

# TỐI ƯU CẤU TRÚC LƯỚI ĐIỆN TRUNG ÁP THÀNH PHỐ HÀ TĨNH THEO THUẬT TOÁN CẮT VÒNG KÍN

## OPTIMIZATION OF THE STRUCTURE OF HA TINH CITY'S MEDIUM VOLTAGE GRID BY LOOP CUTTING ALGORITHM

Đặng Quang Khoa<sup>1</sup>, Trần Trọng Tuấn<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vinh, Việt Nam

<sup>2</sup> Điện lực Hà Tĩnh, Việt Nam

Ngày toà soạn nhận bài 13/8/2018, ngày phản biện đánh giá 3/10/2018, ngày chấp nhận đăng 6/3/2019.

### TÓM TẮT

Ứng dụng thuật toán cắt vòng kín Loop Cutting Methods, để cắt vòng kín lưới điện trung áp thành phố Hà Tĩnh, lựa chọn vị trí mở tối ưu trong các mạng lưới điện kín vận hành hở. Khắc phục hiện trạng mở mạch vòng theo các vị trí địa lý không phù hợp. Qua đó, điều chỉnh độ lệch điện áp. Với kết quả sau khi tính toán lựa chọn điểm phân đoạn trên các mạch vòng lưới 22kV của điện lực Thành phố Hà Tĩnh bằng phần mềm PSS/ADEPT 5.0 nhận thấy độ lệch điện áp đã được giảm xuống (lộ có độ lệch điện áp lớn nhất là 2,5%). Nội dung chính của bài báo là trình bày hiện trạng kết vòng của các lộ 22kV; trình bày các bước tính toán cắt vòng kín bằng phần mềm PSS/ADEPT. Qua đó đánh giá kết quả tính toán theo thuật toán và đề xuất ứng dụng trong thực tiễn.

**Từ khóa:** Cắt vòng kín; Các phương pháp cắt vòng kín; Điều chỉnh độ lệch điện áp; Lưới trung áp thành phố Hà Tĩnh; phần mềm PSS/Adept.

### ABSTRACT

Apply Loop Cutting Methods to cut the closed loop in the medium-voltage grid of Ha Tinh city and select the optimum opening position in the closed power grids opened operation. Change currently loop opening at inappropriate geographic locations. Thereby, adjust the voltage deviation. The results of calculating and selecting the segmentation points on the 22kV loop grid of the Ha Tinh City power electricity using PSS / ADEPT 5.0 software found that the voltage deviation was reduced (power line with large voltage deviation at most 2.5%). The main content of the article is to present the current status of the 22kV roads; presents the steps of calculating closed-loop cutting with PSS / ADEPT software. Thereby assessing the calculation results according to the algorithm and proposing practical applications.

**Keywords:** Loop Cutting; Loop Cutting Methods; adjust voltage deviation; Medium voltage network of Ha Tinh city; PSS/Adept software.

## 1. MỞ MẠCH VÒNG LỰA CHỌN ĐIỂM PHÂN ĐOẠN

### 1.1 Phương pháp cắt vòng kín - loop cutting methods

Phương pháp cắt vòng kín - loop cutting methods - hay còn gọi là phương pháp “mở lần lượt các thiết bị đóng cắt phân đoạn - sequential switch opening method” được Shirmohammadi xây dựng và phát triển năm 1989 được bắt đầu với giả thiết là tất cả các

khoá điện đều đóng. Hệ thống điện phân phối điển hình trong trường hợp này là một lưới mạch vòng kín. Khi đó tồn tại trong lưới phân phối mạch vòng kín sẽ là nhỏ nhất. Tuy nhiên, do các nhược điểm của lưới mạch vòng kín nên lưới phân phối sẽ được mở mạch vòng tạo thành các lưới điện hình tia bằng cách mở các khoá điện mà dòng công suất chạy qua đó là nhỏ nhất với giả thiết là việc mở khoá điện đó không gây mất ổn định trong lưới điện. Sau mỗi lần mở khoá, một vòng sẽ được hở

ra, thuật toán này dừng lại khi lưới phân phối đã hoàn toàn hình tia [1], [2].

Dựa trên cơ sở phương pháp cắt vòng kín – loop cutting methods với giả thiết là tất cả các khoá điện đều đóng, lưới điện phân phối trong trường hợp này là một lưới bao gồm các mạch vòng kín. Sau mỗi lần lặp một khoá điện sẽ được chọn để mở, một vòng kín sẽ được hở ra. Thuật toán này sẽ dừng lại khi trong lưới không còn mạch vòng kín nào nữa.

Tổn thất trong lưới phân phối mạch vòng kín là nhỏ nhất, nên lưới phân phối vận hành hở có phân bố trào lưu công suất gần giống với lưới vòng kín sẽ có tổn thất công suất nhỏ nhất. Dựa trên cơ sở thuật toán trên trong bài báo này phát triển thêm những ứng dụng trong thiết kế và vận hành lưới điện phân phối.

Bài toán chọn điểm hợp lý mở mạch vòng có thể chia ra làm hai bài toán là [1], [2]:

Bài toán thiết kế, quy hoạch: chọn điểm hợp lý mở mạch vòng của lưới điện phân phối trung áp khi thiết kế, quy hoạch lưới điện.

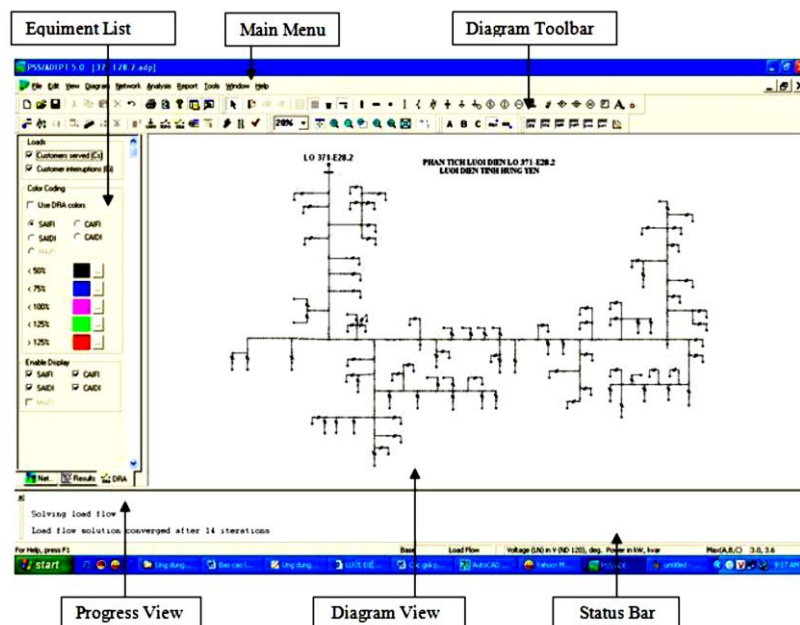
Bài toán vận hành: chọn các điểm hợp lý (đã được thiết kế) để mở mạch vòng trong quá trình vận hành lưới điện phân phối trung áp.

Trong bài toán thiết kế, việc chọn điểm đặt thiết bị phân đoạn được lựa chọn dựa trên đồ thị phụ tải có sẵn của các phụ tải các ngày

điển hình mùa khô, ngày điển hình mùa mưa. Từ các ngày điển hình đó chọn ra các giờ điển hình mà nhu cầu sử dụng công suất của các loại phụ tải (phụ tải sinh hoạt, sản xuất, thương mại dịch vụ ...) có phân bố trào lưu công suất chênh lệch nhau nhiều nhất để tính toán trào lưu công suất từ đó tính toán lựa chọn các điểm đặt các thiết bị phân đoạn để mở mạch vòng. Bài toán vận hành hở lưới phân phối kín khác với bài toán thiết kế ở chỗ là các khoá điện đã cho trước, do đó trong bài toán vận hành điểm mở mạch vòng hợp lý là chọn trong các khoá điện cho trước để thực hiện thao tác đóng/cắt sao cho tổn thất công suất  $\Delta P$  bé nhất.

## 1.2 GIỚI THIỆU CHUNG VỀ PHẦN MỀM PSS/ADEPT 5.0

Phần mềm PSS/ADEPT 5.0 (Power System Simulator/Advanced Distribution Engineering Productivity Tool) là phần mềm tiện ích mô phỏng hệ thống điện và là công cụ phân tích lưới điện phân phối với các chức năng sau: Tính toán trào lưu công suất; Tính toán ngắn mạch tại một hay nhiều điểm tải; Phân tích bài toán khởi động động cơ; Tối ưu hóa việc lắp đặt tụ bù; Bài toán phân tích sóng hài; Phối hợp bảo vệ; Phân tích điểm mở tối ưu (TOPO); Phân tích độ tin cậy lưới điện; ...vv. Giao diện chính như hình 1 [3].



Hình 1. Ghi chú giao diện chính của chương trình PSS/ADEPT 5.0

**Main Menu:** Là chương trình đơn chính dùng để truy cập tất cả các chức năng ứng dụng của PSS/ADEPT.

**Diagram View:** Là vùng thể hiện sơ đồ hệ thống điện bằng các biểu tượng đồ họa, hay còn gọi là vùng mô phỏng hệ thống điện. Ngoài ra, có thể xem kết quả phân tích trong vùng này.

**Progress View:** Hiện thị tất cả các thông báo trong quá trình chạy chương trình. Các thông báo này là các thông điệp cảnh báo hoặc báo lỗi về các kích hoạt đã chọn, hoặc các thông điệp về quá trình phân tích. Progress View cũng hiển thị chi tiết tiến trình hội tụ của bài toán phân bố công suất, tính toán ngắn mạch và khởi động động cơ.

**Status Bar:** Thanh trạng thái cho biết các thông tin trạng thái khác nhau khi sử dụng PSS/ADEPT.

**Equipment List View:** Là vùng xem danh sách các thiết bị. Trong đó mục Network trình bày có thứ bậc các thiết bị trong sơ đồ mạng điện.

**Diagram Toolbar:** Gồm có nút chọn Select và các thiết bị dùng để vẽ sơ đồ hệ thống điện. Sử dụng Diagram Toolbar để chọn và đặt thiết bị vào đúng vị trí trong sơ đồ một cách dễ dàng.

## 2. LỰA CHỌN ĐIỂM PHÂN ĐOẠN HỢP LÝ TRONG CÁC MẠNG ĐIỆN MẠCH VÒNG THÀNH PHỐ HÀ TĨNH

### 2.1. Hiện trạng kết cấu mạch vòng của các lộ 22kV

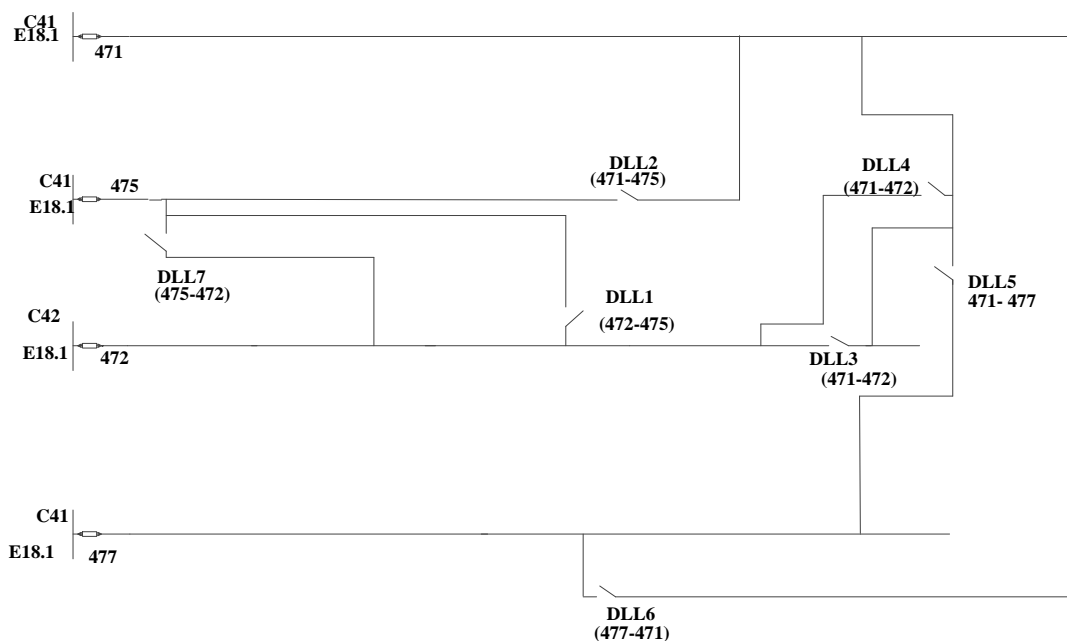
Các lộ đường dây 22kV được liên kết mạch vòng với nhau đó là [3]:

- Lộ 471: là lộ 22kV hiện hữu, có liên hệ mạch vòng với lộ 474 trạm 110kV Thạch Linh.
- Lộ 472: là lộ 22kV hiện hữu, có liên hệ mạch vòng với lộ 475 trạm 110kV Thạch Linh.
- Lộ 475: là lộ 22kV hiện hữu, có liên hệ mạch vòng với lộ 477 và 484 trạm 110kV Thạch Linh.
- Lộ 477: là lộ 22kV hiện hữu, có liên hệ mạch vòng với lộ 485, 481 và 471 trạm 110kV Thạch Linh.

Sơ đồ nối điện các lộ đường dây 22kV được thể hiện trên hình vẽ 3.

Các lộ đường dây 22kV được thiết kế xây dựng theo sơ đồ mạch hình tia (mạng hở), các lộ đường dây vận hành độc lập với nhau.

Các mạch vòng hiện trạng lưới điện trung áp 22 kV Thành phố Hà Tĩnh được phản ánh tổng quát như thống kê trong bảng 1.



Hình 2. Sơ đồ nối điện các lộ đường dây 22kV

**Bảng 1.** Hiện trạng kết nối mạch vòng các lộ 22kV [3]

STT	Mạch vòng	Điểm mở hiện tại
1	475E18.1 - 2 → 2 - Dao 4 → Dao 4 - 13 → 13 - DLL1 → DLL1 - 60 → 60- 27 → 27 - 472E18.1 (mạch vòng giữa 2 lộ 22kV 475E18.1 và lộ 472E18.1)	Dao liên lạc DLL1
2	471E18.1 - 6 → 6 - 20 → 20 - 34 → 34 - 38 → 38 -38.4 → 38.4 - DLL2 → DLL2 - 2.2.11 → 2.2.11 - 2.2.4 → 2.2.4 - 2 → 2-475E18.1 (mạch vòng giữa 2 lộ 22kV 471E18.1 và lộ 475E18.1)	Dao liên lạc DLL2
3	471E18.1 - 6 → 6 - 20 → 20 - 34 → 34 - 38 → 38 -44 → 44 - 52 → 52 - 59 → 59 - 59.10 → 59.10 - DLL3 → DLL3 - 92 → 92- 60 → 60- 27 → 27 - 472E18.1 (mạch vòng giữa 2 lộ 22kV 471E18.1 và lộ 472E18.1)	Dao liên lạc DLL3
4	471E18.1 - 6 → 6 - 20 → 20 - 34 → 34 - 38 → 38 -44 → 44 - 52 → 52 - DLL4 → DLL4 - 92 → 92- 60 → 60- 27 → 27 - 472E18.1 (mạch vòng giữa 2 lộ 22kV 471E18.1 và lộ 472E18.1)	Dao liên lạc DLL4
5	471E18.1 - 6 → 6 - 20 → 20 - 34 → 34 - 38 → 38 -44 → 44 - 52 → 52 - 59 → 59 - 66 → 66 - DLL5 → DLL5 - 82 → 82- 45 → 45 - 477E18.1 (mạch vòng giữa 2 lộ 22kV 471E18.1 và lộ 477E18.1)	Dao liên lạc DLL5
6	471E18.1 - 6 → 6 - 20 → 20 - 34 → 34 - 38 → 38 -44 → 44 - 44.8 → 44.8 - DLL6 → DLL6 - 45 → 45 - 477E18.1 (mạch vòng giữa 2 lộ 22kV 471E18.1 và lộ 477E18.1)	Dao liên lạc DLL6
7	475E18.1 - 2 → 2 - Dao 4 → Dao 4 - 2.3 → 2.3 - DLL7 → DLL7 - 27 → 27 - 472E18.1 (mạch vòng giữa 2 lộ 22kV 475E18.1 và lộ 472E18.1)	Dao liên lạc DLL7

## 2.2. Tính toán theo thuật toán cắt vòng kín

Sử dụng phần mềm PSS/ADEPT 5.0 tính toán theo thuật toán cắt vòng kín, tác giả tính toán ở chế độ phụ tải cực đại (công suất tải ở chế độ cực tiểu = 60% công suất tải ở chế độ cực đại).

Trình tự tính toán được thực hiện như sau [3]:

**Bước 1:** Đầu tiên đóng hết tất cả các dao cách ly trên lưới điện, lúc này mạng lưới điện vận hành theo chế độ mạng kín có nhiều nguồn cung cấp. Cho chạy chương trình sử dụng phần mềm PSS/ADEPT, luồng công suất truyền tải trên các lộ đường dây được thống kê trong bảng 2.

Nhận xét: Từ kết quả tính toán, ta nhận thấy rằng tại vị trí đặt dao cách ly DLL4, liên lạc giữa 2 lộ đường dây 471-472 có luồng công suất chạy qua nhỏ nhất. Vì vậy áp dụng thuật toán cắt vòng kín, ta tiến hành mở mạch vòng tại vị trí đặt dao cách ly này. Lúc này các lộ đường dây vẫn được liên kết mạch vòng với nhau.

**Bước 2:** Đóng tất cả dao cách ly, trừ DLL4. Với mạch vòng của 4 lộ, tiếp tục cho chạy chương trình đã được lập trình trên phần mềm PSS/ADEPT. Như bước 1, ta cũng nhận được kết quả phân bố công suất trên các lộ đường dây trong mạch vòng này (được thể hiện tương tự như bảng 2 của bước 1).

Nhận xét: Từ kết quả tính toán, ta nhận thấy rằng tại vị trí đặt dao cách ly Switch242 nằm giữa 2 nút 82.15 và 82.6 trên lộ đường dây 477 E18.1 có luồng công suất chạy qua nhỏ nhất. Vì vậy áp dụng thuật toán cắt vòng kín, ta tiến hành mở mạch vòng tại vị trí đặt dao cách ly này. Lúc này các lộ đường dây vẫn được liên kết mạch vòng với nhau.

**Bước 3:** Mở dao cách ly Switch242 và DLL4, tiếp tục cho chạy chương trình đã được lập trình trên phần mềm PSS/ADEPT. Kết quả phân bố công suất trên các lộ đường dây trong mạch vòng này được thể hiện tương tự như bảng 2 của bước 1.

Nhận xét: Từ kết quả tính toán, ta nhận thấy rằng tại vị trí đặt dao cách ly Switch224 giữa 2 nút 22 và 26 trên lộ đường dây 477 E18.1 có luồng công suất chạy qua nhỏ nhất. Vì vậy áp dụng thuật toán cắt vòng kín, ta tiến hành mở mạch vòng tại vị trí đặt dao cách ly này. Lúc này lộ đường dây 477 E18.1 sẽ được mở ra khỏi mạch vòng, vận hành ở chế độ mạng hình tia và mạch vòng sẽ còn lại 3 lộ đường dây: 471, 472, 475.

**Bước 4:** Đóng tất cả dao cách ly DLL4; Switch242; Switch224; (loại bỏ lộ 477 ra khỏi chương trình tính toán).

Với mạch vòng của 3 lộ còn lại, tiếp tục cho chạy chương trình đã được lập trình trên phần mềm PSS/ADEPT. Kết quả phân bố công suất trên các lộ đường dây trong mạch

vòng này được thể hiện tương tự như bảng 2 của bước 1.

Nhận xét: Từ kết quả tính toán, ta nhận thấy rằng tại vị trí dao cách ly Switch239.1 nằm giữa 2 nút 59 và 59.1 của lộ đường dây 471 có luồng công suất chạy qua nhỏ nhất. Vì vậy áp dụng thuật toán cắt vòng kín, ta tiến hành mở mạch vòng tại vị trí đặt dao cách ly này. Lúc này 3 lộ đường dây còn lại vẫn đang vận hành mạch vòng: 471, 472, 475.

**Bước 5:** Đóng tất cả DCL lại (trừ dao cách ly DLL4; Switch242; Switch224; Switch239.1); loại bỏ lộ 477

Với mạch vòng của 3 lộ còn lại, tiếp tục cho chạy chương trình đã được lập trình trên phần mềm PSS/ADEPT. Kết quả phân bố công suất trên các lộ đường dây trong mạch vòng này được thể hiện tương tự như bảng 2 của bước 1.

Nhận xét: Từ kết quả tính toán, ta nhận thấy rằng tại vị trí đặt dao cách ly Switch261 nằm giữa 2 nút số 59 và 58 của lộ đường dây 472 có luồng công suất chạy qua nhỏ nhất. Vì vậy áp dụng thuật toán cắt vòng kín, ta tiến hành mở mạch vòng tại vị trí đặt dao cách ly này. Lúc này 3 lộ đường dây còn lại vẫn đang vận hành mạch vòng: 471, 472, 475.

**Bảng 2.** Luồng công suất truyền tải trên các lộ đường dây (bước 1)

Nội dung thực hiện	Vị trí Dao cách ly	Công suất (kW)	Ghi chú
Bước 1: Đóng tất cả dao cách ly	Switch245	718	
	DLL2	7914	
	Switch289	-5287	
	Switch216	7172	
	Switch273	-7226	
	DLL5	217	
	DLL6`	1577	
	Switch265	2972	
	Switch201	12931	
	Switch202	12452	
	Switch203	12156	
	Switch204	12149	
	Switch205	11670	
	Switch206	11446	
	Switch207	11444	
	Switch208	10530	
	Switch209	10050	

Nội dung thực hiện	Vị trí Dao cách ly	Công suất (kW)	Ghi chú
	Switch210	9835	
	Switch211	9616	
	Switch212	9164	
	Switch213	8473	
	Switch214	8260	
	Switch215	7384	
	Switch217	9631	
	Switch218	9065	
	Switch219	2011	
	Switch230.0	5528	
	Switch230	5171	
	Switch232	4117	
	Switch234	4116	
	Switch236	3619	
	Switch237	2930	
	Switch258	6159	
	Switch252	3602	
	Switch280	12237	
	Switch281	7102	
	Switch288	-4987	
	Switch279	9101	
	Switch278	-8887	
	Switch277	8187	
	Switch276	-8186	
	Switch275	7569	
	Switch274	7228	
	Switch246	803	
	Switch247	803	
	Switch221	-476	
	Switch222	-476	
	Switch223	-136	
	Switch229	986	
	Switch228	561	
	Switch227	561	
	Switch226	348	
	Switch225	348	
	Switch224	136	
	Switch282	7100	
	Switch283	6885	
	Switch284	6459	
	Switch285	6118	
	Switch286	4944	
	DLL7	-6035	
	Switch248	-83	
	Switch249	-559	
	Switch250	-899	
	Switch251	-1324	
	Switch238	2717	

Nội dung thực hiện	Vị trí Dao cách ly	Công suất (kW)	Ghi chú
	Switch239	1680	
	Switch240	906	
	Switch241	430	
	Switch243	-293	
	Switch242	5	
	Switch231	5106	
	Switch235	3775	
	DLL4	-2	Nhỏ nhất
	Switch244	505	
	Switch220	1279	
	Switch239.1	-774	
	Switch253	3892	
	Switch254	5142	
	Switch255	5439	
	Switch256	5805	
	Switch259	6300	
	Switch260	6513	
	Switch262	1781	
	Switch261	1781	
	Switch263	2121	
	Switch264	2488	
	Switch266	4274	
	Switch267	4276	
	Switch268	10865	
	Switch269	11777	
	Switch270	12887	
	Switch271	12887	
	DLL1	4944	

**Bước 6:** Đóng tất cả DCL lại (trừ dao cách ly DLL4; Switch242; Switch224; Switch239.1; Switch261); loại bỏ lộ 477

Với mạch vòng của 3 lộ còn lại, tiếp tục cho chạy chương trình đã được lập trình trên phần mềm PSS/ADEPT. Kết quả phân bố công suất trên các lộ đường dây trong mạch vòng này thể hiện tương tự bảng 2 của bước 1.

Nhận xét: Từ kết quả tính toán, ta nhận thấy rằng tại vị trí đặt dao cách ly Switch273 nằm giữa 2 nút số 38 và 1 của lộ đường dây 472 có luồng công suất chạy qua nhỏ nhất. Vì vậy áp dụng thuật toán cắt vòng kín, ta tiến hành mở mạch vòng tại vị trí đặt dao cách ly này. Lúc này lộ đường dây 471 đã được tách ra khỏi mạch vòng, vận hành độc lập, 2 lộ đường dây còn lại vẫn đang vận hành mạch vòng: 472, 475.

**Bước 7:** Đóng tất cả DCL lại (trừ dao cách ly DLL4; Switch242; Switch224; Switch239.1; Switch261; Switch273); loại bỏ lộ 477, 471

Với mạch vòng của 2 lộ còn lại, tiếp tục cho chạy chương trình đã được lập trình trên phần mềm PSS/ADEPT. Kết quả phân bố công suất trên các lộ đường dây trong mạch vòng này được thể hiện tương tự như bảng 2 của bước 1.

Nhận xét: Từ kết quả tính toán, ta nhận thấy rằng tại vị trí đặt dao cách ly Switch288 nằm giữa 2 nút số 2 và 131 của lộ đường dây 475 có luồng công suất chạy qua nhỏ nhất. Vì vậy áp dụng thuật toán cắt vòng kín, ta tiến hành mở mạch vòng tại vị trí đặt dao cách ly này. Lúc này tất cả các lộ đường dây đều được tách ra khỏi mạch vòng và vận hành độc lập.

### 2.3. Đánh giá kết quả tính toán theo thuật toán cắt vòng kín

Các chỉ tiêu kỹ thuật của mạng lưới điện sau khi tối ưu hóa vị trí đóng mở các dao cách ly được thống kê trong bảng 3.

**Bảng 3.** Các chỉ tiêu kỹ thuật của mạng lưới điện sau khi tối ưu hóa vị trí đóng mở các dao cách ly

TT	Tên trạm/ tên lộ	Điện áp (kV)	$P_{max}$ (kW)	Tổn thất công suất (kVA)	Độ lệch điện áp (%)
1	Lộ 471	22	20854	122,3 + j101,4	2,5
2	Lộ 472	22	9688	23,6 + j27,1	0,55
3	Lộ 475	22	12616	95,96 + j86,5	1,38
4	Lộ 477	22	1845	1,2 + j2,96	0,14

Tổng tổn hao công suất tác dụng trong toàn mạng:  $\Delta P=243.06(kW)$ .

Kết quả tính toán tổn thất điện năng cho các chế độ phụ tải thống kê trong bảng 4.

$$Tonhao=355,08+j267,7(KVA)$$

**Bảng 4.** Kết quả tính toán các chế độ phụ tải

Chế độ	Umin (kV)	$\Delta U\%$	$\Delta P$ (kW)	$\Delta A$ (MWh)	c. $\Delta A$ (Tỷ đồng)
Hiện trạng	21,137	3,92	355.08	1413026	2,332
Mở tối ưu	21,45	2,5	243.06	967247	1,596

Nhìn vào bảng 4 nhận thấy  $\Delta P$  ở chế độ hiện trạng là 355,08 (kW) chi phí về tổn thất điện năng với giá điện bình quân năm 2017 là 1650đ/kWh như vậy 1 năm Điện lực Thành phố Hà Tĩnh phải chi phí cho tổn thất lưới 22kV là 2,332 tỷ đồng. Sau khi đã lựa chọn điểm phân đoạn lưới 22kV, chi phí tổn thất giảm còn 1,596 tỷ đồng, tiết kiệm được 735,5 triệu đồng trên 1 năm.

Ở chế độ hiện trạng độ lệch điện áp trong mạng lưới điện 22kV tương đối lớn (3,92%). Sau khi tính toán lựa chọn điểm phân đoạn trên các mạch vòng lưới 22kV của điện lực Thành phố Hà Tĩnh bằng phần mềm PSS/ADEPT 5.0 nhận thấy độ lệch điện áp

đã được giảm xuống (lộ có độ lệch điện áp lớn nhất là 2,5%).

### 3. KẾT LUẬN

Áp dụng chương trình máy tính PSS/ADEPT phục vụ tính toán và phân tích các thông số của lưới, tối ưu hóa cấu trúc của lưới điện trung áp Thành phố Hà Tĩnh là hoàn toàn phù hợp.

Đã xây dựng các bước thực hiện thuật toán cắt vòng tối ưu hóa vị trí đóng mở các dao cách ly, đánh giá hiệu quả giảm tổn thất điện áp, công suất sau khi cấu trúc lưới được mở mạch vòng hợp lý hơn so với hiện trạng của nó.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trần Bách, *Lưới điện và hệ thống điện*, tập 1 (tái bản lần thứ 6), NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội 2008.
- [2] Trần Bách, *Giáo trình Lưới điện*, NXB Giáo dục, Hà Nội 2008.
- [3] Trần Trọng Tuấn, *Nghiên cứu tối ưu hóa cấu trúc mạng lưới điện trung áp thành phố Hà Tĩnh*, Trường Đại học sư phạm kỹ thuật Vinh, 2017.

#### **Tác giả chịu trách nhiệm bài viết:**

Đặng Quang Khoa

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vinh

Email: dangquangkhoaktv@gmail.com