, dây dẫn tiết diện nhỏ (AC-35,50), mang tải lớn, tổn thất điện áp cuối đường dây cao. Trên địa bàn tỉnh có 7 lộ 10kV tổn thất điện áp trên 10%, 11 lộ tổn thất trên 6%. Dẫn tới nhiều khu vực lưới 10kV không đáp ứng yêu cầu phát triển kinh tế xã hội của tỉnh.

- Trong những năm qua do nguồn vốn hạn hẹp, việc xây dựng mới các TBA đều không có cấp điện áp 22kV để chờ. Do vậy đối với tỉnh Thái Bình việc cải tạo lưới 10kV -> 22kV là tương đối khó khăn, đòi hỏi nguồn vốn lớn.

#### \* Tỉnh Hà Giang

Năm 2005 điện thương phẩm là 64 triệu kWh, lưới điện trung áp tồn tại 3 cấp điện áp 35, 22, 10kV.

- Lưới 35kV bao gồm: 1.116km đường dây (chiếm 85,2% theo khối lượng đường dây trung áp), 329 trạm/ 25.082kVA (chiếm 44,4% theo dung lượng TBA phân phối). Lưới 35kV có mặt ở tất cả các huyện thị với nhiệm vụ là vừa cấp điện cho các TBA phân phối, vừa cấp điện cho các TBATG. Đặc điểm chính của lưới điện 35kV tỉnh Hà Giang là tiết diện dây dẫn nhỏ (AC-95,70,50), chiều dài cấp điện lớn, một tuyến đường dây 35kV cấp điện cho nhiều huyện (điển hình lộ 375 trạm TX.Hà Giang chiều dài đường trục 131km)

- Lưới 22kV bao gồm: 131km đường dây (chiếm 9,98% theo khối lượng đường dây trung áp), 19 trạm / 2.840kVA (chiếm 5% theo dung lượng TBA phân phối). Lưới 22kV chỉ mới sử dụng ở thị trấn Việt Quang huyện Bắc Quang (2 lộ

471 và 473). Đặc điểm lưới 22kV tỉnh Hà Giang là bán kính cấp điện nhỏ, công suất truyền tải trên đường dây nhỏ.

- Lưới 10kV bao gồm: 63,4km đường dây (chiếm 4,82% theo khối lượng đường dây trung áp), 142 trạm / 28.570kVA (chiếm 50,6% theo dung lượng TBA phân phối). Lưới 10kV có mặt ở 6 thị trấn của 6 huyện và thị xã Hà Giang. Đặc điểm lưới 10kV tỉnh Hà Giang là lưới khu vực thị xã Hà Giang tương đối nặng tải và phần lớn đều được thiết kế theo quy chuẩn 22kV, nên dễ dàng thực hiện việc chuyển đổi thành lưới 22kV (trong 142 TBA có 76 trạm/16.716kVA TBA có đầu 22kV), còn lại các khu vực khác lưới 10kV tương đối nhẹ tải và trong thời gian vừa qua lưới 10kV ở các khu vực này hầu như hạn chế phát triển (chủ yếu là phát triển lưới 35kV).

#### \* Tỉnh Phú Thọ

Năm 2005 điện thương phẩm là 590 triệu kWh, lưới điện trung áp tồn tại 3 cấp điện áp 35, 10, 6kV.

- Lưới 35kV bao gồm: 1.076km đường dây (chiếm 63,7% theo khối lượng đường dây trung áp), 519 trạm/ 157.650kVA (chiếm 51,88% theo dung lượng TBA phân phối). Lưới 35kV có mặt ở tất cả các huyện thị với nhiệm vụ là vừa cấp điện cho các TBA phân phối, vừa cấp điện cho các TBATG.

- Lưới 10kV bao gồm: 409km đường dây (chiếm 24% theo khối lượng đường dây trung áp), 222 trạm / 46.370kVA (chiếm 15,26% theo dung lượng TBA phân phối). Lưới 10kV tập trung ở các thị trấn các huyện. Đặc điểm lưới 10kV tỉnh Phú Thọ là bán kính cấp điện lớn, tiết diện dây dẫn nhỏ, hình tia, công suất truyền tải trên đường dây lớn.

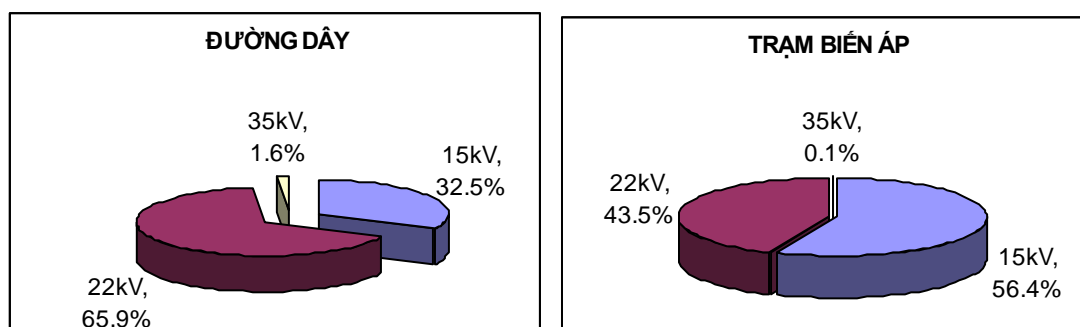
- Lưới 6kV bao gồm: 205km đường dây (chiếm 12,1% theo khối lượng đường dây trung áp), 316 trạm / 99.165kVA (chiếm 32,86% theo dung lượng TBA phân phối). Lưới 6kV có mặt ở Thành phố Việt Trì, thị xã Phú Thọ, thị trấn Thanh Sơn, Thanh Ba. Đặc điểm lưới 6kV tỉnh Phú Thọ xây dựng đã lâu (1960), tiết diện dây nhỏ, công suất truyền tải trên đường dây cao, tổn thất điện áp và điện năng lớn.

- Lưới 35,10,6kV thiết kế theo quy chuẩn 22kV có: 66,2km, 79 trạm / 22MVA và chủ yếu tập trung ở Thành phố Việt Trì. Hiện nay Điện lực Phú Thọ đang triển khai dự án cải tạo lưới điện 6kV Thành phố Việt Trì thành lưới 22kV với số vốn đầu tư 80 tỷ đồng.

#### 1.2.1.2. Khu vực miền Nam.

Lưới điện trung áp tồn tại 3 cấp điện áp (35,22,15)kV. Lưới 35kV có khối lượng rất nhỏ mà chủ yếu là lưới (15,22)kV.

Trong thời gian vừa qua lưới 22kV các tỉnh miền Nam phát triển mạnh mẽ, nếu không tính hai khu vực Thành phố Hồ Chí Minh và tỉnh Đồng Nai, lưới 22kV khu vực Công ty Điện lực 2 quản lý chiếm 87,9% (theo dung lượng TBA), 81,9% (theo khối lượng đường dây). Mặt khác ở khu vực này lưới 15kV hầu hết được thiết kế theo tiêu chuẩn 22kV, do vậy ở khu vực này việc chuyển đổi lưới 15kV sang 22kV cơ bản rất thuận lợi. Trong một vài năm tới lưới 15kV cơ bản chuyển thành lưới 22kV.



Hình 1.5

#### **Lưới điện trung áp tại các tỉnh khảo sát.**

##### \* Tỉnh Cà Mau

Năm 2005 điện thương phẩm là 387 tỷ kWh, lưới điện trung áp tồn tại 2 cấp điện áp 35, 22kV.

Năm 1997 Điện lực Cà Mau chuyển đổi lưới 15,20kV thành lưới 22kV, năm 2002 Điện lực Cà Mau hoàn thành việc chuyển đổi lưới 15,20kV thành lưới 22kV. Hiện nay trên địa bàn tỉnh có 3.404km đường dây, 3585 TBA phân phối / 173.330kVA.

Sau khi thực hiện nâng cấp lưới điện từ 15,20kV thành lưới 22kV, tình hình lưới điện vận hành rất ổn định và an toàn, đồng thời cải thiện rất lớn về chất lượng điện áp, góp phần giảm đáng kể tổn thất điện năng, tổn thất điện năng lúc chưa cải tạo là 12,77%, năm 2002 thực hiện là 9,69% giảm 3,08%, mặc dù tốc độ tăng trưởng điện thương phẩm trong các năm qua là 22,5% (1997-2005).

#### \* Thành phố Hồ Chí Minh

Năm 2005 điện thương phẩm là 9,85 tỷ kWh, lưới điện trung áp tồn tại 2 cấp điện áp 22,15kV. Trong đó lưới 22kV được xây dựng tại huyện Củ Chi, còn lại các quận huyện khác vận hành ở lưới 15kV.

- Cấp điện áp 22kV và xây dựng theo tiêu chuẩn 22kV (đường dây chiếm tỷ trọng 40,3%, TBA chiếm 63,7%).

+ Lưới 22kV: 13,57km, 18 MBA/ 7,196MVA

+ Lưới thiết kế 22kV, vận hành ở cấp 15kV: đường dây 1.636km, 16.105 MBA/ 3.403MVA

- Lưới thiết kế ở cấp điện áp 15kV, vận hành ở cấp điện áp 15kV: đường dây 2.445km (chiếm tỷ trọng 59,7%). TBA có 14.595 máy / 1.938MVA (chiếm tỷ trọng 36,4% theo dung lượng).

Mặc dù lưới điện trung áp Thành phố Hồ Chí Minh được thiết kế ở cấp 22kV rất nhiều, đặc biệt là khu vực ngoại thành, các quận ven đô, tuy nhiên việc chuyển lưới 15kV sang vận hành ở cấp 22kV là rất chậm. Nguyên nhân chính là tình trạng xen kẽ giữa lưới được thiết kế ở cấp điện áp 15kV và 22kV.

#### \* Tỉnh Đồng Nai

Năm 2005 điện thương phẩm là 3,033 tỷ kWh, lưới điện trung áp tồn tại 3 cấp điện áp 35,22,15kV. Trong đó lưới 22kV được xây dựng tại huyện Củ Chi, còn lại các quận huyện khác vận hành ở lưới 15kV.

- Cấp điện áp 35kV với khối lượng 93,4km (chiếm tỷ trọng 4%) cấp điện cho 5 trạm trung gian với tổng dung lượng 44,8MVA.

- Cấp điện áp 22kV và xây dựng theo tiêu chuẩn 22kV.



+ Cấp điện áp 22kV (bao gồm cả 3 pha và 1 pha). Đường dây 1.995km chiếm tỷ trọng 63% lưới trung áp, TBA 549MVA chiếm tỷ trọng 35,5%.

+ Xây dựng theo tiêu chuẩn 22kV vận hành ở cấp 15kV: đường dây 1.076km chiếm tỷ trọng 34%, TBA 928,85MVA chiếm tỷ trọng 61,5%.

- Lưới điện thiết kế 15kV vận hành 15kV: 200km đường dây (tỷ trọng 7%), 355TBA/500 máy/ 42,2055MVA (chiếm tỷ trọng 3%)

Hiện nay tỉnh Đồng Nai đang đẩy mạnh việc đầu tư các trạm nguồn có đầu 22kV và hoàn thành chương trình cải tạo lưới trung áp thành lưới 22kV.

#### \* Tỉnh Bình Dương

Năm 2005 điện thương phẩm là 1,85 tỷ kWh, lưới điện trung áp tồn tại 3 cấp điện áp 35,22,15kV.

- Cấp điện áp 35kV với khối lượng 77,5km (chiếm tỷ trọng 4,2%) cấp điện cho 3 trạm trung gian với tổng dung lượng 12MVA.

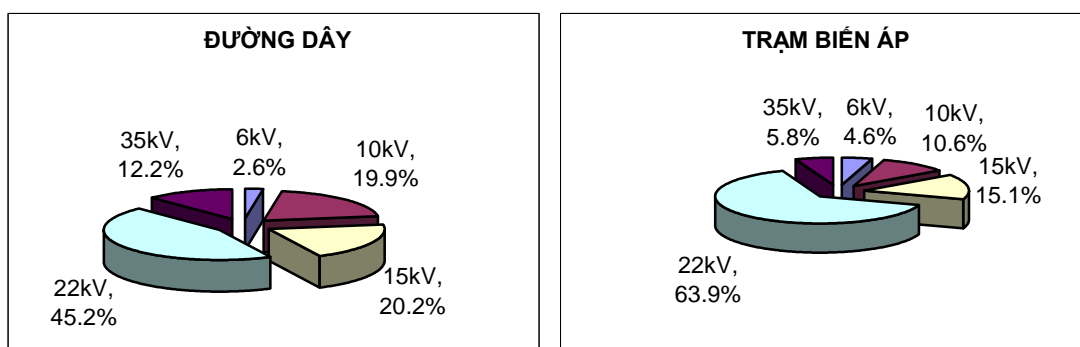
- Cấp điện áp 22kV với khối lượng 2.111km.

- Cấp điện áp 15kV với khối lượng 61,872km.

Năm 2000 Điện lực Bình Dương lập kế hoạch chi tiết nâng cấp lưới điện phân phối toàn tỉnh thành lưới 22kV. Năm 2006 Điện lực Bình Dương đã hoàn thành việc chuyển đổi lưới trung áp về cấp điện áp 22kV.

#### 1.2.1.3. Khu vực miền Trung.

Lưới điện miền Trung mang cả hai đặc điểm của miền Bắc và miền Nam, trong đó cấp điện áp (15,22)kV chiếm tỷ trọng nhiều hơn cả, lưới (6,10)kV chiếm tỷ trọng nhỏ không đáng kể. Mặt khác lưới điện trung áp khu vực miền Trung chủ yếu là phát triển sau những năm 1994, do vậy về cơ bản lưới (6,10,15)kV được thiết kế theo tiêu chuẩn 22kV, do vậy trong một vài năm tới lưới trung áp sẽ cơ bản chuyển đổi thành lưới 22kV.



Hình 1.6

### Lưới điện trung áp tại các tỉnh khảo sát

#### \* Tỉnh Khánh Hòa

Năm 2005 điện thương phẩm là 703 triệu kWh, lưới điện trung áp tồn tại 4 cấp điện áp 35,22,15,6kV.

- Lưới 35kV và các trạm trung gian: 186km chiếm 11,3% lưới trung áp, 10 trạm / 14 máy / 66,6MVA, 44 trạm / 52 máy / 25,615MVA chiếm tỷ trọng 7,4% theo dung lượng TBA. Đặc điểm của lưới 35kV tỉnh Khánh Hòa là các đường trực tiết diện lớn như AC-300,240,150,120, các TBA trung gian vận hành ở mức độ vừa tải.

- Vận hành cấp điện áp 22kV: Đường dây 22kV có tổng chiều dài 770km chiếm 47% lưới trung áp, 1.178 trạm / 241,72MVA, chiếm tỷ trọng 63,5% dung lượng TBA. Trong 5 năm vừa qua thực hiện các chương trình cải tạo lưới 6,15->22kV, lưới 22kV phát triển mạnh mẽ.

- Vận hành cấp điện áp 15kV: Đường dây 15kV có tổng chiều dài 668km chiếm 40,8% lưới điện trung áp, 832 trạm / 102,98MVA chiếm tỷ trọng 27% dung lượng TBA. Lưới 15kV về cơ bản đã được thiết kế theo quy chuẩn 22kV.

- Vận hành cấp điện áp 6kV: Đường dây 6kV có tổng chiều dài 12,7km chiếm 7,8% lưới trung áp, 119 trạm / 35,84MVA, chiếm tỷ trọng 9,4% dung lượng TBA. Năm 2006 sẽ chuyển đổi toàn bộ lưới 6kV thành lưới 22kV.

#### \* Tỉnh Gia Lai

Năm 2005 điện thương phẩm là 275 triệu kWh, lưới điện trung áp tồn tại 4 cấp điện áp 35,22,10,6kV.

- Lưới 35kV và các trạm trung gian: khối lượng đường dây 35kV có 393km chiếm tỷ trọng 13,3%, 16 TBATG / 59,45MVA, 173 TBA phân phối /36,3MVA (chiếm tỷ trọng 14,6% theo dung lượng TBA). Đặc điểm của lưới 35kV tỉnh Gia Lai là các đường trục có tiết diện lớn như AC-300,240,150,120, các TBATG vận hành ở mức độ vừa tải.

- Vận hành cấp điện áp 22kV: Đường dây 22kV có tổng chiều dài 2.536km chiếm 86% lưới trung áp, 1.583 trạm / 203,2MVA, chiếm tỷ trọng 82,1% dung lượng TBA.

- Vận hành cấp điện áp 10kV: đường dây 10kV có tổng chiều dài 10,8km, 4 trạm / 0,38MVA.

- Vận hành cấp điện áp 6kV: Đường dây 6kV có tổng chiều dài 9km, 20 trạm / 7,5MVA.

Năm 2006 chuyển đổi toàn bộ lưới 6,10kV thành lưới 22kV.

#### \* Tỉnh Đắk Lắk

Năm 2005 điện thương phẩm là 342 triệu kWh, lưới điện trung áp tồn tại 3 cấp điện áp 35,22,10kV.

- Lưới 35kV với khối lượng 385km (chiếm tỷ trọng 14,8%) cấp điện cho 15 trạm trung gian với tổng dung lượng 73,4MVA, 41 trạm phân phối với tổng dung lượng 9,67MVA chiếm tỷ trọng 4%.

- Vận hành cấp điện áp 22kV: Đường dây 22kV có tổng chiều dài 1.771km chiếm 68% lưới trung áp, 1.354 trạm / 176,1MVA, chiếm tỷ trọng 75,5% dung lượng TBA.

- Vận hành cấp điện áp 10kV: đường dây 10kV có tổng chiều dài 446km chiếm tỷ trọng 17,1%, 310 trạm / 47,27MVA chiếm tỷ trọng 20,5%. Hầu hết lưới 10kV đã xây dựng theo quy chuẩn 22kV. Căn cứ vào kế hoạch phát triển của Điện lực Đắk Lawk, dự kiến khi có nguồn 22kV sẽ chuyển đổi lưới 10kV thành lưới 22kV.

#### \* Tỉnh Lâm Đồng

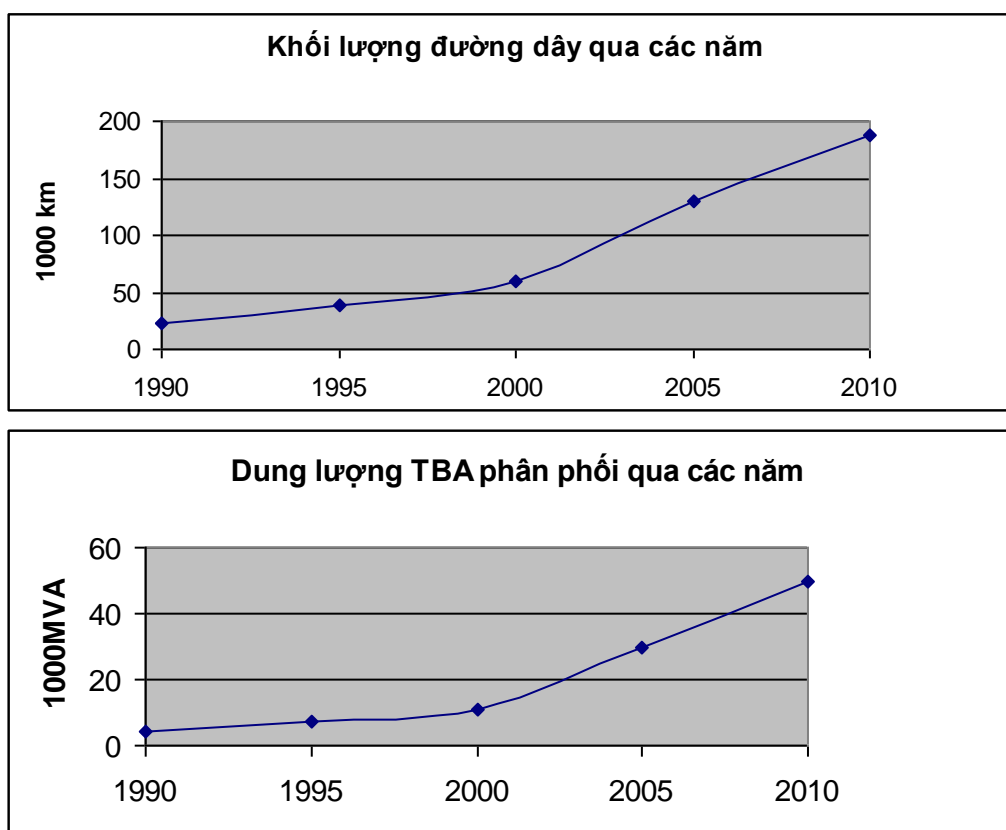
Năm 2005 điện thương phẩm là 366 triệu kWh, lưới điện trung áp tồn tại 2 cấp điện áp 35,22kV.

- Lưới 35kV với khối lượng 95km cấp điện cho 10 trạm trung gian với tổng dung lượng 58,3MVA.

- Vận hành cấp điện áp 22kV (bao gồm cả 3 pha và 1 pha): Đường dây 22kV có tổng chiều dài 2.048km, 922 trạm / 101,677MVA.

### 1.2.2. Phát triển lưới điện trung áp qua các năm.

LĐPP trung áp Việt Nam trong những năm qua phát triển với tốc độ nhanh trên tất cả các khu vực, miền trong cả nước. So với năm 1990, hiện nay khối lượng đường dây đã tăng gấp hơn 8 lần, TBA phân phối tăng gấp hơn 11 lần. Khối lượng đường dây và trạm biến áp phân phối qua các năm được thể hiện tại.



Hình 1.7

Sự phát triển nhanh chóng về quy mô công suất của HTĐ và nhu cầu tiêu thụ điện đã là cơ hội cho sự phát triển LĐPP trung áp trong nhiều năm qua. Đặc biệt sau khi đường dây 500kV đi vào vận hành, lưới truyền tải và phân phối phát triển rộng khắp trên địa bàn cả nước. Khắp 63 tỉnh đều có lưới điện Quốc gia vươn tới là điều kiện thuận lợi cho sự nghiệp điện khí hóa nông thôn. Tuy nhiên đặc điểm này cũng

là một thực trạng lịch sử. Sự phát triển quá nhanh thiếu quy hoạch dài hạn các HTCCĐ sẽ không khôi tính chấp vá, thiếu quy chuẩn và bất hợp lý về thông số cấu trúc và trang thiết bị. Đặc điểm này dẫn đến tỷ lệ tổn thất, CLĐN kém.

### **1.3. Kết luận chương 1**

Lưới điện trung áp Việt Nam trong thời gian qua phát triển quá nhanh, trải rộng trên mọi địa hình. Sự phát triển quá nhanh của lưới điện phân phối theo nhu cầu tăng trưởng của phụ tải có thể dẫn đến những thay đổi bất hợp lý sơ đồ lưới điện trung áp, trong đó có nguy cơ mất ổn định điện áp. Trong giai đoạn quy hoạch thiết kế cần đặc biệt quan tâm tới ổn định điện áp nút tải, nếu không khi vận hành chất lượng cung cấp điện rất kém, đồng thời giới hạn hạn cung cấp điện của hệ thống cũng bị hạn chế.

## **Chương 2: PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ ỔN ĐỊNH ĐIỆN ÁP LUỚI ĐIỆN PHÂN PHỐI TRUNG ÁP**

### **2.1. Tổng quan về ổn định phụ tải.**

#### **2.1.1. Đặc tính tĩnh phụ tải có động cơ và điều kiện cân bằng công suất.**

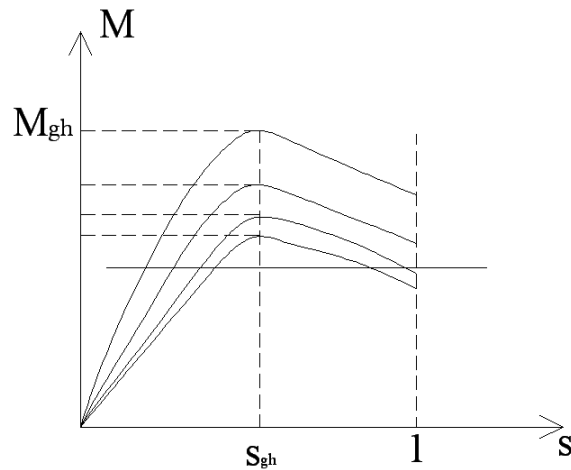
Thành phần chủ yếu (50%-80%) của phụ tải tổng hợp là các động cơ không đồng bộ, chúng có ý nghĩa quyết định đến đặc tính tĩnh của phụ tải. Cũng vì thế phụ tải nói chung có đặc tính tĩnh và đặc tính động mang đặc trưng của động cơ không đồng bộ.

Với riêng động cơ đặc tính tĩnh là quan hệ  $M_{sta} = \Psi(U, s)$  và đặc tính động  $M_{sta} = \Psi(U, dU/dt, s, ds/dt)$ . Thực chất là quan hệ mômen điện từ của động cơ với điện áp nguồn cấp  $U$  và hệ số trượt  $s$ . Khi  $U$  và  $s$  thay đổi chậm (có thể bỏ qua ảnh hưởng của  $dU/dt$  và  $ds/dt$ ) ta có đặc tính tĩnh.

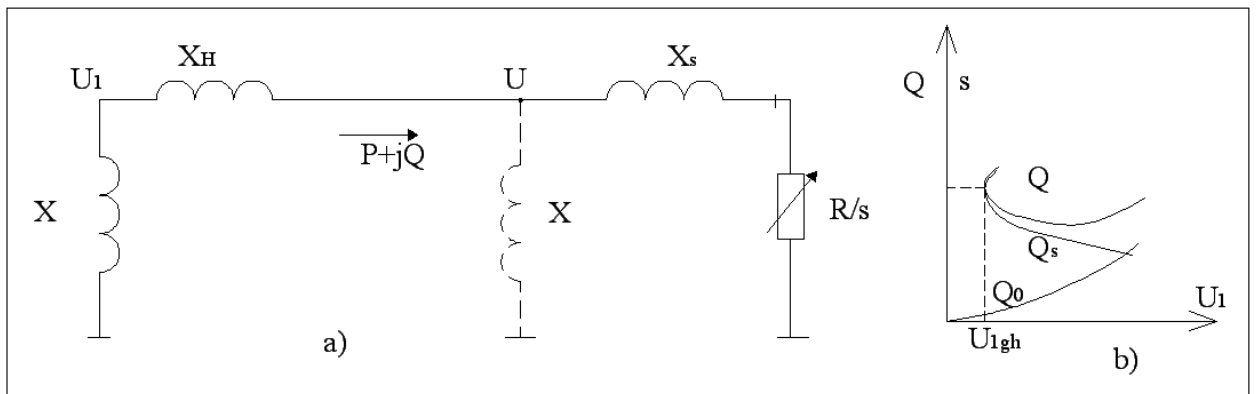
Trên hình 2.1 thể hiện đặc tính mômen tĩnh  $M(s)$  ứng với các điện áp cố định khác nhau của thanh cái cung cấp. Chúng có dạng giải tích quen biết như sau:

$$M = \frac{2M_{gh}}{\frac{s}{s_{gh}} + \frac{s_{gh}}{s}}$$

Trong đó  $M_{gh}$  là trị số mômen giới hạn cực đại ứng với hệ số trượt  $s_{gh}$ . Với điện áp cung cấp khác nhau,  $M_{gh}$  thay đổi nhiều, trong khi  $s_{gh}$  có trị số cố định. Giá trị của  $M_{gh}$  và  $s_{gh}$  có thể xác định theo mô hình đẳng trị của động cơ không đồng bộ (hình 2.2a). Tổn thất không tải của động cơ được mô tả gần đúng bằng cách dịch chuyển  $x_{\mu}$  về thanh cái nguồn cung cấp. Điện trở  $R$  có thể xác định theo mômen phụ tải tại thời điểm mở máy. Với đặc tính mômen cứng cũng có  $R = \text{const}$ .



Hình 2.1



Hình 2.2

Theo sơ đồ:  $I = \frac{U_1}{\sqrt{X^2 + (R/s)^2}}$ ;  $x = x_H + x_s$ ;  $M \approx P = I^2 R / s = \frac{U_1^2 R s}{(x s)^2 + R^2}$  (2.1)

Tìm cực trị theo s ta có:  $s_{gh} = R/x$ , còn  $M_{gh} = \frac{U_1^2}{2x}$

Như vậy, nếu  $P > P_m$  sẽ không đảm bảo điều kiện cân bằng mômen động cơ, điều kiện cần để hệ thống ổn định.

Điện áp trên thanh cái cung cấp:

$$U = I \sqrt{x_s^2 + (R/s)^2} = \frac{U_1 \sqrt{(x_s s)^2 + R^2}}{\sqrt{(x s)^2 + R^2}} = \gamma U_1$$

$$\text{Trong đó đặt } \gamma = \frac{U}{U_1} = \frac{\sqrt{(x_s s)^2 + R^2}}{\sqrt{(xs)^2 + R^2}}$$

Ta cũng có biểu thức tính mômen cực đại theo điện áp U tại vị trí nổi động cơ:  $M_{gh} \approx P_{gh} = \frac{U^2}{2x_s} = \frac{U_1^2 \gamma^2}{2x_s}$ , tỉ lệ với bình phương của điện áp nút, giảm mạnh khi nút xa nguồn.

Hãy thiết lập đặc tính tiêu thụ công suất phản kháng của mạch khi động cơ có đặc tính mômen cứng ( $P = \text{const}$ ). Chưa xét đến tổn thất không tải, ta có:

$$Q_s = I^2 x = \frac{I^2 R_s}{R_s} x = \frac{P_s}{R_s} x = \frac{P}{s_{gh}} s$$

Như vậy khi  $P = \text{const}$  thì  $Q_s$  tỉ lệ với hệ số trượt s. Từ phương trình (2.1) có thể tìm được các trị số s khi cho trước  $U_1$  các giá trị khác nhau (giải phương trình bậc 2). Từ đó xây dựng được quan hệ hàm  $s = f(U_1)$  như trên hình 2.1. Đó cũng là dạng của đặc tính công suất phản kháng  $Q_s(U_1)$  hay  $Q_s(U)$ . Khi xét đến tổn thất không tải (tỉ lệ với bình phương điện áp) ta có đặc tính tổng hợp  $Q(U)$ . Dễ thấy, không tồn tại chế độ làm việc của động cơ nếu  $U_1 < U_{1gh}$ .

### 2.1.2. Hiện tượng sụt đổ điện áp.

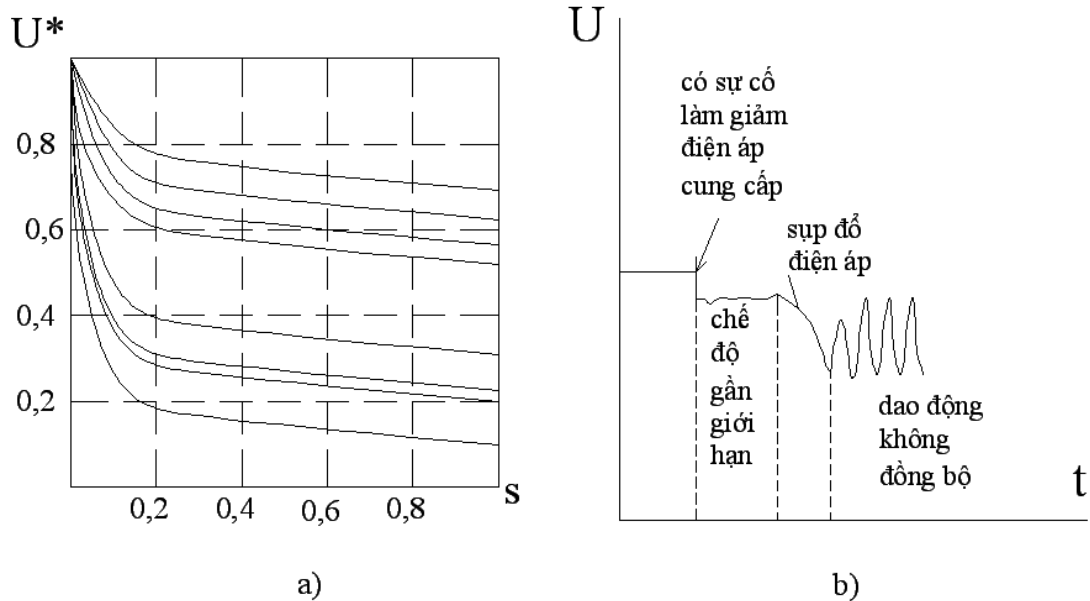
Khi giữ điện áp nguồn  $U_1$  không đổi, điện áp U tại thanh cái cung cấp trực tiếp với động cơ vẫn phụ thuộc rất mạnh vào chế độ động cơ (hệ số trượt s). Thật vậy, ta có:  $U = \gamma U_1$ . Biểu diễn lại  $\gamma$  bằng cách đặt:  $\alpha = R / x_s, \beta = x_H / x_s$

$$\gamma = \frac{\sqrt{(x_s s)^2 + R^2}}{\sqrt{(xs)^2 + R^2}} = \sqrt{\frac{\alpha^2 + s^2}{\alpha^2 + [(1 + \beta)s]^2}}$$

Có thể thấy rõ sự phụ thuộc của U vào  $\alpha, \beta$  và s. Trên hình 2.3 thể hiện sự phụ thuộc của  $U^* = U / U_1$  vào s khi cho  $\alpha = 0,1$  còn  $\beta$  nhận các giá trị khác nhau. Động cơ càng xa nguồn ( $\beta$  lớn) và  $\alpha$  càng nhỏ (thuần kháng) thì ảnh hưởng sụt áp càng mạnh. Mặt khác, mômen cực đại của động cơ tỉ lệ với bình phương điện áp, vì thế khi xa nguồn, quá trình tăng tải động cơ (kể cả của động cơ khác) hệ số trượt tăng rất nhanh, điện áp nút lại càng giảm nhanh hơn nữa. Thực tế, khi s đến trị số



giới hạn, hiện tượng mất ổn định xảy ra do không giữ được cân bằng mômen. Tiếp theo là quá trình dao động công suất. Trước khi mất ổn định nhân viên vận hành thường nhận thấy rất rõ quá trình sụt nhanh điện áp xuống trị số rất thấp và quá trình dao động xảy ra. Cũng chính vì thế người ta thường gọi là hiện tượng sụp đổ điện áp.



Hình 2.3

Thực tế hiện tượng sụp đổ điện áp thường xảy ra ở chế độ sau sự cố, ví dụ cắt đột ngột một tổ máy, cắt đường dây song song,... làm giảm áp nút cung cấp, các động cơ bị vận hành ở chế độ gần giới hạn. Một kích động ngẫu nhiên nhỏ trong chế độ này về hướng bất lợi có thể làm cho hiện tượng sụp đổ điện áp xảy ra. Tiếp theo là quá trình dao động mạnh công suất và điện áp nút (hình 2.3b)

### 2.1.3. Các tiêu chuẩn và phương pháp đánh giá ổn định điện áp nút tải.

Với đặc tính mômen (hay công suất tác dụng) và đặc tính công suất phản kháng đã biết ta có các tiêu chuẩn thực dụng đánh giá ổn định:

$$dP/ds > 0, dQ/dU_1 < 0.$$

Với trạng thái giới hạn tương ứng là:  $dP/ds = 0, dQ/dU_1 = -\infty$ .

Ngoài ra cũng dễ chứng minh được các tiêu chuẩn luôn tiến tới giới hạn một cách đồng thời, nghĩa là để xác định chế độ giới hạn chỉ cần sử dụng 1 trong 2 tiêu chuẩn trên.

Tuy nhiên, để đánh giá theo tiêu chuẩn này cần đẳng trị sơ đồ về dạng một động cơ không đồng bộ nối với nút nguồn cung cấp qua một điện kháng. Cách thực hiện này khá phức tạp mà độ chính xác cũng chưa chắc cao, bởi sai lệch thông số của sơ đồ đẳng trị. Người ta thường đề xuất các cách tính toán gần đúng khác nhau, đặc biệt nhằm áp dụng cho nút tải tổng hợp. Nhà bác học Nga Cydanov lần đầu tiên (năm 1938) đã đề nghị sử dụng tiêu chuẩn  $dE/dU = 0$  thay cho 2 tiêu chuẩn đã nêu. Ý tưởng của phương pháp này là ở chỗ, khi tiến tới chế độ giới hạn, các tiêu chuẩn  $dQ/dU = -\infty$  và  $dP/ds = 0$  đồng thời xảy ra, cũng lúc đó  $dE/dU$  cũng đi qua trị số 0.

Với sơ đồ hình 2.4a để chứng minh được điều này. Ta có:

$$U = \sqrt{\left(\frac{E - Q_F x_H}{E}\right)^2 + \left(\frac{P x_H}{E}\right)^2} = E - \frac{Q_F x_H}{E};$$

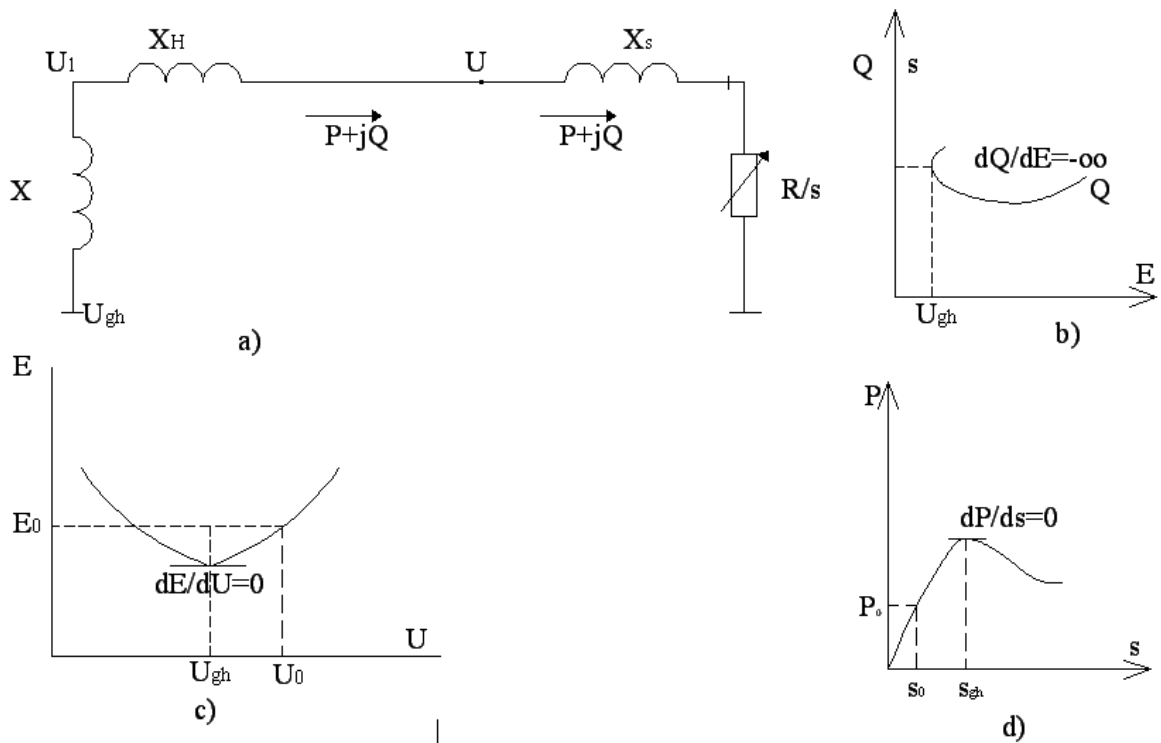
Trong đó:  $Q_F = I^2 x_H + Q$  là công suất phản kháng từ đầu nguồn.

Đạo hàm biểu thức U theo E, nhận được:

$$\frac{dU}{dE} = 1 - \frac{\left(E \frac{dQ_F}{dE} - Q_F\right) x_H}{E^2}$$

Từ biểu thức có thể thấy khi  $dQ_F/dE \rightarrow -\infty$  thì  $dU/dE \rightarrow \infty$  hay  $dE/dU \rightarrow 0$ . Nghĩa là 3 tiêu chuẩn hoàn toàn tương đương nhau, có thể sử dụng 1 tiêu chuẩn bất kỳ để kiểm tra giới hạn ổn định.

Sử dụng tiêu chuẩn  $dE/dU$  dễ dàng hơn 2 tiêu chuẩn còn lại bởi quan hệ U và E là hoàn toàn xác định khi biết các đặc tính công suất tải tại nút U. Xấp xỉ hóa các đặc tính này dễ dàng hơn, nhất là với phụ tải tổng hợp. Ưu điểm của tiêu chuẩn này còn ở chỗ cho phép xét được hiệu quả điều chỉnh điện áp của các máy phát đầu nguồn (ảnh hưởng đến E).



Hình 2.4

Ngoài ra người ta còn hay sử dụng tiêu chuẩn tương đương khác dạng  $d\Delta Q/dU=0$  trong đó  $\Delta Q$  là biểu thức tính tổng đại số công suất phản kháng từ nguồn đưa đến sát nút  $U$  là  $Q_{Ft}(E,U)$ . Biểu thức của nó hoàn toàn xác định bởi sơ đồ với các thông số  $E$  và  $U$  đã cho, không phụ thuộc sơ đồ phía sau.

Ta có thể viết:

$$Q_{Ft}(E,U) - Q(U) = 0; \frac{\delta Q_{Ft}}{\delta E} dE + \frac{\delta Q_{Ft}}{\delta U} dU - \frac{dQ}{dU} dU \equiv 0;$$

$$dE/dU \equiv \frac{\frac{\delta Q_{Ft}}{\delta U} - \frac{dQ}{dU}}{\frac{\delta Q_{Ft}}{\delta E}} = 0 \Rightarrow \frac{\delta Q_{Ft}}{\delta U} - \frac{dQ}{dU} = 0 \text{ hay } \frac{d\Delta Q}{dU} = 0 \text{ với } \Delta Q = Q_{Ft} - Q$$

Hệ thống ổn định khi  $d\Delta Q/dU < 0$ . Dễ thấy, tiêu chuẩn này trùng với tiêu chuẩn thực dụng khi phân tích ổn định điện áp của nút bất kỳ trong hệ thống điện. Sự khác nhau cơ bản trong trường hợp này là đặc tính công suất tải  $Q(U)$  thay đổi mạnh theo điện áp (hình 2.1), nếu coi  $Q(U) = \text{const}$  sai số phân tích có thể lớn. Điều

này cũng có thể suy diễn chung cho mọi phương pháp phân tích ổn định điện áp nút tải: cần xét đến đặc tính tĩnh cụ thể của phụ tải khi tính toán.

## 2.2. Nghiên cứu lựa chọn phương pháp phân tích ổn định điện áp nút tải.

Có rất nhiều phương pháp và tiêu chuẩn khác nhau để phân tích ổn định HTĐ nói chung. Với những điều kiện cụ thể cần lựa chọn các chỉ tiêu và phương pháp thích hợp. Khi nghiên cứu ổn định điện áp các nút tải trong LDPPTA, thực chất đã coi HTĐ nói chung đang làm việc bình thường và các phương tiện điều chỉnh điều khiển hoạt động tốt. Do đó, các phương pháp được quan tâm chủ yếu theo hướng khai thác áp dụng các tiêu chuẩn thực dụng hoặc tiêu chuẩn mất ổn định phi chu kỳ.

### 2.2.1. Các tiêu chuẩn phân tích độ nhạy

#### 2.2.1.1. Phương pháp phân tích ma trận độ nhạy $\Delta Q / \Delta V$

Thực chất đây là sự mở rộng trực tiếp tiêu chuẩn thực dụng  $d\Delta Q / dU$  cho một sơ đồ phức tạp.

Xét hệ phương trình CĐXL viết cho độ lệch nhỏ (xấp xỉ tuyến tính quanh điểm cân bằng) ta có:

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P}{\partial \delta} & \frac{\partial P}{\partial V} \\ \frac{\partial Q}{\partial \delta} & \frac{\partial Q}{\partial V} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta V \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

Trong đó:  $\Delta P, \Delta Q$  là sự gia tăng công suất tác dụng, công suất phản kháng

$\Delta \delta, \Delta V$  là sự gia tăng góc lệch, biên độ điện áp tại thanh cái.

Ký hiệu gọn các ma trận con trong ma trận hệ số của phương trình (ma trận Jacobi), phương trình (2.1) có thể viết:

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_{P\delta} & J_{PV} \\ J_{Q\delta} & J_{QV} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta V \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

Từ hệ phương trình (2.2) với giả thiết  $\Delta P = 0$  ta có:

$$\Delta P = J_{P\delta} \Delta \delta + J_{PV} \Delta V = 0 \quad (2.4)$$

$$\text{Suy ra: } \Delta \delta = -J_{P\delta}^{-1} J_{PV} \Delta V \quad (2.5)$$

$$\text{Và: } \Delta Q = J_{Q\delta} \Delta \delta + J_{QV} \Delta V \quad (2.6)$$

Thay  $\Delta \delta$  từ phương trình (2.5) vào phương trình (2.6), nhận được:

$$\Delta Q = \left| J_{QV} - J_{Q\delta} J_{P\delta}^{-1} J_{PV} \right| \Delta V \quad (2.7)$$

Đặt  $[J_R] = \left| J_{QV} - J_{Q\delta} J_{P\delta}^{-1} J_{PV} \right|$  phương trình (2.7) viết thành:

$$\Delta Q = [J_R] \Delta V \quad (2.8)$$

Từ phương trình (2.8) có thể thấy ma trận Jacobi  $[J_R]$  biểu diễn mối quan hệ được tuyến tính hóa giữa phần tăng thêm biên độ điện áp nút  $\Delta V$  và công suất phản kháng bơm vào nút  $\Delta Q$ . Khi đó độ nhạy của V theo Q được xác định:

$$\Delta Q / \Delta V = [J_R] = \left| J_{QV} - J_{Q\delta} J_{P\delta}^{-1} J_{PV} \right| \quad (2.9)$$

Nút tương ứng với  $\Delta Q / \Delta V$  nhỏ là nút kém ổn định bởi công suất phản kháng thay đổi ít điện áp nút đã bị thay đổi nhiều. Khi có một nút  $\Delta Q / \Delta V \rightarrow 0$  hệ thống sẽ ở giới hạn ổn định.

#### 2.2.1.2. Phương pháp phân tích giá trị riêng.

Thay vì cần tính các hệ số độ nhạy theo (2.8) có thể phân tích ổn định điện áp nút trực tiếp trên cơ sở các giá trị riêng và vector riêng của ma trận con Jacobi  $J_R$ . Giả thiết phân tích và nhận được các ma trận giá trị riêng và vector riêng của  $J_R$ . Theo công thức khai triển ma trận ta có:  $J_R = \xi \Lambda \eta$

Trong đó:  $\xi_{(n \times n)}$  là ma trận vector riêng bên phải của  $J_R$

$\eta_{(n \times n)}$  là ma trận vector riêng bên trái của  $J_R$

$\Lambda_{(n \times n)}$  là ma trận trị riêng đường chéo của  $J_R$

$$\Lambda_{(n \times n)} = \begin{vmatrix} \lambda_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \lambda_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \lambda_n \end{vmatrix}; \xi_{(n \times n)} = \left| \xi_1 \ \xi_2 \ \dots \ \xi_n \right|; \eta_{(n \times n)} = \left| \eta_1 \ \eta_2 \ \dots \ \eta_n \right|^T;$$

Ta có:  $\Delta U = J_R^{-1} \Delta Q$ . Vì  $J_R^{-1} = \xi \lambda^{-1} \eta$  nên:

$$\Delta U = J_R^{-1} = \xi \lambda^{-1} \eta \Delta Q \text{ hay } \Delta U_i = J_R^{-1} \Delta Q = \frac{\sum_{j=1}^n \xi_j \eta_j}{\lambda_i} \Delta Q_i \quad (2.10)$$

Để thấy nút có  $\lambda_i$  sẽ kém ổn định bởi có độ nhạy  $\Delta Q_i / \Delta U_i$  cũng nhỏ.

### 2.2.1.3. Phân tích khả năng ứng dụng.

- Trước hết, phương pháp được thiết lập xuất phát từ dạng chung của CĐXL do đó có thể áp dụng cho sơ đồ HTĐ phức tạp. Với mỗi nút khảo sát, sau khi tính toán đều có một chỉ số định lượng (là độ nhạy  $\Delta Q_i / \Delta U_i$ ) cho phép đánh giá so sánh mức độ điện áp các nút. Nút yếu tương ứng với độ nhạy nhỏ.

- Để xác định độ nhạy, cần thiết lập hệ phương trình CĐXL, xác định ma trận đạo hàm riêng (ma trận Jacobian tương ứng). Về lý thuyết có thể tính độ nhạy theo (2.9), tuy nhiên ma trận  $J_R$  không phải là ma trận chéo nên hoặc là thực hiện chéo hóa ma trận theo các phép tính ma trận hoặc giải trực tiếp từ hệ (2.9) hoặc (2.3). Trong trường hợp giải trực tiếp từ (2.3) cần cho các nút tải trị số  $\Delta Q_i$  đủ nhỏ và cho  $\Delta P_i = 0$ . Với hệ (2.9) chỉ cần cho các  $\Delta Q_i$ .

*Các đặc điểm trên cũng cho thấy nhiều nhược điểm của phương pháp độ nhạy:*

- Đầu tiên phải kể đến ý nghĩa của chỉ tiêu độ nhạy. Nó phụ thuộc vào chế độ tính toán, không phản ánh gì về mức độ ổn định (cách xa hay gần chế độ giới hạn). Đó là vì khi  $\Delta Q / \Delta V = 0$  thì hệ thống ở giới hạn ổn định, nhưng nếu  $\Delta Q / \Delta V \neq 0$  thì nó có thể nhận bất cứ trị số nào, không có phạm vi để nhận ước lượng tỉ lệ (%). Nói khác đi độ nhạy chỉ mang ý nghĩa so sánh giữa các nút với nhau.

- Để tính toán độ nhạy cần thực hiện khá phức tạp như đã nêu trên, chưa kể khi xét đến đặc tính tĩnh phụ tải.

Như vậy việc áp dụng tính toán độ nhạy để đánh giá ổn định điện áp các nút tỏ ra không phải là thuận lợi. Tiêu chuẩn này thực ra chỉ thích hợp cho sơ đồ đơn giản, khi mà có thể có biểu thức giải tích cho tiêu chuẩn ở chế độ giới hạn.

## **2.2.2. Phương pháp phân tích chỉ số sụt áp.**

### 2.2.2.1. Cơ sở của phương pháp.

Một trong những tiêu chuẩn thực dụng có thể áp dụng để đánh giá ổn định điện áp các nút tải là chỉ số ổn định điện áp nút tải.

Chỉ số ổn định điện áp nút tải  $j$  được tính theo công thức:

$$L_j = \left| \dot{U}_j \right| = \left| 1 - \frac{\sum_{i \in \alpha_G} C_{ij} \dot{V}_i}{\dot{V}_j} \right| \text{ với } j \in \alpha_L \quad (2.11)$$

Trong đó:  $\alpha_G$  và  $\alpha_L$  - tập hợp các nút phát và nút tải trong hệ thống;  $\dot{V}_j, \dot{V}_i$  là điện áp phức của nút tải  $j$  và nút phát  $i$ ;  $C_{ji}$  - phần tử của ma trận hệ số phân bố. Ma trận hệ số phân bố có thể là ma trận dòng, áp và như là tổng dẫn tương hỗ.

Chỉ số  $L_j$  cho mỗi nút tải:

$$L_j = \left| 1 + \frac{\dot{U}_{0j}}{\dot{U}_j} \right|, j = 1, 2, \dots, l \text{ (l nút tải)} \quad (2.12)$$

Dựa vào hệ phương trình trạng thái xác lập trong [5] đã đưa ra biểu thức tính các chỉ số đối với HTCCĐ phức tạp như sau:

Giả thiết hệ thống bao gồm các nút tải  $L$  và các nút nguồn  $G$  (chỉ có dạng PV), lưới điện gồm các phần tử tuyến tính với hệ phương trình cân bằng dòng nút viết được như sau:

$$\begin{Bmatrix} \dot{U}_L \\ \dot{I}_G \end{Bmatrix} = [H] \begin{Bmatrix} \dot{I}_L \\ \dot{U}_G \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \left\| \dot{Z}_{LL} \right\| & \left\| \dot{F}_{LG} \right\| \\ \left\| \dot{K}_{GL} \right\| & \left\| \dot{Y}_{GG} \right\| \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{I}_L \\ \dot{U}_G \end{Bmatrix}$$

Trong đó  $H$  là ma trận nhận được từ ma trận tổng dẫn nút, sau khi chuyển vị các biến dòng phát  $I_G$  sang tập biến cần tìm (vế trái) các áp  $U_G$  sang vế phải.

$U_L, I_L$  là áp nút và dòng tải;  $U_G, I_G$  là áp nút và dòng nguồn;  $Z_{LL}, F_{LG}, K_{GL}, Y_{GG}$  là các ma trận con của ma trận  $H$ .

Từ hệ phương trình có thể xác định điện áp tại các nút tải  $j$  bất kỳ:

$$\dot{U}_j = \sum_{i \in \alpha_L} \dot{Z}_{ji} \dot{I}_i + \sum_{i \in \alpha_G} \dot{F}_{ji} \dot{U}_i$$

Nhân cả hai vế phương trình trên với  $U_j$  có thể chuyển về dạng:

$$U_j^2 + \dot{U}_{0i}^* U_j = \frac{\dot{S}_j^+}{\dot{Y}_{jj}^+} \quad (2.13)$$

$$\text{Trong đó: } \dot{U}_{0i} = -\sum \dot{F}_{ji} \dot{U}_i; \dot{Y}_{jj}^+ = \frac{1}{\dot{Z}_{jj}}; \dot{S}_j^+ = \dot{S}_j + \dot{S}_j^{\text{COIT}}; \dot{S}_j^{\text{COIT}} = \left( \sum_{\substack{i \in \alpha_G \\ i \neq j}} \frac{\dot{Z}_{ji}^*}{\dot{Z}_{jj}^*} \frac{\dot{S}_i}{\dot{U}_i} \right) \dot{U}_j$$

Biểu thức chỉ số sụt áp có dạng:

$$L_j = \left| 1 - \frac{\sum_{i \in \alpha_G} \dot{F}_{ji} \dot{U}_i}{\dot{U}_j} \right| \text{ với } j \in \alpha_L$$

Trong đó  $\alpha_G$  và  $\alpha_L$  là tập các nút nguồn và nút tải.

$F_{ij}$  là hệ số phân bố, thể hiện ảnh hưởng của điện áp nguồn  $i$  đến điện áp nút tải  $j$ .

Các chỉ tiêu kiểm tra tổng hợp mức độ ổn định điện áp hệ thống được lấy là:

$$L = \max(L_j) \text{ với } j \in \alpha_L$$

#### 2.2.2.2. Nhân xét về khả năng ứng dụng.

Một trong những ưu điểm quan trọng của phương pháp này là chỉ số  $L$  thể hiện được mức độ ổn định điện áp. Khoảng giá trị từ 0 đến 1 của chỉ số không những cho phép phân định các nút có mức độ ổn định khác nhau mà còn cho biết khoảng cách (tính theo %) giữa chế độ tính toán và chế độ giới hạn. Tuy nhiên tiêu chuẩn này có những khó khăn sau:

- Khi tính toán cần dựa trên ma trận hệ số phân bố  $F_{ji}$  rất phức tạp, phụ thuộc vào trạng thái vận hành của hệ thống đang xét. Ở một trạng thái cần tính chỉ số  $L$  cho mọi nút, khối lượng tính toán lớn. Để xác định chỉ tiêu tổng hợp đánh giá cho toàn lưới cần áp dụng biểu thức (2.13) cũng đòi hỏi phải tính toán thêm.

- Để tìm chế độ giới hạn, cần theo dõi liên tục sự biến thiên tất cả các chỉ số của mọi nút tải cho đến lúc có một chỉ số nhận giá trị 1. Đó là vì tương quan chỉ tiêu giữa các nút bị thay đổi trong quá trình đi đến giới hạn. Với lưới điện nhiều nút việc tính toán này gặp rất khó khăn.



### 2.2.3. Phương pháp phân tích mắt ổn định phi chu kỳ.

#### 2.2.3.1. Cơ sở của phương pháp

Tiêu chuẩn này được đưa ra như trường hợp riêng xuất phát từ các tiêu chuẩn cơ bản đánh giá ổn định tính HTĐ theo phương pháp xấp xỉ bậc nhất của Lyapunov, trong đó sử dụng tiêu chuẩn đại số Hurwitz để xác định dấu của nghiệm phương trình đặc trưng.

Giả thiết sau khi tuyến tính hóa hệ phương trình vi phân QTQĐ, thiết lập phương trình đặc trưng, ta nhận được phương trình có dạng:

$$D(p) = a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + a_2 p^{n-2} + \dots + a_{n-1} p + a_n = \sum_{m=0}^n a_m p^{n-m} = 0 \quad (2.14)$$

Ma trận Hurwitz  $H(m \times n)$  được thiết lập dựa trên các hệ số của (2.14) như sau: đầu tiên thiết lập đường chéo chính của ma trận  $H$ , bao gồm các hệ số của phương trình đặc trưng từ  $a_1$  đến  $a_n$ . Các hàng của ma trận được điền đầy bởi hệ số của phương trình đặc trưng với chỉ số toàn chẵn hoặc toàn lẻ. Các phần tử còn thiếu trong hàng được lấp đầy bằng những số 0. Kết quả ta có ma trận Hurwitz:

$$H(n \times n) = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 & a_7 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 & a_6 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 & a_5 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a_2 & a_4 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & a_{n-3} & a_{n-1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & a_{n-4} & a_{n-2} & a_n \end{vmatrix}$$

Dựa trên ma trận Hurwitz, xác định được các định thức Hurwitz từ cấp 1 đến cấp  $n$  (tương ứng với các góc bên trái của ma trận):

$$\Delta_1 = a_1$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix}; \Delta_3 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 \\ a_0 & a_2 & a_4 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{vmatrix}; \dots; \Delta_n = \det(H)$$

Tiêu chuẩn Hurwitz phát biểu như sau: hệ thống sẽ ổn định nếu tất cả các hệ số của phương trình đặc trưng và các định thức Hurwitz đều mang dấu dương. Như vậy để kết luận hệ thống ổn định cần kiểm tra dấu của một loạt bất đẳng thức.

Ta quan tâm đến chế độ giới hạn ổn định khi thông số chế độ biến thiên. Về lý thuyết khi hệ thống đang từ ổn định chuyển sang mất ổn định sẽ có một trong những bất đẳng thức đổi dấu từ dương sang âm đầu tiên, Hurwitz đã chứng minh bất đẳng thức đó chính là  $\Delta_n > 0$ . Vì  $\Delta_n = a_n \Delta_{n-1}$  nên cũng có nghĩa là hoặc số hạng tự do  $a_n$  đổi dấu hoặc định thức  $\Delta_{n-1}$  đổi dấu.

Mặt khác, về toán học lại có thể chứng minh  $a_n$  đổi dấu chỉ khi có một nghiệm thuần thực của phương trình đặc trưng đổi dấu, ngược lại sự đổi dấu của  $\Delta_{n-1}$  tương ứng với lúc đổi dấu phần thực của một cặp nghiệm phức. Nói theo cách khác, nếu hệ thống bị mất ổn định do đổi dấu của số hạng tự do  $a_n$  nó sẽ mất ổn định ở dạng phi chu kỳ. Nếu do đổi dấu của  $\Delta_{n-1}$  mất ổn định sẽ ở dạng dao động tăng trưởng lên vô hạn.

Nghiên cứu với HTĐ, Gdanov còn phát hiện thêm là dạng mất ổn định dao động do các bộ tự động điều chỉnh gây ra (khi hiệu chỉnh sai). Nếu chúng làm việc tốt thì mất ổn định trong HTĐ chỉ có thể ở dạng phi chu kỳ. Như vậy nếu HTĐ đang hoạt động bình thường với các thiết bị điều chỉnh làm việc tốt, nếu thông số chế độ biến thiên nhỏ nó sẽ mất ổn định ở dạng phi chu kỳ, còn để phát hiện lúc thông số đi qua giới hạn ổn định chỉ cần theo dõi dấu của riêng số hạng tự do  $a_n$ .

Như vậy thực chất tiêu chuẩn  $a_n > 0$  là trường hợp riêng, có thể áp dụng kiểm tra ổn định HTĐ với giả thiết các bộ điều chỉnh đang làm việc tốt.

#### 2.2.3.2. Nhận xét về khả năng ứng dụng.

- Việc sử dụng tiêu chuẩn mất ổn định phi chu kỳ rõ ràng đơn giản hơn rất nhiều so với tiêu chuẩn Hurwitz đầy đủ. Khi phân tích ổn định điện áp cho LDPPTA ta không xét đến mất ổn định do thiết bị tự động điều chỉnh tại nguồn gây ra, vì thế nó hoàn toàn thích hợp để áp dụng.

- Một ưu điểm khác của tiêu chuẩn mất ổn định phi chu kỳ là nó chỉ bao gồm một điều kiện duy nhất, đó là dấu của số hạng  $a_n$ . Vì thế rất thuận tiện cho phép tìm

giới hạn. Cho thông số chế độ thay đổi từ từ (từng bước nhỏ), liên tiếp tính và kiểm tra dấu của  $a_n$ . Khi  $a_n$  đổi dấu ta nhận được thông số giới hạn.

- Nhiều công trình còn chứng minh: trị số  $a_n$  hoàn toàn trùng với trị số định thức Jacobi của hệ phương trình chế độ xác lập [6]. Phát hiện này có ý nghĩa ứng dụng rất lớn. Thay vì phải thiết lập hệ phương trình vi phân chuyển động quá độ để xác định số hạng tự do phương trình đặc trưng  $a_n$ , có thể xác định định thức Jacobi của hệ phương trình CĐXL. Hơn nữa việc đánh giá ổn định tĩnh của HTĐ có thể thực hiện ngay trong chương trình tính CĐXL. Ở bước cuối cùng, khi phép lặp hội tụ, tính định thức của ma trận Jacobi và quan sát dấu của nó có thể biết được hệ thống có ổn định hay không. Nếu làm thay đổi thông số chế độ cho đến khi đổi dấu định thức ta còn có thể xác định được các chế độ giới hạn.

- Vì số hạng  $a_n$  có thể tính được như là trị số định thức Jacobi của hệ phương trình CĐXL, nên nó xét đến đặc tính tĩnh của phụ tải mô tả trong hệ phương trình. Thực tế các chương trình tính toán CĐXL hiện đại đều cho phép mô phỏng phụ tải theo những dạng đặc tính tĩnh khác nhau. Ma trận Jacobi được thiết lập khi đó đã xét đến đạo hàm đặc tính tĩnh của mỗi phụ tải. Việc sử dụng phương pháp này, do đó phản ánh trung thực được đặc trưng ổn định của các nút tải. Vấn đề là xác định và mô phỏng đúng các đặc tính tĩnh phụ tải khi tính toán.

#### **2.2.4. Đặc tính tĩnh của phụ tải tổng hợp.**

Phụ tải gồm công suất tác dụng  $P$  và công suất phản kháng  $Q$ . Công suất tác dụng  $P$  là công suất sinh ra công, tiêu hao năng lượng của nguồn điện, công suất phản kháng  $Q$  thường là công suất sinh ra từ trường, mang tính cảm, không tiêu thụ năng lượng của nguồn điện, nhưng dòng điện do nó sinh ra khi chạy trong dây dẫn gây ra tổn thất công suất tác dụng và tổn thất điện năng. Công suất  $P$  và  $Q$  có tương quan với nhau, được đặc trưng chung bằng công suất biểu kiến  $S$  và  $\cos \varphi$ :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}; S = \sqrt{3}UI;$$

$$\varphi = \arctan(Q/P); P = S \cos \varphi; Q = S \sin \varphi;$$

$U$  là điện áp dây  $= \sqrt{3}U_\varphi$  là điện áp pha.

Phụ tải có các đặc điểm sau:

- Biến thiên theo quy luật ngày đêm theo quy luật của sinh hoạt và sản xuất, tạo ra đồ thị phụ tải ngày đêm, các phụ tải có tính chất giống nhau thì có đồ thị phụ tải ngày đêm giống nhau, cùng 1 phụ tải nhưng trong những ngày khác nhau thì có đồ thị phụ tải ngày đêm khác nhau.

- Tại một thời điểm, phụ tải trong các ngày đêm khác nhau biến thiên ngẫu nhiên quanh giá trị trung bình, theo phân phối chuẩn.

- Phụ tải có tính chất mùa: trong những tháng khác nhau có giá trị khác nhau.

- Phụ tải biến thiên mạnh theo thời tiết đặc biệt là nhiệt độ môi trường, mưa hoặc khô.

- Phụ tải biến đổi theo tần số và điện áp tại điểm nối vào lưới điện.

Phụ tải cơ sở có giá trị ở  $U_{dm}$  và  $f_{dm}$ . Khi điện áp và tần số lệch khỏi định mức thì giá trị của phụ tải sẽ biến đổi theo:

Trong trường hợp cần thiết, phải tính đến giá trị của phụ tải ở các giá trị điện áp khác định mức thì phải sử dụng đặc tính biến đổi theo điện áp của phụ tải (gọi tắt theo điện áp).

Giá trị sử dụng thực tế của phụ tải phụ thuộc vào điện áp tại điểm đấu và tần số

của HTĐ:

$$P = K_p (U)^{p_v} (f)^{p_f}$$

$$Q = K_q (U)^{q_v} (f)^{q_f}$$

$K_p$  và  $K_q$  phụ thuộc giá trị định mức của phụ tải P, Q.

Còn  $p_v$ ,  $q_v$  và  $p_f$ ,  $q_f$  là các đại lượng thống kê đặc trưng cho các loại thiết bị dùng điện. Bảng 2.1 cho các giá trị của một số phụ tải

Phụ tải	$p_v$	$q_v$	$p_f$	$q_f$
Đèn sợi đốt	1,6	0	0	0
Đèn huỳnh quang	1,2	3-1	-1	2,8
Bình đun nước	2	0	0	0
Động cơ KĐB ½ tải	0,2	1,6	1,5	-0,3
Động cơ KĐB đầy tải	0,1	0,6	2,8	1,8

Bảng 2.1

Trong phụ tải có nhiều thiết bị dùng điện thì có thể tính  $p_v$ ,  $q_v$ ,  $p_f$ ,  $q_f$  như sau:

$$p_v = \frac{\sum_{i=1}^n p_{v_i} \cdot P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}$$

Trong đó  $P_i$  là phụ tải thứ  $i$ .

Ở các nút điện áp cao  $P$ ,  $Q$  tính theo công thức:

$$P = P_0 \left[ a_p \left( \frac{U}{U_0} \right)^2 + b_p \left( \frac{U}{U_0} \right) + c_p \right] \cdot \left( 1 + d_p \frac{f - f_{dm}}{f_{dm}} \right) \quad (2.15)$$

$$Q = Q_0 \left[ a_q \left( \frac{U}{U_0} \right)^2 + b_q \left( \frac{U}{U_0} \right) + c_q \right] \cdot \left( 1 + d_q \frac{f - f_{dm}}{f_{dm}} \right) \quad (2.16)$$

Giá trị trung bình của các hệ số  $a_p = 0$

$b_p = 0,6-0,9-1,2$  nếu phụ tải có tỷ lệ công nghiệp cao thì  $b_p$  có giá trị nhỏ.

$c_p = 0,4-0,1-0,2$  nếu phụ tải có tỷ lệ công nghiệp cao thì  $c_p$  có giá trị lớn.

$d_p = 1,3-1-0,7$  nếu phụ tải có tỷ lệ công nghiệp cao thì  $d_p$  có giá trị lớn.

$\partial P / \partial U = 0,6-0,9-1,2$  nếu phụ tải công nghiệp có tỷ lệ cao thì có giá trị nhỏ.

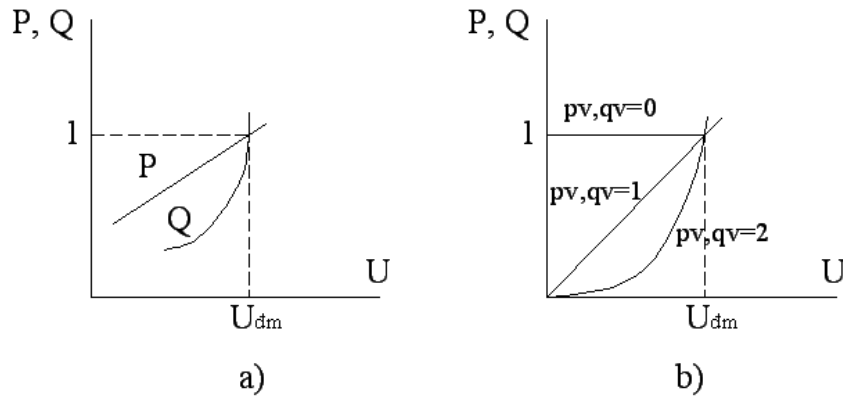
$\partial P / \partial f = 1,3-1-0,7$  nếu phụ tải công nghiệp có tỷ lệ cao thì có giá trị lớn.

Các hệ số  $a_q$ ,  $b_q$ ,  $c_q$ ,  $d_q$  phụ thuộc  $\cos \varphi$ :

$\cos \varphi$	0,83-0,87	0,88-0,9	0,91-0,93
$a_q$	9.6	11.4	13.5
$b_q$	-15.3	-18.5	-22.2
$c_q$	6.7	8.1	9.7
$d_q$	-1.1	-1.5	-2
$\partial Q / \partial U$	0.39	0.43	0.48
$\partial Q / \partial f$	-1.1	-1.5	-2

Bảng 2.2

Với phụ tải tổng hợp quan hệ giữa công suất tác dụng và công suất phản kháng của phụ tải theo điện áp có dạng như trên hình 2.5. Các quan hệ này gọi là đặc tính tĩnh của phụ tải (tính theo (2.15)(2.16)).



Hình 2.5

Trên hình a là đặc tính thực tế còn trên hình b là đặc tính thay thế.

Giá trị của phụ tải được cho là công suất tác dụng và công suất phản kháng ở điện áp định mức, và trong phần lớn các bài toán không xét đến sự biến đổi của phụ tải này theo điện áp thực tế, có nghĩa là phụ tải là hằng số trong bài toán, vì ảnh hưởng đến kết quả không đáng kể. Trong các bài toán mà nếu không xét đến sự biến thiên của phụ tải thì kết quả bị sai lệch đáng kể thì sẽ phải tính đến sự biến thiên này.

Xét đến biến thiên phụ tải theo điện áp làm cho bài toán phức tạp, hơn nữa nhiều khi các đặc tính tĩnh thực cũng không có, cho nên người ta có thể thay đặc tính tĩnh thực bằng đặc tính có dạng parabol, tức là phụ tải tỷ lệ với bình phương của điện áp trên điểm đầu:

$$P' = \frac{U^2}{R_{pt}}; Q' = \frac{U^2}{X_{pt}}$$

$R_{pt}$  và  $X_{pt}$  là điện trở và điện kháng thay thế của phụ tải, được tính từ điều kiện là: Phụ tải có giá trị bằng phụ tải đã cho ở điện áp định mức  $P'_0$  và  $Q'_0$ .

$$\text{Ta có: } R_{pt} = \frac{U^2}{P'_0}; X_{pt} = \frac{U^2}{Q'_0}$$

Như vậy trong sơ đồ tính toán phụ tải được thay thế bằng tổng trở cố định

$$Z_{pt} = R_{pt} + jX_{pt}$$

Đặc trưng quan trọng của đặc tính tĩnh phụ tải là hệ số điều chỉnh của phụ tải theo P hoặc Q:  $\partial P / \partial U$ ,  $\partial P / \partial f$ ,  $\partial Q / \partial U$ ,  $\partial Q / \partial f$ , xem giá trị ở trên.

### **2.3. Kết luận chương 2**

Trong chương này đã đề cập tổng quan vấn đề ổn định phụ tải, tiêu chuẩn và phương pháp đánh giá điện áp nút tải. Từ đó nghiên cứu lựa chọn phương pháp phân tích ổn định điện áp nút tải. Mỗi phương pháp đề cập đến đều có cơ sở, ưu điểm và nhược điểm. Các tiêu chuẩn phân tích độ nhạy và phương pháp phân tích chỉ số sụt áp phức tạp, có khối lượng tính toán lớn nhưng cho phép phân định các nút có mức độ ổn định khác nhau mà còn cho biết khoảng cách giữa chế độ tính toán và chế độ giới hạn. Phương pháp phân tích ổn định phi chu kỳ đơn giản hơn và thích hợp cho LDPPTA.

### **Chương 3: CÁC BIỆN PHÁP NÂNG CAO ỔN ĐỊNH ĐIỆN ÁP**

Nâng cao ổn định điện áp lưới điện phân phối trung áp có nhiều biện pháp, trong phạm vi luận văn đưa ra 2 nhóm biện pháp: lựa chọn cấu trúc hệ thống cung cấp điện, bù công suất phản kháng.

Các biện pháp chính là :

1-Làm thêm các đường dây mới

2-Sử dụng các thiết bị bù cố định : bù dọc và bù ngang, bằng tụ điện hay kháng điện.

3-Sử dụng các thiết bị làm linh hoạt hóa lưới điện (FACTS).

Các thiết bị FACTS là các thiết bị bù có điều khiển theo thời gian thực bằng tiristor.

Thiết bị bù chia làm 3 loại:

- Bù ngang : phát hoặc tiêu thụ công suất phản kháng vào lưới điện (Quy ước: công suất phản kháng dung tính gọi là công suất phát, công suất phản kháng cảm tính gọi là tiêu thụ). Bù ngang tác động vào nguồn công suất phản kháng do đó có tác động mạnh đến khả năng tải theo điện áp.

- Bù dọc, đặt nối tiếp với đường dây , tác động vào thông số của đường dây , do đó tác động vào phân bố dòng công suất trong lưới điện . Bù dọc tác động mạnh đến khả năng tải theo phát nóng.

- Loại hỗn hợp cả bù ngang và dọc trong cùng một thiết bị bù.

Bù cố định chỉ thỏa mãn một hoặc một số chế độ làm việc, còn bù bằng thiết bị FACTS thích hợp cho miền rộng các chế độ do thông số bù được điều khiển dưới tải. Do thiết bị FACTS được điều khiển theo thời gian thực nên nó các tác động đến các quá trình quá độ, làm giảm các giao động điện áp và công suất, có tác dụng nâng cao khả năng tải theo ổn định tĩnh và ổn định điện áp .

Ảnh hưởng của các thiết bị FACTS đến hệ thống điện :

- Có thể tăng khả năng tải của các đường dây đến giới hạn nhiệt ngắn hạn và theo mùa



- Tăng được giới hạn ổn định động, ổn định tĩnh, ổn định điện áp, giảm dòng ngắn mạch và quá tải, ngăn chặn được sự cố lan truyền và làm suy giảm các dao động cơ điện và điện từ xảy ra trong hệ thống điện .

- Đảm bảo an toàn cho các đường dây liên hệ thống.

Ảnh hưởng của từng loại thiết bị FACTS đến các chỉ tiêu nói trên có trong bảng sau:

Thiết bị FACTS	Điều khiển dòng công suất	Điều chỉnh điện áp	Ổn định động	Ổn định tĩnh
SVC	+	+++	+	++
STATCOM	+	+++	++	++
TCSC	++	+	+++	++
SSSC	++	+	+++	++
TCPST	+++	+	++	++
UPFC	+++	+++	+++	+++

Bảng 3.1

### 3.1.Các phương pháp cơ bản giải tích lưới điện.

#### 3.1.1.Phương pháp Newton-raphson (N-R)

Phương pháp N-R là phương pháp chủ yếu để tính chế độ xác lập của lưới điện .

1-Phương trình chính của chế độ xác lập là hệ phương trình cân bằng công suất nút:

$$\begin{aligned} \Delta P_i &= P_{i\Sigma} - P_i = P_{i\Sigma} - U_i \sum_{j=1}^N U_j (G_{ij} \cos \delta_{ij} + B_{ij} \sin \delta_{ij}) = 0 \\ \Delta Q_i &= Q_{i\Sigma} - Q_i = Q_{i\Sigma} - U_i \sum_{j=0; j \neq i}^N U_j (G_{ij} \sin \delta_{ij} - B_{ij} \cos \theta_{ij}) = 0 \end{aligned} \quad (3.1)$$

Với các ràng buộc:

$$U_{i\min} \leq U_i \leq U_{i\max} \quad (3.2a)$$

$$S_{ij} \leq S_{ijmax} \quad (3.2b)$$

Với các nút phát

$$Q_{Fjmin} \leq Q_{Fj} \leq Q_{Fjmax} \quad (3.2.c)$$

Trong đó :

$P_{i\Sigma} = P_{Fi} - P_{ti}$  : công suất tác dụng bơm vào nút i nếu  $>0$  ( công suất phát), công suất rút từ nút i nếu  $<0$  ( công suất tải).

$Q_{i\Sigma} = Q_{Fi} - Q_{ti}$ : công suất phản kháng bơm vào nút i nếu  $>0$  ( công suất phát), công suất rút từ nút i nếu  $<0$  ( công suất tải).

$P_{Fi}, Q_{Fi}$ : công suất nguồn điện tại nút i

$P_{ti}, Q_{ti}$ : công suất phụ tải điện tại nút i

$S_{ij} = \sqrt{P_{ij}^2 + Q_{ij}^2}$  : công suất tải trên đường dây nối 2 nút i và j.

$U_i$ : điện áp tại nút i (modun).

$\delta_{ij} = \delta_i - \delta_j$ : góc của điện áp nút i và j (so với trục quy chiếu là nút cân bằng)

$G_{ii}, B_{ij}$ : phần thực và ảo của các thành phần của ma trận tổng dẫn nút  $\mathbf{Y}$ .

$N$ : số nút của lưới điện.

Chỉ số max và min chỉ giới hạn trên và dưới của các thông số tương ứng.

2-Thuật giải:

Mỗi nút của lưới điện có 4 thông số :modun điện áp  $U_i$ , góc điện áp  $\delta_i$  so với nút quy chiếu, công suất tác dụng, công suất phản kháng. Chỉ có thể cho trước 2 thông số, cần tính 2 thông số còn lại.

Lưới điện có 3 loại nút :

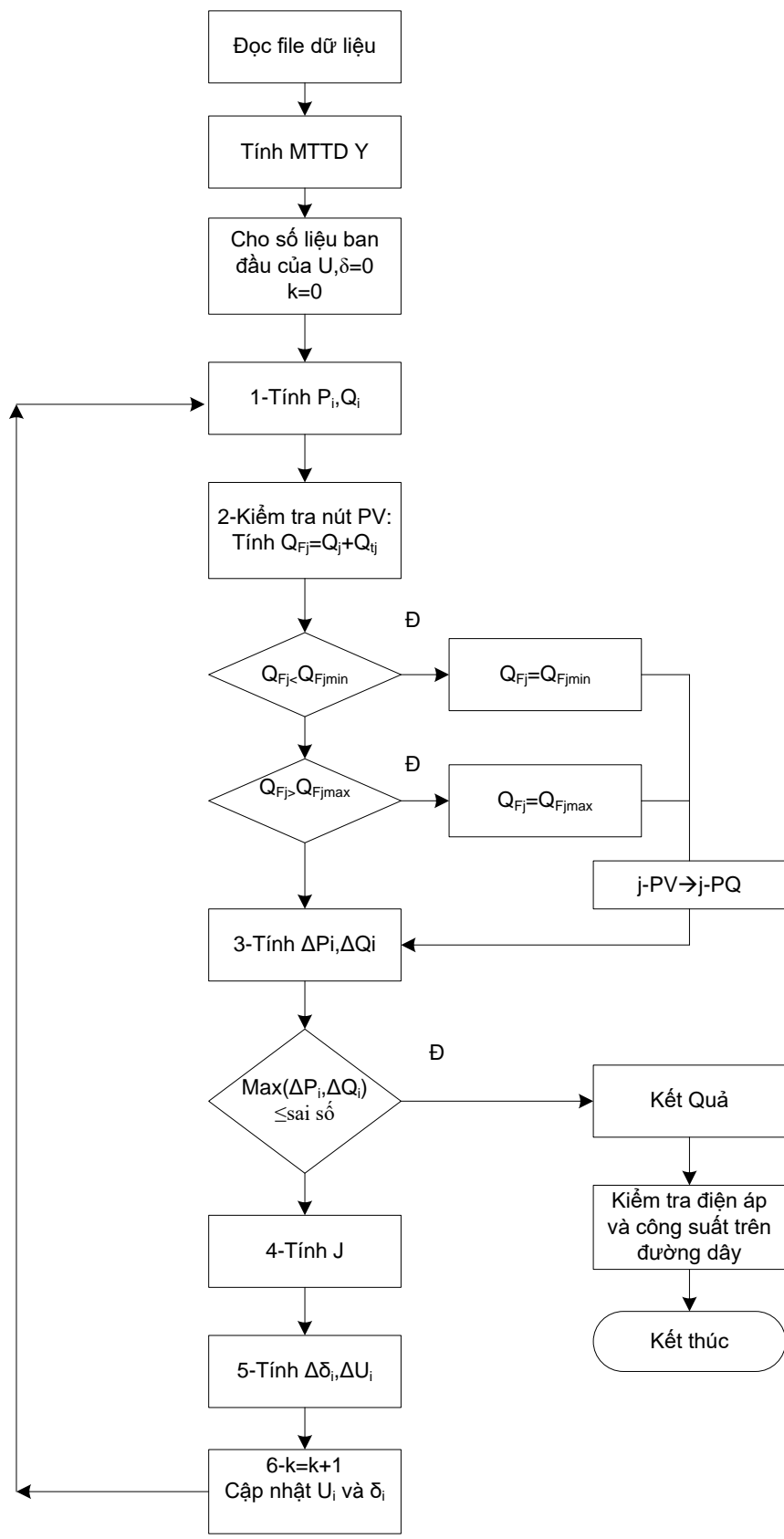
- Nút PV: là nút cho trước công suất P và modun điện áp U, tính góc điện áp  $\delta$  và Q, thường là nút phát.

- Nút PQ: cho trước P và Q, tính modun điện áp U và góc  $\delta$  thường là nút tải.

- Nút cân bằng: cho biết điện áp  $U_{CB}$  và góc  $\delta = 0$  là nút quy chiếu, tính P và Q. Có thể có 1 hoặc nhiều nút cân bằng. Nếu có 1 nút cân bằng thì công suất tác dụng của nút cân bằng bằng công suất tải của các nút PV, PQ cộng với tổn thất công suất tác dụng và phản kháng trong lưới điện. Nếu tất cả các máy phát đều tham gia

làm nút cân bằng thì sau mỗi bước tính, tổng tổn thất công suất tác dụng được phân chia cho tất cả các máy phát theo tỷ lệ nào đó ví dụ theo công suất định mức của từng máy phát. Sau mỗi bước công suất tác dụng của nút PV tăng lên bằng công suất phát ban đầu cộng với phần tổn thất được phân chia.

Sơ đồ thuật toán trên hình.3.1.



Hình 3.1

Các khối tính toán :

1- $P_i, Q_i$  là công suất từ nút  $i$  đi vào lưới điện ở bước  $k$  tính theo

$$\begin{aligned} P_i &= U_i \sum_{j=1}^N U_j (G_{ij} \cos \delta_{ij} + B_{ij} \sin \delta_{ij}) = 0 \\ Q_i &= U_i \sum_{j=0; j \neq i}^N U_j (G_{ij} \sin \delta_{ij} - B_{ij} \cos \delta_{ij}) = 0 \end{aligned} \quad (3.3)$$

2-Với nút PV  $Q_{Fi}$  không được cho trước mà tính sau khi đã tính được điện áp các nút, tính theo:  $Q_{Fi} = Q_i + Q_{ij}$ ,  $Q_i$  là công suất đi vào lưới điện,  $Q_{Fi}$  là công suất phát ở bước tính  $k$ .

3- $\Delta P_i$  và  $\Delta Q_i$  ở bước  $k$  tính theo:

$$\begin{aligned} \Delta P_i &= P_{i\Sigma} - P_i = P_{i\Sigma} - U_i \sum_{j=1}^N U_j (G_{ij} \cos \delta_{ij} + B_{ij} \sin \delta_{ij}) = 0 \\ \Delta Q_i &= Q_{i\Sigma} - Q_i = Q_{i\Sigma} - U_i \sum_{j=0; j \neq i}^N U_j (G_{ij} \sin \delta_{ij} - B_{ij} \cos \delta_{ij}) = 0 \end{aligned} \quad (3.4)$$

4-Ma trận Jacoby ở bước  $k$  tính theo:

$$J = \begin{bmatrix} \left( \frac{\partial \Delta P}{\partial \delta} \right) & \left( \frac{\partial \Delta P}{\partial U} \right) \\ \left( \frac{\partial \Delta Q}{\partial \delta} \right) & \left( \frac{\partial \Delta Q}{\partial U} \right) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \quad (3.5)$$

$$J_1: \begin{cases} J_1(i, i) = \frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} = U_i \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n U_m (-G_{ij} \sin \delta_{ij} + B_{ij} \cos \delta_{ij}) \\ J_1(i, j) = \frac{\partial P_i}{\partial \delta_j} = U_i U_j (G_{ij} \sin \delta_{ij} - B_{ij} \cos \delta_{ij}) \end{cases} \quad (3.6a)$$

$$J_2: \begin{cases} J_2(i, i) = \frac{\partial P_i}{\partial U_i} = 2U_i G_{ii} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n U_j (G_{ij} \cos \delta_{ij} + B_{ij} \sin \delta_{ij}) \\ J_2(i, j) = \frac{\partial P_i}{\partial U_j} = U_i (G_{ij} \cos \delta_{ij} + B_{ij} \sin \delta_{ij}) \end{cases} \quad (3.6b)$$

$$J_3: \begin{cases} J_3(i, i) = \frac{\partial Q_i}{\partial \delta_i} = U_i \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n U_j (G_{ij} \cos \delta_{ij} + B_{ij} \sin \delta_{ij}) \\ J_3(i, j) = \frac{\partial Q_i}{\partial \delta_j} = -U_i U_j (G_{ij} \cos \delta_{ij} + B_{ij} \sin \delta_{ij}) \end{cases} \quad (3.6c)$$

$$J_4: \begin{cases} \frac{\partial Q_i}{\partial U_i} = J_4(i, i) = -2U_i B_{ii} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n U_j (G_{ij} \sin \delta_{ij} - B_{ij} \cos \delta_{ij}) \\ \frac{\partial Q_i}{\partial U_j} = J_4(i, j) = U_i (G_{ij} \sin \delta_{ij} - B_{ij} \cos \delta_{ij}) \end{cases} \quad (3.6d)$$

5- $\Delta\delta_i$  và  $\Delta U_i$  ở bước k tính được bằng cách giải hệ phương trình tuyến tính :

$$\begin{bmatrix} (\Delta P)^k \\ (\Delta Q)^k \end{bmatrix} = -J^k \cdot \begin{bmatrix} (\Delta \delta)^k \\ (\Delta U)^k \end{bmatrix} \quad (3.7)$$

6-Góc và modun điện áp ở bước k+1 tính theo:

$$\begin{bmatrix} \delta^{(k+1)} \\ U^{(k+1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \delta^{(k)} \\ U^{(k)} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta \delta^{(k)} \\ \Delta U^{(k)} \end{bmatrix} \quad (3.8)$$

$$\delta_{ij}^k = \delta_i^k - \delta_j^k \quad (3.9)$$

### 3.1.2. Phương pháp dòng điện 1 chiều (phương pháp DC model)

Xét phương trình:

$$P_i = U_i \sum_{j=1}^N U_j (G_{ij} \cos \delta_{ij} + B_{ij} \sin \delta_{ij}) \quad (3.10)$$

Nêu bỏ qua  $G_{ij}$ ,  $B_{ij}$  và nếu góc  $\delta_{ij}$  nhỏ và tính trong hệ đơn vị tương đối với  $U_i \approx U_j = 1$  ta có thể viết:

$$P_i = \sum_{j=1}^N B_{ij} (\delta_i - \delta_j) \quad (3.11)$$

Bài toán giải tích lưới điện là :

$$\Delta P_i = P_{i\Sigma} - \sum_{j=1}^N B_{ij} (\delta_i - \delta_j) = 0 \quad (3.12)$$

Tính lưới điện theo (3.11) và (3.12) được gọi là mô hình 1 chiều (DC model), còn theo phương pháp N-R thì trong một số tài liệu được gọi là mô hình xoay chiều (AC model).

Viết dưới dạng ma trận:

$$[\Delta P] = B[\delta] \quad (3.13)$$

### 3.2. Lựa chọn cấu trúc tối ưu HTCCĐ [10].

Việc thiết kế LĐTÁ với yêu cầu hợp lý về cấu trúc, tối ưu về kinh tế, thỏa mãn các điều kiện giới hạn là bài toán rất phức tạp, đặc biệt khi xét đến giới hạn ổn định điện áp. Các tính toán đơn giản dễ dẫn đến một cấu trúc lưới có vốn đầu tư cao, trong khi kém an toàn, chất lượng điện năng thấp.

Vấn đề được đặt ra liên quan đến quy mô ngày càng rộng khắp của LĐTÁ, trong điều kiện phát triển phức tạp của HTĐ Việt Nam. Nhiều nút tải xa nguồn, công suất tới gần giới hạn ổn định, điện áp có thể dao động rất mạnh, trước nguy cơ sụp đổ điện áp.

#### 3.2.1. Khảo sát giới hạn CCD LĐTÁ trên mặt phẳng công suất.

Các biểu thức tính giới hạn CCD đối với lưới điện đơn giản, một phụ tải (hình 3.2)

\* Theo điều kiện dòng phát nóng.

Dây dẫn cần được lựa chọn sao cho dòng điện làm việc cường bức (lớn nhất, kéo dài) nhỏ hơn dòng điện cho phép:

$$I \leq I'_{cp} = k_1 * k_2 * \dots * k_n * I_{cp}$$

Xét giới hạn theo công suất ta có:

$$S \leq \sqrt{3}U * I_{cp} * k_1 * k_2 * \dots * k_n = S_{gh} \quad (3.14)$$

Trong đó:  $I_{cp}$  dòng điện làm việc lâu dài chạy trong dây dẫn, đảm bảo nhiệt độ phát nóng ở giới hạn cho phép, trong điều kiện tiêu chuẩn;  $k_1, k_2, \dots, k_n$  là các hệ số hiệu chỉnh các điều kiện khác với tiêu chuẩn;  $S$  là công suất truyền tải;  $U$  là điện áp làm việc, có thể tính gần đúng theo trị số định mức.

Biểu diễn trên mặt phẳng công suất (P, Q) ta có giới hạn CCD theo điều kiện phát nóng là hình tròn tâm (0,0) bán kính bằng  $S_{gh}$ .

\* Theo điều kiện tổn thất điện áp.

Tổn thất điện áp tính đến cuối đường dây có thể tính gần đúng theo thành phần cùng pha với điện áp nút:

$$\Delta U \approx (PR + QX) / U$$

Trong đó:  $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$  - là tổng trở đường dây; Điện áp U có thể lấy gần đúng theo trị số định mức.

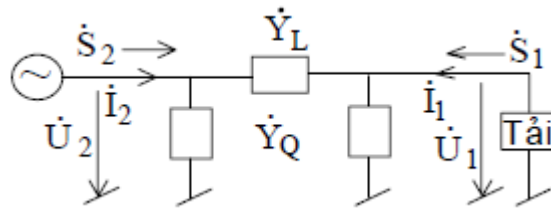
Gọi  $\Delta U_{cp}$  là trị số tổn thất điện áp cho phép, S là công suất truyền tải, có góc công suất  $\varphi$ , ta có:

$$\Delta U = \frac{S(R \cos \varphi + X \sin \varphi)}{U} \leq \Delta U_{cp};$$

$$\text{Hay } S(\varphi) \leq \frac{U}{R \cos \varphi + X \sin \varphi} \Delta U_{cp}; (3.2)$$

Biểu diễn trên mặt phẳng (P,Q) ta có giới hạn CCD theo điều kiện tổn thất điện áp (đường ellip).

\* Theo điều kiện sụp đổ điện áp



Hình 3.2

Theo [5], mức độ ổn định điện áp có thể xác định theo chỉ số sụp áp nút tải (L):

$$L = \left| 1 + \frac{\dot{U}_0}{\dot{U}_1} \right| = \left| \frac{\dot{S}_1}{Y_{11} \dot{U}_1^2} \right| (3.3)$$

$$\text{Với } \dot{U}_0 = \frac{Y_{12}}{Y_{11}} \dot{U}_2 = -\frac{Y_L}{Y_L + Y_Q} \dot{U}_2 (3.4)$$

Trong đó:  $S_1, S_2$  là công suất truyền tải từ các nút (tải và nguồn);



$U_1, U_2$  lần lượt là điện áp nút tải, nút nguồn;

$Y$  là ma trận tổng dẫn của mạng 2 cửa;

$\dot{Y}_L, \dot{Y}_Q$  là tổng dẫn ngang và dọc khi biểu diễn đường dây theo sơ đồ hình II

Xét cho lưới trung áp ta có  $\dot{Y}_Q = 0$  nên  $\dot{U}_0 = -\dot{U}_2$  (3.5)

Trên hình 3.2, công suất nút tải có hướng bơm vào sơ đồ, trong thực tế thường lấy công suất tải dương với hướng ngược lại.

Chỉ số  $L$  có giá trị từ 0 đến 1. Giá trị  $L = 1$  tương ứng với trạng thái giới hạn ổn định điện áp. Chỉ số  $L$  càng nhỏ thì mức độ ổn định điện áp càng cao.

Trong [5] đã chứng minh quan hệ giữa trị số  $S_1$  với giá trị chỉ số  $L$  như sau:

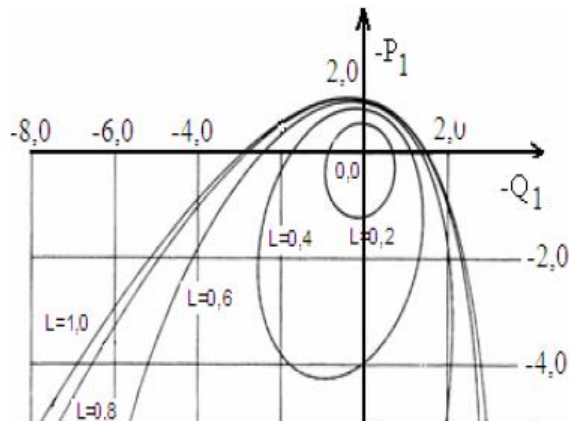
$$S_1 = \frac{U_2^2 Y_{11}}{L + 1/L - 2\cos(\phi_{S1} + \phi_{Y11})} \quad (3.6)$$

Trong đó:  $\phi_{S1}$  là góc công suất phụ tải,  $\phi_{Y11}$  là góc tổng dẫn riêng của nút 1.

Biểu thức (3.6) thực chất là quan hệ giữa  $S_1$  với  $\phi_{S1}$  trong hệ tọa độ cực của mặt phẳng công suất khi giữ chỉ số  $L$  không đổi. Trên hình 3.3 cho thấy với chỉ số  $L$  khác nhau đường cong có dạng ellip khác nhau.

Khi chỉ số  $L = 1$  thì đường cong chính là giới hạn CCD theo điều kiện sụp đổ điện áp trên mặt phẳng công suất.

Hình 3.3 biểu diễn hệ trục tọa độ theo công suất tải với các trị số dương công suất tương ứng với góc phần tư thứ nhất trong mặt phẳng phức. Dễ dàng nhận thấy miền giới hạn CCD theo điều kiện sụp áp là tương đối hẹp.



Hình 3.3

Nhận xét:

- Thông qua các biểu thức giới hạn CCD trên mặt phẳng công suất có thể so sánh, đánh giá yếu tố có ý nghĩa quyết định đến khả năng CCD của LĐTĐ.

- Miền giới hạn CCD cho thấy ảnh hưởng của hệ số công suất  $\cos\varphi$  đến khả năng truyền tải của LĐTĐ.

Đối với lưới điện phức tạp các giới hạn trên vẫn tồn tại và có ý nghĩa tương tự. Tuy nhiên biểu thức xác định giới hạn sụp đổ điện áp rất phức tạp, để tính toán cần sử dụng các công cụ riêng.

- Các giới hạn công suất truyền tải theo điều kiện sụt áp và sụp đổ điện áp giảm nhanh theo bán kính cấp điện và trở thành các yếu tố quyết định trong thiết kế CCD khi khoảng cách lớn.

- Giới hạn theo điều kiện sụp đổ điện áp phụ thuộc phức tạp vào cấu trúc toàn lưới do đó cần xét đến trong điều kiện LĐTĐ phát triển ngày càng phức tạp.

### **3.2.2. Các chỉ tiêu đánh giá mức độ ổn định hệ thống CCD phức tạp.**

Ổn định là một thuộc tính mang đặc trưng hệ thống: một nguyên nhân bất kỳ gây ra mất ổn định đều dẫn đến sự làm việc không bình thường toàn hệ thống. Sụp đổ điện áp xảy ra ở một nút thì mọi nút đều có dao động điện áp rất lớn. Như vậy, LĐTĐ được thiết kế phải đảm bảo cho mọi nút đều nằm đủ xa giới hạn mất ổn định. Hơn nữa nút yếu nhất cần được đảm bảo độ dự trữ cần thiết. Một phương án phát triển không hợp lý LĐTĐ, có nguy cơ xảy ra sụp đổ điện áp tại một nút nào đó sẽ có thể ảnh hưởng chung đến giới hạn cung cấp điện toàn lưới.

Để phân tích, đánh giá ổn định HTCCĐ cần sử dụng các chương trình tính toán riêng cho phép thiết lập được các chỉ tiêu đánh giá mức độ ổn định. Nhiều chương trình phân tích chế độ HTĐ hiện nay cũng đã được tích hợp thêm chức năng phân tích các chỉ tiêu ổn định hệ thống, có thể sử dụng hiệu quả trong tính toán thiết kế lưới điện. Các chỉ tiêu chủ yếu (áp dụng cho LĐTĐ) có thể kể đến như sau:

\* Hệ số dự trữ ổn định:

Bao gồm:

- Hệ số dự trữ công suất tính theo kịch bản điển hình:

$$K_{dt} = \frac{P_{\Sigma gh} - P_{\Sigma 0}}{P_{\Sigma 0}} 100\%$$

Với  $P_{\Sigma 0}$  tổng công suất tải hiện hành;

$P_{\Sigma gh}$  tổng công suất tải đến giới hạn.

Ý nghĩa: đánh giá “độ mạnh” của toàn lưới về phương diện ổn định.

- Hệ số dự trữ theo yêu cầu vận hành (phương thức quan tâm):

$$K_{dt} = \frac{P_{igh} - P_{i0}}{P_{i0}} 100\%$$

Trong đó  $P_i$  là thông số nút tải quan tâm. Hệ số có ý nghĩa kiểm tra riêng cho tình huống tăng thêm đáng kể phụ tải của một nút theo yêu cầu phát triển.

\* Hệ số sụt áp:

$$k_u \% = \frac{U_0 - U_{gh}}{U_0} 100\%$$

Trong đó:  $U_0$ ,  $U_{gh}$  tương ứng trị số điện áp nút ở chế độ đang xét và chế độ giới hạn.

Với cùng kích bản thay đổi công suất, nút có  $k_u\%$  lớn là “nút yếu”.

### 3.2.3. Các phương án cải tạo LDTA.

\* Phương án 1: Để thỏa mãn các điều kiện phát nóng, tổn thất điện áp có thể sử dụng biện pháp thay đổi tiết diện dây dẫn.

\* Phương án 2: Kiểm tra thêm các chỉ tiêu ổn định phương án 1 không thỏa mãn: hệ số dự trữ ổn định, hệ số sụt áp,... để biết nút nào là nút yếu. Để nâng cao ổn định không thể chỉ tăng tiết diện dây dẫn, bởi ổn định điện áp chủ yếu phụ thuộc vào điện kháng và chiều dài đường dây. Hơn nữa hệ số dự trữ ổn định còn phụ thuộc điện kháng phía hệ thống tính từ thanh cái hạ áp trạm 110kV trở về nguồn. Phương án cải tạo đưa ra là: xây dựng đường dây mới để giảm khoảng cách cung cấp điện.

## 3.3. Bù công suất phản kháng trong lưới điện phân phối trung áp.

### 3.3.1. Công suất phản kháng và các thông số liên quan

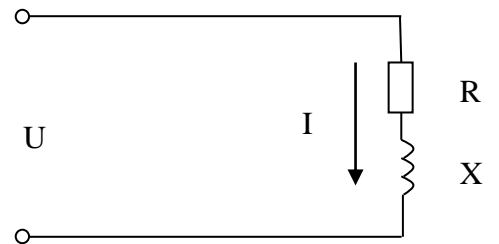
#### 3.3.1.1. Khái niệm về CSPK

Xét sự tiêu thụ năng lượng trong một mạch điện đơn giản có tải là điện trở và điện kháng (hình 3.4) sau:

Mạch điện được cung cấp bởi điện áp

$$u = U_m \cdot \sin \omega t$$

Dòng điện  $i$  lệch pha với điện áp  $u$  một góc  $\varphi$ :



Hình 3.4

$$i = I_m \cdot \sin(\omega t - \varphi) \quad \text{hay} \quad i = I_m \cdot (\sin \omega t \cdot \cos \varphi - \sin \varphi \cdot \cos \omega t)$$

Có thể coi:  $i = i' + i''$

với  $i' = I_m \cdot \cos \varphi \cdot \sin \omega t$

$$i'' = I_m \cdot \sin \varphi \cdot \cos \omega t = I_m \cdot \sin \varphi \cdot \sin(\omega t - \pi/2)$$

Như vậy dòng điện  $i$  là tổng của hai thành phần:

$i'$  có biên độ  $I_m \cdot \cos \varphi$  cùng pha với điện áp  $u$

$i''$  có biên độ  $I_m \cdot \sin \varphi$  chậm pha với điện áp một góc  $\pi/2$

Công suất tương ứng với hai thành phần  $i'$  và  $i''$  là:

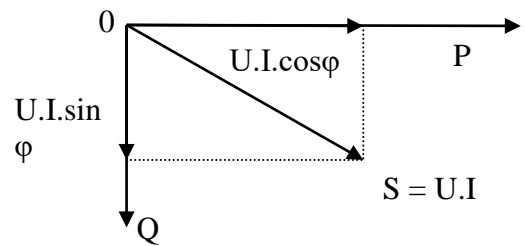
$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$  gọi là công suất tác dụng

$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$  gọi là công suất phản kháng

Từ công thức trên ta có thể viết:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = Z \cdot I (I \cdot \cos \varphi) = Z \cdot I^2 \cdot \frac{R}{Z} = R \cdot I^2 \quad (3.7)$$

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi = Z \cdot I (I \cdot \sin \varphi) = Z \cdot I^2 \cdot \frac{X}{Z} = X \cdot I^2 \quad (3.8)$$



Hình 3.5

**CSPK** là thành phần công suất tiêu thụ trên điện cảm hay phát ra trên điện dung của mạch điện.

### 3.3.1.2. Sự tiêu thụ CSPK

Trên lưới điện, CSPK được tiêu thụ ở: Động cơ không đồng bộ, máy biến áp, kháng điện trên đường dây tải điện và ở các phần tử, thiết bị có liên quan đến từ trường.

Yêu cầu về CSPK chỉ có thể giảm đến mức tối thiểu chứ không thể triệt tiêu được vì nó cần thiết để tạo ra từ trường, yếu tố trung gian cần thiết trong quá trình chuyển hóa điện năng.

*\*) Động cơ không đồng bộ*

Động cơ không đồng bộ là thiết bị tiêu thụ CSPK chính trong lưới điện, chiếm khoảng 60 – 65%;

CSPK của động cơ không đồng bộ gồm hai thành phần:

- Một phần nhỏ CSPK được sử dụng để sinh ra từ trường tản trong mạch điện sơ cấp
- Phần lớn CSPK còn lại dùng để sinh ra từ trường khe hở

*\*) Máy biến áp*

MBA tiêu thụ khoảng 22 đến 25% nhu cầu CSPK tổng của lưới điện, nhỏ hơn nhu cầu của các động cơ không đồng bộ do CSPK dùng để từ hóa lõi thép máy biến áp không lớn so với động cơ không đồng bộ, vì không có khe hở không khí. Nhưng do số thiết bị và tổng dung lượng lớn, nên nhu cầu tổng CSPK của MBA cũng rất đáng kể.

CSPK tiêu thụ bởi MBA gồm hai thành phần:

- Công suất phản kháng được dùng để từ hóa lõi thép
- Công suất phản kháng tản từ máy biến áp

*\*) Đèn huỳnh quang*

Thông thường các đèn huỳnh quang vận hành có một chấn lưu để hạn chế dòng điện. Tuy theo điện cảm của chấn lưu, hệ số công suất chưa được hiệu chỉnh  $\cos\varphi$  của chấn lưu nằm trong khoảng 0,3 đến 0,5.

Các đèn huỳnh quang hiện đại có bộ khởi động điện tử, hệ số công suất chưa được hiệu chỉnh  $\cos\varphi$  thường gần bằng 1. Do vậy không cần hiệu chỉnh hệ số công

suất của thiết bị này. Tuy nhiên, khi các thiết bị điện tử này khởi động thì sinh ra các sóng hài.

### 3.3.1.3 Các nguồn phát công suất phản kháng trên lưới

Khả năng phát CSPK của các nhà máy điện là rất hạn chế, do  $\cos\varphi_n$  của nhà máy từ 0,8 – 0,9 hoặc cao hơn nữa. Vì lý do kinh tế người ta không chế tạo các máy phát có khả năng phát nhiều CSPK cho phụ tải. Các máy phát chỉ đảm đương một phần nhu cầu CSPK của phụ tải, phần còn lại do các thiết bị bù đảm trách (Máy bù đồng bộ, tụ điện).

Ngoài ra trong hệ thống điện nói chung, phải kể đến một nguồn phát CSPK nữa, đó là các đường dây tải điện, đặc biệt là các đường cáp và đường dây siêu cao áp. Tuy nhiên ở đây ta chỉ xét đến lưới phân phối, do vậy chỉ lưu ý đến các trường hợp đường dây 35 kV dài và các đường cáp ngầm. Tuy nhiên CSPK phát ra từ các phần tử này cũng không đáng kể nên nguồn phát CSPK chính trong lưới phân phối vẫn là tụ điện, động cơ đồng bộ và máy bù.

#### *\*) Máy bù đồng bộ*

Máy bù đồng bộ là loại máy điện đồng bộ chạy không tải dùng để phát hoặc tiêu thụ CSPK. Máy bù đồng bộ là phương pháp cổ truyền để điều chỉnh liên tục CSPK. Các máy bù đồng bộ thường được dùng trong hệ thống truyền tải, chẳng hạn ở đầu vào các đường dây tải điện dài, trong các trạm biến áp quan trọng và trong các trạm biến đổi dòng điện một chiều cao áp.

Nếu ta tăng dòng điện kích từ  $i_{kt}$  lên (quá kích thích, dòng điện của máy bù đồng bộ sẽ vượt trước điện áp trên cực của nó một góc  $90^0$ ) thì máy phát ra CSPK  $Q_b$  phát lên mạng điện. Ngược lại, nếu ta giảm dòng kích từ  $i_{kt}$  (kích thích non,  $E < U$ , dòng điện chậm sau điện áp  $90^0$ ) thì máy bù sẽ biến thành phụ tải tiêu thụ CSPK. Vậy máy bù đồng bộ có thể tiêu thụ hoặc phát ra CSPK.

Các máy bù đồng bộ ngày nay thường được trang bị hệ thống kích thích từ nhanh có bộ kích từ chính lưu. Có nhiều phương pháp khởi động khác nhau, một phương pháp hay dùng là khởi động đảo chiều.

#### *\*) Tụ điện tĩnh*

Tụ điện tĩnh là một đơn vị hoặc một dãy đơn vị tụ nối với nhau và nối song song với phụ tải theo sơ đồ hình sao hoặc tam giác, với mục đích sản xuất ra CSPK cung cấp trực tiếp cho phụ tải, điều này làm giảm CSPK phải truyền tải trên đường dây. Tụ bù tĩnh cũng thường được chế tạo không đổi (nhằm giảm giá thành). Khi cần điều chỉnh điện áp có thể dùng tụ điện bù tĩnh đóng cắt được theo cấp, đó là biện pháp kinh tế nhất cho việc sản xuất ra CSPK.

Tụ điện tĩnh cũng như máy bù đồng bộ làm việc ở chế độ quá kích CSPK trực tiếp cấp cho hộ tiêu thụ, giảm được lượng CSPK truyền tải trong mạng, do đó giảm được tổn thất điện áp.

CSPK do tụ điện phát ra được tính theo biểu thức sau:

$$Q_C = U^2 \cdot 2\pi f \cdot C \cdot 10^{-9} \text{ kVAr} \quad (3.9)$$

Trong đó: - U có đơn vị là kV

- f tần số có đơn vị là Hz
- C là điện dung có đơn vị là  $\mu\text{F}$

Khi sử dụng tụ điện cần chú ý phải đảm bảo an toàn vận hành, cụ thể khi cắt tụ ra khỏi lưới phải có điện trở phóng điện để dập điện áp.

Các tụ điện bù tĩnh được dùng rộng rãi để hiệu chỉnh hệ số công suất trong các hệ thống phân phối điện như: hệ thống phân phối điện công nghiệp, thành phố, khu đông dân cư và nông thôn. Một số các tụ bù tĩnh cũng được đặt ở các trạm truyền tải.

Tụ điện là loại thiết bị điện tĩnh, làm việc với dòng điện vượt trước điện áp. Do đó có thể sinh ra công suất phản kháng Q cung cấp cho mạng. *Tụ điện tĩnh có những ưu điểm sau:*

- Suất tổn thất công suất tác dụng bé, khoảng (0,003 – 0,005) kW/kVAr.
- Không có phần quay nên lắp ráp bảo quản dễ dàng.
- Tụ điện tĩnh được chế tạo thành từng đơn vị nhỏ, vì thế có thể tùy theo sự phát triển của phụ tải trong quá trình sản xuất mà điều chỉnh dung lượng cho phù hợp.

*Song tụ điện tĩnh cũng có một số nhược điểm sau:*

- Nhược điểm chủ yếu của chúng là cung cấp được ít CSPK khi có rối loạn hoặc thiếu điện, bởi vì dung lượng của công suất phản kháng tỷ lệ bình phương với điện áp:

$$Q = I^2 X_c = \frac{U^2}{1/\omega C} = \omega C U^2 \quad (3.10)$$

- Tụ điện có cấu tạo kém chắc chắn vì vậy dễ bị phá hỏng khi xảy ra ngắn mạch

- Khi điện áp tăng quá  $1,1U_n$  thì tụ điện dễ bị chọc thủng.

- Khi đóng tụ điện vào mạng có dòng điện xung, còn khi cắt tụ khỏi mạng, nếu không có thiết bị phóng điện thì sẽ có điện áp dư trên tụ.

- Bù bằng tụ điện sẽ khó khăn trong việc tự động điều chỉnh dung lượng bù một cách liên tục.

- Tụ điện tĩnh được chế tạo dễ dàng ở cấp điện áp 6 - 10 kV và 0,4 kV. Thông thường nếu dung lượng bù nhỏ hơn 5 MVar thì người ta dùng tụ điện, còn nếu lớn hơn phải so sánh với máy bù đồng bộ.

*\*) Động cơ không đồng bộ rôto dây quấn được đồng bộ hóa*

Khi cho dòng điện một chiều vào dây quấn Roto của động cơ không đồng bộ thì động cơ đó sẽ làm việc như động cơ đồng bộ, có thể điều chỉnh dòng kích từ để nó phát ra CSPK cung cấp cho mạng. Nhược điểm của loại này là suất tổn thất công suất tác dụng lớn, khoảng (0,02 – 0,08) kW/kVAr; khả năng quá tải kém. Vì vậy nó chỉ được phép làm việc với 75% công suất định mức.

Vì các nhược điểm trên, cho nên nó chỉ được dùng khi không có sẵn các loại thiết bị bù khác.

*\*) Mạng cáp*

Cảm kháng của dây dẫn là do có từ thông biến đổi khi có dòng điện chạy trên dây dẫn, trong mạng lưới điện phân phối, dây cáp có cảm kháng rất bé vì các lõi cáp đặt rất gần nhau và từ thông móc vòng qua chúng rất nhỏ. Vậy trên sơ đồ thay thế của đường dây cáp chỉ còn có điện trở của cáp. Hay nói một cách khác, trên mạng



phân phối, tổn thất CSPK từ mạng cáp rất không đáng kể. CSPK do cáp phát ra phụ thuộc vào cấp điện áp và tiết diện của lõi thép.

Ngoài các thiết bị bù kể trên, còn có thể dùng động cơ đồng bộ làm việc ở chế độ quá kích từ, hoặc dùng máy phát điện làm việc ở chế độ bù để làm máy bù.

Ở các xí nghiệp có nhiều tổ máy phát điezen, làm nguồn dự phòng, khi chưa dùng đến có thể sử dụng làm máy bù đồng bộ. Theo kinh nghiệm thực tế việc chuyển máy phát thành máy bù không phiền phức lắm. Vì vậy biện pháp này được nhiều xí nghiệp áp dụng.

### **3.3.2. Ưu nhược điểm của các nguồn phát công suất phản kháng**

#### **3.3.2.1. Ưu điểm của tụ điện so với máy bù đồng bộ**

- Chi phí cho một kVAr của tụ điện rẻ hơn so với máy bù đồng bộ. Ưu điểm này càng nổi bật khi dung lượng càng tăng.

- Giá tiền của mỗi kVA tụ điện tĩnh ít phụ thuộc vào công suất đặt và có thể coi như không đổi, vì vậy rất thuận tiện cho việc phân chia tụ điện tĩnh ra làm nhiều tổ nhỏ, tùy ý lắp đặt vào nơi cần thiết. Trái lại giá tiền mỗi kVA máy bù đồng bộ lại thay đổi tùy theo dung lượng, dung lượng máy càng nhỏ thì giá tiền càng đắt.

- Tổn thất công suất tác dụng trong tụ điện rất bé, khoảng (0,3 – 0,5)% công suất của chúng, trong khi đó tổn thất trong máy bù đồng bộ lớn hơn hàng chục lần, vào khoảng (1,33 -3,2)% công suất định mức.

- Tụ điện vận hành đơn giản, độ tin cậy cao hơn máy bù đồng bộ. Trái lại máy bù đồng bộ với những bộ phận quay, chổi than... dễ gây ra mài mòn, sự cố trong lúc vận hành. Trong lúc vận hành, một tụ điện nào đó có thể bị hư hỏng thì toàn bộ số tụ điện còn lại vẫn tham gia vào vận hành bình thường. Song nếu trong nhà máy chỉ có một máy bù đồng bộ mà bị hư hỏng thì sẽ mất toàn bộ dung lượng bù, ảnh hưởng tiêu cực khi đó sẽ rất lớn.

- Tụ điện lắp đặt, bảo dưỡng định kỳ rất đơn giản. Có thể phân ra nhiều cụm để lắp rải trên lưới phân phối, hiệu quả là cải thiện đường cong phân bố điện áp tốt hơn. Tụ điện không cần công nhân trông coi vận hành như máy bù đồng bộ.

- Tụ điện điện áp thấp còn có ưu điểm là nó được đặt sâu trong các mạng điện hạ áp xí nghiệp, gần ngay các động cơ điện, nên làm giảm được  $\Delta P$  và  $\Delta A$  rất nhiều.

#### 3.3.2.2. Nhược điểm của tụ điện so với máy bù đồng bộ

- Máy bù đồng bộ có thể điều chỉnh trơn tương đối dễ dàng, còn tụ điện thường chỉ được điều chỉnh theo từng cấp.

- Máy bù đồng bộ có thể phát ra hay tiêu thụ CSPK theo một cơ chế linh hoạt, còn tụ điện chỉ có thể phát ra CSPK

Các nhược điểm của tụ điện ngày nay đã dần được khắc phục.

Với nhiều ưu điểm nổi trội so với máy bù đồng bộ, ngày nay trên lưới điện phần lớn sử dụng tụ điện để bù CSPK.

Theo thống kê thì có gần 60% tụ điện được bù trên đường dây, 30% được bù tại thanh cái trạm biến áp và khoảng 10% còn lại được bù ở hệ thống truyền tải.

#### 3.3.2.3. Khắc phục nhược điểm của tụ bù tĩnh bằng thiết bị điều khiển Thyristor (SVC)

Các thiết bị bù giới thiệu ở trên không có tự động điều chỉnh, hoặc có điều chỉnh nhưng rất chậm (như máy bù đồng bộ) hoặc điều chỉnh từng nấc. Sự phát triển vượt bậc trong lĩnh vực điều khiển tự động, đặc biệt là kỹ thuật điện tử công suất với các thiết bị Thyristor công suất lớn đã cho phép thực hiện các thiết bị bù điều chỉnh nhanh (thường không quá  $\frac{1}{4}$  chu kỳ tần số công nghiệp). Hiện nay các thiết bị bù có điều khiển được xác nhận là rất tốt không những trong lưới công nghiệp mà cả trong hệ thống điện truyền tải và phân phối.

SVC (Static Var Compensator) là thiết bị bù ngang dùng để tiêu thụ CSPK có thể điều chỉnh bằng cách tăng hay giảm góc mở của thyristor, nó được tổ hợp từ hai thành phần cơ bản:

- Thành phần cảm kháng để tác động về mặt công suất phản kháng (có thể phát hay tiêu thụ công suất phản kháng tùy theo chế độ vận hành).

- Thành phần điều khiển bao gồm các thiết bị điện tử như Thyristor, các cửa đóng mở GTO (Gate Turn Off)...

SVC được cấu tạo từ ba phần tử chính gồm:

+ Kháng điều chỉnh bằng thyristor – TCR (thyristor Controlled Reactor): có chức năng điều chỉnh liên tục CSPK tiêu thụ.

+ Kháng đóng mở bằng thyristor – TSR (Thyristor Switched Reactor): có chức năng tiêu thụ CSPK, đóng cắt nhanh bằng Thyristor.

+ Bộ tụ đóng mở bằng thyristor – TSC (Thyristor Switched Capacitor): Có chức năng phát CSPK, đóng cắt nhanh bằng Thyristor

- Để điều chỉnh tron tụ điện người ta dùng tụ bù CSPK có điều khiển SVC

- Để phát hay nhận CSPK người ta dùng SVC gồm tổ hợp TCR và TSC

- Để bảo vệ quá áp và kết hợp điều chỉnh tụ theo điện áp người ta lắp đặt các bộ điều khiển để đóng cắt tụ theo điện áp.

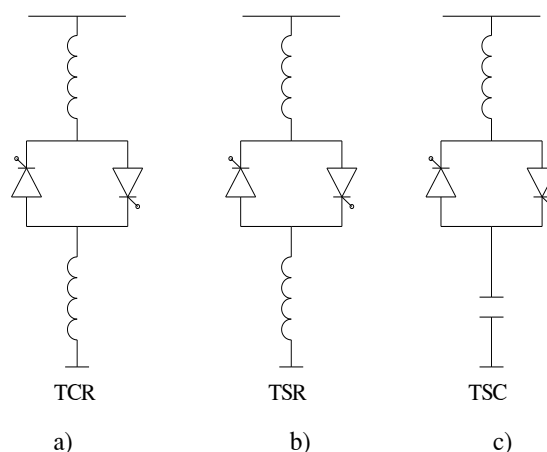
Các thiết bị bù điều chỉnh có hiệu quả rất cao, đảm bảo ổn định được điện áp và nâng cao tính ổn định cho hệ thống điện. Đối với các đường dây siêu cao áp các thiết bị bù có điều khiển đôi khi là thiết bị không thể thiếu được. Chúng làm nhiệm vụ chống quá điện áp, giảm dao động công suất và nâng cao tính ổn định tĩnh và động. Nhược điểm của các thiết bị bù có điều khiển là giá thành cao. Để lựa chọn và lắp đặt các thiết bị này cần phải phân tích tính toán tỷ mỉ và so sánh các phương án trên cơ sở các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật. Các thiết bị bù tĩnh được điều khiển bằng thyristor là loại thiết bị bù ngang tĩnh (phân biệt với máy bù quay). CSPK được tiêu thụ hoặc phát ra bởi các thiết bị này có thể thay đổi được bằng việc đóng mở các thyristor.

### **3.3.3. Thiết bị bù ngang có điều khiển (SVC)**

#### **3.3.3.1. Cấu tạo cơ bản của SVC**

Thiết bị bù ngang có điều khiển trong trường hợp chung được cấu tạo từ ba phần tử cơ bản:

- Thyristor controlled reactor (TCR) là cuộn kháng có điều khiển bằng thyristor. TCR có thể điều chỉnh liên tục dung lượng bù bằng cách thay đổi góc đóng mở của Thyristor một cách liên tục từ  $90^0 \div 180^0$ , hình 3.6a.



Hình 3.6

Một tụ điện riêng rẽ có thể thêm vào bằng cách mắc song song để đặt được dung lượng kVAr và có thể nối tiếp để được điện áp kV. Chúng có thể được sử dụng tại hay xấp xỉ giá trị điện áp định mức bởi các lý do về kinh tế.

Biện pháp này được gọi là biện pháp bù có hiệu lực nhất do đó có thể tùy ý đặt công suất thiết bị bù để đạt được hệ số công suất mong muốn.

Tụ điện được chế tạo với điện áp từ 220 V đến 10 kV một pha và ba pha, công suất đơn vị từ 5 ÷ 100 kVAr bằng cách ghép nối tiếp và song song sẽ có được bộ tụ điện, có công suất và điện áp tùy ý. Trên mạng điện tụ điện được dùng phổ biến hơn máy bù do những ưu điểm nổi bật như tiêu thụ ít công suất tác dụng, khoảng từ 0,3 ÷ 0,5% công suất định mức, vận hành và sửa chữa đơn giản.

- Thyristor Switched Reactor (TSR) là cuộn kháng đóng cắt tự động bằng thyristor. TSR chỉ có thể đóng hoặc mở dùng thyristor, khi đó  $X_K$  chỉ nhận một trong hai giá trị ( $X_K = 0$  hoặc  $X_K = X_{K \max}$ ), hình 3.6b.

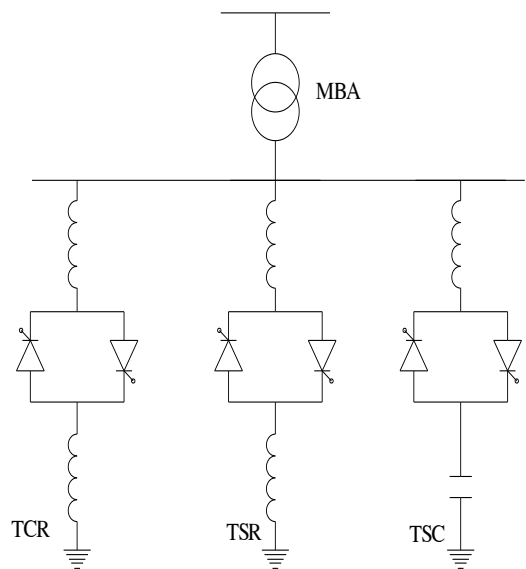
- Thyristor Switched Capacitor (TSC) là tụ điện đóng cắt bằng thyristor, điện dung của tụ chỉ có thể thay đổi là 0 hoặc  $X_{C \max}$ , hình 3.6c

TSR và TSC thực chất là các bộ kháng và tụ điện đóng cắt nhanh bằng thyristor. Điều đáng chú ý hơn cả là TCR, một thiết bị kháng có tham số được điều chỉnh tron (từ 0 đến giá trị cực đại). Khi tổ hợp các phần tử nói trên, nói chung có

thể tạo ra thiết bị bù ngang thay đổi được liên tục thông số (điện kháng, công suất) trong phạm vi giới hạn bất kỳ.

Ví dụ như sơ đồ hình 3.7:

Có thể giải thích nguyên lý làm việc của SVC trong trường hợp này như sau: tín hiệu điều chỉnh góc mở lấy từ phía điện áp cao qua biến điện áp TU, qua bộ tự điều chỉnh (TĐC) điều khiển các Thyristor. Đầu tiên điều khiển các TSC và TSR để điều chỉnh thô, sau đó điều chỉnh TCR để lợi dụng tính chất điều chỉnh liên tục của nó để điều chỉnh CSPK qua SVC đến trị số thích hợp. Trong phạm vi thay đổi được của CSPK, điện áp tại nơi lắp đặt SVC sẽ được giữ là hằng số.



Hình 3.7

Do đó thể thay đổi được thông số của các thiết bị điện có điều khiển, mà nâng cao đáng kể hiệu quả điều chỉnh công suất phản kháng trong hệ thống điện. Nếu so với máy bù đồng bộ - là một thiết bị bù phổ biến thì SVC có quán tính nhỏ, độ bền cao, không gây tổn thất và ít phải chăm sóc bảo quản khi vận hành. SVC không chỉ làm nhiệm vụ điều chỉnh điện áp mà nó còn đóng vai trò rất tích cực trong việc giữ ổn định, nâng cao chất lượng vận hành hệ thống.

### 3.3.3.2 Hoạt động của thiết bị bù ngang có điều khiển SVC

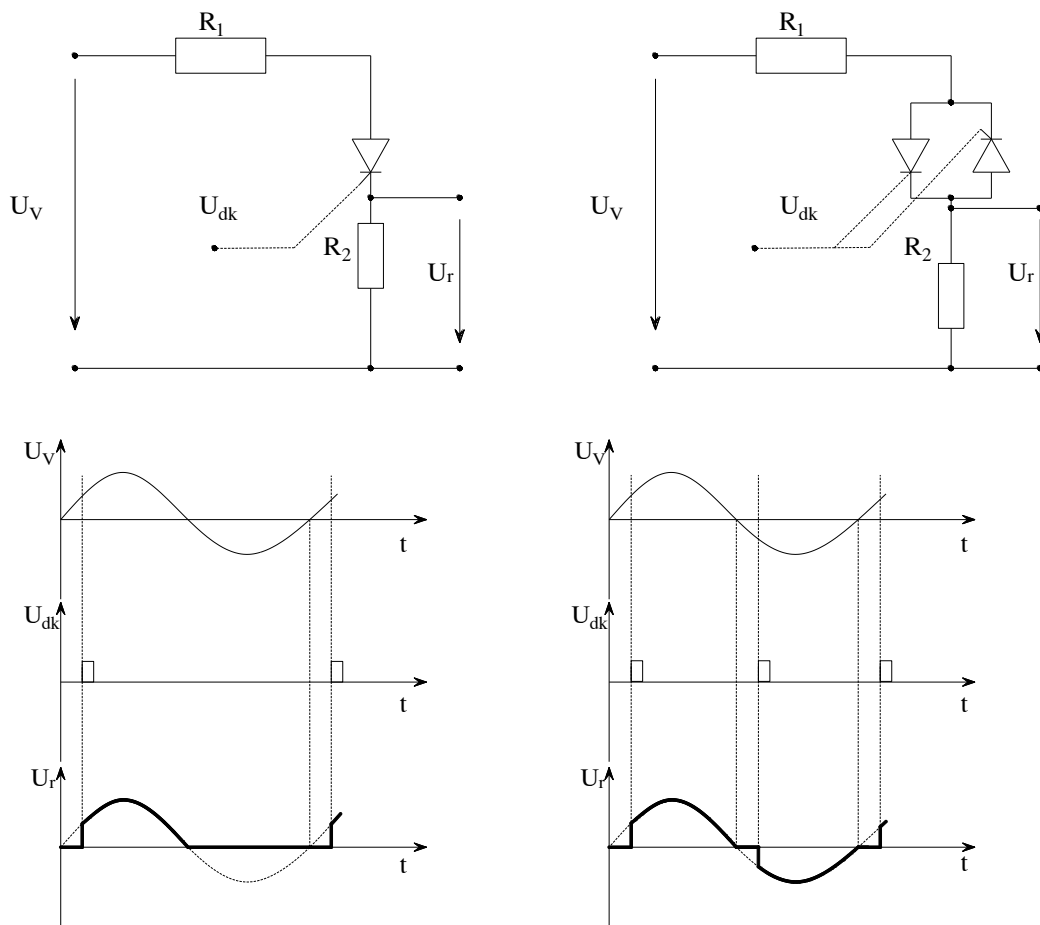
#### **\*) Đặc tính điều chỉnh của SVC**

Như đã biết phần tử đáng chú ý nhất của SVC là TCR. Nhờ có TCR trị số của SVC thay đổi được liên tục. Tác động điều chỉnh cho TCR đặt vào cực điều khiển của các thyristor. Nhờ thay đổi góc mở của các thyristor mà dòng điện (thành

phần cơ bản) qua kháng được thay đổi liên tục từ 0 đến trị số cực đại, điều này tương ứng với sự thay đổi liên tục công suất phản kháng trên SVC

Đặc tính điều chỉnh của SVC có thể xây dựng được dựa vào nguyên lý làm việc của thyristor. Trên hình 3.8 mô tả đơn giản sơ đồ và hoạt động của thyristor, loại một thyristor và loại hai thyristor mắc song song ngược.

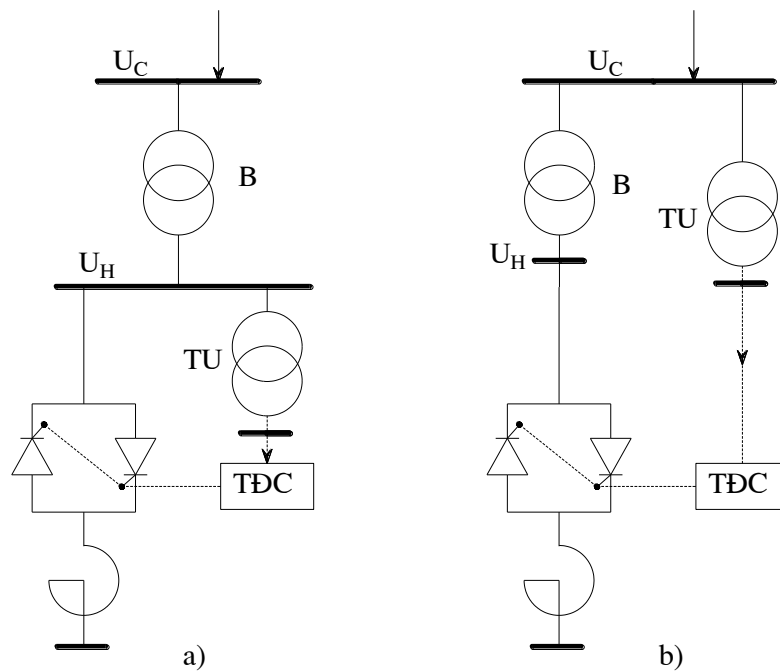
Thyristor hoạt động tương tự như chỉnh lưu, tuy nhiên ngoài điều kiện điện áp đặt lên bản thân thyristor thuận chiều, còn yêu cầu thêm một xung điện áp đặt lên cực điều khiển. Xung này có thể không cần kéo dài mà thyristor vẫn mở cho đến khi điều kiện thuận chiều điện áp không còn nữa. Sang chu kỳ mới, điện áp thuận chiều nhưng mạch cũng chỉ mở khi có xung đưa đến cực điều khiển. Rõ ràng, khi thay đổi thời điểm phát xung ở mỗi chu kỳ, ta có thể thay đổi được dạng của đường cong dòng điện. Nếu coi thành phần cơ bản của dòng điện là thành phần làm việc, thì biên độ của thành phần này thay đổi theo góc mở của thyristor. Khi thyristor mở hoàn toàn (góc mở  $\alpha = 90^0$ ) biên độ của thành phần cơ bản sẽ lớn nhất (bằng dòng ban đầu), khi góc mở  $\alpha = 180^0$  dòng qua mạch bằng 0. Còn khi thay đổi đột ngột góc mở  $\alpha = 90^0$  sang  $\alpha = 180^0$  ta nhận được trạng thái đóng cắt của hai phần tử TCR hoặc TSC để thấy rõ hơn ta xét sơ đồ cơ bản của một cuộn kháng có điều khiển bằng thyristor – góc pha thuần túy (hình 3.8a). Mỗi nhánh của ba pha bao gồm một cuộn dây điện cảm L nối tiếp với hệ thống hai thyristor mắc song song ngược (TCR). Các thyristor T1, T2 sẽ thay phiên nhau làm việc ứng với mỗi chu kỳ của điện áp. Hình 3.8 minh họa nguyên lý vận hành. Góc cắt của thyristor quyết định biên độ của thành phần dòng điện tần số cơ bản. Các thành phần dòng điện bậc cao (bậc 3, bậc 5, bậc 7) có trị số nhỏ, được làm triệt tiêu nhờ các bộ lọc.



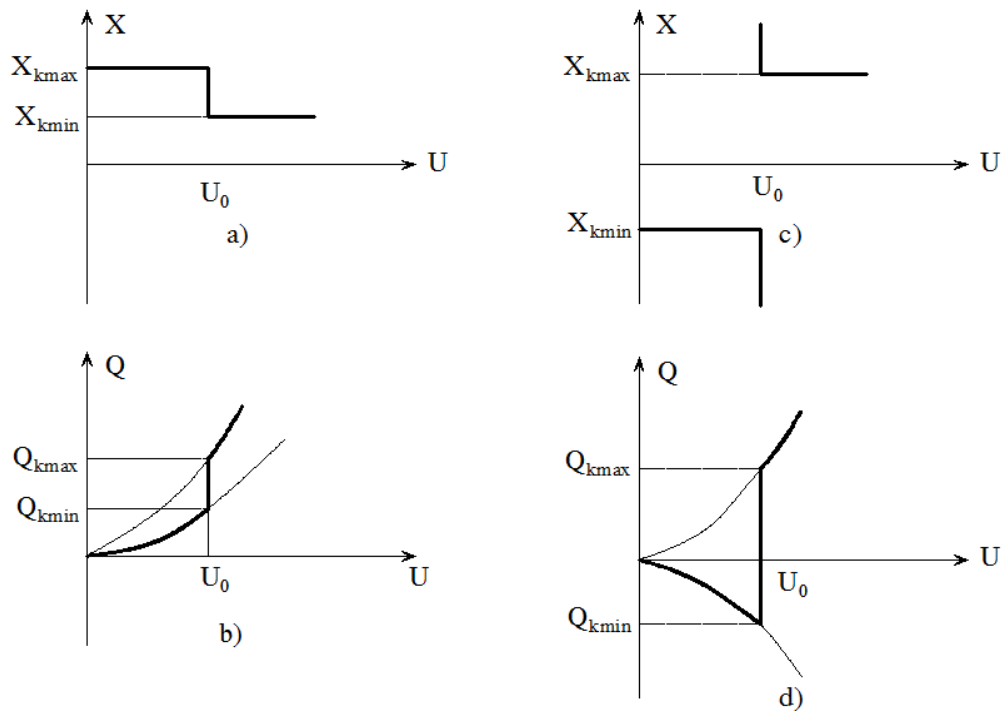
Hình 3.8

**\*) Đặc tính làm việc của SVC**

Ở chế độ làm việc bình thường của hệ thống điện. SVC làm nhiệm vụ tự động điều chỉnh để giữ nguyên điện áp nút. Tín hiệu điều khiển là độ lệch điện áp đo được từ TU, tín hiệu này điều khiển góc mở của các thyristor làm thay đổi trị số của thành phần cơ bản dòng điện đi qua kháng nhờ đó công suất tiêu thụ (công suất phản kháng) trên SVC thay đổi. Khi điện áp tăng tác dụng điều chỉnh làm dòng điện tăng, công suất tiêu thụ bởi SVC lớn hơn sẽ hạ thấp được điện áp nút. Khi điện áp bị giảm thấp, dòng điện qua kháng giảm, SVC giảm công suất tiêu thụ (hoặc phát công suất phản kháng lên hệ thống khi điện áp đẳng trị có tính dung). Nhờ đó tăng cao được điện áp.



Hình 3.9



Hình 3.10

Trên hình 3.10b là đặc tính điều chỉnh theo điện áp của SVC thuần kháng, chỉ nhận CSPK; hình 3.10d là đặc tính tương đối tổng quát lớn của SVC, SVC trong



trường hợp này có thể phát hoặc nhận CSPK. Một cách tương tự ta cũng có đường đặc tính của điện kháng  $X_k$  theo điện áp (hình 3.10a, hình 3.10c).

Trong phạm vi thay đổi được của công suất (phạm vi của TCR) điện áp nút được giữ ở trị số đặt  $U_0$ . Trong thực tế, với mục đích phối hợp điều chỉnh, người ta chế tạo SVC có đặc tính điều chỉnh mềm. Khi đó trong phạm vi điều chỉnh được của công suất, điện áp nút được phép dao động với độ lệch  $\Delta U$ . Nhờ đó độ dốc của đường đặc tính mà trong phạm vi điều chỉnh được có thể phân bố công suất cho các SVC làm việc song song hoặc làm việc với các thiết bị điều chỉnh CSPK khác.

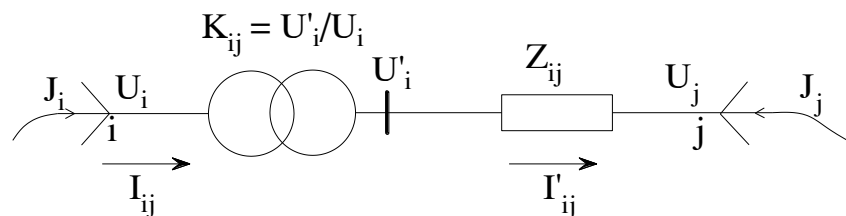
### 3.3.3.3. Mô hình của thiết bị bù tĩnh có điều khiển bằng Thyristor

Các thiết bị bù có điều khiển nằm trong hệ thống như một phần tử thụ động, nhưng lại phản ứng như đối tượng tự thích nghi. Bởi vậy trong trường hợp chung cần mô tả các thiết bị bù trong sơ đồ tính toán hệ thống như một đối tượng có điều khiển. Tuy nhiên cũng cần phải thấy rằng tác động của hệ thống thyristor gần như tức thời vì thế đa số các trường hợp, khi quá trình diễn ra trong hệ thống tương đối chậm có thể xét các thiết bị bù có điều khiển thông qua đặc tính điều chỉnh. Trường hợp riêng có thể áp dụng đặc tính điều chỉnh công suất hoặc điện kháng trong tính toán CĐXL. Còn trong chế độ quá độ cần xét thêm các phần tử quán tính phụ. Sau đây ta xét cách mô phỏng SVC trong tính toán chế độ xác lập.

#### *\*) Mô hình SVC trong tính toán chế độ xác lập*

Khi tính toán chế độ xác lập của HTĐ cần mô phỏng được hoạt động của SVC với các đặc tính như đã phân tích ở trên. Trước hết hãy xem xét hệ phương trình cơ bản chế độ xác lập của HTĐ.

- Hệ phương trình cơ bản CĐXL của HTĐ viết theo phương pháp thế nút



Hình 3.11



Hay viết gọn: 
$$Y_{ii}U_i^2 + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n Y_{ij} \hat{U}_i \hat{U}_j = P_j - jQ_j; \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Dạng phương trình cân bằng công suất (3.15) thường được sử dụng trong các phương trình tính toán CĐXL bởi vì các thông tin thường cho là công suất. Để giải hệ phương trình trên người ta thường dùng phương pháp Newton.

Khi HTĐ chỉ bao gồm các phần tử tuyến tính (đường dây, máy biến áp, tụ, kháng cố định...) dễ thấy rằng các hệ số  $Y_{ij}$  của hệ phương trình là các hằng số. Trong khi đó các hàm công suất về phải có thể phụ thuộc phi tuyến vào điện áp theo các đặc tính tính phụ tải  $P(U)$ ,  $Q(U)$ ... Các chương trình tính toán CĐXL hiện nay đã xét đến các đặc trưng phi tuyến này (dưới dạng các hàm chuẩn).

Khi ta xét đến các thiết bị bù ngang có điều khiển (SVC) ta cần chú ý đến đặc trưng kết cấu của hệ phương trình nêu trên:

+ Nếu mô phỏng SVC như một nhánh điện kháng khi tuyến (theo đặc tính điện kháng) thì các hệ số  $Y_{ij}$  sẽ là các hàm của điện áp nút (chứa SVC). Đây là cách phổ biến nhất áp dụng đối với nhiều chương trình tính toán, người ta thường dùng phép lặp với thông số rời rạc hóa. Tuy nhiên việc giải theo các phương pháp lặp sẽ rất phức tạp, đó là vì quá trình xác định định thức Jacobi (chiếm nhiều thời gian nhất) sẽ phải tăng lên rất nhiều phép tính để xét đến tính phi tuyến của các phần tử. Nội dung của phương pháp lặp có thể được giải thích như sau: Với một giá thiết ban đầu của mức điện kháng đẳng trị, quá trình tính toán cho phép xác định điện áp trên thanh cái trạm bù (có đặt BU). Nếu điện áp mà cao hơn trị số đặt, phép lặp làm giảm điện kháng (tăng công suất tiêu thụ), ngược lại khi điện áp thấp hơn trị số đặt, phép lặp làm tăng điện kháng so với trị số ban đầu. Phương pháp tính toán như vậy có hiệu quả khi không có nhiều vị trí đặt SVC. Trong các trường hợp còn lại, phép lặp có thể không hội tụ, cần có xử lý riêng.

+ Một cách là dựa vào đặc tính công suất của SVC có thể mô phỏng SVC như một tổ hợp nguồn và tải phản kháng có đặc tính tính đặc biệt (ta cần xác định các hàm ở vế phải của hệ phương trình (3.15) sao cho trùng hợp với đặc tính công suất của SVC). Khi đó quá trình giải có thể tuân theo các thuật toán thông thường.

### *Phân tử cơ bản biểu diễn thông tin nút*

Thông tin nút trong tính toán CĐXL của HTĐ ở đây là phụ tải hoặc nguồn. Sử dụng phương pháp Newton tải và nguồn có thể mô phỏng dạng hàm tùy ý. Tuy nhiên để thuận lợi trong tính toán các dạng chuẩn thường được đưa ra rất cơ bản. Các dạng khác được tổ hợp lại trên cơ sở dạng chuẩn đã cho.

- Xét đặc tính tĩnh phụ tải có dạng

$$P(U,f) = P_0 \left( A_0 + A_1 \frac{U}{U_0} + A_2 \frac{U^2}{U_0^2} \right) \left( \alpha_0 + \alpha_1 \frac{f}{f_0} \right)$$

$$Q(U,f) = Q_0 \left( B_0 + B_1 \frac{U}{U_0} + B_2 \frac{U^2}{U_0^2} \right) \left( \beta_0 + \beta_1 \frac{f}{f_0} \right)$$

Trong đó:

$P_0, Q_0$  là trị số công suất tác dụng và phản kháng ứng với lúc:

$$U = U_{dm}; f = f_{dm}$$

$A_0, A_1, A_2; B_0, B_1, B_2; \alpha_0, \alpha_1, \beta_0, \beta_1$  là các hệ số tiệm cận có thể lựa chọn cho phù hợp với các số liệu thực nghiệm. Các hệ số này cần thỏa mãn điều kiện phụ:

$$A_0 + A_1 + A_2 = B_0 + B_1 + B_2 = 1; \quad \alpha_0 + \alpha_1 = \beta_0 + \beta_1 = 1$$

Trường hợp riêng có thể coi  $f = \text{const}$ . Dạng tổng quát hơn:

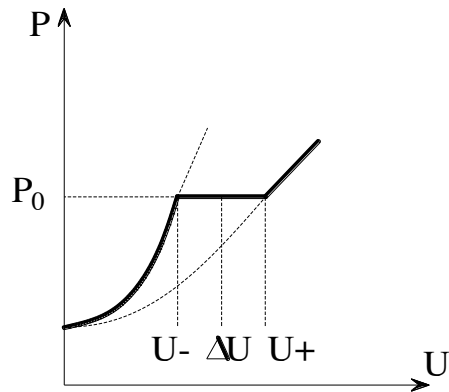
$$P = P_0 \left( A_0 + A_1 \frac{U - \Delta U}{U_0} + A_2 \frac{(U - \Delta U)^2}{U_0^2} \right) \text{ khi } U > U_0 + \Delta U$$

$$P = P_0 \text{ khi } U - \Delta U \leq U \leq U_0 + \Delta U$$

$$P = P_0 \left( A_0 + A_1 \frac{U - \Delta U}{U_0} + A_2 \frac{(U + \Delta U)^2}{U_0^2} \right) \text{ khi } U < U_0 + \Delta U$$

Ta có đặc tính P theo U, hình 3.11

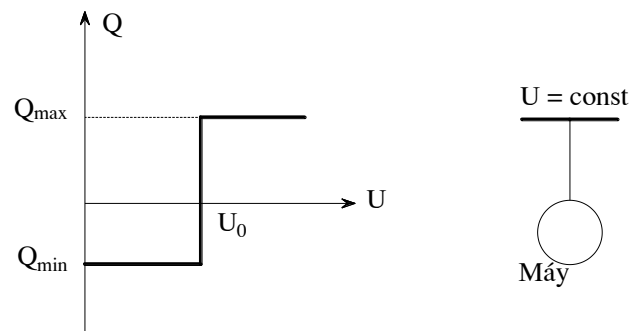
Tương tự ta cũng có đường đặc tính của Q như hình 3.13. Hình 3.13 chính là đặc tính chuẩn của phụ tải phản kháng đối với nút có máy biến áp điều áp dưới tải. Với  $U_0$  là điện áp đặt (điện áp cần giữ cho thanh cái trạm phía hạ áp, đã quy về phía cao áp).



Hình 3.12

- Xét nguồn công suất phản kháng có điều chỉnh

Trong hệ thống điện các nguồn CSPK có điều chỉnh thường là các máy phát giữ nguyên điện áp. Mỗi máy phát như vậy có đường đặc tính CSPK theo điện áp như hình 3-13.

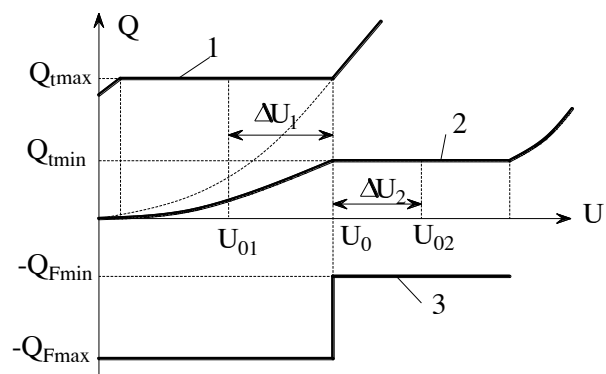


Hình 3.13

Trong phạm vi CSPK dao động từ  $Q_{\min}$  đến  $Q_{\max}$ , máy phát có khả năng giữ được điện áp nút tại nơi đặt máy phát là không đổi. Với  $Q_{\min}$  và  $Q_{\max}$  là các điểm giới hạn điều chỉnh CSPK.

\*) **Mô hình SVC**

Đường đặc tính của SVC có thể được cấu tạo từ ba đường đặc tính chuẩn, đó là 2 đường đặc tính tĩnh phụ tải và 1 đường đặc tính máy phát giữ nguyên điện áp (hình 3.14)



Hình 3.14

Dựa vào các phân tử cơ bản (tải và nguồn) đã nêu ra ở trên, có thể tiến hành phân tích đường đặc tính của SVC như sau:

- Hình 3.15a là đường đặc tính của SVC thuần kháng, chỉ nhận CSPK
- Hình 3.15b là đường đặc tính của SVC có kết hợp thêm thành phần tụ tính. SVC loại này có thể thay đổi CSPK từ phát đến nhận
- Máy phát tương đương cần giữ điện áp không đổi  $U_0$  trong phạm vi  $Q_{\min}$ ,  $Q_{\max}$  đã tính toán ở trên.

Để có đường đặc tính tổng hợp phản ánh đúng hoạt động của SVC, thông số của các đường cong cần xác định đúng theo các giá trị tới hạn của kháng điện.

Cụ thể trong trường hợp 2 đường cong 3.15a và 3.15b là:

+ Đối với nguồn phát công suất phản kháng (đường 3 hình 3.14):

$U_0$  bằng điện áp đặt của SVC.

$$Q_{F \max} = \frac{U_0^2}{X_{k \min}} = Q_{k \max}$$

$$Q_{F \min} = \frac{U_0^2}{X_{k \max}} = Q_{k \min}$$

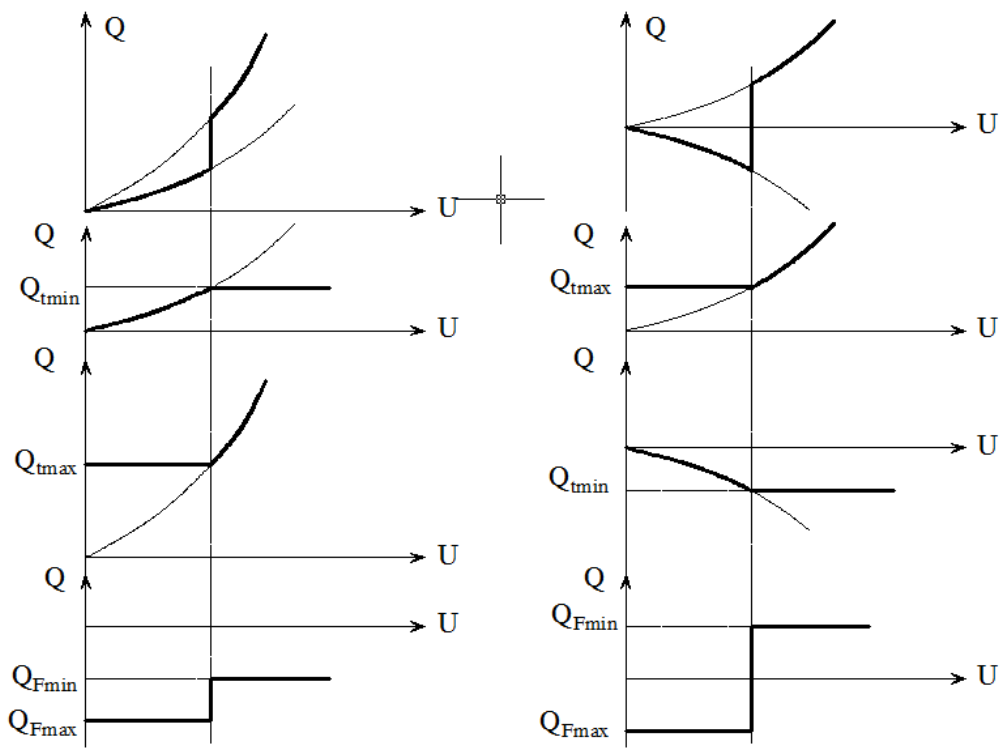
+ Đối với các đường đặc tính tĩnh phụ tải phản kháng (đường 1 và 2 hình 3.14):

$$A_0 = A_1 = 0, A_2 = 1$$

$$B_0 = B_1 = 0, B_2 = 1$$

$$Q_{\max} = Q_{k \max}, Q_{\min} = Q_{k \min}$$

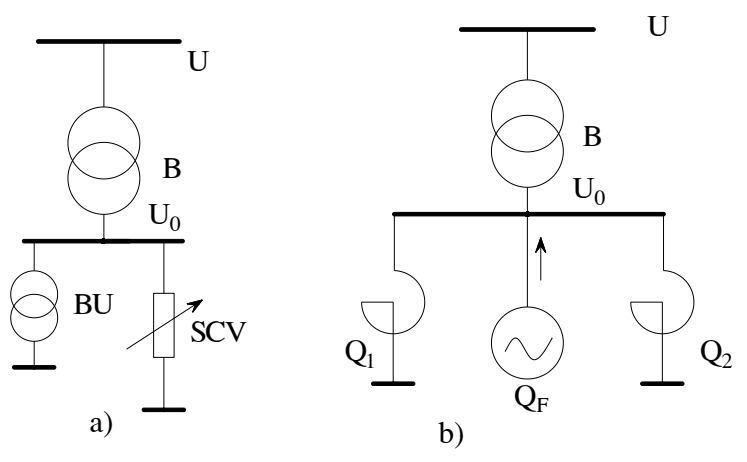
$$\Delta U_1 = U_0 - U_1, \Delta U_2 = U_{02} - U_0$$



Hình 3.15

Trong đó: Các trị số  $U_{01}$  và  $U_{02}$  có thể lựa chọn tùy ý sao cho phạm vi làm việc của đặc tính phù hợp với SVC đủ rộng (hình 3.13).  $U_0$  là trị số điện áp cần giữ (cho trước).

Như vậy sơ đồ thay thế tương đương của mỗi SVC có dạng như trên hình 3.16 dưới đây:



Hình 3.16

### **3.4. Kết luận chương 3**

Với hai nhóm biện pháp nâng cao ổn định điện áp nút tải, lựa chọn cấu trúc tối ưu của hệ thống điện thích hợp với bài toán quy hoạch lưới điện phân phối trung áp, còn bù công suất phản kháng thích hợp với bài toán vận hành lưới điện. Lựa chọn cấu trúc lưới điện phải khảo sát giới hạn CCĐ LĐTA trên mặt phẳng công suất theo điều kiện phát nóng, điều kiện tổn thất điện áp. Bù công suất phản kháng bằng SVC ảnh hưởng đến ổn định điện áp lưới phân phối trung áp.



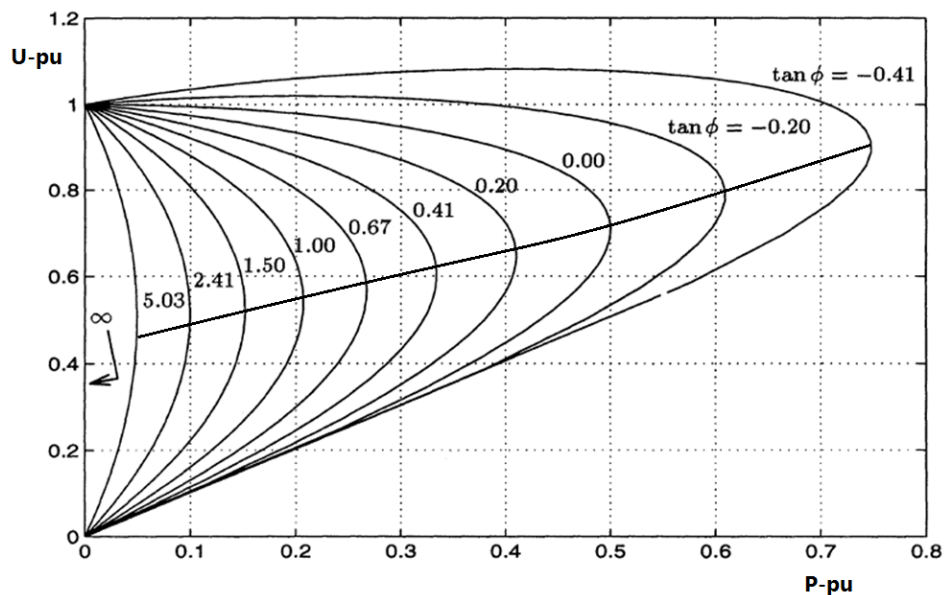
## Chương 4: TÍNH TOÁN ÁP DỤNG

### 4.1. Phương pháp tính ổn định điện áp của lưới phân phối :

Xét đường dây tải điện có thông số  $R_H$ ,  $X_H$  cung cấp điện từ nguồn điện áp  $E$  đến phụ tải có công suất yêu cầu  $P, Q$ , có điện áp  $U$  ta có công thức:

$$U = \sqrt{\left(\frac{E - QX_H}{E}\right)^2 + \left(\frac{PX_H}{E}\right)^2} \quad (4.1)$$

Khi đã biết  $E, Q$  ta có thể vẽ quan hệ giữa  $U = f(P)$  như trên hình 4.1. Trên hình này  $U$  và  $P$  tính theo hệ đơn vị tương đối với  $U_{cs}$  và  $S_{cs}$  chọn trước. Các đường cong này được gọi là đường sống mũi, các đỉnh của nó chính là giới hạn ổn định điện áp. Chế độ làm việc ổn định chỉ tồn tại được ở phần trên của đặc tính. Giới hạn ổn định điện áp phụ thuộc vào  $E, Q$ : nếu  $Q$  yêu cầu nhỏ thì giới hạn ổn định điện áp tăng lên, nếu  $E$  nhỏ thì giới hạn ổn định điện áp giảm đi và ngược lại.



Hình 4.1

Với lưới phân phối phức tạp cũng có các đặc tính tương tự cho mỗi nút tải. Có 2 phương pháp tính các đặc tính điện áp này.

- Phương pháp tính lặp lại: phụ tải được tăng lên theo bậc, sau khi tăng tải tính chế độ bằng phương pháp Newton-raphson, ta có một điểm của đặc tính điện áp, tính mãi như vậy cho đến khi đến điểm đỉnh mũi, khi đó bài toán vô nghiệm hay là không hội tụ. Khi đó định thức của ma trận Jacobi = 0.

Phụ tải tất cả các nút tăng lên từng bước:

$$P_i = P_{i0} \cdot (1 + \lambda)$$

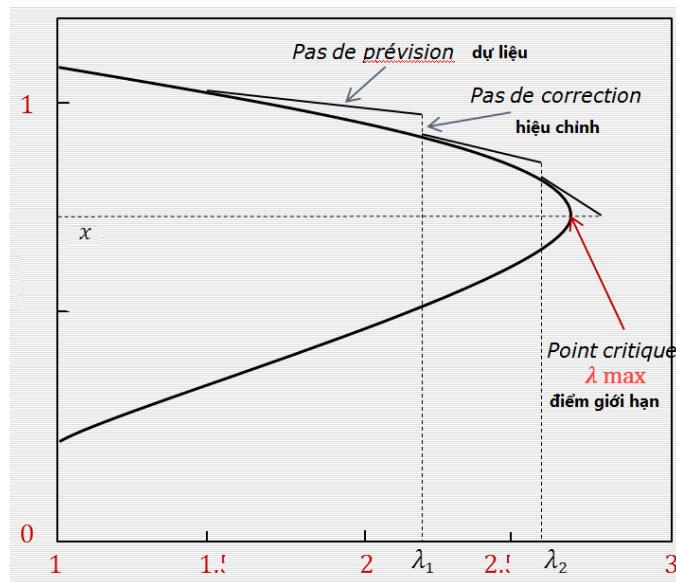
$$Q_i = Q_{i0} \cdot (1 + \lambda)$$

Độ dự trữ ổn định điện áp :

$$K = \frac{\lambda - 1}{1} 100$$

- Phương pháp tính liên tục, theo phương pháp này công suất được tăng lên trong khi tính toán chế độ. Từ một điểm trên đường sống mũi, vẽ đường tiếp tuyến (giai đoạn prevision), từ tiếp tuyến quay lại đường sống mũi (giai đoạn correction), và lại vẽ đường tiếp tuyến mới... phương pháp này cho phép vẽ được các điểm ở phần dưới của đường sống mũi. Trong khi phương pháp tính lặp lại không vẽ được vì khi đến điểm giới hạn kết quả tính đã không hội tụ.

Phương pháp tính liên tục được sử dụng trong nhiều chương trình tính toán hiện nay. Ở đây sẽ dùng chương trình PSAT chạy trong MATLAB chuyên đề nghiên cứu ổn định điện áp .

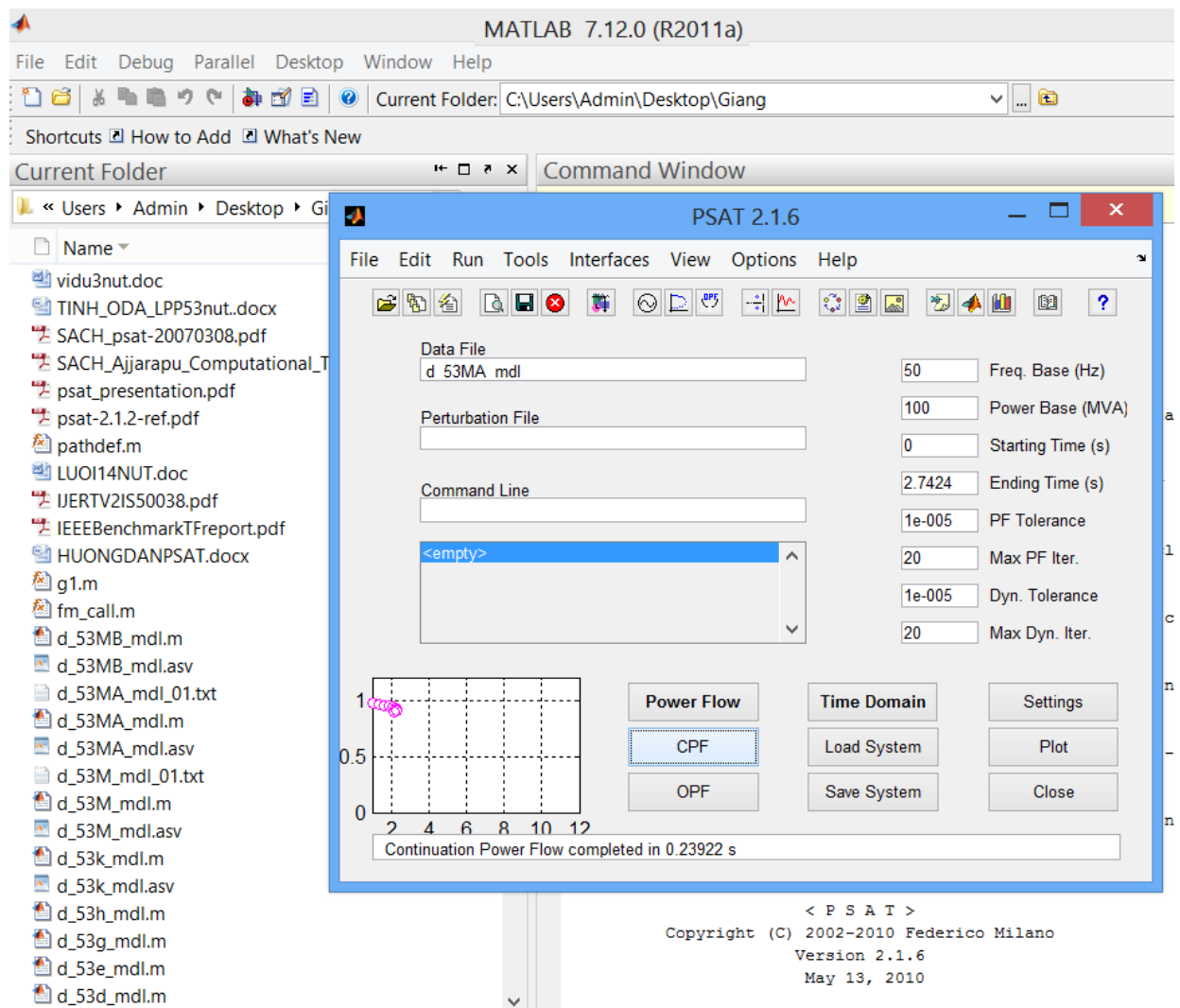


Hình 4.2

#### 4.2. Chương trình tính toán :

PSAT

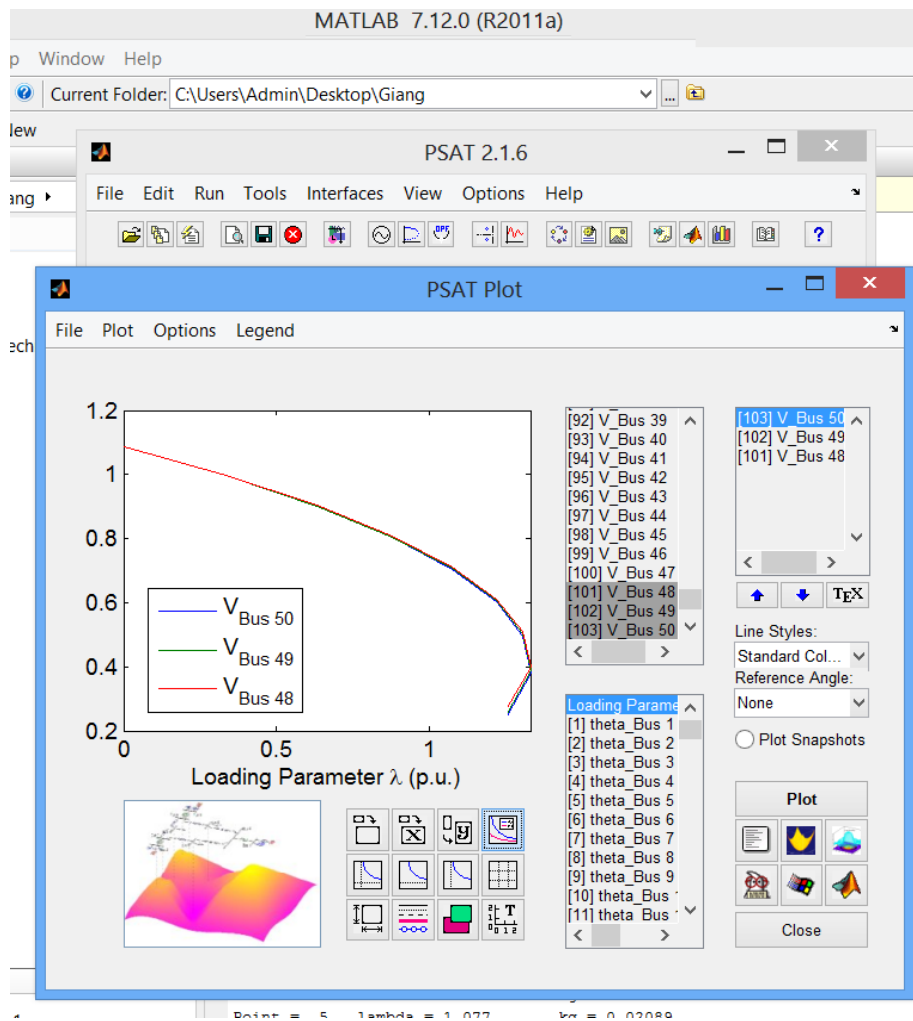
Giao diện của PSAT chạy trên nền Matlab



Hình 4.3

Sử dụng phần mềm PSAT:

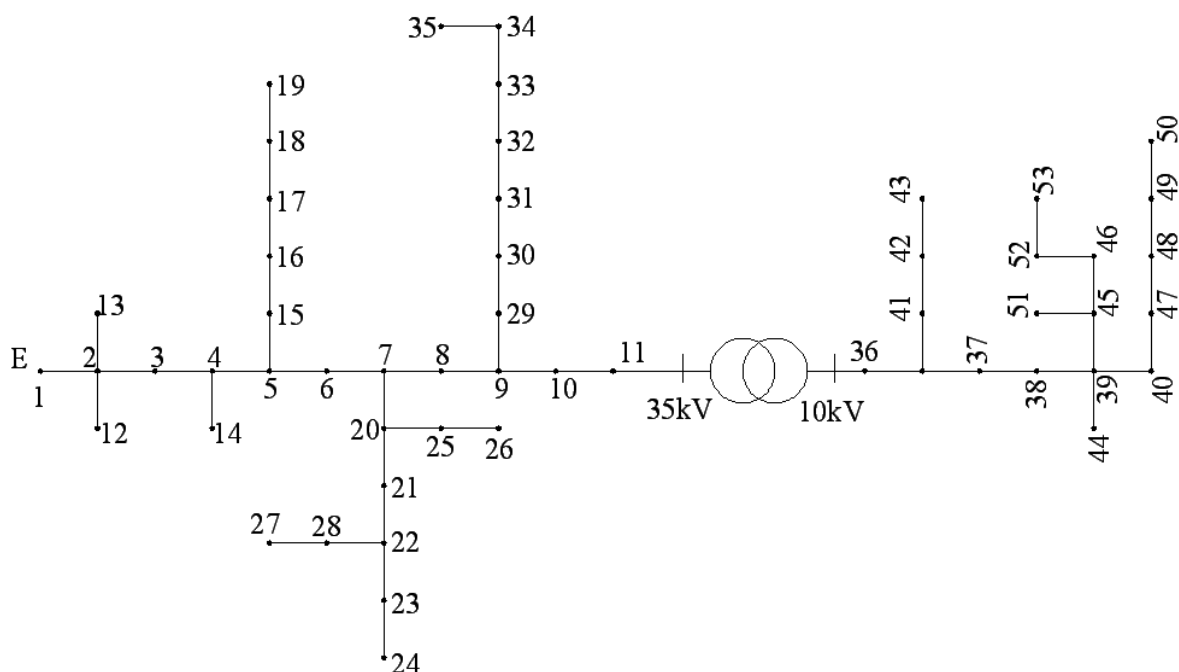
- Thiết lập lưới điện với các thông số.
- Vẽ đường cong điện áp PV tại các nút.
- Xuất ra các thông số: giá trị điện áp nút, dòng công suất và tổn thất công suất trên các nhánh



Hình 4.4

### 4.3. Phân tích ảnh hưởng của điện áp nguồn và đặc tính phụ tải đến ổn định điện áp của lưới phân phối.

Sơ đồ: lưới phân phối có 53 nút 2 cấp điện áp, từ nút 1 đến 35 là điện áp 35 kV, từ nút 36 đến 53 là điện áp 10 kV, máy biến áp 35/10 đặt ở nhánh 11-36.



Hình 4.5

Thông số đường dây tải điện xem trong phụ lục 1, 2.

$S_{cs}=100\text{MVA}$ .

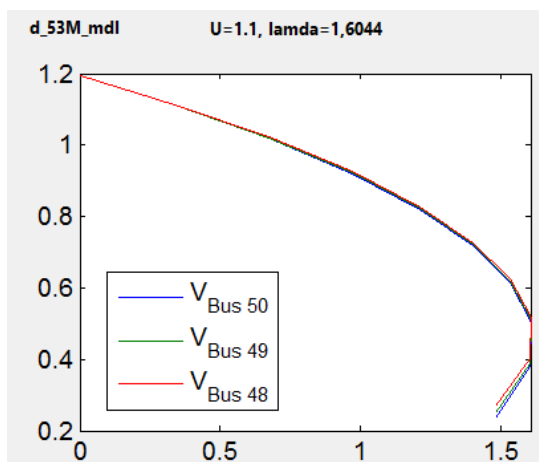
Phụ tải 35 kV:  $0.008+j0.004 \text{ pu}=800+j400 \text{ kVA}$

Phụ tải 10 kV:  $0,003+j0,0015 \text{ pu}=300+j150 \text{ kVA}$

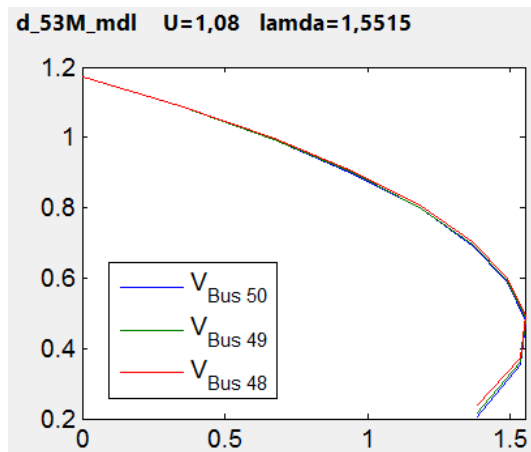
Tổng phụ tải :  $0.326+j0.163 \text{ pu}$

**4.3.1. Tính ảnh hưởng của điện áp nguồn E đến ổn định điện áp trong trường hợp phụ tải cố định không biến đổi theo điện áp.**

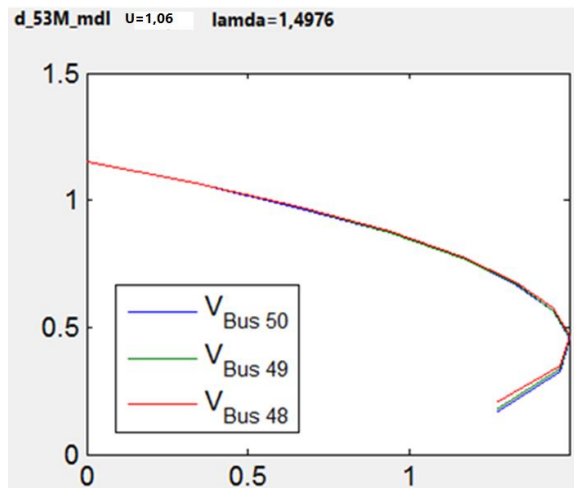
1)  $E = 1,1$ ;  $\lambda = 1,6044$ , các nút có điện áp thấp nhất là 48,49,50.



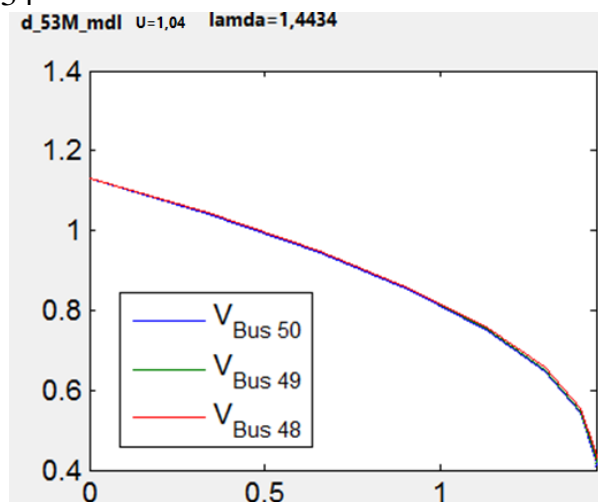
2)  $E = 1,08$ ;  $\lambda = 1,5515$



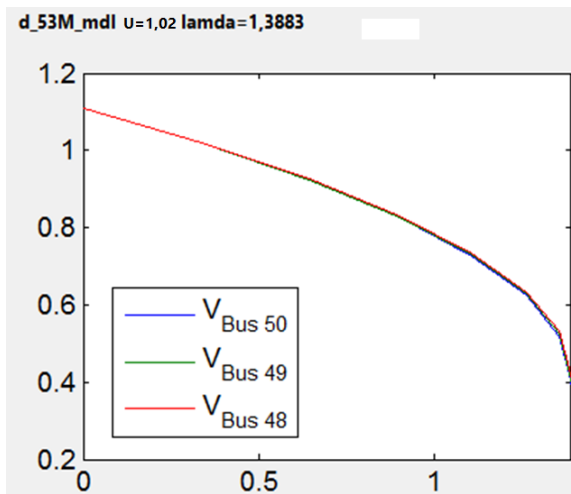
3)  $E = 1,06$ :  $\lambda = 1,4976$



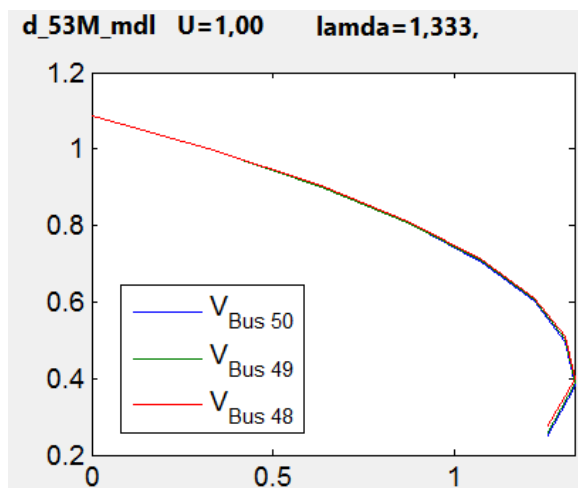
4)  $E = 1,04$ :  $\lambda = 1,4434$



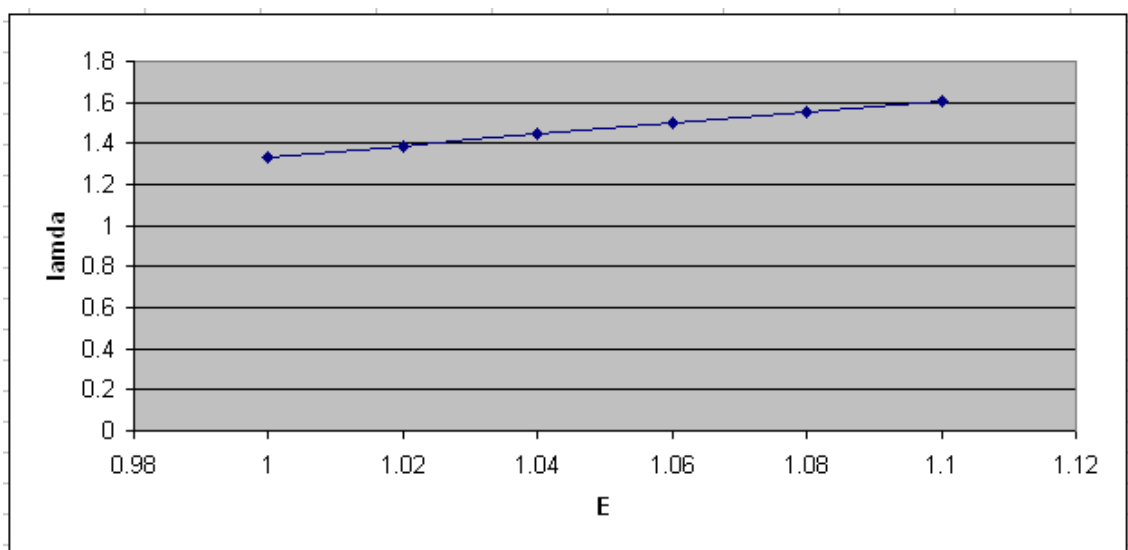
5)  $E = 1,02$ :  $\lambda = 1,3883$



6) E=1,00:  $\lambda=1,333$



Từ kết quả ta vẽ được quan hệ  $\lambda=f(E)$ :



Hình 4.6

Kết luận: Điện áp nguồn càng cao độ dự trữ ổn định điện áp càng lớn.

### 4.3.2. Ảnh hưởng của đặc tính tĩnh của phụ tải đến ổn định điện áp.

#### 4.3.2.1. Chỉ các phụ tải 10 kV biến thiên theo điện áp theo quan hệ:

$$P_i = P_0 \cdot U_i^2$$

$$Q_i = Q_0 \cdot U_i^2$$

$P_0, Q_0$  là công suất ban đầu trong hệ p.u.

$U_i$  điện áp nút  $i$  trong p.u.

Công suất các nút 35 kV tăng lên, còn công suất các nút 10 kV tính theo điện áp thực sẽ giảm đi.

+ Kết quả tính chế độ xác lập ban đầu ở một số nút 10 kV, ta thấy công suất thực dùng giảm đi theo điện áp nút. Điều này làm cho điện áp đỡ giảm hơn khi tăng công suất yêu cầu và giới hạn ổn định điện áp tăng lên.

Các phụ tải 10 kV: phụ tải được cho là  $0,003+j0,002$  pu

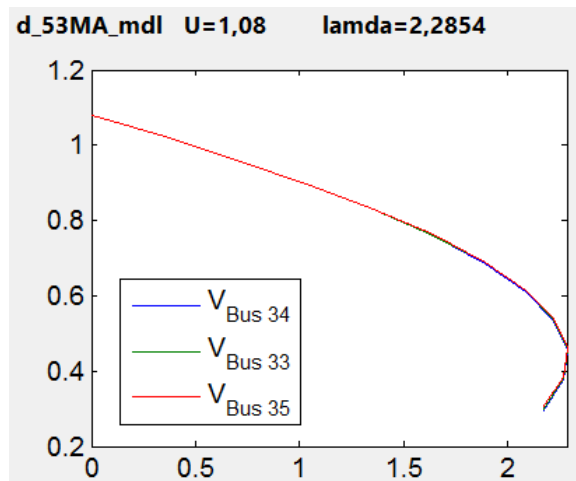
Nút	U	góc			P	Q
Bus 36	0.98195	-0.09978	0	0	0.00289	0.00145
Bus 37	0.96216	-0.10699	0	0	0.00278	0.00139
Bus 38	0.94388	-0.11391	0	0	0.00267	0.00134
Bus 39	0.92708	-0.1205	0	0	0.00258	0.00129
Bus 40	0.92012	-0.12329	0	0	0.00254	0.00127
Bus 41	0.97749	-0.10149	0	0	0.00287	0.00143
Bus 42	0.97452	-0.10263	0	0	0.00285	0.00142
Bus 43	0.97304	-0.1032	0	0	0.00284	0.00142
Bus 44	0.92567	-0.12107	0	0	0.00257	0.00129
Bus 45	0.92009	-0.12332	0	0	0.00254	0.00127
Bus 46	0.91591	-0.12502	0	0	0.00252	0.00126
Bus 47	0.91457	-0.12555	0	0	0.00251	0.00125
Bus 48	0.91042	-0.12725	0	0	0.00249	0.00124
Bus 49	0.90765	-0.12839	0	0	0.00247	0.00124
Bus 50	0.90592	-0.12877	0	0	0.00246	0.00123
Bus 51	0.91869	-0.12389	0	0	0.00253	0.00127
Bus 52	0.91313	-0.12616	0	0	0.0025	0.00125
Bus 53	0.91174	-0.12673	0	0	0.00249	0.00125

Bảng 4.1

Công suất các phụ tải 10 kV nhỏ đi theo bình phương điện áp

+ Kết quả tính ổn định điện áp :





Ổn định điện áp bị mất ở các nút 35 kV,  $\lambda = 2,2854$ , đây là hệ số tăng công suất yêu cầu của chế độ ban đầu.

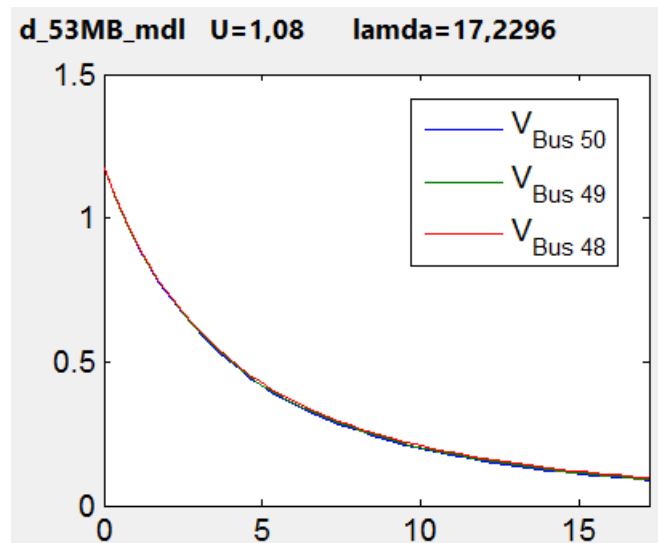
Độ dự trữ ổn định điện áp là 128,54%.

Kết quả tính công suất một số nút khi đạt điểm giới hạn: công suất các nút 35 kV (số nhỏ hơn 36) tăng lên 2,2854 lần. Công suất nút 10 kV (từ số 36 trở lên) công suất giảm đi theo điện áp.

Nút	U	góc			P	Q
Bus 30	0.41925	-0.34814	0	0	0.01815	0.00908
Bus 31	0.40085	-0.37136	0	0	0.01815	0.00908
Bus 32	0.3861	-0.39154	0	0	0.01815	0.00908
Bus 33	0.3787	-0.40222	0	0	0.01815	0.00908
Bus 34	0.37499	-0.40771	0	0	0.01815	0.00908
Bus 35	0.38247	-0.39682	0	0	0.01815	0.00908
Bus 36	0.47991	-0.34352	0	0	0.00157	0.00078
Bus 37	0.45941	-0.35793	0	0	0.00144	0.00072
Bus 38	0.44059	-0.37226	0	0	0.00132	0.00066
Bus 39	0.42338	-0.38647	0	0	0.00122	0.00061
Bus 4	0.78728	-0.0904	0	0	0.01815	0.00908
Bus 40	0.4163	-0.39261	0	0	0.00118	0.00059
Bus 41	0.475	-0.34733	0	0	0.00154	0.00077
Bus 42	0.47174	-0.34991	0	0	0.00151	0.00076
Bus 43	0.47012	-0.3512	0	0	0.0015	0.00075
Bus 44	0.42192	-0.38777	0	0	0.00121	0.00061
Bus 45	0.41624	-0.39273	0	0	0.00118	0.00059
Bus 46	0.41199	-0.39655	0	0	0.00116	0.00058
Bus 47	0.41068	-0.39762	0	0	0.00115	0.00057
Bus 48	0.40648	-0.40144	0	0	0.00112	0.00056
Bus 49	0.40369	-0.40401	0	0	0.00111	0.00055
Bus 5	0.69771	-0.13198	0	0	0.01815	0.00908
Bus 50	0.40195	-0.40486	0	0	0.0011	0.00055
Bus 51	0.41481	-0.39403	0	0	0.00117	0.00059
Bus 52	0.40916	-0.39912	0	0	0.00114	0.00057
Bus 53	0.40775	-0.40042	0	0	0.00113	0.00057
Bus 6	0.62175	-0.17383	0	0	0.01815	0.00908
Bus 7	0.54934	-0.2247	0	0	0.01815	0.00908
Bus 8	0.50629	-0.25909	0	0	0.01815	0.00908
Bus 9	0.46662	-0.29627	0	0	0.01815	0.00908

Bảng 4.2

4.3.2.2. Phụ tải tất cả các nút biến đổi theo điện áp U



$\lambda = 17,2296$ , có thể nói rằng mất ổn định điện áp không thể xảy ra.  
 Khi điện áp giảm thì P,Q cũng giảm theo:

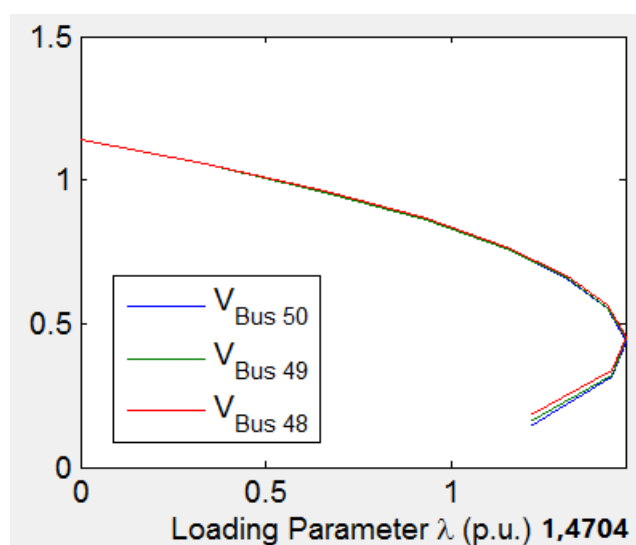
Nút	U	góc			P	Q
Bus 40	0.1135	-0.74657	0	0	0.00067	0.00033
Bus 41	0.22727	-0.58243	0	0	0.00267	0.00133
Bus 42	0.21602	-0.60072	0	0	0.00241	0.00121
Bus 43	0.21048	-0.61034	0	0	0.00229	0.00114
Bus 44	0.12346	-0.72249	0	0	0.00079	0.00039
Bus 45	0.11274	-0.75094	0	0	0.00066	0.00033
Bus 46	0.10475	-0.77627	0	0	0.00057	0.00028
Bus 47	0.10339	-0.77704	0	0	0.00055	0.00028
Bus 48	0.09607	-0.8024	0	0	0.00048	0.00024
Bus 49	0.09133	-0.82072	0	0	0.00043	0.00022

Bảng 4.3

Kết luận: nếu một phần phụ tải biến thiên theo điện áp thì độ dự trữ ổn định điện áp rất cao, còn nếu tất cả phụ tải biến thiên theo điện áp thì mất ổn định điện áp thực tế không thể xảy ra.

#### 4.4. Phân tích ảnh hưởng của SVC đến ổn định điện áp của lưới phân phối :

##### 4.4.1. Phân tích ổn định khi chưa đặt SVC.



Nhận xét:

- Nút có điện áp thấp nhất là 50, 49, 48
- $\lambda = 1,470$ - độ dự trữ ổn định thấp 47%

##### 4.4.2. Phân tích ổn định khi đặt SVC

Nghiên cứu ảnh hưởng của SVC đến ổn định điện áp trong trường hợp đặt SVC tại nút 11, 35 kV.

Dưới đây sẽ nghiên cứu ảnh hưởng của công suất đặt của SVC đến độ tăng ổn định điện áp. Mức điện áp quy chiếu của SVC đặt không đổi là 1 pu.

$Q_{\max\text{svc}}\text{-pu}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$\lambda$	1,470	1,563	1,669	1,772	1,884	1,993
$Q_{\text{ghsvc}}$	0	0,044	0,1	0,158	0,239	0,322
$Q_{\text{osvc}}$	0	0,132	0,132	0,132	0,132	0,132

Bảng 4.4

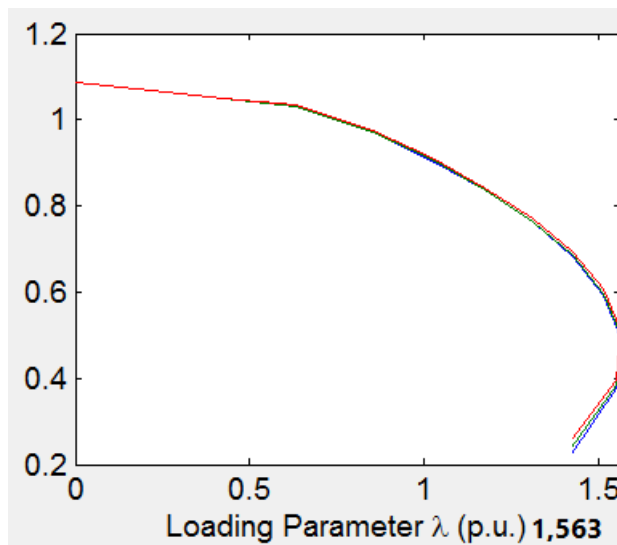
$Q_{\text{ghsvc}}$  là công suất SVC ở chế độ giới hạn ổn định điện áp  $=V^2 \cdot Q_{\max\text{svc}}$

$Q_{\text{osvc}}$  là công suất SVC ở chế độ xác lập ban đầu:  $V^2_0 \cdot Q_{\max\text{svc}}$

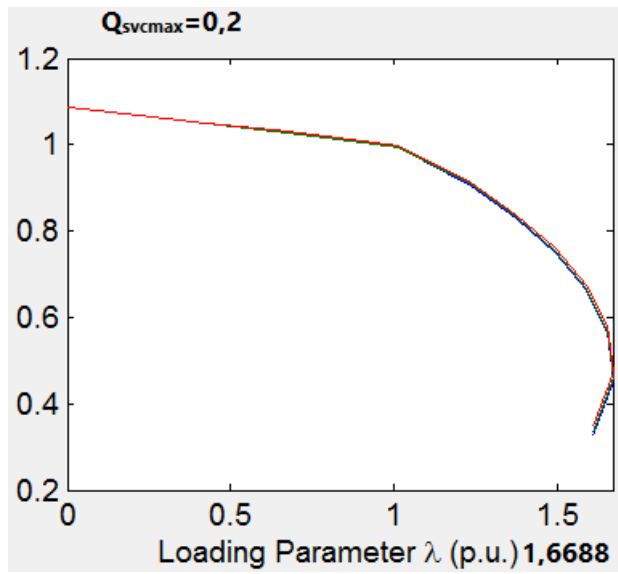
V là điện áp tại nút đặt SVC.

Dưới đây là đồ thị đường sống mũi trong các trường hợp:

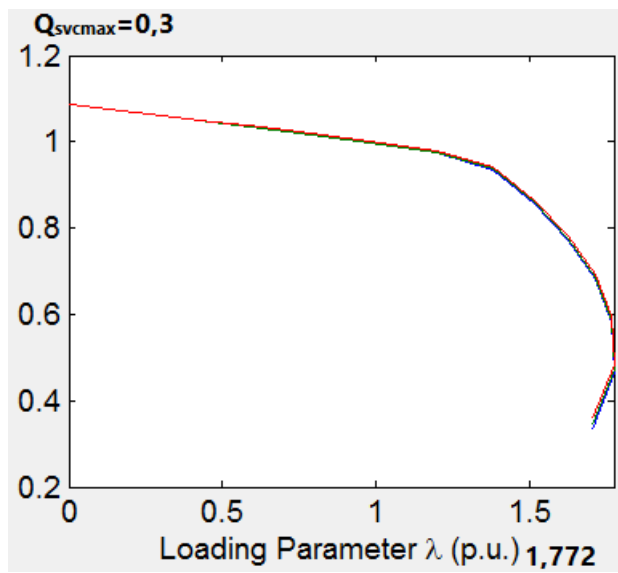
$Q_{\text{svcmax}}=0,1$  pu:



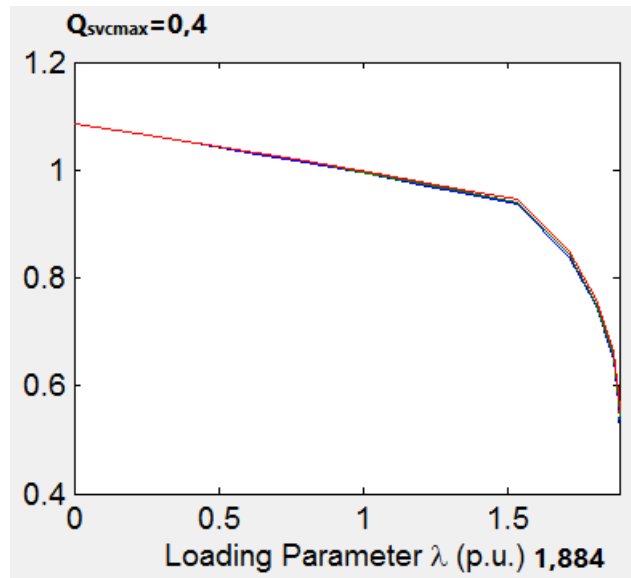
$Q_{\text{svcmax}}=0,2$  pu:



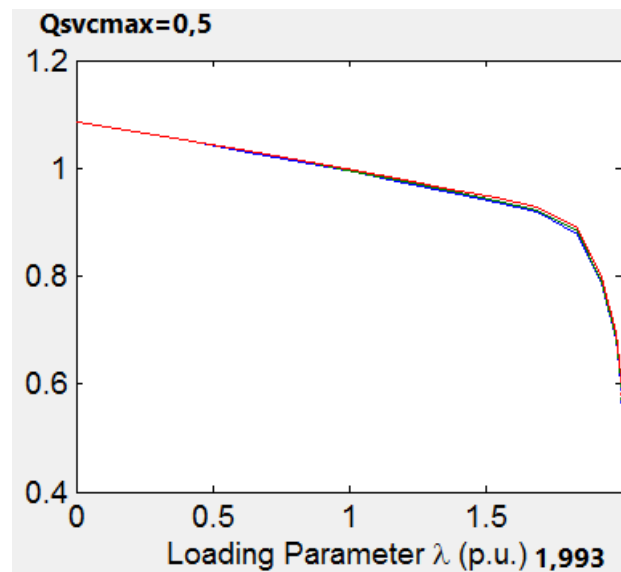
Q<sub>svcmax</sub>=0,3 pu:



$Q_{\text{svcmax}}=0,4$  pu:



$Q_{\text{svcmax}}=0,5$  pu:



Nhận xét: ta thấy công suất đặt của SVC có ảnh hưởng nhiều đến độ dự trữ ổn định điện áp .

**Kết luận:** Khi đặt SVC điện áp các nút được nâng cao và độ dự trữ ổn định tăng lên. Đặt SVC vào nút 11 độ dự trữ ổn định cao nhất.

#### 4.5. Kết luận chương 4

Trong chương này luận văn đã nghiên cứu ảnh hưởng của điện áp nguồn điện, đặc tính tính của phụ tải điện và SVC đến độ dự trữ ổn định điện áp của

lưới phân phối hình tia 2 cấp điện áp 35-10 kV là loại lưới điện có nguy cơ mất ổn định điện áp cao nhất trong lưới phân phối vì các máy biến áp trung gian 35/10 ít khi có trang bị điều áp dưới tải.

Kết quả cho thấy rằng điện áp nguồn điện càng cao độ dự trữ ổn định điện áp càng lớn. Nếu phụ tải biến thiên theo điện áp thì độ dự trữ ổn định điện áp rất cao, có thể nói rằng không có khả năng xảy ra ổn định điện áp trong trường hợp này.

SVC là phương tiện quan trọng nhất để nâng cao ổn định điện áp trong lưới phân phối, nếu chọn được điểm đặt thích hợp thì SVC cho hiệu quả cao nhất. Công suất SVC có ảnh hưởng lớn đến ổn định điện áp.

## **KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ**

### **1. Những kết luận mới.**

- Luận văn đã hoàn thành nội dung đề ra ban đầu.
- Trong luận văn đã trình bày các vấn đề cơ sở của lưới phân phối trung áp, lý thuyết và các phương pháp tính ổn định điện áp cũng như các phương pháp nâng cao ổn định điện áp .
- Đã sử dụng phần mềm PSAT để nghiên cứu ổn định điện áp của lưới phân phối trung áp 2 cấp điện áp 35 và 10kV, nghiên cứu ảnh hưởng của điện áp nguồn, của đặc tính tĩnh của phụ tải và của SVC đến độ dự trữ ổn định điện áp.

### **2. Các nghiên cứu tiếp theo.**

- Nghiên cứu sâu hơn về ổn định điện áp của các loại cấu trúc lưới điện có trong thực tế.
- Mở rộng luận văn phân tích ổn định điện áp lưới phân phối trung áp khi có các loại DG khác nhau nối vào lưới.



## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Bách (2004), *Lưới điện và hệ thống điện, tập I, II, III*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
2. Lã Văn Út (2001), *Phân tích và điều khiển ổn định hệ thống điện*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
3. Viện năng lượng (2006), *Đánh giá hiện trạng lưới điện trung áp Việt Nam, giải pháp và lộ trình giảm thiểu số cấp điện áp lưới điện trung áp*, Hà Nội.
4. Bộ Công nghiệp (2007), *Quyết định số 13/2007/QĐ-BCN về việc ban hành Quy trình xử lý sự cố HTĐ Quốc Gia*, Hà Nội.
5. P.Kessel, H.Glavitch (1986), *Estimating the Voltage Stability of Power System*, IEEE Transactions on Power Delivery, vol.1, no.3, pp. 346-354.
6. T.Tran-Quoc, J.Fandino, ... (1994), *Emergency Load Shedding to Avoid Risks of Voltage Instability Using Indicators*, IEEE Trans. On Power System, vol.7, no2, pp.341-351.
7. Trần Bách (2001), *Ổn định của Hệ thống điện*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
8. Nguyễn Đức Hạnh (2011), *Nghiên cứu phát triển các phương pháp tính toán kinh tế - kỹ thuật trong bài toán quy hoạch phát triển lưới điện trung áp nhằm nâng cao hiệu quả kinh tế và độ tin cậy cung cấp điện*, luận án tiến sĩ kỹ thuật, Hà Nội.
9. Trịnh Trọng Chương (2012), *Nghiên cứu ảnh hưởng của nguồn điện phân tán đến chế độ vận hành của lưới điện phân phối*, luận án tiến sĩ kỹ thuật, Hà Nội.
10. Lã Văn Út, Nguyễn Đức Hạnh (2011), “Xét đến đặc trưng ổn định điện áp trong lựa chọn cấu trúc lưới điện trung”, *Tạp chí khoa học và công nghệ số* 76, Hà Nội.
11. Athans M. and Franb P.L (1966), *Power Flow and Transient Stability Model of FACTS*, McGRAW-Hill, NewYork.

## PHỤ LỤC

Phụ lục 1: Thông số lưới điện

Đd	S <sub>cs</sub>	U <sub>cs</sub>	f	r			x			b					
1	2	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
2	3	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
3	4	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
4	5	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
5	6	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
6	7	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
7	8	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
8	9	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
9	10	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
10	11	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
2	12	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
2	13	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
4	14	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
5	15	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
15	16	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
16	17	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
17	18	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
18	19	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
7	20	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
20	21	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
21	22	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
22	23	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
23	24	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
20	25	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
25	26	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
22	27	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
27	28	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
9	29	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
29	30	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
30	31	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
31	32	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
32	33	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
33	34	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
32	35	100	35	50	0	0	0.044	0.065	0	0	0	0	0	0	1;
11	36	100	35	50	0	3.5	0	0.252	0	0.92	0	0	0	0	1;
36	37	100	10	50	0	0	0.33	0.356	0	0	0	0	0	0	1;
37	38	100	10	50	0	0	0.33	0.356	0	0	0	0	0	0	1;
38	39	100	10	50	0	0	0.33	0.356	0	0	0	0	0	0	1;
39	40	100	10	50	0	0	0.33	0.356	0	0	0	0	0	0	1;
36	41	100	10	50	0	0	0.33	0.356	0	0	0	0	0	0	1;
41	42	100	10	50	0	0	0.33	0.356	0	0	0	0	0	0	1;
42	43	100	10	50	0	0	0.33	0.356	0	0	0	0	0	0	1;
39	44	100	10	50	0	0	0.33	0.356	0	0	0	0	0	0	1;
39	45	100	10	50	0	0	0.33	0.356	0	0	0	0	0	0	1;
45	46	100	10	50	0	0	0.33	0.356	0	0	0	0	0	0	1;
40	47	100	10	50	0	0	0.33	0.356	0	0	0	0	0	0	1;
47	48	100	10	50	0	0	0.33	0.356	0	0	0	0	0	0	1;
48	49	100	10	50	0	0	0.33	0.356	0	0	0	0	0	0	1;
49	50	100	10	50	0	0	0.46	0.356	0	0	0	0	0	0	1;
45	51	100	10	50	0	0	0.33	0.356	0	0	0	0	0	0	1;
46	52	100	10	50	0	0	0.33	0.356	0	0	0	0	0	0	1;

52	53	100	10	50	0	0	0.33	0.356	0	0	0	0	0	0	0	1;
----	----	-----	----	----	---	---	------	-------	---	---	---	---	---	---	---	----

**Phụ lục 2: Công suất tải tại các nút**

Nút	$S_{CS}$	$U_{CS}$	P	Q	$U_{max}$	$U_{min}$		
2	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
3	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
4	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
5	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
6	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
7	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
8	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
9	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
10	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
11	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
12	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
13	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
14	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
15	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
16	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
17	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
18	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
19	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
20	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
21	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
22	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
23	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
24	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
25	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
26	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
27	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
28	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
29	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
30	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
31	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
32	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
33	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
34	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
35	100	35	0.008	0.004	1.2	0.8	0	1;
36	100	10	0.003	0.0015	1.2	0.8	0	1;
37	100	10	0.003	0.0015	1.2	0.8	0	1;
38	100	10	0.003	0.0015	1.2	0.8	0	1;
39	100	10	0.003	0.0015	1.2	0.8	0	1;
40	100	10	0.003	0.0015	1.2	0.8	0	1;
41	100	10	0.003	0.0015	1.2	0.8	0	1;
42	100	10	0.003	0.0015	1.2	0.8	0	1;
43	100	10	0.003	0.0015	1.2	0.8	0	1;
44	100	10	0.003	0.0015	1.2	0.8	0	1;
45	100	10	0.003	0.0015	1.2	0.8	0	1;
46	100	10	0.003	0.0015	1.2	0.8	0	1;
47	100	10	0.003	0.0015	1.2	0.8	0	1;
48	100	10	0.003	0.0015	1.2	0.8	0	1;
49	100	10	0.003	0.0015	1.2	0.8	0	1;
50	100	10	0.003	0.0015	1.2	0.8	0	1;
51	100	10	0.003	0.0015	1.2	0.8	0	1;
52	100	10	0.003	0.0015	1.2	0.8	0	1;
53	100	10	0.003	0.0015	1.2	0.8	0	1;

