

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA ĐIỆN

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

NGÀNH: KỸ THUẬT ĐIỆN

CHUYÊN NGÀNH: HỆ THỐNG ĐIỆN

ĐỀ TÀI:

**PHÂN TÍCH VÀ ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP NÂNG
CAO HIỆU QUẢ VẬN HÀNH LĐPP HUYỆN
THĂNG BÌNH KHI CÓ SỰ THAM GIA CỦA
NGUỒN ĐIỆN MẶT TRỜI MÁI NHÀ.**

Giảng viên hướng dẫn : **TS. Hạ Đình Trúc**

Sinh viên thực hiện 1 : **Phan Phú Toàn**

Mã số sinh viên : **105200217**

Lớp : **20DCLC2**

Sinh viên thực hiện 2 : **Trần Hữu Lộc**

Mã số sinh viên : **105200202**

Lớp : **20DCLC2**

Sinh viên thực hiện 3 : **Hồ Vũ Anh Hoàng**

Mã số sinh viên : **105200231**

Lớp : **20DCLC3**

TÓM TẮT

Tên đề tài: Phân tích và đề xuất giải pháp nâng cao hiệu quả vận hành LĐPP huyện Thăng Bình khi có sự tham gia của nguồn điện mặt trời mái nhà.

Đồ án sử dụng phần mềm DIgSILENT PowerFactory nhằm xây dựng mô hình lưới điện phân phối, mô phỏng các kịch bản vận hành với sự tham gia của điện mặt trời mái nhà, phân tích các chế độ vận hành.

Đồ án nghiên cứu các tác động của điện mặt trời mái nhà đến lưới điện phân phối huyện Thăng Bình và đề xuất các giải pháp phù hợp để nâng cao hiệu quả vận hành. Kết quả nghiên cứu sẽ có ý nghĩa quan trọng trong việc hỗ trợ phát triển năng lượng tái tạo bền vững và đảm bảo an ninh năng lượng tại địa phương.

NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

TT	Sinh viên thực hiện	Số thẻ sinh viên	Lớp sinh hoạt	Ngành
1	Phan Phú Toàn	105200217	20DCLC2	Kỹ thuật điện
2	Trần Hữu Lộc	105200202	20DCLC2	Kỹ thuật điện
3.	Hồ Vũ Anh Hoàng	105200231	20DCLC3	Kỹ thuật điện

1. Tên đề tài đồ án:

Phân tích và đề xuất giải pháp nâng cao hiệu quả vận hành LDPP huyện Thăng Bình khi có sự tham gia của nguồn điện mặt trời mái nhà.

Đề tài thuộc diện:

2. Các số liệu và dữ liệu ban đầu:

3. Nội dung các phần thuyết minh và tính toán:

Nội dung các phần thuyết minh bao gồm:

- Chương 1: Tổng quan về lưới điện phân phối 22 kV huyện Thăng Bình, Quảng Nam.
- Chương 2: Phương pháp tính và công cụ phân tích chế độ làm việc của hệ thống điện.
- Chương 3: Phân tích ảnh hưởng của các nguồn điện mặt trời đến vận hành lưới điện huyện Thăng Bình, Quảng Nam và đề xuất các giải pháp giúp nâng cao hiệu quả vận hành.

a. Phần chung:

STT	Họ tên sinh viên	Nội dung
1	Phan Phú Toàn	Xây dựng lưới mô phỏng trong phần mềm DIgSILENT PowerFactory.
2	Trần Hữu Lộc	
3	Hồ Vũ Anh Hoàng	

b. Phần riêng:

STT	Họ tên sinh viên	Nội dung
1	Phan Phú Toàn	Tìm hiểu lưới điện Thăng Bình, xây dựng biểu đồ phụ tải, tìm hiểu các phương pháp tính.
2	Trần Hữu Lộc	Mô phỏng các kịch bản vận hành, thu thập kết quả và nhận xét.

3	Hồ Vũ Anh Hoàng	Mô phỏng các kịch bản, tìm hiểu phần mềm DIGSILENT PowerFactory.
---	-----------------	--

4. Các bản vẽ, đồ thị (ghi rõ các loại và kích thước bản vẽ):
5. Họ tên người hướng dẫn: TS. Hạ Đình Trúc
6. Ngày giao nhiệm vụ đồ án: 09/03/2025.
7. Ngày hoàn thành đồ án: 12/06/2025.

Đà Nẵng, ngày tháng năm 2025

Trưởng Bộ môn Hệ Thống Điện

Giảng viên hướng dẫn

LỜI CẢM ƠN

Trước tiên, nhóm tác giả xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến Tiến sĩ Hạ Đình Trúc - giảng viên hướng dẫn đồ án tốt nghiệp của nhóm tác giả. Thầy đã dành nhiều thời gian quý báu để hướng dẫn, chỉ bảo từ những bước đầu tiên trong việc xác định chủ đề nghiên cứu cho đến khi hoàn thiện đồ án. Với kiến thức chuyên môn sâu rộng trong lĩnh vực hệ thống điện và kinh nghiệm thực tế phong phú, Thầy đã giúp định hướng đúng đắn, giải đáp mọi thắc mắc và khó khăn trong quá trình thực hiện đồ án. Sự tận tâm, nghiêm túc và chu đáo của Thầy đã là nguồn động viên to lớn giúp nhóm tác giả hoàn thành tốt đồ án này.

Nhóm tác giả cũng xin gửi lời cảm ơn chân thành đến quý Thầy Cô trong Khoa Điện, những người đã truyền đạt cho em những kiến thức nền tảng vững chắc về hệ thống điện suốt quá trình học tập tại trường. Những bài giảng, bài thực hành và kinh nghiệm quý báu mà các Thầy Cô chia sẻ là hành trang kiến thức cần thiết để thực hiện đồ án tốt nghiệp này.

Mặc dù đã cố gắng hết sức, nhưng đồ án này chắc chắn còn nhiều thiếu sót. Rất mong nhận được sự góp ý, chỉ bảo của quý Thầy Cô để đồ án được hoàn thiện hơn.

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn!

Đà Nẵng, ngày 12 tháng 06 năm 2025

Nhóm sinh viên thực hiện

CAM ĐOAN

Nhóm tác giả xin khẳng định rằng trong quá trình thực hiện đồ án tốt nghiệp, nhóm sẽ nghiêm túc tuân thủ các quy tắc về liêm chính học thuật, cụ thể:

- Không thực hiện hành vi gian lận, bịa đặt, sao chép ý tưởng hoặc hỗ trợ bất kỳ ai vi phạm chuẩn mực học thuật.
- Trung thực trong việc trình bày quá trình học tập và kết quả nghiên cứu của nhóm.
- Không làm giả hoặc thay đổi bất kỳ tài liệu học thuật nào.
- Không sử dụng các biện pháp không đúng quy định để đạt lợi thế cá nhân hoặc tập thể.
- Tích cực tìm hiểu và tuân thủ các quy định về liêm chính học thuật cũng như luật sở hữu trí tuệ.
- Đảm bảo ghi nhận nguồn gốc rõ ràng khi sử dụng các tài liệu hoặc sản phẩm học thuật của người khác.

Nhóm cam kết rằng mọi số liệu và kết quả nghiên cứu trong đồ án này đều trung thực, do chính nhóm thực hiện và chưa từng được sử dụng để bảo vệ bất kỳ học vị nào trước đó. Tất cả sự hỗ trợ trong quá trình thực hiện đã được ghi nhận đầy đủ, và các tài liệu tham khảo đều được trích dẫn đúng quy định, đảm bảo phù hợp để công bố.

Đà Nẵng, ngày tháng năm 2025

Nhóm sinh viên thực hiện

MỤC LỤC

TÓM TẮT

NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

LỜI CẢM ƠN	i
CAM ĐOAN.....	ii
MỤC LỤC	iii
DANH MỤC BẢNG	v
DANH MỤC HÌNH ẢNH	vi
DANH SÁCH CÁC KÝ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT	viii
	TRANG

LỜI MỞ ĐẦU	1
------------------	---

Chương 1: TỔNG QUAN VỀ LƯỚI ĐIỆN PHÂN PHỐI 22 KV HUYỆN THĂNG BÌNH, QUẢNG NAM	3
---	----------

1.1. Khái quát chung về hệ thống điện và lưới điện phân phối	3
---	----------

<i>1.1.1.Hệ thống điện.....</i>	<i>3</i>
---------------------------------	----------

<i>1.1.2.Lưới điện phân phối</i>	<i>3</i>
--	----------

1.2.Cấu trúc và đặc điểm của lưới điện phân phối huyện Thăng Bình, Quảng Nam 3

<i>1.1.1.Vị trí địa lí, đặc điểm tự nhiên của khu vực huyện Thăng Bình, Quảng Nam ..3</i>

<i>1.1.2.Cấu trúc tổng thể lưới điện Thăng Bình:.....4</i>
--

<i>1.1.3.Những vấn đề tồn tại trong quá trình vận hành lưới điện phân phối:.....5</i>

1.2.Hệ thống điện mặt trời mái nhà.....5

<i>1.2.1.Các mô hình hệ thống điện mặt trời mái nhà</i>	<i>5</i>
---	----------

<i>1.3.2.Nguyên lí hoạt động của điện mặt trời mái nhà</i>	<i>6</i>
--	----------

<i>1.3.3.Ảnh hưởng của điện mặt trời đến hệ thống điện</i>	<i>7</i>
--	----------

1.3.Kết luận chương	8
----------------------------------	----------

Chương 2: PHƯƠNG PHÁP TÍNH VÀ CÔNG CỤ PHÂN TÍCH CHẾ ĐỘ LÀM VIỆC CỦA HỆ THỐNG ĐIỆN.....	9
---	----------

2.1.Cơ sở lý thuyết về tính toán lưới điện phân phối	9
---	----------

<i>2.1.1.Phương pháp tính trào lưu công suất:</i>	<i>9</i>
---	----------

2.2.Mô hình hóa các thành phần của lưới điện phân phối	14
---	-----------

2.3.Công cụ phân tích, tính toán	18
---	-----------

<i>2.3.1.Giới thiệu phần mềm DIgSILENT PowerFactory</i>	<i>18</i>
---	-----------

2.3.2. Giao diện phần mềm <i>DIgSILENT PowerFactory</i> và chức năng của một số công cụ	19
2.3.3. Hướng dẫn cài đặt thống số trong <i>DIgSILENT PowerFactory</i>	21
2.3.4. Giới thiệu một số chức năng tính toán của <i>DIgSILENT PowerFactory</i>	27
2.4. Kết luận	30
Chương 3: PHÂN TÍCH VÀ ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP NÂNG CAO HIỆU QUẢ VẬN HÀNH LƯỚI ĐIỆN THĂNG BÌNH, QUẢNG NAM KHI CÓ SỰ THAM GIA CỦA CÁC NGUỒN ĐIỆN MẶT TRỜI MÁI NHÀ	32
3.1. Một số quy định về tần số và điện áp trong hệ thống điện phân phối	32
3.2. Xây dựng mô hình mô phỏng lưới điện phân phối 22kV, xuất tuyến 472 TBA 110kV (E152) Thăng Bình, Quảng Nam	32
3.2.1. Dữ liệu thực tế	32
3.3. Tính toán các chỉ tiêu vận hành	34
3.3.1. Điện áp	34
3.3.2. Tổn thất công suất	37
3.4. Tính toán các chỉ tiêu vận hành sau khi lưới điện phát triển từ năm 2026 đến 2030	38
3.4.1. Công suất phát của TBA 110kV Thăng Bình đến xuất tuyến 472	38
3.4.2. Điện áp	39
3.4.3. Tổn thất công suất	42
3.4.4. Khả năng tải của 2 máy biến áp T1, T2 trạm biến áp 110kV Thăng Bình, Quảng Nam	42
3.5. Đề xuất giải pháp nâng cao hiệu quả vận hành và so sánh kết quả	43
3.5.1. Hệ thống lưu trữ năng lượng	43
3.5.2. Áp dụng hệ thống pin lưu trữ cho xuất tuyến 472 trạm biến áp 110kV Thăng Bình, Quảng nam	44
3.6. Kết luận	53
KẾT LUẬN	55
TÀI LIỆU THAM KHẢO	56
PHỤ LỤC 1	
PHỤ LỤC 2	
PHỤ LỤC 3	
PHỤ LỤC 4	

DANH MỤC BẢNG

Các hệ thống điện mặt trời mái nhà đang nối lưới đường dây 472 Thăng Bình:	33
Bảng 3.1 Các hệ thống pin mặt trời mái nhà hiện có.	33
Bảng 3.3 Hệ thống điện mặt trời mái nhà mới lắp đặt.	38
Bảng 3.5 Thông số hệ thống pin lưu trữ được lắp đặt[5].	44
Bảng 3.6 Điện năng thừa của hệ thống ĐMTMN Hiền Tiên.	45
Bảng 3.7 Thời gian và dung lượng sạc của hệ thống pin lưu trữ ở thời điểm hiện tại.	45
Bảng 3.8 Thời gian và dung lượng sạc của hệ thống pin lưu trữ thời điểm sau khi lưới tăng trưởng.	45
Bảng 3.9 Thời gian sạc của hệ thống pin lưu trữ tại Hiền Tiên.	46
Bảng 3.10 Thời gian xả xả của hệ thống pin lưu trữ tại nút Gạch Tuynen T.Phước.	46
Bảng 3.11 Điện áp các nút 0.38kV sau khi lắp BESS.....	49
Bảng 3.12 So sánh mức mang tải của MBA T1, T2	50
Bảng 3.13 Tổn thất công suất của lưới trước và sau khi có BESS.	51
Bảng 3.14 Giá bán điện [1].....	51
Bảng 3.15 Khung giờ điện [1]	52
Bảng 3.16 Giá mua bán điện tại BESS Hiền Tiên.....	52
Bảng 3.17 Giá mua bán điện tại BESS Gạch Tuynen T.Phước	52

DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 1.1 Vị trí địa lí huyện Thăng Bình.....	4
Hình 1.2 Hệ thống điện mặt trời nổi lưới.	6
Hình 2.4 Mối quan hệ giữa điện áp và dòng điện dạng ma trận.	10
Hình 2.5 Hiện tượng cảm ứng điện từ trong 3 cuộn dây.....	14
Hình 2.6 Mạch thay thế máy phát.	14
Hình 2.8 Mô hình thay thế đường dây.....	15
Hình 2.9 Mô hình thay thế đường dây hình Pi lưới trung áp.	15
Hình 2.10 Mô hình thay thế đường dây lưới trung,cao,siêu cao áp.	15
Hình 2.11 Sơ đồ thay thế đường dây của đường dây trên không, cáp ngầm.	16
Hình 2.12 Mô hình thông số rải.....	16
Hình 2.13 Mô hình thay thế MBA.....	17
Hình 2.14 Mô hình thay thế MBA 3 pha 2 cuộn dây.	17
Hình 2.15 Mô hình thay thế của phụ tải.	18
Hình 2.16 Giao diện ban đầu DIgSILENT PowerFactory.	19
Hình 2.17 Các công cụ trên thanh công cụ.....	19
Hình 2.18 Các thiết bị đóng cắt và thanh góp.	20
Hình 2.19 Các loại nguồn phát.	20
Hình 2.20 Các loại tải, đường dây, máy biến áp, tụ điện.	20
Hình 2.21 Các thiết bị chuyển đổi, đo lường, bảo vệ.....	20
Hình 2.22 Các loại báo cáo đầu ra.....	21
Hình 2.23 Cửa sổ báo đầu ra.	21
Hình 2.24 Cài đặt thanh góp/nút.....	22
Hình 2.25 Cài đặt thông số đường dây.	22
Hình 2.26 Cài đặt thông số loại dây dẫn.	23
Hình 2.27 Cài đặt loại vật liệu và dung dẫn của dây dẫn.	23
Hình 2.28 Cài đặt máy biến áp.	24
Hình 2.29 Cài đặt thông số loại máy biến áp.	24
Hình 2.30 Cài đặt tên tải.....	25
Hình 2.31 Cài đặt thông số tải.	25
Hình 2.32 Nguồn cấp điện cho xuất tuyến 472.	25
Hình 2.33 Tạo nhà máy điện mặt trời từ thư viện của phần mềm.....	26
Hình 2.34 Mô hình điện mặt trời.....	26
Hình 2.35 Thiết lập các thông số của điện mặt trời áp mái.....	27
Hình 2.36 Cửa sổ Calculation Load Flow.....	27
Hình 2.37 Cài đặt đặt tính thời gian cho các phần tử.....	28
Hình 2.38 Thiết lập đặt tính thời gian.....	28
Hình 2.39 Cửa sổ thiết lập mô phỏng theo miền thời gian.....	29
Hình 2.40 Thiết lập phần tử cần xuất kết quả.....	29
Hình 2.41 Định nghĩa phần tử trong lưới điện.	30
Hình 2.42 Lựa chọn các thông số cần kết quả.....	30
Hình 3.1 Đồ thị bức xạ mặt trời trong ngày (%).....	33
Hình 3.2 Đồ thị phụ tải xuất tuyến 472.	34
Hình 3.3 Biểu đồ điện áp các nút 22 kV (a).	34
Hình 3.4 Biểu đồ điện áp các nút 22 kV (b).	35

Hình 3.5 Biểu đồ điện áp các nút 0.38 kV (a).....	35
Hình 3.6 Biểu đồ điện áp các nút 0.38 kV (b).....	36
Hình 3.7 Biểu đồ điện áp các nút 0.38 kV (c).....	36
Hình 3.8 Biểu đồ điện áp các nút 0.38 (d).....	37
Hình 3.9 Tồn thất công suất của lưới điện hiện tại.....	37
Hình 3.10 Biểu đồ điện áp tại các nút 22 kV khi lưới phát triển (a).....	39
Hình 3.11 Biểu đồ điện áp tại các nút 22 kV sau khi lưới phát triển (b).....	39
Hình 3.12 Biểu đồ điện áp tại các nút 0.38 kV sau khi lưới phát triển (a).....	40
Hình 3.13 Biểu đồ điện áp tại các nút 0.38 kV sau khi lưới phát triển (b).....	40
Hình 3.14 Biểu đồ điện áp tại các nút 0.38 kV sau khi lưới phát triển (c).....	41
Hình 3.15 Biểu đồ điện áp tại các nút 0.38 kV sau khi lưới phát triển (d).....	41
Hình 3.16 Tồn thất công suất của lưới điện sau tăng trưởng.	42
Hình 3.17 Đồ thị phụ tải xuất tuyến 472 khi lưới tăng trưởng.....	38
Hình 3.18 Mức mang tải của hai máy biến áp T1, T2 trạm biến áp 110kV Thăng Bình	42
Hình 3.19 Mô hình một hệ thống PV/pin lưu trữ nối lưới.	43
Hình 3.20 Sản lượng điện của điện mặt trời mái nhà Hiền Tiên và mức sử dụng của tải Hiền Tiên.	45
Hình 3.21 Biểu đồ điện áp các nút 22 kV khi có lắp đặt BESS (a).....	47
Hình 3.22 Biểu đồ điện áp các nút 22 kV khi có lắp đặt BESS (b).	47
Hình 3.23 Biểu đồ điện áp các nút 0.38 kV khi có lắp đặt BESS (a).....	48
Hình 3.24 Biểu đồ điện áp các nút 0.38 kV khi có lắp đặt BESS (b).	48
Hình 3.25 Biểu đồ điện áp các nút 0.38 kV khi có lắp đặt BESS (c).....	49
Hình 3.26 Biểu đồ điện áp các nút 0.38 kV khi có lắp đặt BESS (d).	49
Hình 3.27 Tồn thất công suất của lưới điện sau tăng trưởng và có hệ thống pin lưu trữ.	51
Hình 3.28 Đồ thị phụ tải xuất tuyến 472 khi lưới tăng trưởng và áp dụng hệ thống pin lưu trữ.	46
Hình 3.29 Mức mang tải của hai máy biến áp T1, T2 trạm biến áp 110kV Thăng bình sau khi áp dụng hệ thống pin lưu trữ.	50

DANH SÁCH CÁC KÝ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT

ĐMTMN	Điện mặt trời mái nhà
XT	Xuất tuyến
TBA	Trạm biến áp
MBA	Máy biến áp
LĐPP	Lưới điện phân phối
BESS	Hệ thống pin lưu trữ
NLTT	Năng lượng tái tạo
ĐMT	Điện mặt trời
ĐG	Điện gió

LỜI MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Nhằm nghiên cứu và phân tích tác động của nguồn điện mặt trời mái nhà đến hoạt động vận hành lưới điện phân phối huyện Thăng Bình. Việc đấu nối trực tiếp các nguồn ĐMTMN vào lưới điện phân phối có thể làm thay đổi các thông số vận hành của lưới điện và ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng điện năng cung cấp cho phụ tải. Vì vậy việc phân tích, đưa ra các đề xuất giải pháp kỹ thuật phù hợp để nâng cao hiệu quả vận hành hệ thống là cần thiết. Đồ án hướng đến việc giải quyết những vấn đề thực tế đang gặp phải trong quá trình vận hành lưới điện khi có sự tham gia ngày càng nhiều của các hệ thống điện mặt trời mái nhà, đồng thời góp phần thúc đẩy việc phát triển bền vững năng lượng tái tạo tại địa phương.

2. Mục tiêu đề tài

Phân tích hiện trạng lưới điện phân phối huyện Thăng Bình và đánh giá mức độ thâm nhập của điện mặt trời mái nhà; nghiên cứu các tác động kỹ thuật của nguồn điện mặt trời mái nhà đến chất lượng điện năng, độ ổn định điện áp và dòng công suất trên lưới; xác định những thách thức và hạn chế trong vận hành lưới điện hiện tại; đề xuất các giải pháp kỹ thuật và công nghệ để tối ưu hóa vận hành lưới điện; đánh giá hiệu quả kinh tế và kỹ thuật của các giải pháp đề xuất.

3. Đối tượng nghiên cứu

Hệ thống lưới điện phân phối 22kV và 0.38kV của huyện Thăng Bình, tỉnh Quảng Nam, bao gồm các trạm biến áp phân phối, đường dây trung thế và hạ thế, cùng với các hệ thống điện mặt trời mái nhà đã và đang được lắp đặt trên địa bàn.

4. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp thu thập và phân tích dữ liệu thực tế được sử dụng để có được thông tin về hiện trạng lưới điện, dữ liệu vận hành và thông tin về các hệ thống điện mặt trời mái nhà đang hoạt động. Phương pháp mô phỏng bằng phần mềm chuyên dụng như DIgSILENT PowerFactory được áp dụng để phân tích tác động của điện mặt trời mái nhà đến lưới điện và đánh giá hiệu quả của các giải pháp đề xuất.

5. Nội dung chính của đồ án bao gồm các chương

Mở đầu

Chương 1: Tổng quan về lưới điện phân phối 22KV Thăng Bình, Quảng Nam.

Chương 2: Phương pháp tính và công cụ phân tích chế độ làm việc của hệ thống điện.

Chương 3: phân tích ảnh hưởng của các nguồn điện mặt trời đến vận hành lưới điện huyện Thăng Bình, Quảng Nam và đề xuất các giải pháp giúp nâng cao hiệu quả vận hành.

Kết luận.

Chương 1: TỔNG QUAN VỀ LƯỚI ĐIỆN PHÂN PHỐI 22 KV HUYỆN THĂNG BÌNH, QUẢNG NAM

1.1. Khái quát chung về hệ thống điện và lưới điện phân phối

1.1.1. Hệ thống điện

Hệ thống điện là một mạng lưới phức tạp và đồng bộ, bao gồm các công trình, thiết bị và công nghệ nhằm sản xuất, truyền tải, phân phối và quản lý điện năng từ nguồn đến người tiêu dùng cuối cùng. Nó không chỉ là yếu tố cốt lõi cho sự vận hành của xã hội hiện đại mà còn là một phần không thể thiếu trong mọi lĩnh vực công nghiệp, dịch vụ, và đời sống con người. Hệ thống điện có thể được chia thành các thành phần chính: nguồn điện, hệ thống truyền tải, hệ thống phân phối, hệ thống điều khiển giám sát và hộ tiêu thụ điện.

1.1.2. Lưới điện phân phối

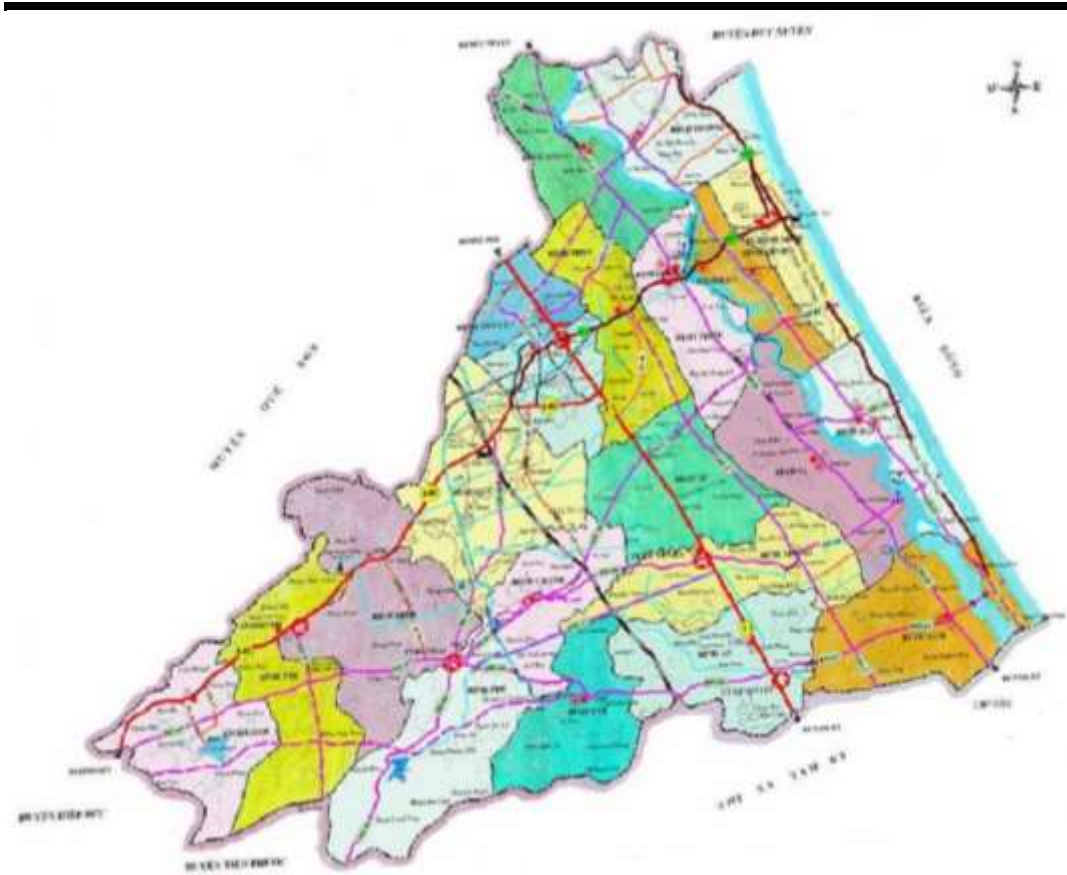
Lưới điện phân phối là phần cuối của hệ thống điện, có nhiệm vụ cấp điện trực tiếp đến hộ tiêu thụ (hộ dân, doanh nghiệp, khu công nghiệp...). Lưới phân phối thường hoạt động ở cấp điện áp trung áp (6–35kV) và hạ áp (0.4kV). Nó bao gồm các tuyến dây trên không, cáp ngầm, trạm biến áp phân phối và các thiết bị đóng cắt.

Lưới phân phối đóng vai trò quan trọng cho điện sinh hoạt và sản xuất, đồng thời là nơi tích hợp các nguồn điện phân tán như điện mặt trời áp mái, điện gió nhỏ lẻ.

1.2. Cấu trúc và đặc điểm của lưới điện phân phối huyện Thăng Bình, Quảng Nam

1.1.1. Vị trí địa lý, đặc điểm tự nhiên của khu vực huyện Thăng Bình, Quảng Nam

Là một huyện nằm giữa tỉnh Quảng Nam, có thị trấn Hà Lam làm huyện lỵ, Thăng Bình ở tọa độ 15030' đến 15059' vĩ độ Bắc và từ 10807' đến 108030' kinh độ Đông. Phía Bắc giáp huyện Quế Sơn và Duy Xuyên, phía Nam giáp thành phố Tam Kỳ và huyện Phú Ninh, phía Đông giáp biển Thái Bình Dương, phía Tây giáp huyện Tiên Phước và Hiệp Đức. Huyện Thăng Bình có 21 xã, thị trấn; có tổng diện tích đất đai là 384,75km², xã có diện tích lớn nhất là Bình Định: 31km², xã có diện tích nhỏ nhất là Bình Nguyên: 7,72km². Đất đai ở Thăng Bình chia làm nhiều vùng khác nhau: vùng ven biển chủ yếu là đất cát trắng; vùng đồng bằng trung du bán sơn địa và miền núi rừng rậm rạp, đất đai khô cằn, bạc màu hoặc bị đá ong hóa. Hiện nay diện tích gò đồi, núi trọc chiếm 2/5 diện tích đất đai của huyện.[6]



Hình 1.1 Vị trí địa lí huyện Thăng Bình.

Về thời tiết khí hậu, Thăng Bình có 2 mùa rõ rệt trong năm. Mùa mưa bắt đầu từ tháng 9 năm trước đến tháng 2 năm sau, mùa khô bắt đầu từ tháng 2 đến tháng 8 nên nắng nóng và mưa lớn kéo dài thường xuyên gây nên hạn hán, bão, lụt làm ảnh hưởng không nhỏ đến đời sống, sản xuất của nhân dân. Thăng Bình có hơn 25km bờ biển chạy dài dọc qua các xã phía Đông của huyện với một dãy đất cát trắng mênh mông, sau lưng có núi Cao Ngạn và một số núi kéo dài cả huyện ở miền cao bao lấy bên trong là vùng đồng bằng trung du bán sơn địa và diện tích rừng, gò đồi. Trước kia, Thăng Bình có nhiều sông suối, có nước chảy quanh năm từ các triền núi đổ về như sông Ly Ly, sông Trường Giang... nhưng theo năm tháng, dòng sông đổi dòng ở một số đoạn nên về mùa nắng, nước ở các suối và sông Ly Ly trở nên cạn kiệt; sông Trường Giang bị nước biển xâm thực, trở nên nguồn nước lợ.[6]

1.1.2. Cấu trúc tổng thể lưới điện Thăng Bình:

Lưới điện phân phối Thăng Bình là một thành phần trong hệ thống điện lực khu vực miền Trung Việt Nam, đóng vai trò cung cấp điện năng cho các hộ dân, cơ quan, doanh nghiệp và khu công nghiệp tại huyện Thăng Bình, tỉnh Quảng Nam. Với vị trí địa lý đặc thù là một huyện ven biển, lưới điện tại đây được thiết kế để đáp ứng nhu cầu điện ngày càng tăng, đồng thời thích ứng với các điều kiện tự nhiên và kinh tế - xã hội của khu vực.

- Huyện Thăng Bình nhận điện chính từ 3 TBA 110 kV: Tam Thăng, Thăng Bình, Thăng Bình 2.
- Đặc điểm lưới điện: ở chế độ vận hành bình thường lưới điện 110 kV vận hành mạch vòng kín, lưới điện 22 kV cũng đã nối vòng với các xuất tuyến lân cận.
- Hơn 300 km đường dây 22 kV và gần 600 km đường dây hạ thế. Đường trục dùng dây AC-120 và AC-95, nhánh rẽ chủ yếu dùng dây AC-70, AC-50,...
- Có tổng cộng 337 TBA 22/0.4 kV nối lưới.
- Phụ tải huyện Thăng Bình: số lượng khách hàng 55.834, chủ yếu cấp điện cho các khu công nghiệp, dịch vụ và ánh sáng sinh hoạt với công suất hơn 40 MW.
- Xuất tuyến 472 TBA 110 kV Thăng Bình được nhóm tác giả lựa chọn phân tích vì có nhiều nguồn điện mái nhà nối vào lưới điện và có nhiều dữ liệu để thuận lợi trong việc phân tích, đánh giá.

1.1.3. Những vấn đề tồn tại trong quá trình vận hành lưới điện phân phối:

- Hệ số công suất: Nhiều tải bù công suất cao dẫn đến phát công suất phản kháng lên lưới và nhiều tải có hệ số công suất thấp dẫn đến tăng tổn hao công suất trong lưới điện.
- Quá tải trạm biến áp (TBA): Nhu cầu sử dụng điện tăng cao dẫn đến quá tải cục bộ tại một số TBA, ảnh hưởng đến chất lượng điện và độ tin cậy cung cấp. Điện lực Thăng Bình đã chủ động thay thế 10 máy biến áp và bổ sung thiết bị phân đoạn đóng cắt để giảm thiểu sự cố mất điện.
- Ảnh hưởng của thiên tai: Lưới điện tại Thăng Bình dễ bị ảnh hưởng bởi thiên tai, đặc biệt là bão lũ, dẫn đến thiệt hại về cơ sở hạ tầng và gián đoạn cung cấp điện. Sau bão Nari, lưới điện phân phối tỉnh Quảng Nam bị thiệt hại hơn 30 tỷ đồng, cho thấy sự cần thiết phải nâng cấp và bảo vệ lưới điện.

1.2. Hệ thống điện mặt trời mái nhà

Hệ thống điện mặt trời mái nhà là hệ thống điện năng lượng mặt trời có tận dụng các không gian trên sân thượng, mái nhà...nơi có nhiều ánh nắng mặt trời để lắp đặt pin mặt trời. Đây là biện pháp để tạo ra điện năng phục vụ sinh hoạt và sản xuất.

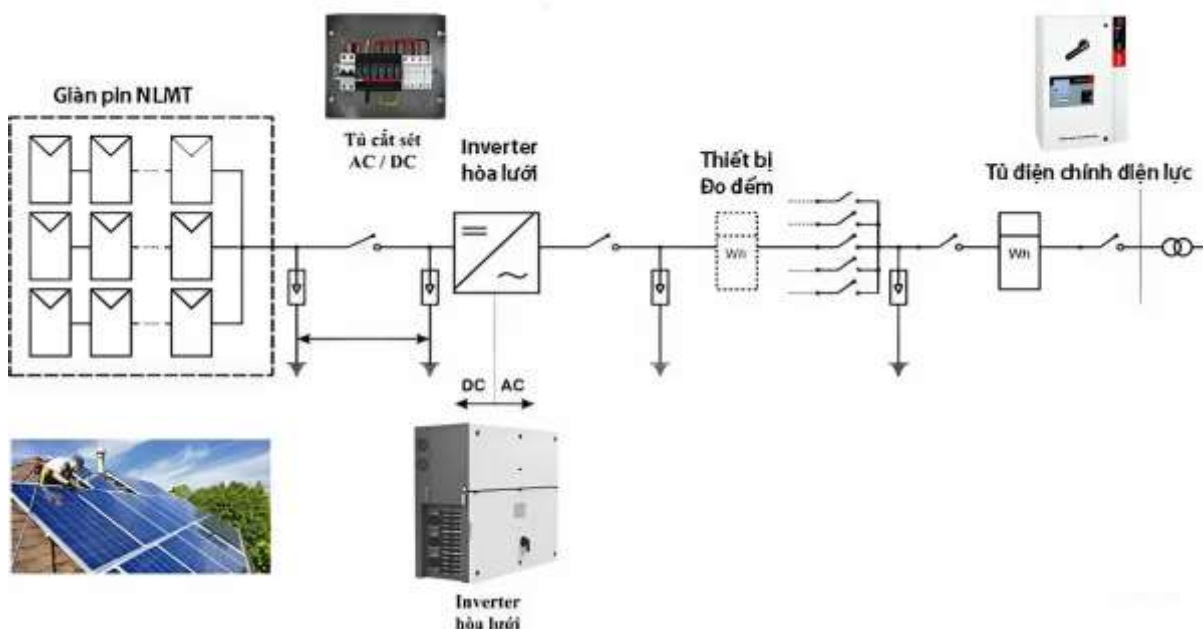
1.2.1. Các mô hình hệ thống điện mặt trời mái nhà

- Điện mặt trời mái nhà độc lập: Trong hệ thống này, pin mặt trời sẽ hấp thu ánh sáng mặt trời và chuyển đổi thành điện năng, nguồn điện này sẽ được lưu trữ ở ắc quy và sử dụng khi cần thiết. Mô hình này thích hợp với những nơi có địa hình hiểm trở như vùng núi, hải đảo, khó có thể lắp điện lưới quốc gia.
- Điện mặt trời mái nhà hòa lưới: Đây là hệ thống phổ biến nhất tại Việt Nam hiện nay. Dòng điện 1 chiều tạo ra từ dàn pin mặt trời sẽ được chuyển hóa thành dòng điện xoay chiều (có cùng tần số và công suất với điện lưới) nhờ biến tần inverter. Điện sẽ được cung cấp cho các tải tiêu thụ, nếu lượng điện tạo ra vượt quá nhu cầu sử dụng thì điện sẽ được đẩy ra điện lưới quốc gia và được ghi lại bằng đồng hồ đo đếm điện năng.

- Điện mặt trời mái nhà hỗn hợp (Hybrid): Mô hình này là sự kết hợp giữa hai mô hình điện mặt trời độc lập và điện mặt trời nối lưới. Điện năng từ pin mặt trời sẽ được ưu tiên nạp vào ắc quy. Sau khi ắc quy đầy thì điện sẽ được chuyển thành dòng điện xoay chiều và chuyển đến tải tiêu thụ, nếu các tải tiêu thụ không sử dụng hết thì điện tiếp tục được đẩy ra lưới điện quốc gia.

1.3.2. Nguyên lý hoạt động của điện mặt trời mái nhà

Các tấm pin quang điện được kết nối với nhau theo kiểu song song, nối tiếp hoặc hỗn hợp 2 kiểu trên. Nguồn điện một chiều (DC) thu được từ tấm pin quang điện được đưa đến bộ biến tần qua thiết bị đóng cắt (vd: CB). Bộ biến tần sau khi nhận nguồn điện DC từ các tấm pin quang điện sẽ thực hiện chức năng chuyển đổi nguồn điện DC sang điện xoay chiều (AC). Các tải của hộ tiêu thụ sẽ ưu tiên sử dụng điện mặt trời trước, nếu thiếu điện sẽ lấy điện từ lưới bù vào, ngược lại nếu thừa thì điện sẽ được đẩy ra lưới điện.



Hình 1.2 Hệ thống điện mặt trời nối lưới.

Tuy nhiên khi kết nối điện mặt trời đến lưới điện thì sẽ có vấn đề phát sinh đó là hiện tượng mây che tại các tấm pin quang điện. Mây che làm công suất phát của nhà máy điện mặt trời giảm xuống, điều đó có thể gây ra những ảnh hưởng đến tần số và điện áp lưới điện. Bên cạnh đó, sóng hài cũng là yếu tố chúng ta nên chú ý. Khi hệ thống điện mặt trời kết nối lưới điện, sóng hài xuất hiện do các linh kiện – thiết bị phi tuyến của mạch kết nối trong biến tần (diode, IGBT, thyristor, ...). Sự tồn tại sóng hài bậc cao gây ảnh hưởng tới tất cả các thiết bị và lưới điện. Chúng gây ra quá áp, méo điện áp lưới, giảm chất lượng điện năng, làm tăng tổn thất và giảm tuổi thọ các thiết bị điện-điện tử...

1.3.3. Ảnh hưởng của điện mặt trời đến hệ thống điện

Hầu hết các nguồn năng lượng tái tạo (NLTT) là các nguồn tài nguyên thiên nhiên như ánh nắng mặt trời, gió, hoặc sóng biển. Các loại nguồn này phát điện không liên tục và không ổn định, vì vậy việc tích hợp chúng với hệ thống điện (HTĐ) có một số ảnh hưởng như:

- **Chất lượng điện:**

Là một yếu tố quan trọng trong HTĐ nhằm đảm bảo tính ổn định và hiệu quả cao của hệ thống lưới điện, vì vậy chất lượng điện lý tưởng dẫn hệ thống hoạt động tốt với độ tin cậy cao và chi phí thấp hơn. Ngược lại, chất lượng điện kém (dao động điện áp, tần số, sóng hài phát sinh từ các bộ biến đổi của nguồn NLTT...) gây bất lợi cho hoạt động của HTĐ cũng như các quy trình sản xuất công nghiệp, chi phí cao và hư hại thiết bị.

- **Tính khả dụng của nguồn điện:**

Là một trong những mối quan tâm lớn nhất trong việc tích hợp nguồn NLTT với HTĐ, nguồn năng lượng mặt trời không phát điện vào ban đêm và phát công suất cực đại vào thời điểm tải bình thường.

- **Ổn định hệ thống điện:**

Nguồn điện mặt trời không có quán tính và có đáp ứng động hoàn toàn phụ thuộc vào đặc tính của bộ nghịch lưu. Vì thế, sự tích hợp điện mặt trời vào lưới điện sẽ làm giảm quán tính và giảm hệ số cản dao động của lưới. Một cách chung nhất thì sự suy giảm này thường làm giảm tính ổn định của hệ thống điện. Biến động công suất phát của điện mặt trời của hệ thống điện mặt trời mái nhà nhỏ sẽ không gây tác động đáng lo ngại, nhưng khi có nhiều nguồn phát lên cùng lúc, độ dao động lớn, thì yêu cầu đặc biệt phải được đặt ra. Tốc độ dao động công suất của các nguồn NLTT có thể thay đổi theo giờ, từng phút, hoặc thậm chí từng giây. Trong trường hợp thay đổi chậm, thì tác động đến HTĐ không trầm trọng, nhưng nếu thay đổi với tốc độ cao, thì có thể phải đối mặt với nguy cơ, đặc biệt khi tích hợp nguồn NLTT - lưới điện quy mô lớn.

- **Truyền tải điện:**

Việc xây dựng thêm các nguồn ĐMT công suất lớn thường dẫn đến việc mở rộng lưới truyền tải. Do tính chất phụ thuộc vào thời tiết và chỉ phát vào ban ngày của nguồn ĐMT nên hiệu suất truyền tải của các đường dây phục vụ truyền tải công suất ĐMT lớn thường thấp hơn hiệu suất thông thường.

Tóm lại, với đặc điểm thay đổi công suất phát nhanh, không kiểm soát, điều khiển được, điện mặt trời sẽ gây ra dao động đáng kể tới hệ thống điện mỗi khi bức xạ mặt trời biến thiên, hoặc mất. Nếu các nguồn điện khác không được đầu tư thêm để thay thế tại các thời điểm đó, hoặc các nguồn điện hiện có không được điều chỉnh tăng (hoặc giảm) công suất kịp thời để bù trừ lượng công suất của các nhà máy ĐG và ĐMT tham gia, hệ thống điện sẽ mất cân bằng nguồn cấp và phụ tải tiêu thụ. Khi đó điện áp và tần số hệ thống điện sẽ trượt ra ngoài chỉ số định mức cho phép và các hệ thống bảo vệ kỹ

thuật sẽ tác động, hậu quả nặng nề là có thể rã lưới, mất điện trên diện rộng. Như vậy, cần có nguồn phát điện dự phòng khác có công suất gần tương đương với tổng công suất các nguồn điện mặt trời tham gia để huy động khi nguồn mặt trời biến thiên nhanh, hoặc đột ngột dừng để đảm bảo HTĐ vận hành an toàn, không thay đổi điện áp, tần số ra khỏi phạm vi quy định cho phép.

1.3. Kết luận chương

Chương này đã trình bày tổng quan về lưới điện huyện Thăng Bình, Quảng Nam. Từ tổng quan ta có thể thấy rằng lưới có sự tham gia của một vài hệ thống điện mặt trời mái nhà. Nguồn năng lượng này có tính ổn định thấp và thường chịu tác động từ các tác nhân môi trường đến hiệu suất hoạt động. Tác giả cũng đã nêu khái quát cấu trúc cơ bản của nhà máy điện mặt trời và những ảnh hưởng tiêu cực đến hệ thống điện.

Chương 2: PHƯƠNG PHÁP TÍNH VÀ CÔNG CỤ PHÂN TÍCH CHẾ ĐỘ LÀM VIỆC CỦA HỆ THỐNG ĐIỆN

2.1. Cơ sở lý thuyết về tính toán lưới điện phân phối

2.1.1. Phương pháp tính trào lưu công suất:

Bài toán trào lưu công suất

Để thành lập các phương trình trào lưu công suất, ta xem xét một hệ thống điện thông thường được biểu diễn như trong hình:

Mô hình của một hệ thống điện như hình

Theo định luật Kirchoff’s dòng điện tại nút i là:

$$I_i = y_{0i}V_i + y_{i1}(V_i - V_1) + y_{i2}(V_i - V_2) + \dots + y_{in}(V_i - V_n) \quad (2.17)$$

Phương trình được viết gọn lại thành:

$$I_i = (y_{0i} + y_{i1} + y_{i2} \dots + y_{in})V_i - y_{i1}V_1 - y_{i2}V_2 - \dots - y_{in}V_n \quad (2.18)$$

Hay:

$$I_i = V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=0}^n y_{ij} V_j; (i \neq j) \quad (2.19)$$

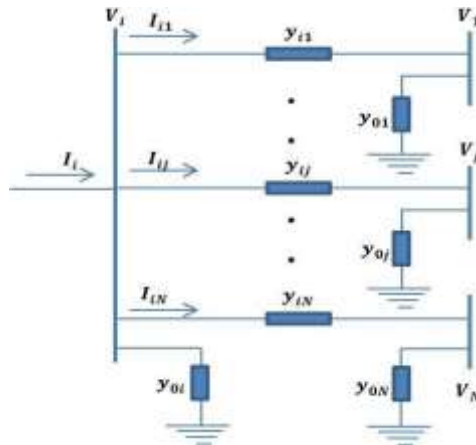
Gọi Y là ma trận tổng dẫn của nút, các phần tử trong ma trận được xác định như sau:

$$\begin{cases} Y_{ii} = y_{0i} + y_{i1} + y_{i2} \dots + y_{in} \\ Y_{i1} = -y_{i1} \\ \dots \\ Y_{in} = -y_{in} \end{cases} \quad (2.20)$$

Phương trình có thể được viết lại theo các phần tử của ma trận tổng dẫn của nút như sau:

$$I_i = Y_{ii}V_i + Y_{i1}V_1 + Y_{i2}V_2 + \dots + Y_{in}V_n \quad (2.21)$$

Phương trình biểu diễn mối quan hệ giữa điện áp và dòng điện trong hệ thống dưới dạng ma trận:



Hình 2.1 Mối quan hệ giữa điện áp và dòng điện dạng ma trận.

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \dots \\ I_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1n} \\ Y_{21} & Y_{22} & \dots & Y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & \dots & Y_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \dots \\ V_n \end{bmatrix} \quad (2.22)$$

Giá trị liên hợp của công suất biểu kiến bơm vào nút I là:

$$S_i^* = P_i - jQ_i = I_i V_i^* \quad (2.23)$$

Suy ra, dòng điện bơm vào nút I là:

$$I_i = \frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} \quad (2.24)$$

Thay thế I_i từ phương trình trên vào phương trình dưới, ta có:

$$\frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} = Y_{ii} V_i + \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j \quad (i \neq j) \quad (2.25)$$

Biến đổi phương trình trên, công suất tác dụng P_i và công suất phản kháng Q_i được xác định bằng công thức:

$$P_i = \text{Re}\{V_i^* (Y_{ii} V_i + \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j)\} \quad (i \neq j) \quad (2.26)$$

$$Q_i = -\text{Im}\{V_i^* (Y_{ii} V_i + \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j)\} \quad (i \neq j) \quad (2.27)$$

Phương trình trên có thể biểu diễn được dưới dạng tọa độ cực:

$$I_i = \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| |V_j| \angle \delta_j + \theta_{ij} \quad (2.28)$$

Trong đó, điện áp phức và tổng dẫn được viết dưới dạng:

$$V_j = |V_j| \angle \delta_j; \quad Y_{ij} = G_{ij} + jB_{ij} = |Y_{ij}| \angle \theta_{ij} \quad (2.29)$$

Thay thế I_i từ phương trình mới vào phương trình trên, ta có:

$$S_i = \sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \angle (\delta_j + \theta_{ij}) - \delta_i \quad (2.30)$$

Từ đó tách phần thực và phần ảo ra ta được:

$$P_i = \sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \angle \cos(\delta_j + \theta_{ij} - \delta_i) \quad (2.31)$$

Đây là những phương trình đại số phi tuyến có thể giải bằng phương pháp lặp để xác định công suất truyền qua hệ thống.

Có rất nhiều thuật toán được đề xuất để tính toán trào lưu công suất, trong đó hai phương pháp lặp Gauss – Seidel và phương pháp lặp Newton – Raphson được sử dụng rộng rãi, với nhiều ưu điểm có thể kể đến như: dễ lập trình, tốc độ giải nhanh, độ chính xác cao,...

Phương pháp Gauss-Seidel đơn giản, tin cậy. Tuy nhiên, Gauss-Seidel có tốc độ hội tụ chậm hơn so với Newton-Raphson tiệm cận kết quả với số lần lặp lớn. Và nó bộc lộ nhiều vấn đề về hội tụ khi hệ thống điện quá tải do truyền một lượng công suất tác dụng lớn.

Phương pháp Newton - Raphson được sử dụng rộng rãi trong tính toán các vấn đề trong phân bố công suất trong rất nhiều phần mềm kỹ thuật điện mặc dù nó đòi hỏi thời gian tính toán và dung lượng bộ nhớ máy tính nhiều hơn so với phương pháp Gauss - Seidel cho mỗi vòng lặp và đây cũng là phương pháp sử dụng trong công cụ phân tích.

- Phương pháp Newton-Raphson:[3]

Phương pháp Newton- Raphson là một phương pháp được sử dụng rộng rãi trong việc giải các hệ phương trình đại số phi tuyến. Phương pháp này là thay gần đúng liên tiếp dựa trên các giá trị được đoán ban đầu của các biến không xác định và việc sử dụng mở rộng chuỗi Taylor.

Ví dụ, xem xét giải phương trình được xác định: $f(x) = c$

Nếu $x^{(0)}$ là giá trị bắt đầu của phép thử, và $\Delta x^{(0)}$ là sai số so với kết quả chính xác, chúng ta sẽ có:

$$f(x^{(0)} + \Delta x^{(0)}) = c \quad (2.32)$$

Khai triển Taylor về trái của phương trình tại $x^{(0)}$, ta có:

$$f(x^{(0)}) + \left(\frac{df}{dx}\right)^{(0)} \Delta x^{(0)} = 0 \quad (2.33)$$

Từ phương trình trên, ta có thể tính $\Delta x^{(0)}$ như sau:

$$\Delta x^{(0)} = \frac{c - f(x^{(0)})}{\left(\frac{df}{dx}\right)^{(0)}} = \frac{\Delta c^{(0)}}{\left(\frac{df}{dx}\right)^{(0)}} \quad (2.34)$$

Tại $\Delta c^{(0)} = c - f(x^{(0)})$

Và sau đó công thêm $\Delta x^{(0)}$ vào giá trị ước lượng ban đầu, ta có:

$$x^{(1)} = x^{(0)} + \Delta x^{(0)} = \frac{\Delta c^{(0)}}{\left(\frac{df}{dx}\right)^{(0)}} \quad (2.35)$$

Phương pháp Newton-Raphson là lặp lại tính toán $x^{(k+1)}$ từ giá trị $x^{(k)}$ được đưa ra như sau:

$$x^{(k+1)} = x^{(k)} + \Delta x^{(k)} = x^{(k)} + \frac{\Delta c^{(0)}}{\left(\frac{df}{dx}\right)^{(0)}} \quad (2.36)$$

Tại $\Delta c^{(k)} = c - f(x^{(k)})$

Ta có thể viết lại phương trình trên dưới dạng một phương trình mới như sau:

$$\Delta c^{(k)} = \left(\frac{df}{dx}\right)^{(k)} \Delta x^{(k)} \quad (2.37)$$

Phương trình trên chỉ ra rằng hàm phi tuyến $c - f(x)$ là gần đúng bởi đường tiếp tuyến tại $x^{(k)}$. Giao của đường tiếp tuyến với trục x cho ra kết quả $x^{(k+1)}$

Áp dụng phương pháp này giải hệ phương trình gồm n phương trình được cho bởi phương trình trên, ta có:

$$\begin{bmatrix} \Delta c_1^{(k)} \\ \Delta c_2^{(k)} \\ \dots \\ \Delta c_n^{(k)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \left(\frac{\partial f_1}{\partial x_1}\right)^{(k)} & \left(\frac{\partial f_1}{\partial x_2}\right)^{(k)} & \dots & \left(\frac{\partial f_1}{\partial x_n}\right)^{(k)} \\ \left(\frac{\partial f_2}{\partial x_1}\right)^{(k)} & \left(\frac{\partial f_2}{\partial x_2}\right)^{(k)} & \dots & \left(\frac{\partial f_2}{\partial x_n}\right)^{(k)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \left(\frac{\partial f_n}{\partial x_1}\right)^{(k)} & \left(\frac{\partial f_n}{\partial x_2}\right)^{(k)} & \dots & \left(\frac{\partial f_n}{\partial x_n}\right)^{(k)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x_1^{(k)} \\ \Delta x_2^{(k)} \\ \dots \\ \Delta x_n^{(k)} \end{bmatrix} \quad (2.38)$$

Ứng dụng Newton-Raphson, ta quan tâm lưới điện với một nút Slack bus và $(n-1)$ nút tải P-Q. Lưới được biểu diễn bởi hệ $2(n-1)$ phương trình đại số phi tuyến tại (2.5) và (2.6) điều đó cần thiết để giải $2(n-1)$ biến số độc lập. Chúng tương ứng với trị số và góc lệch của điện áp tại các nút ngoại trừ nút Slack là nút điện áp tham chiếu. Nếu nút 1 được xem như một nút Slack, ma trận Jacobian rút gọn tại bước thứ k^{th} được biểu diễn như sau:

$$\begin{bmatrix} \Delta P_2^{(k)} \\ \dots \\ \Delta P_n^{(k)} \\ \Delta Q_2^{(k)} \\ \dots \\ \Delta Q_n^{(k)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \left(\frac{\partial P_2}{\partial \delta_2}\right)^{(k)} & \dots & \left(\frac{\partial P_2}{\partial \delta_n}\right)^{(k)} & \left(\frac{\partial P_2}{\partial |V_2|}\right)^{(k)} & \dots & \left(\frac{\partial P_2}{\partial |V_n|}\right)^{(k)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \left(\frac{\partial P_n}{\partial \delta_2}\right)^{(k)} & \dots & \left(\frac{\partial P_n}{\partial \delta_n}\right)^{(k)} & \left(\frac{\partial P_n}{\partial |V_2|}\right)^{(k)} & \dots & \left(\frac{\partial P_n}{\partial |V_n|}\right)^{(k)} \\ \left(\frac{\partial Q_2}{\partial \delta_2}\right)^{(k)} & \dots & \left(\frac{\partial Q_2}{\partial \delta_2}\right)^{(k)} & \left(\frac{\partial Q_2}{\partial |V_2|}\right)^{(k)} & \dots & \left(\frac{\partial Q_2}{\partial |V_n|}\right)^{(k)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \left(\frac{\partial Q_n}{\partial \delta_2}\right)^{(k)} & \dots & \left(\frac{\partial Q_n}{\partial \delta_2}\right)^{(k)} & \left(\frac{\partial Q_n}{\partial |V_2|}\right)^{(k)} & \dots & \left(\frac{\partial Q_n}{\partial |V_n|}\right)^{(k)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta_2^{(k)} \\ \dots \\ \Delta \delta_n^{(k)} \\ \Delta |V_2|^{(k)} \\ \dots \\ \Delta |V_n|^{(k)} \end{bmatrix} \quad (2.39)$$

Phương trình đó được viết lại như sau:

$$\begin{bmatrix} \Delta P^{(k)} \\ \Delta Q^{(k)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1^{(k)} & J_2^{(k)} \\ J_3^{(k)} & J_4^{(k)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta^{(k)} \\ \Delta |V|^{(k)} \end{bmatrix} \quad (2.40)$$

Các phần tử trên và ngoài đường chéo của ma trận J_1 được tính như sau:

$$\left(\frac{\partial P_i}{\partial \delta_i}\right)^{(k)} = \sum_{j=1}^N |V_i|^{(k)} |V_j|^{(k)} |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i^{(k)} + \delta_j^{(k)}) \quad (2.41)$$

$$\left(\frac{\partial P_i}{\partial \delta_i}\right)^{(k)} = -|V_i|^{(k)} |V_j|^{(k)} |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i^{(k)} + \delta_j^{(k)}) \quad (i \neq j) \quad (2.42)$$

Các phần tử trên và ngoài đường chéo của ma trận J_2 được thể hiện như sau:

$$\left(\frac{\partial P_i}{\partial |V_i|}\right)^{(k)} = 2|V_i|^{(k)} |Y_{ii}|^{(k)} \cos \theta_{ii} + \sum_{j=1}^N |V_j|^{(k)} |Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i^{(k)} + \delta_j^{(k)}) \quad (2.43)$$

$$\left(\frac{\partial P_i}{\partial |V_i|}\right)^{(k)} = |V_i|^{(k)} |Y_{ij}|^{(k)} \cos(\theta_{ij} - \delta_i^{(k)} + \delta_j^{(k)}) \quad (i \neq j) \quad (2.44)$$

Các phần tử trên và ngoài đường chéo của ma trận J_3 được trình bày như sau:

$$\left(\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_i}\right)^{(k)} = \sum_{j=1}^N |V_i|^{(k)} |V_j|^{(k)} |Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i^{(k)} + \delta_j^{(k)}) \quad (2.45)$$

$$\left(\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_i}\right)^{(k)} = -|V_i|^{(k)} |V_j|^{(k)} |Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i^{(k)} + \delta_j^{(k)}) \quad (i \neq j) \quad (2.46)$$

Các phần tử trên và ngoài đường chéo của ma trận J_4 được tính như sau:

$$\left(\frac{\partial Q_i}{\partial |V_i|}\right)^{(k)} = -2|V_i|^{(k)} |Y_{ii}|^{(k)} \sin\theta_{ii} - \sum_{j=1}^N |V_j|^{(k)} |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i^{(k)} + \delta_j^{(k)}) \quad (2.47)$$

$$\left(\frac{\partial Q_i}{\partial |V_i|}\right)^{(k)} = -|V_i|^{(k)} |Y_{ij}|^{(k)} \sin(\theta_{ij} - \delta_i^{(k)} + \delta_j^{(k)}) \quad (i \neq j) \quad (2.48)$$

Giá trị và góc pha điện áp mới nhất tại nút i được biểu diễn như sau:

$$\begin{aligned} \delta_i^{(k+1)} &= \delta_i^{(k)} + \Delta\delta_i^{(k)} \\ |V_i|^{(k+1)} &= |V_i|^{(k)} + \Delta|V_i|^{(k)} \end{aligned} \quad (2.49)$$

Điều kiện dừng: nếu $\max\{|\Delta P_i^{(k)}|, |\Delta Q_i^{(k)}|\} < \varepsilon$ hoặc $k > k_{\max}$ dừng, ngược lại tiếp tục.

Quá trình có một chút khác biệt nếu hệ thống điện bao gồm các nút P-V. Những khác biệt chính là:

Có ít biến hơn để tính toán bởi vì giá trị điện áp.

Có ít phương trình được yêu cầu tính những biến số chưa biết. Thông thường, cho lưới điện, phương trình công suất phản kháng liên kết với các nút P-V không được tính đến. Vì vậy, mỗi nút P-V chỉ cần một phương trình. Giá trị công suất phản kháng tại các nút được tính ở cuối quá trình khi mà phép lặp Newton-Raphson hội tụ.

Bởi vì những rút gọn trước đó, $\frac{\partial Q_i}{\partial |V_j|}$, $\frac{\partial P_i}{\partial |V_j|}$, $\frac{\partial Q_i}{\partial |V_i|}$, và $\frac{\partial Q_j}{\partial \delta_i}$ được dịch chuyển từ ma trận Jacobian i sang tất cả các nút ngoại trừ nút Slack và j sang nút P-V. Nếu một hệ thống điện gồm có m nút voltage-controlled, ma trận J có dạng $(2n-2-m) \times (2n-2-m)$.

Quá trình tính toán trào lưu công suất được tóm tắt dưới đây:

Đối với bước khởi tạo, các giá trị được chỉ định hoặc ước tính được gán cho trị số và pha điện áp ở mỗi nút.

Nút Slack: Trị số và góc pha của điện áp là xác định.

Nút P-Q: Độ lớn và góc pha của điện áp các nút được khởi tạo là 1.0 và 0 một cách riêng biệt.

Tại bước lặp thứ (k) , giả sử điện áp nút là $V_i^{(k)}$ được tính từ các bước lặp trước, các bước tính toán được trình bày như sau .

Tất cả các nút ngoại trừ nút Slack: Sự bơm công suất được thể hiện theo công thức và công suất còn lại được tính toán theo phương trình

Ma trận Jacobian được tính theo các phương trình trên. Hàng và cột tương ứng với nút Slack được dịch chuyển từ ma trận này.

Sử dụng ma trận Jacobian rút gọn, phương trình ở trên được giải cho ra $\Delta\delta^{(k)}$ và $\Delta|V|^{(k)}$ cho tất cả các nút P-Q.

2.2. Mô hình hóa các thành phần của lưới điện phân phối

- Mô hình thay thế máy phát điện:[4]

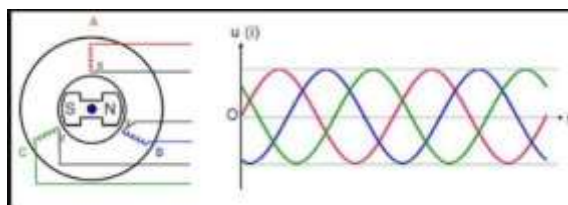
Kết cấu gồm hai bộ phận chính là mạch từ và dây quấn. Ở đó diễn ra sự biến năng lượng điện từ, điện-cơ ngoài ra còn có các bộ phận khác như:

Vỏ bộ phận là mát.

Mạch từ được cấu tạo gồm hai khối là khối tĩnh lõi thép stato và khối quay lõi thép roto và cách nhau một đoạn sao cho chúng có thể chuyển động tương đối được.

Dây quấn được đặt ở hai phía của khe hở trong các rãnh của Stato và Roto dựa trên 2 định luật cơ bản là:

Định luật cảm ứng điện từ và định luật lực điện từ.

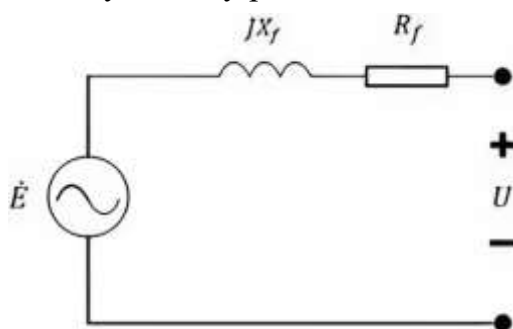


Hình 2.2 Hiện tượng cảm ứng điện từ trong 3 cuộn dây.

Tất cả các máy phát điện đều hoạt động dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ. Theo nguyên lý này, dòng điện có thể bị cảm ứng khi nó di chuyển qua một cuộn dây. Hay dòng điện biến thiên trong từ trường.

Sự chuyển động liên tiếp này sẽ tạo một sự chênh lệch về hiệu đến thế. Sự chênh lệch này có thể diễn ra ở hai đầu dây dẫn hoặc cuộn cảm từ đó nó sẽ tạo ra dòng điện.

Mạch thay thế máy phát:



$$\dot{E} = \dot{U} + \dot{I}R_f + \dot{I}.jX_f$$

Trong đó:

\dot{E} : Suất điện động máy phát

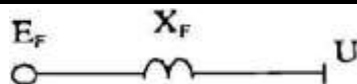
\dot{U} : Điện áp ra của máy phát

R_f : Điện trở máy phát

X_f : Điện kháng máy phát

Hình 2.3 Mạch thay thế máy phát.

Trong đó được thay bởi các thông số ,X d' , Xd'' khác nhau tùy vào từng trường hợp tính toán



Hình 2.4 Mô hình thay thế máy phát.

X: Điện kháng xác lập - được dùng tính toán ở chế độ xác lập

X': Điện kháng quá độ - được dùng tính toán ở chế độ ngắn mạch

X'': Điện kháng siêu quá độ - được dùng tính toán ở chế độ ngắn mạch

- Mô hình thay thế đường dây:[4]

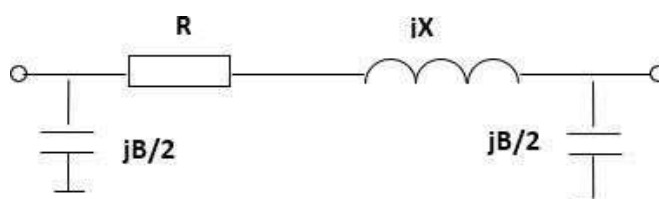
Sơ đồ thay thế của lưới trung áp trên không (chỉ có tổng trở Z), áp dụng cho chiều dài đường dây ngắn ($l < 80$ km).



Hình 2.5 Mô hình thay thế đường dây.

Lưới trung áp (01kV – 35kV): Bỏ qua điện dẫn tác dụng (G) và điện dẫn phản kháng (B)

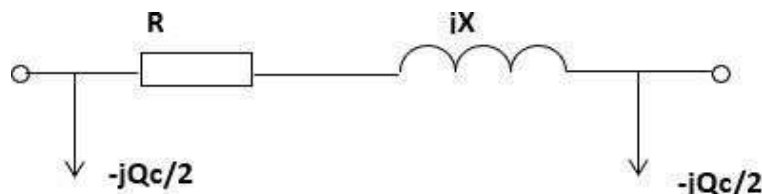
Sơ đồ thay thế hình :



Hình 2.6 Mô hình thay thế đường dây hình Pi lưới trung áp.

Sơ đồ thay thế của lưới cáp trung áp hoặc lưới cao áp (35kV-220kV), hoặc lưới siêu cao áp (>220kV) có độ dài trung bình ($80 \text{ km} \leq l \leq 240 \text{ km}$), trong đó có xét thêm thành phần điện dẫn phản kháng (B).

Thành phần điện dẫn phản kháng (còn gọi là dung dẫn) B có thể được thể hiện nhờ công suất phản kháng $Q_c/2$ đặt 2 bên tổng trở.



Hình 2.7 Mô hình thay thế đường dây lưới trung,cao,siêu cao áp.

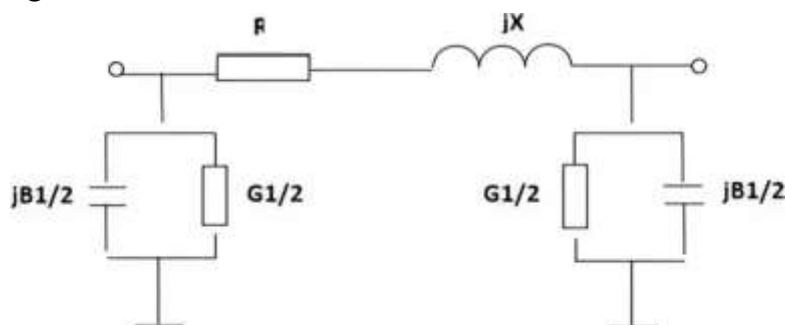
Khi dây dẫn tải điện, giữa các dây đặt gần nhau và giữa dây với đất hình thành những bản cực, kết quả tạo ra công suất phản kháng Q_c phóng lên đường dây. Với đường dây cao áp (110-220KV) nhiều khi hiện tượng này có lợi vì nó bù lại lượng công suất Q tổn thất trên điện kháng X của đường dây, nhưng lại rất nguy hiểm ở đường dây siêu cao áp đặc biệt khi không tải và non tải, làm cho điện áp cuối đường dây tăng cao

vượt quá trị số cho phép.

Điện dẫn phản kháng (B) xuất hiện khi:

Đường dây có tiết diện $F < 70\text{mm}^2$ (ở cấp 110kV), tiết diện $F < 240\text{mm}^2$ (đối với cấp điện áp 220kV)

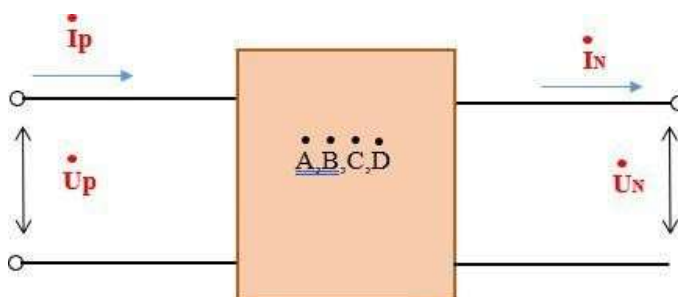
Sơ đồ thay thế đường dây siêu cao áp có độ dài lớn ($l > 240\text{ km}$), để tính toán được chính xác đường dây được chia ra làm nhiều đoạn, mỗi đoạn được thay thế bằng sơ đồ thông số tập trung.



Hình 2.8 Sơ đồ thay thế đường dây của đường dây trên không, cáp ngầm.

Thành phần điện dẫn tác dụng (G): xuất hiện khi đường dây trên không ($U > 110\text{kV}$), cáp ngầm ($U > 20\text{kV}$)

Mô hình thông số rải:



Hình 2.9 Mô hình thông số rải.

- Mô hình thay thế máy biến áp:

Máy biến áp 3 pha 2 cuộn dây

Các giá trị đã quy đổi sang phía cao áp, thường ta đã có:

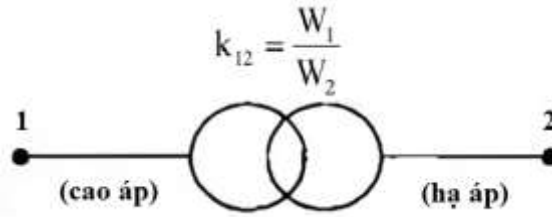
Điện áp định mức: $U_{đm}$ của cả hai cấp điện áp

Công suất định mức: $S_{đm}$

Thí nghiệm ngắn mạch: $\Delta P_n, U_n\%$.

Thí nghiệm không tải: $\Delta P_0, I_0\%$.

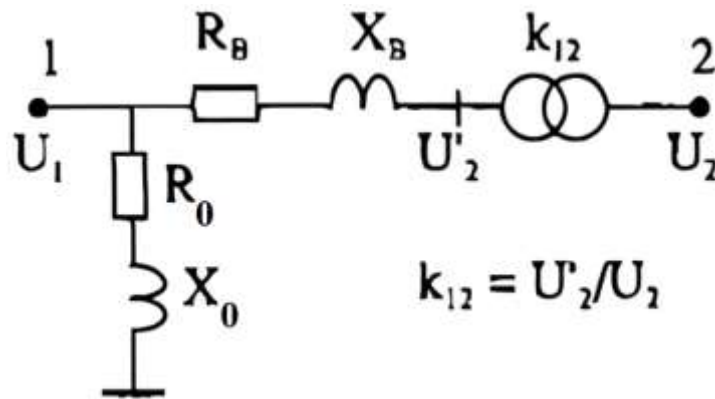
Hệ số biến áp: k



Hình 2.10 Mô hình thay thế MBA.

Các thông số của MBA 3 pha 2 cuộn dây:

Ta có:



Hình 2.11 Mô hình thay thế MBA 3 pha 2 cuộn dây.

$$X_B = \frac{U_n \%}{100} \cdot \frac{U_{đm}^2}{S_{đm}} (\Omega)$$

$$R_B = \Delta \cdot P_n \cdot \frac{U_{đm}^2}{S_{đm}} (\Omega)$$

$$X_0 = \frac{U_{đm}^2}{\Delta Q_{Fe}} (\Omega)$$

$$Z_0 = \frac{100}{I_0 \%} \cdot \frac{U_{đm}^2}{S_{đm}} (\Omega)$$

$$\rightarrow R_0 = \sqrt{Z_0^2 - X_0^2}$$

$$\text{Điện dẫn tác dụng: } \Delta P_0 = U_{đm}^2 \cdot G_b \rightarrow G_b = \frac{\Delta P_0}{U_{đm}^2} \quad (2.51)$$

Điện dẫn phản kháng:

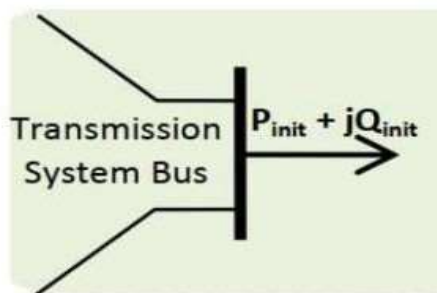
Do $G_b \ll B_b$ cho nên dòng I_0 chỉ chạy qua B_b

$$\Delta Q_0 = I_0 \cdot U_{đm} = \frac{I_0 S_{đm}}{I_{đm}} = \frac{I_0 \% \cdot S_{đm}}{100} \quad (2.52)$$

$$\text{Mặt khác: } \Delta Q_0 = U_{đm}^2 \cdot B_b \rightarrow G_b = \frac{I_0 \% \cdot S_{đm}}{U_{đm}^2 \cdot 100} \quad (2.53)$$

- Mô hình thay thế của phụ tải:

Để tính toán trong các mạng điện cần phải biết các giá trị của phụ tải. Những đại lượng cho sẵn có thể là công suất tác dụng, công suất phản kháng của phụ tải hoặc dòng điện phụ tải và hệ số công suất của chúng. Ở đây, ta nghiên cứu về phụ tải liên quan đến trào lưu công suất và ổn định. Điều quan trọng là phải biết sự thay đổi của công suất tác dụng và công suất phản kháng theo điện áp. Các loại phụ tải thường gặp ở các nút (Bus): Động cơ không đồng bộ (50-70%), nhiệt và ánh sáng (20-30%), động cơ đồng bộ (5 - 10%).



Hình 2.12 Mô hình thay thế của phụ tải.

Cả lượng MVA và MVAR đều bằng hằng số thường dùng để nghiên cứu trào lưu công suất. $S_i = P_i + jQ_i$ (2.54)

Dòng điện tải I trong trường hợp này được tính: $I = \frac{P-jQ}{V} |V| \angle(\phi - \phi)$ (2.55)

Khi nghiên cứu ổn định nếu lượng MVA và MVAR đã biết và không đổi thì tổng trở tải được tính như sau:

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{|V|^2}{P-jQ} \quad (2.56)$$

2.3. Công cụ phân tích, tính toán

2.3.1. Giới thiệu phần mềm DIGSILENT PowerFactory

a) Giới thiệu chung:

Phần mềm DIGSILENT PowerFactory (Digital Simulation of Electrical Networks) là một phần mềm mô phỏng, phân tích hệ thống truyền tải và phân phối điện năng hàng đầu thế giới. Được phát triển bởi công ty DIGSILENT GmbH của Đức, PowerFactory hỗ trợ các kỹ sư điện trong việc thiết kế, tối ưu hóa và vận hành hệ thống điện một cách hiệu quả và an toàn.

b) Các tính năng chính:

- Mô phỏng hệ thống truyền tải và phân phối điện năng: Hỗ trợ mô phỏng các trạng thái hệ thống, phân tích quá trình quá tải, ngắn mạch, phân tích ổn định tĩnh và động.

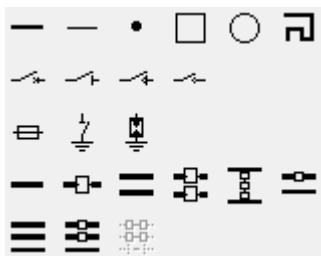
- Phân tích ổn định hệ thống: Đánh giá khả năng duy trì hoạt động của hệ thống khi gặp sự cố hoặc thay đổi tải.

- Quản lý dữ liệu hệ thống: Lưu trữ và xử lý dữ liệu hệ thống điện, giúp việc phân tích và ra quyết định dễ dàng hơn.

c) Các thiết bị:

Bên phải màn hình là khu vực chứa các thiết bị cần thiết khi mô phỏng một hệ thống điện, gồm các loại như:

- Khu vực chứa các thiết bị đóng cắt, thanh góp,...



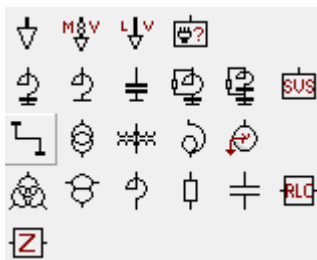
Hình 2.15 Các thiết bị đóng cắt và thanh góp.

- Khu vực chứa các loại nguồn phát: máy phát điện xoay chiều, pin lưu trữ, pin mặt trời, máy phát điện gió,....



Hình 2.16 Các loại nguồn phát.

- Khu vực chứa các loại tải, đường dây, máy biến áp, cuộn cảm, tụ điện, điện trở,...




Hình 2.17 Các loại tải, đường dây, máy biến áp, tụ điện.

- Khu vực chứa các thiết bị chuyển đổi, đo lường, bảo vệ,...



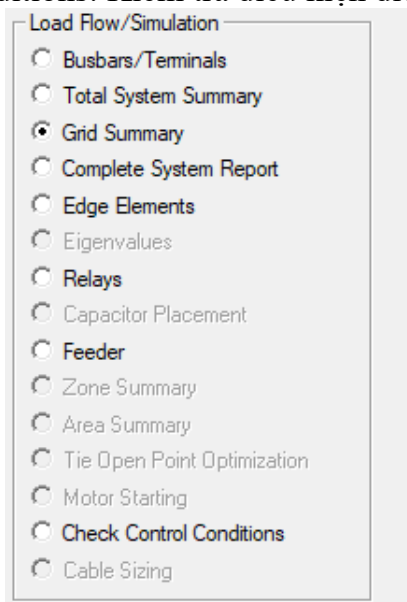
Hình 2.18 Các thiết bị chuyển đổi, đo lường, bảo vệ.

d) Báo cáo đầu ra:


Tại công cụ “Phân tích tính toán đầu ra”  có thể chọn các loại báo cáo như:

- Busbars/Terminals: Kết quả chi tiết tại các thanh cái, đầu cực (điện áp,...)
- Total System Summary: Tổng hợp toàn bộ hệ thống (tổng P, Q, tổn thất,...)
- Grid Summary: Bản tóm tắt dạng bảng cho toàn bộ mạng lưới

- Complete System Report: Báo cáo chi tiết đầy đủ mọi phần tử trong hệ thống
- Edge Elements: Kết quả trên các phần tử kết nối như đường dây, cáp...
- Relays: Kết quả kiểm tra rơ-le bảo vệ
- Capacitor Placement: Phân tích vị trí tối ưu đặt tụ điện
- Feeder: Kết quả theo nhánh/tuyến
- Check Control Conditions: Kiểm tra điều kiện điều khiển có thỏa mãn không



Hình 2.19 Các loại báo cáo đầu ra.


Công cụ  “Tối đa cửa sổ đầu ra” trên thanh công cụ giúp hiện các thông tin đầu ra như báo thực hiện thành công, lỗi, cảnh báo, lỗi, kết quả,...

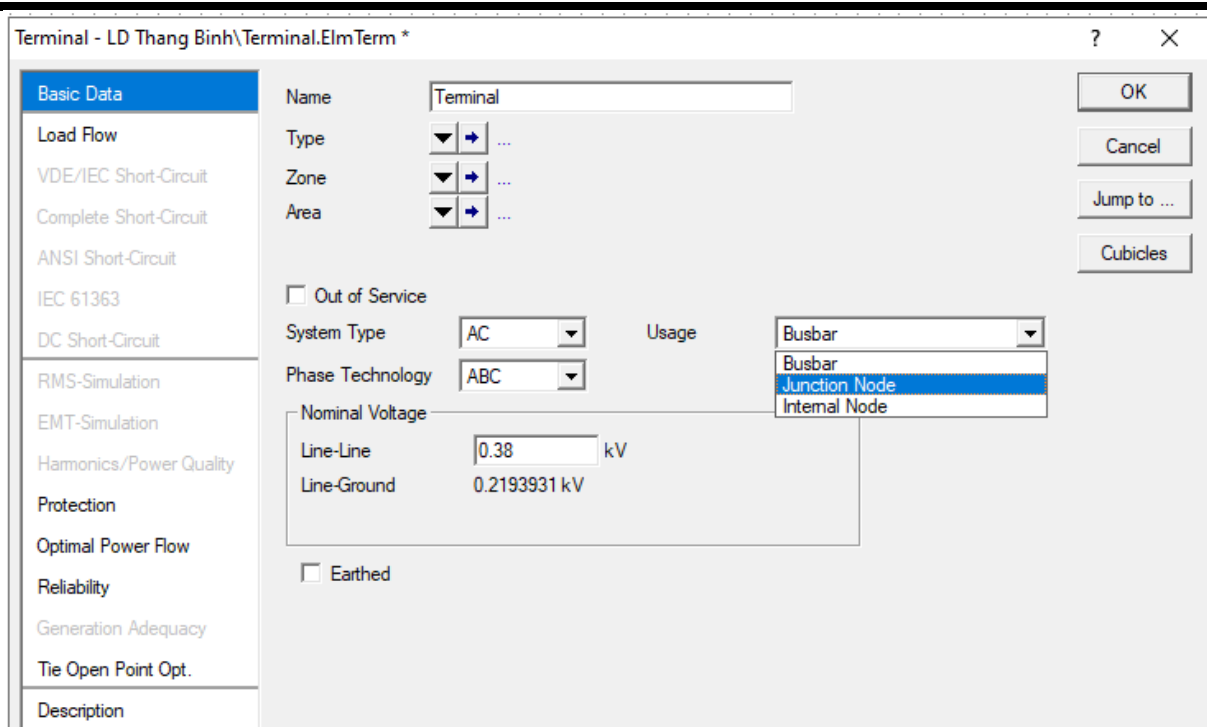


Hình 2.20 Cửa sổ báo đầu ra.

2.3.3. Hướng dẫn cài đặt thống số trong *DIGSILENT PowerFactory*

a) Cài đặt thanh góp/nút: [2]

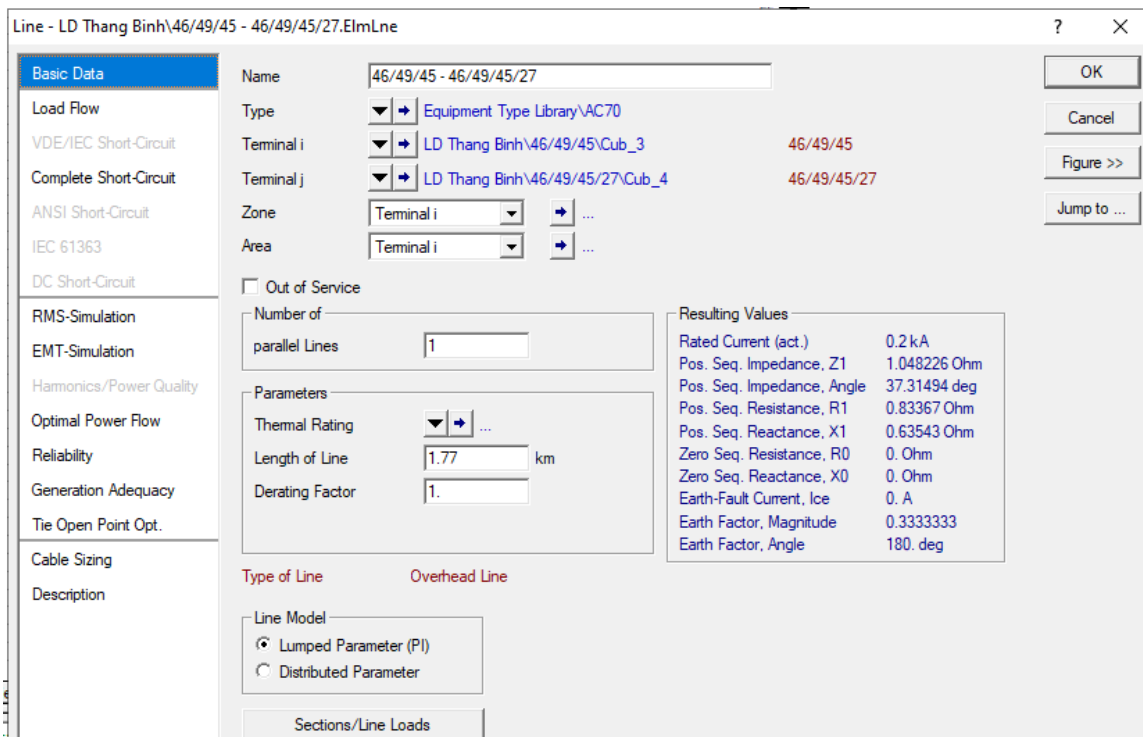
Chọn công cụ  để vẽ các nút trong lưới điện phân phối. Sau khi chọn nút, ta cài đặt nút bằng cách nhấp đúp vào nút, đặt tên cho thanh góp ở mục Name và điện áp định mức cho thanh góp ở mục Nominal Voltage. Có thể thay đổi loại thanh góp/nút ở mục Usage.



Hình 2.21 Cài đặt thanh góp/nút.

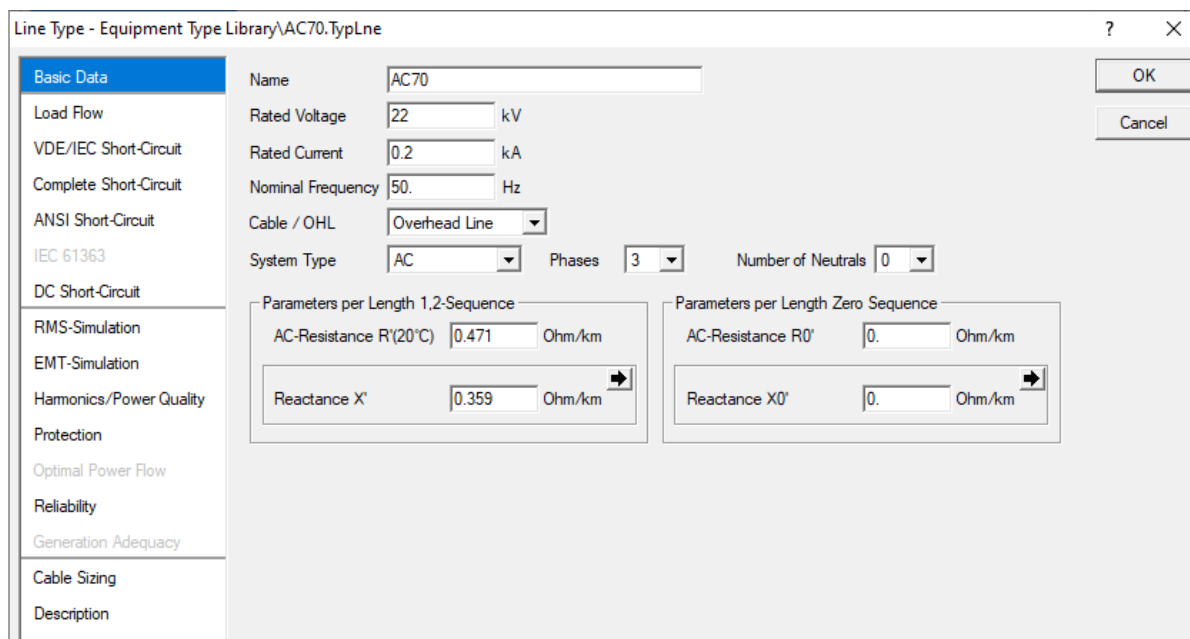
b) Cài đặt dây dẫn: [2]

Chọn công cụ Γ_1 để mô phỏng dây dẫn trong lưới điện. Sau khi vẽ đường dây, kích đúp vào đường dây để thiết lập các thông số của dây dẫn. Đặt tên cho dây dẫn ở mục Name, loại dây dẫn ở mục Type, số đường dây song song ở mục parallel Lines và chiều dài dây ở mục Length of Line.



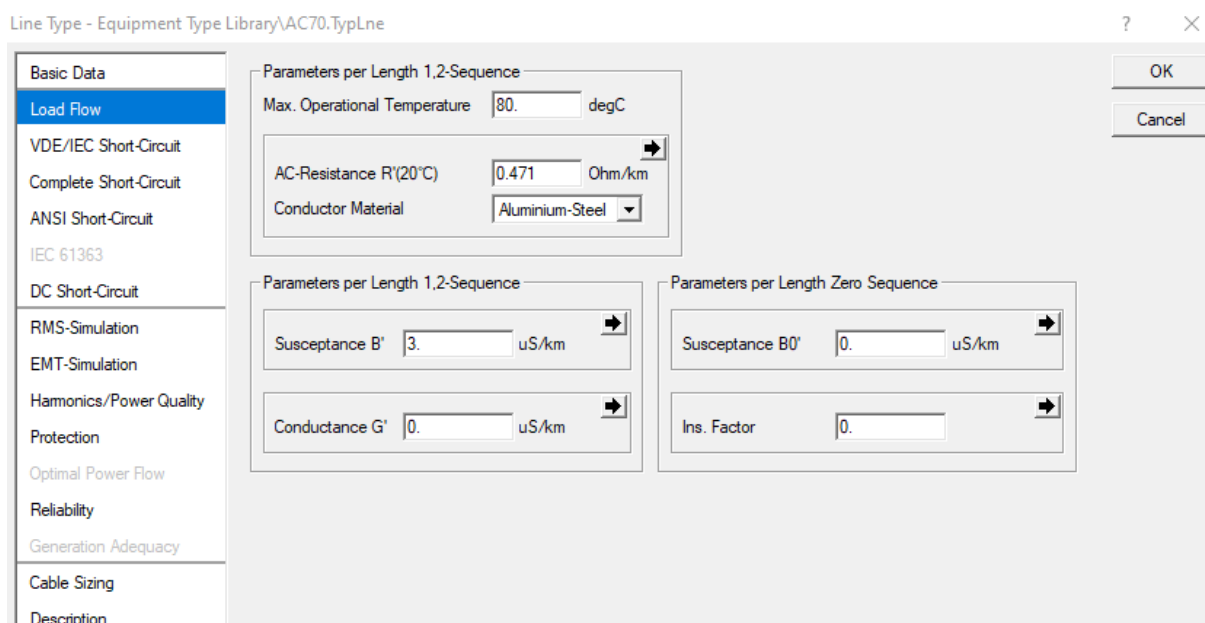
Hình 2.22 Cài đặt thông số đường dây.

Thiết lập loại đường dây ở mục Type thì ta cài đặt tên loại dây ở mục Name, điện áp định mức ở mục Rated Voltage, dòng điện định mức ở mục Rated Current, tần số ở mục Nominal Frequency, cáp hay đường dây trên không ở mục Cable/OHL và trở kháng, điện kháng lần lượt ở AC-Resistance $R'(20^{\circ}\text{C})$ và Reactance X' .




Hình 2.23 Cài đặt thông số loại dây dẫn.

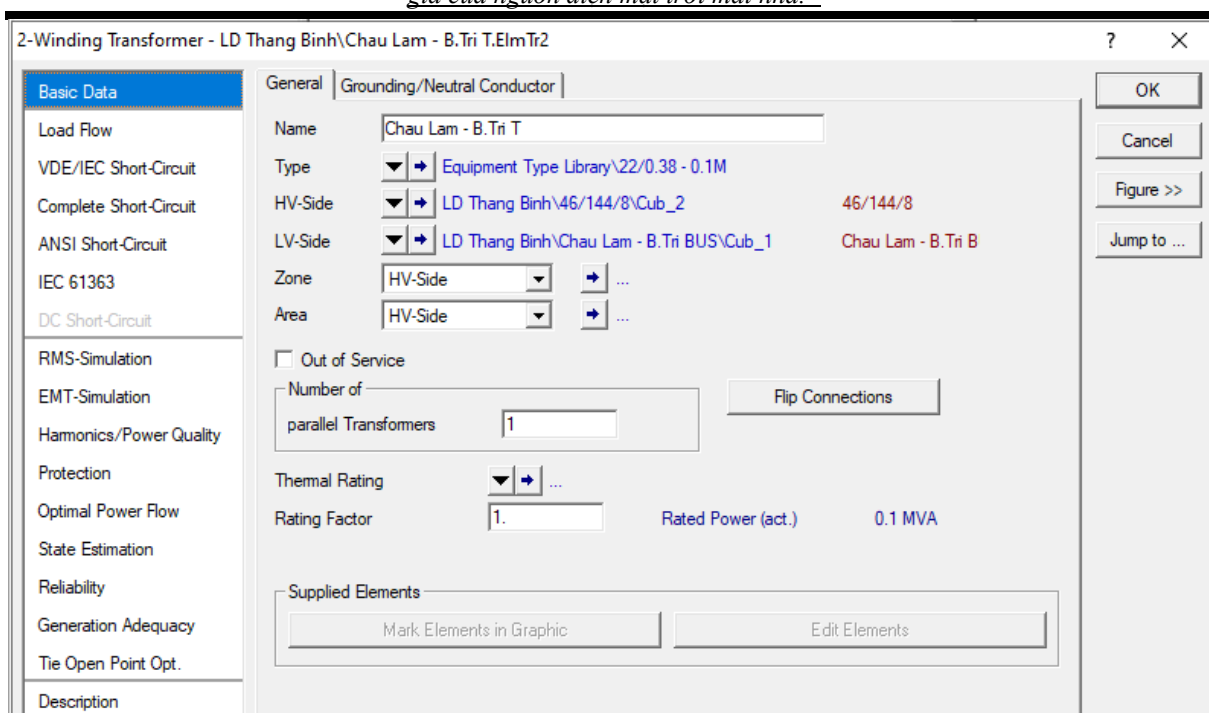
Chọn loại vật liệu ở mục Conductor Material và dung dẫn đường dây ở mục Susceptance B' .



Hình 2.24 Cài đặt loại vật liệu và dung dẫn của dây dẫn.

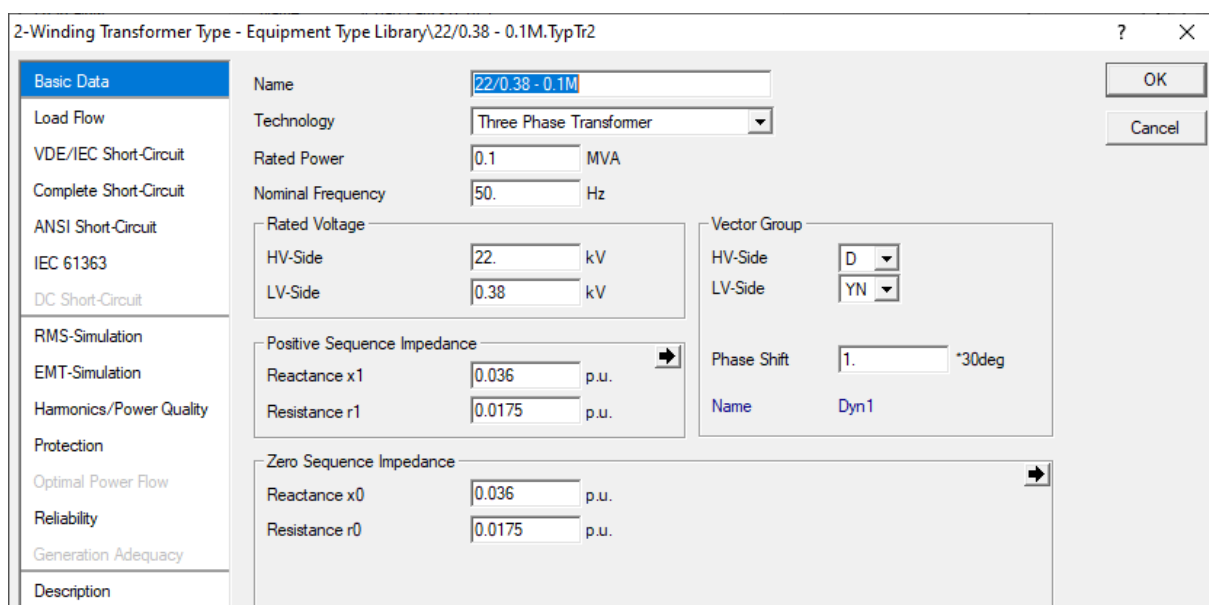
c) Cài đặt máy biến áp:[2]

Chọn công cụ  để cài đặt máy biến áp 2 cuộn dây. Ta đặt tên ở mục Name và loại máy biến áp ở mục Type.




Hình 2.25 Cài đặt máy biến áp.

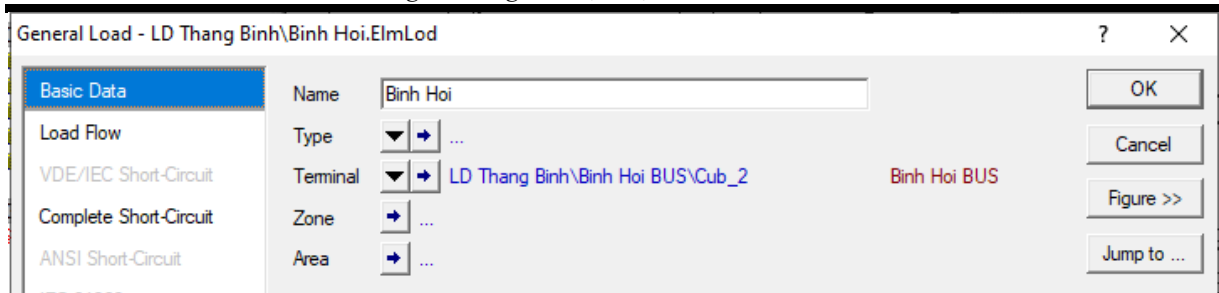
Chọn loại máy biến áp ở mục Type và cài đặt các thông số tên loại máy biến áp, số pha, công suất máy biến áp, tần số, điện áp các phía, tổ nối dây,...



Hình 2.26 Cài đặt thông số loại máy biến áp.

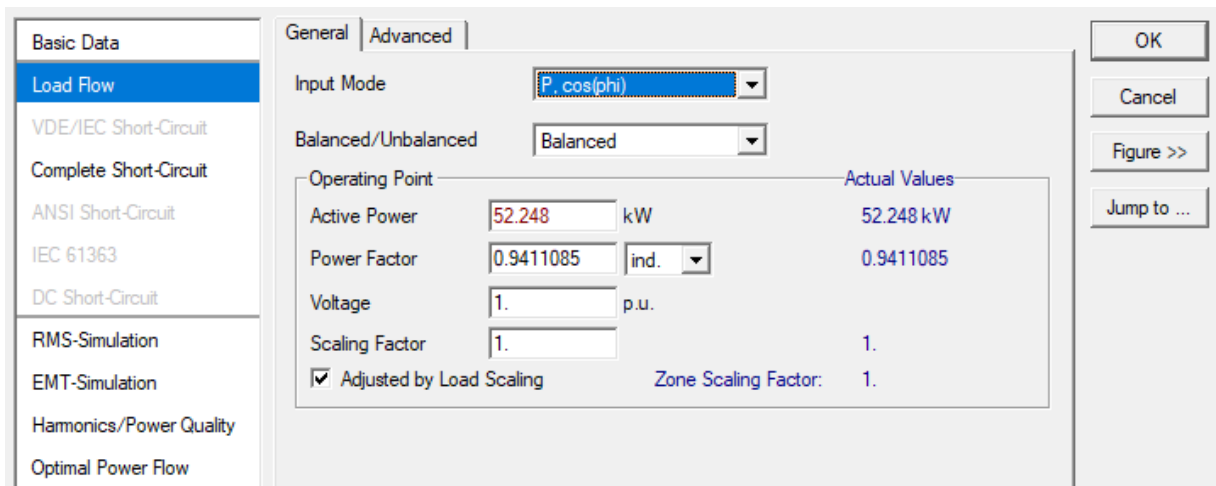
d) Cài đặt phụ tải: [2]

Chọn công cụ  để mô phỏng tải tiêu thụ, sau đó kích đúp vào tải để thiết lập các thông số như tên tải.



Hình 2.27 Cài đặt tên tải.


Ở mục Load Flow ta chọn chế độ đầu vào ở mục Input Mode, loại tải cân bằng/không cân bằng, công suất tác dụng và hệ số công suất.



Hình 2.28 Cài đặt thông số tải.


e) Cài đặt nguồn phát: [2]

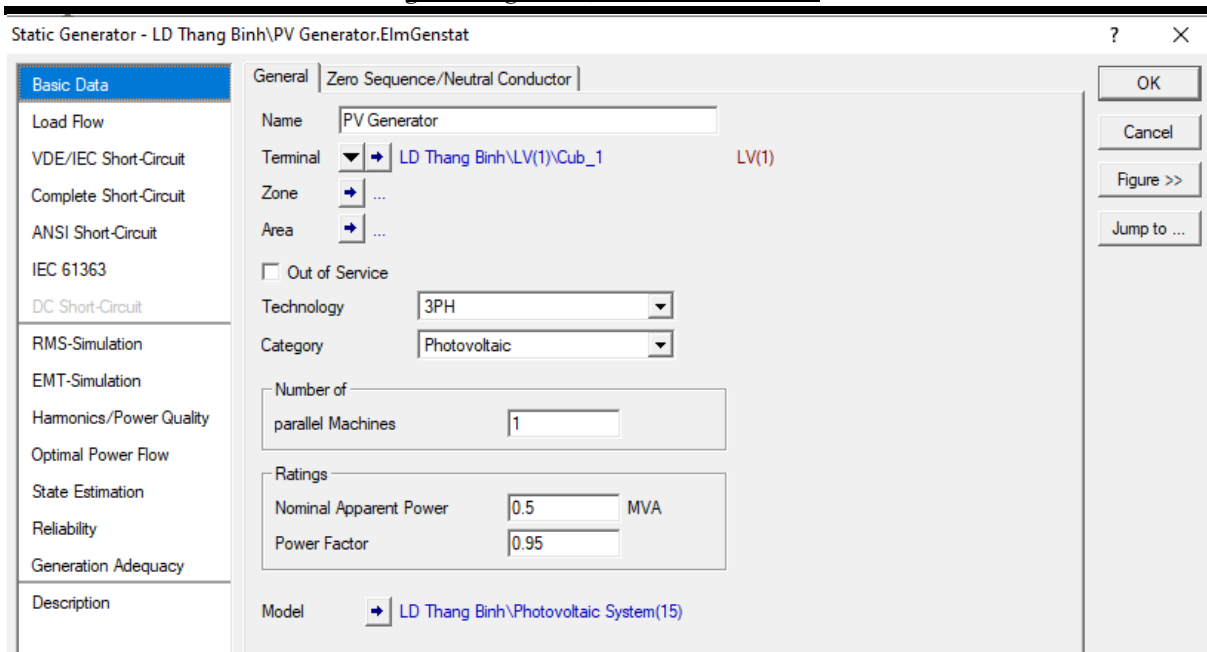
Trong phạm vi đề án này thì xuất tuyến 472 Thăng Bình, Quảng Nam nhận nguồn phát từ trạm 110kV E152 và một vài nguồn điện mặt trời áp mái.

Để cài đặt nguồn cấp từ trạm 110kV ta mô phỏng External Grid  sau đó ở mục Load Flow ta chọn loại Bus Type là SL.



Hình 2.29 Nguồn cấp điện cho xuất tuyến 472.

Để cài đặt điện mặt trời áp mái, ta sử dụng công cụ  để vào thư viện có mẫu nhà máy điện mặt trời. Sau đó vào mục Library Templates và chọn nhà máy điện mặt trời có sẵn sau đó chỉnh sửa các thông số như công suất định mức, hệ số công suất, cấp điện áp,... cho phù hợp.




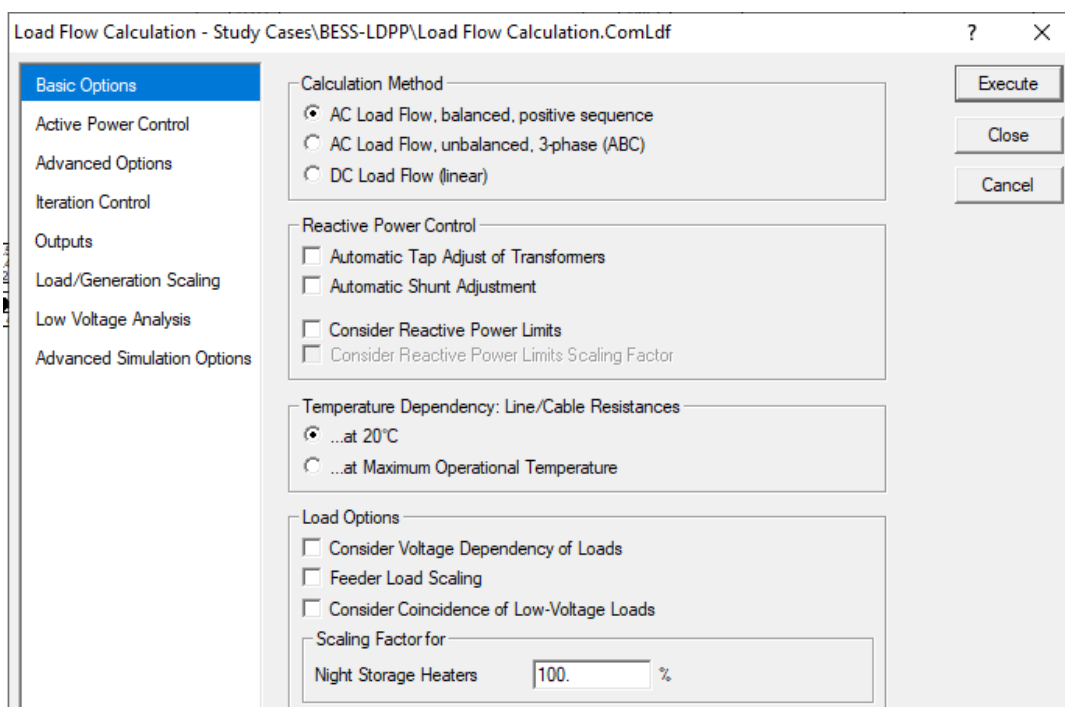
Hình 2.32 Thiết lập các thông số của điện mặt trời áp mái.

2.3.4. Giới thiệu một số chức năng tính toán của *DigSILENT PowerFactory*

a) Tính toán trào lưu công suất (Load Flow) [2]

Việc thực hiện tính toán trào lưu công suất giúp kiểm tra lưới có xảy ra tình trạng hệ số công suất thấp, quá tải hay quá áp các phần tử trên lưới hay không từ đó đưa ra các biện pháp khắc phục tình trạng quá tải hay quá áp trên lưới.

Để tính trào lưu công suất ta nhấn vào công cụ  Calculate Load Flow. Sau khi xuất hiện cửa sổ dưới thì ta nhấn vào Execute để thực hiện mô phỏng.

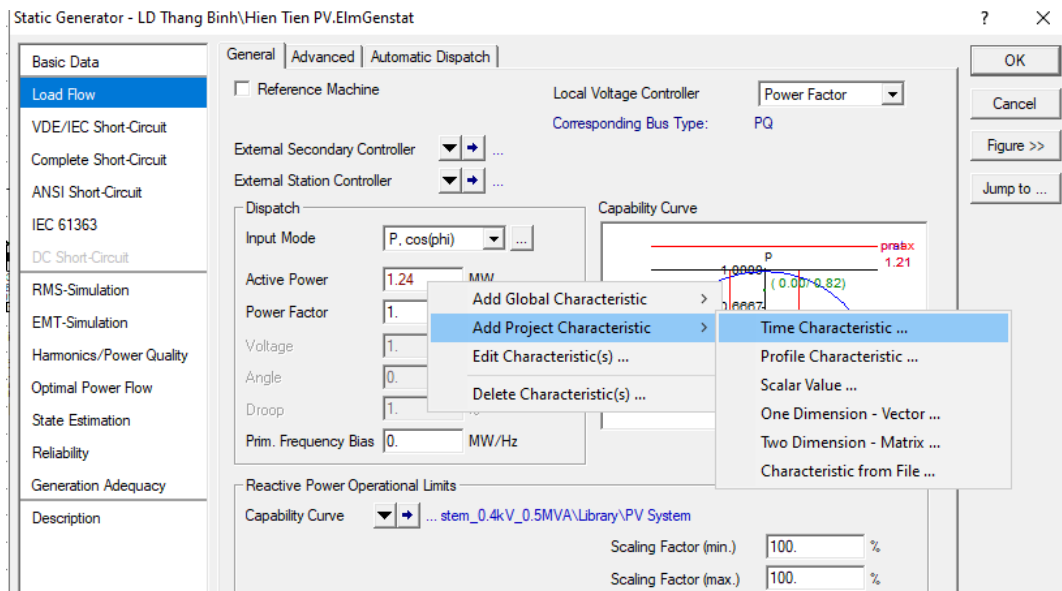


Hình 2.33 Cửa sổ Calculation Load Flow.


b) Mô phỏng miền thời gian (Quasi-Dynamic Simulation) [2]

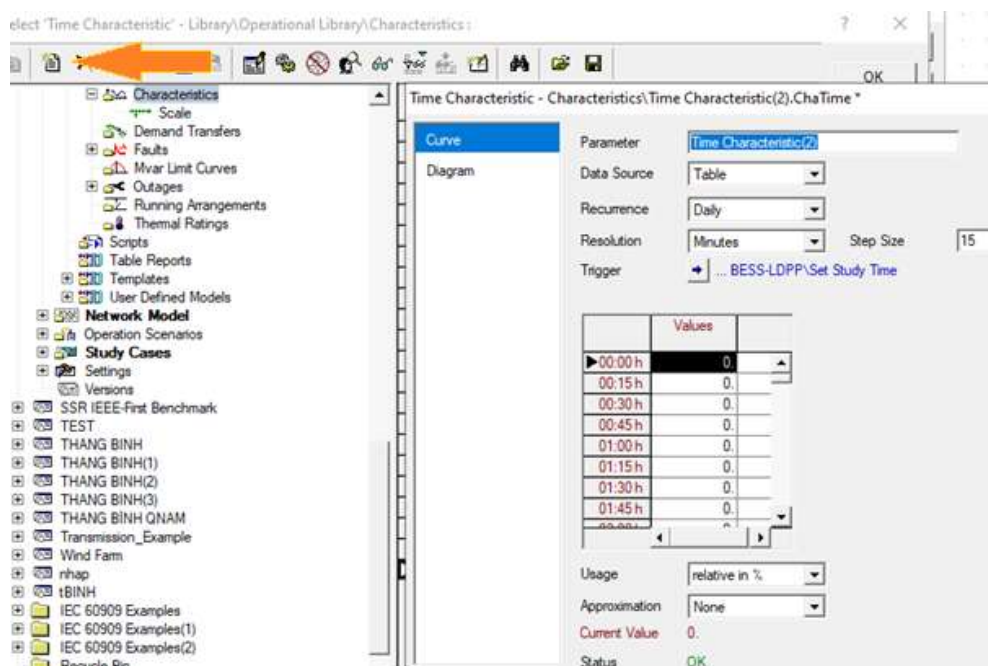
Phần mềm DIgSILENT PowerFactory cho phép tính toán chuyên dụng dòng tải thay đổi theo thời gian gọi là Quasi-Dynamic. Mô phỏng sử dụng các định tính tham số dựa trên thời gian (giây, phút, giờ, ngày, tháng, năm) mà người dùng cài đặt từ trước để thực hiện tính toán.

Để thực hiện mô phỏng theo miền thời gian phải cập nhật đặt tính thời gian (Time Characteristic) cho từng thiết bị trong lưới.





Hình 2.34 Cài đặt đặt tính thời gian cho các phần tử

Ta nhấn vào biểu tượng  để tạo đặt tính thời gian mới và tiến hành thiết lập đặt tính thời gian.



Hình 2.35 Thiết lập đặt tính thời gian

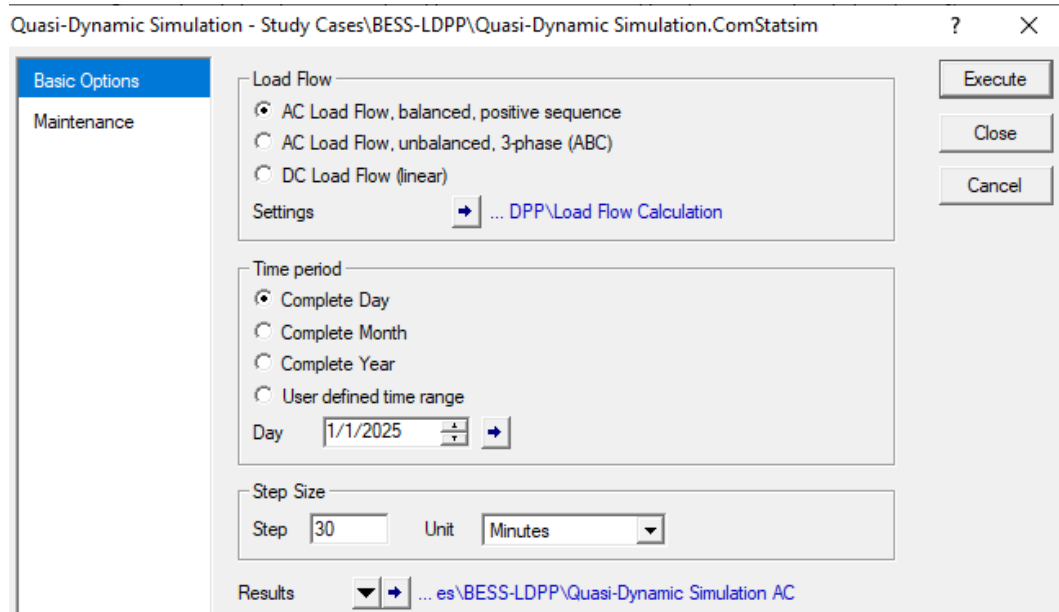
Tiếp theo ta thực hiện chọn kiểu mô phỏng  rồi chọn mục Quasi-Dynamic Simulation. Nhấn nút  trên thanh công cụ, xuất hiện cửa sổ dưới đây.

Tại mục Load Flow chọn AC Load Flow, balanced, positive sequence.

Tại mục Time period, chọn Complete Day.


Tại mục Step Size, chọn Unit tùy thuộc vào độ phân giải của đặc tính thời gian ta có, thông thường là giờ (Hours) hoặc phút (Minutes).

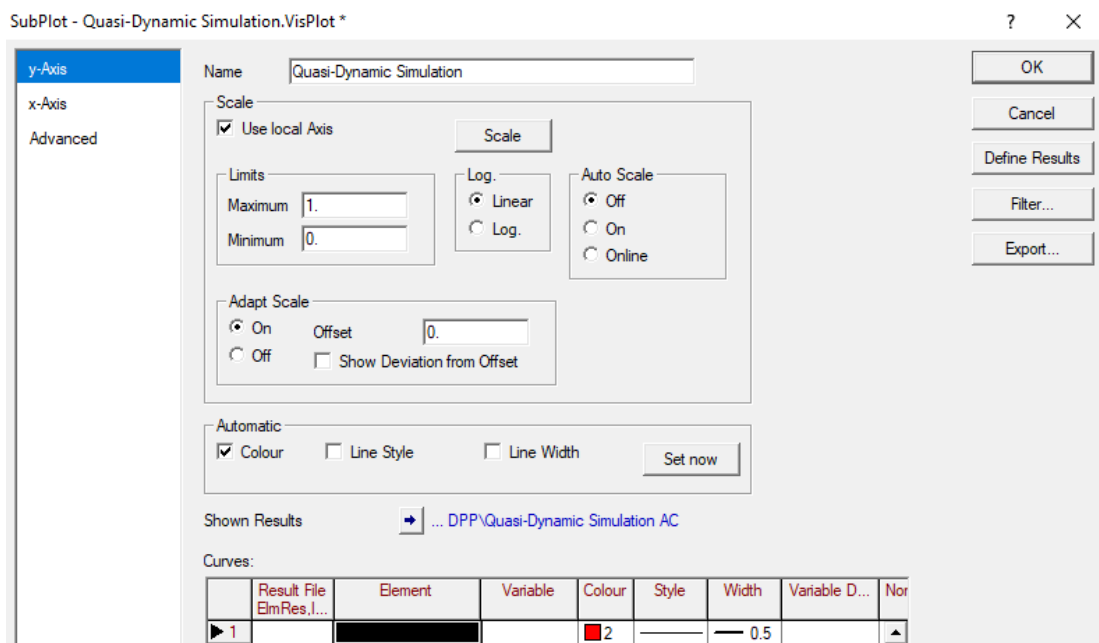
Để tính toán nhấn Execute.



Hình 2.36 Cửa sổ thiết lập mô phỏng theo miền thời gian.

Để hiển thị được kết quả mô phỏng, ta thực hiện các bước như sau:

Sau khi chạy tính toán xong, nhấn vào biểu tượng Create Subplot .

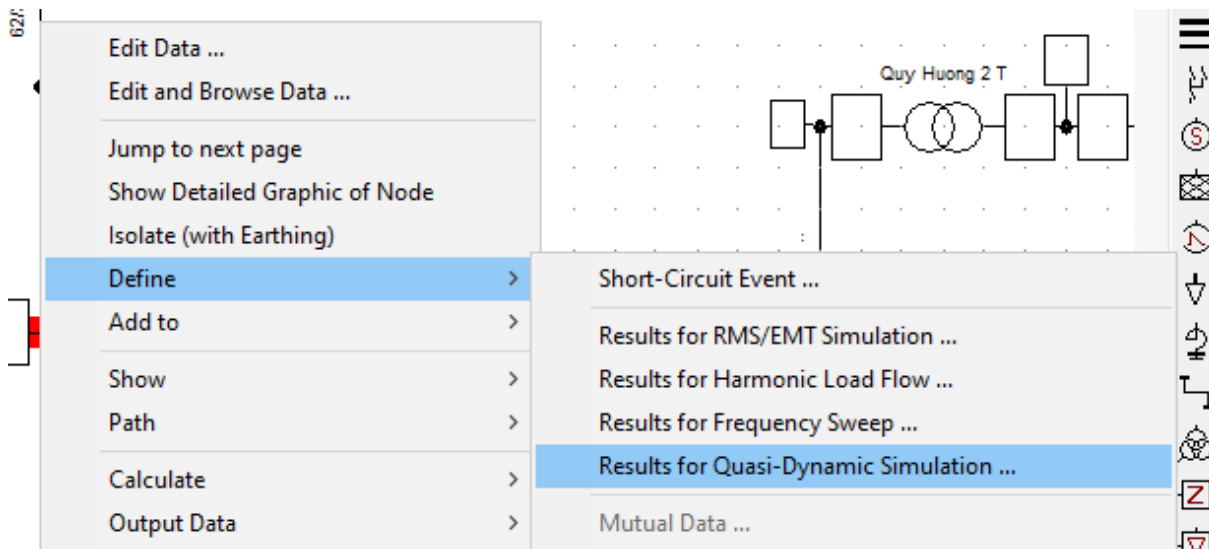


Hình 2.37 Thiết lập phần tử cần xuất kết quả.

Mục Element, chọn thiết bị cần hiển thị.

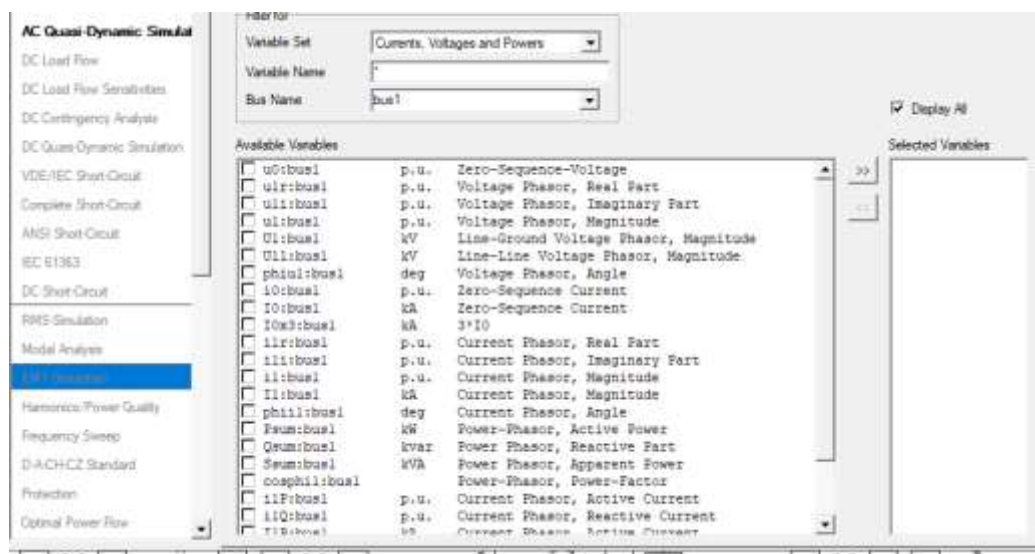
Mục Variable, chọn giá trị cần hiển thị.

- Giá trị hiển thị cần phải thiết lập define trước bằng cách click chuột phải vào phần tử cần kết quả và chọn Results for Quasi-Dynamic Simulation.



Hình 2.38 Định nghĩa phần tử trong lưới điện.

- Sau đó chọn các thông số cần xem như điện áp, công suất, tần số,...



Hình 2.39 Lựa chọn các thông số cần kết quả.

Chọn màu của đường đồ thị, nhấn nút OK.

2.4. Kết luận

Về cơ sở lý thuyết tính toán lưới điện phân phối

Các phương pháp số học được nghiên cứu trong chương bao gồm phương pháp gián đoạn, phương pháp Euler, phương pháp Euler cải tiến, phương pháp trào lưu công suất, phương pháp Newton-Raphson đã cho thấy tầm quan trọng trong việc giải quyết các bài toán phức tạp trong hệ thống điện. Mỗi phương pháp đều có những ưu điểm và hạn chế riêng.

VỀ mô hình hóa các phần tử hệ thống điện

Việc xây dựng mô hình toán học chính xác cho các phần tử chính của hệ thống điện là nền tảng quan trọng cho mọi phân tích:

- Mô hình đường dây truyền tải: đã được trình bày từ mô hình π đơn giản đến các mô hình phức tạp hơn, cho phép mô phỏng chính xác các đặc tính điện của đường dây trong các điều kiện vận hành khác nhau.

- Mô hình máy biến áp: được xây dựng với đầy đủ các thông số như điện trở, điện kháng, tổn hao và các đặc tính phi tuyến, đảm bảo độ chính xác trong mô phỏng.

- Mô hình tải điện: đã được phát triển với nhiều dạng khác nhau (tải không đổi, tải phụ thuộc điện áp, tải động) nhằm phản ánh đúng bản chất của các loại tải trong thực tế.

VỀ phần mềm PowerFactory

Phần mềm PowerFactory đã được giới thiệu như một công cụ mạnh mẽ và chuyên nghiệp trong phân tích hệ thống điện. Với giao diện thân thiện, thư viện phong phú các mô hình thiết bị và khả năng mô phỏng đa dạng, PowerFactory đã chứng minh được vai trò quan trọng trong việc:

- Phân tích chế độ xác lập và quá độ của hệ thống điện.
- Tính toán phân bố công suất và điện áp.
- Nghiên cứu ổn định hệ thống điện.
- Thiết kế và vận hành hệ thống điện hiệu quả.

Chương 3: PHÂN TÍCH VÀ ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP NÂNG CAO HIỆU QUẢ VẬN HÀNH LƯỚI ĐIỆN THĂNG BÌNH, QUẢNG NAM KHI CÓ SỰ THAM GIA CỦA CÁC NGUỒN ĐIỆN MẶT TRỜI MÁI NHÀ

3.1. Một số quy định về tần số và điện áp trong hệ thống điện phân phối

Căn cứ theo Điều 4 của Thông tư 39/2015/TT-BCT:

Tần số danh định trong hệ thống điện quốc gia là 50Hz. Trong điều kiện bình thường, tần số hệ thống điện được dao động trong phạm vi $\pm 0,2$ Hz so với tần số danh định. Trong trường hợp hệ thống điện chưa ổn định, tần số hệ thống điện được dao động trong phạm vi $\pm 0,5$ Hz so với tần số danh định.

Căn cứ theo Điều 5 của thông tư 39/2015/TT-BCT:

1. Các cấp điện áp danh định trong hệ thống điện phân phối:

Các cấp điện áp danh định trong hệ thống điện phân phối bao gồm 110 kV, 35 kV, 22 kV, 15 kV, 10 kV, 06 kV và 0,4 kV.

2. Trong chế độ vận hành bình thường điện áp vận hành cho phép tại điểm đấu nối được phép dao động so với điện áp danh định như sau:

a) Tại điểm đấu nối với Khách hàng sử dụng điện là ± 05 %;

b) Tại điểm đấu nối với nhà máy điện là $+ 10\%$ và $- 05$ %;

c) Trường hợp nhà máy điện và khách sử dụng điện đấu nối vào cùng một thanh cái trên lưới điện phân phối thì điện áp tại điểm đấu nối do Đơn vị phân phối điện quản lý vận hành lưới điện khu vực quyết định đảm bảo phù hợp với yêu cầu kỹ thuật vận hành lưới điện phân phối và đảm bảo chất lượng điện áp cho khách hàng sử dụng điện.

3. Trong chế độ sự cố đơn lẻ hoặc trong quá trình khôi phục vận hành ổn định sau sự cố, cho phép mức dao động điện áp tại điểm đấu nối với Khách hàng sử dụng điện bị ảnh hưởng trực tiếp do sự cố trong khoảng $+ 05$ % và $- 10$ % so với điện áp danh định.

4. Trong chế độ sự cố nghiêm trọng hệ thống điện truyền tải hoặc khôi phục sự cố, cho phép mức dao động điện áp trong khoảng ± 10 % so với điện áp danh định.

3.2. Xây dựng mô hình mô phỏng lưới điện phân phối 22kV, xuất tuyến 472 TBA 110kV (E152) Thăng Bình, Quảng Nam

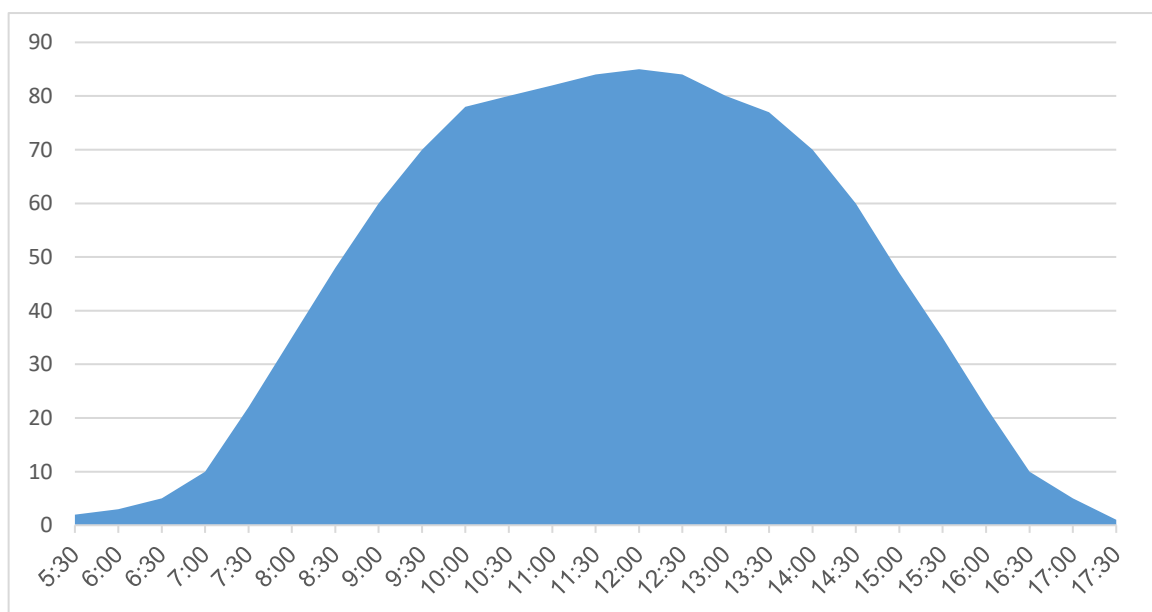
3.2.1. Dữ liệu thực tế

Các hệ thống điện mặt trời mái nhà đang nối lưới đường dây 472 Thăng Bình:

Bảng 3.1 Các hệ thống pin mặt trời mái nhà hiện có.

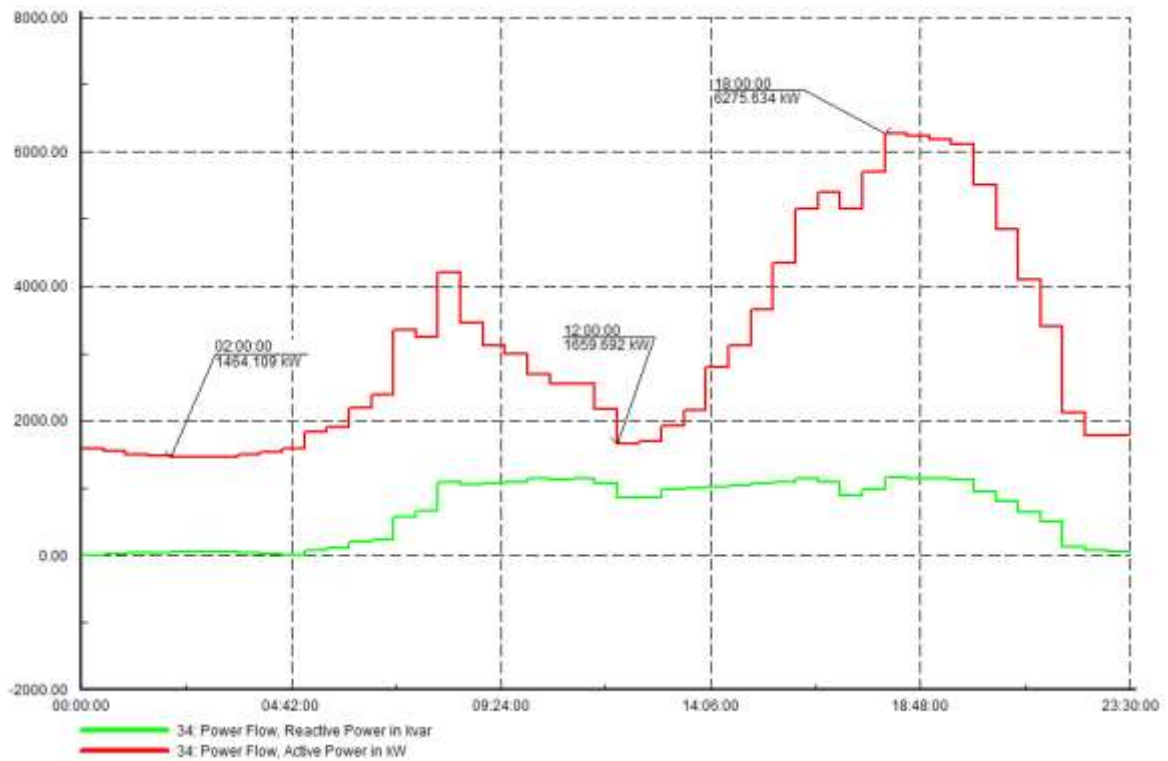
TT	Tên điện mặt trời mái nhà	Pin			Công suất (kWp)
		Loại	Số lượng	CS/tấm	
1	Công ty TNHH NL Đồng Dương	Canadian	2298	0.435	999.63
2	Công ty CP Mặt trời Đất Quảng	Risen	2044	0.445	909.58
3	Công ty CP Mặt trời Toàn Thanh	Risen	2055	0.445	914.475
4	Công ty CP Mặt trời Thiên Thanh	Risen	2079	0.44	914.76
5	Công ty TNHH SX và TM Hiện Tiên	Trina	2754	0.45	1239.3
6	Công ty TNHH MTV DaNa Smart	Canadian	450	0.445	200

Đồ thị bức xạ mặt trời trong ngày:



Hình 3.1 Đồ thị bức xạ mặt trời trong ngày (%).

Đồ thị phụ tải trong ngày:



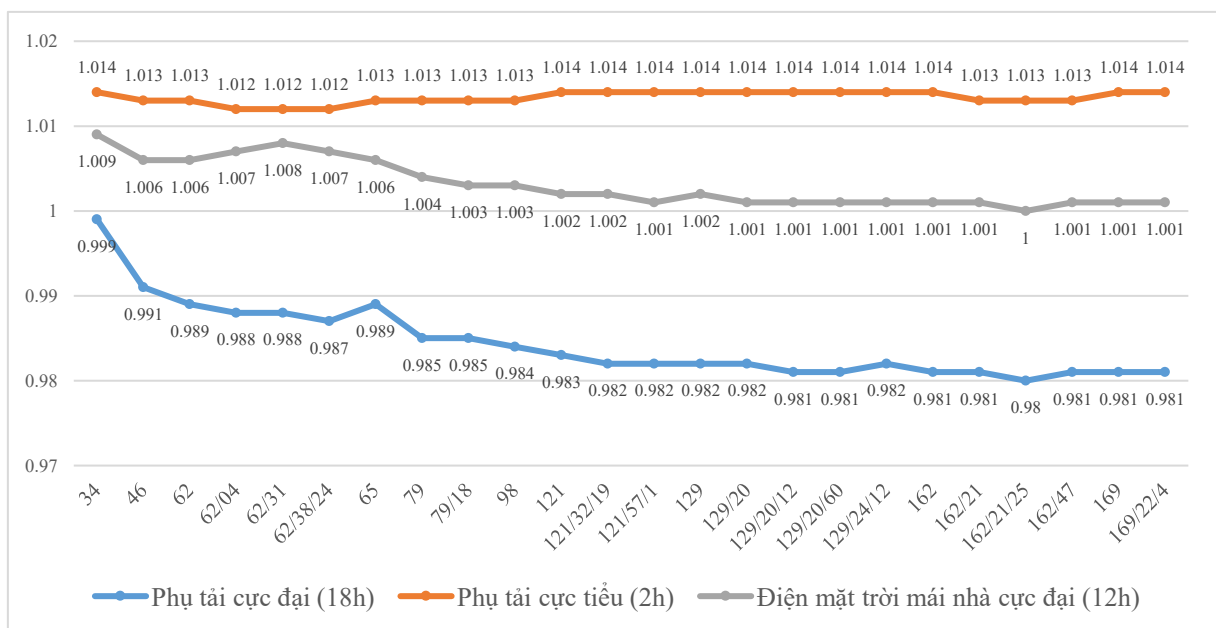
Hình 3.2 Đồ thị phụ tải xuất tuyến 472.

3.3. Tính toán các chỉ tiêu vận hành

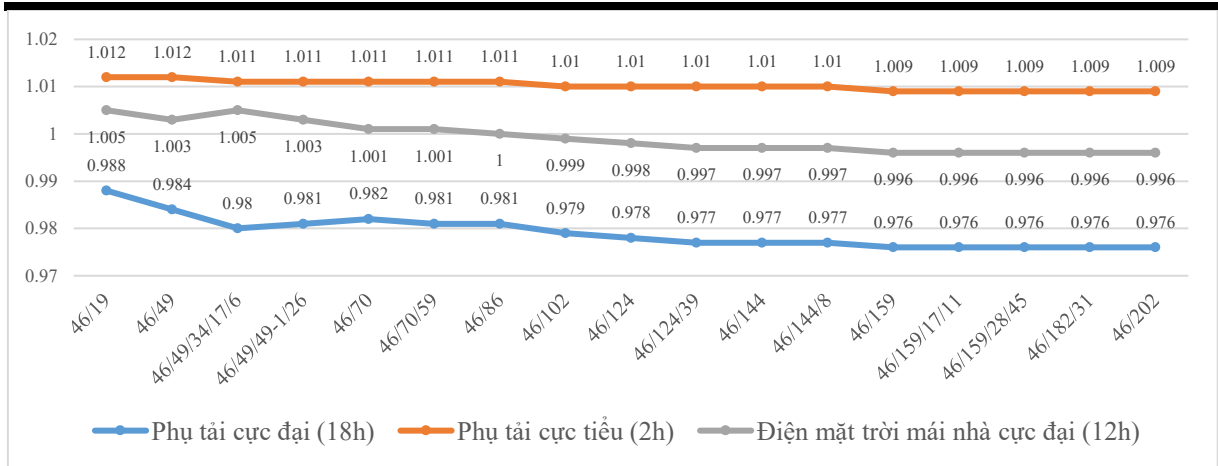
3.3.1. Điện áp

Đánh giá trị số điện áp tại các nút trong lưới phân phối xuất tuyến 472 Thăng Bình, Quảng Nam tại các thời điểm tải cực tiểu (2h), tải cực đại (18h), bức xạ mặt trời đạt đỉnh (12h).

- Điện áp tại các nút 22 kV:



Hình 3.3 Biểu đồ điện áp các nút 22 kV (a).



Hình 3.4 Biểu đồ điện áp các nút 22 kV (b).

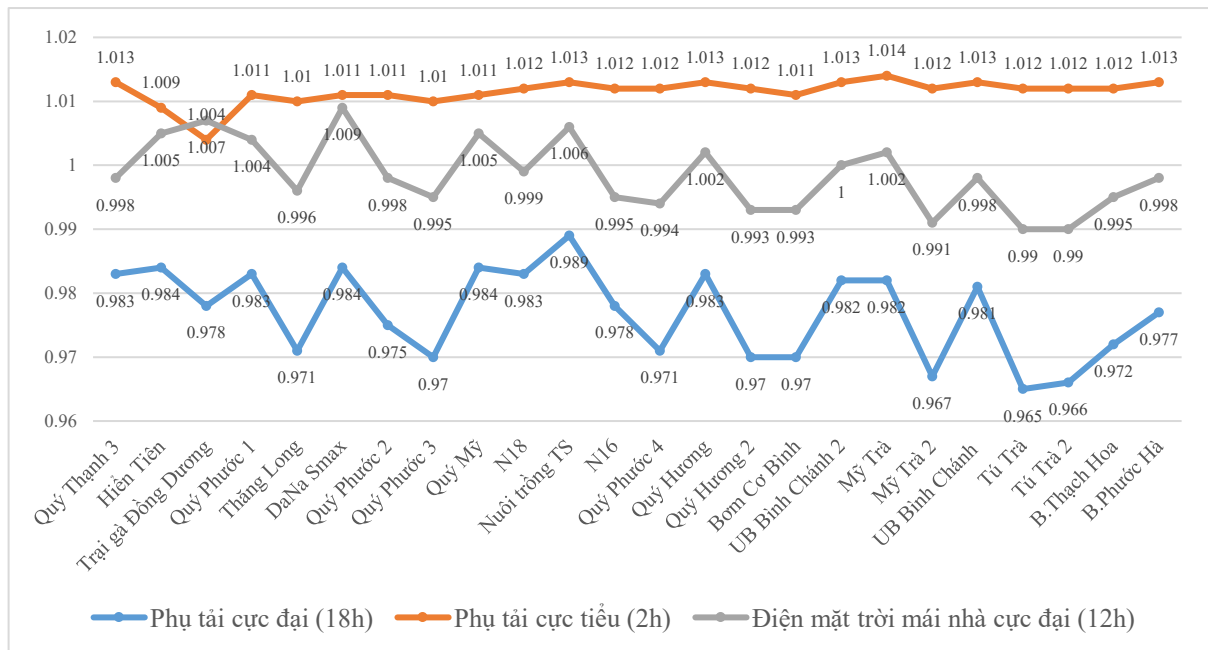
Từ 2 biểu đồ hình 3.3 và 3.4 nhóm tác giả nhận thấy điện áp tại các nút 22kV có xu hướng giảm dần về phía cuối nguồn. Điện áp tại các nút ở nhánh 62 và 46/49 tăng vào thời điểm bức xạ mặt trời đạt cực đại do có điện mặt trời mái nhà đấu nối xen kẽ với các TBA phụ tải. Trị số điện áp chênh lệch cực đại so với điện áp định mức tại các thời điểm là:

Bảng 3.2 Trị số điện áp chênh lệch so với điện áp định mức các giờ trong ngày

Thời điểm	Trị số điện áp
Tải cực đại (18h)	0.976pu – 21.472kV
Tải cực tiểu (2h)	1.014pu – 22.308kV
Bức xạ mặt trời cực đại (12h)	1.009pu – 22.198kV

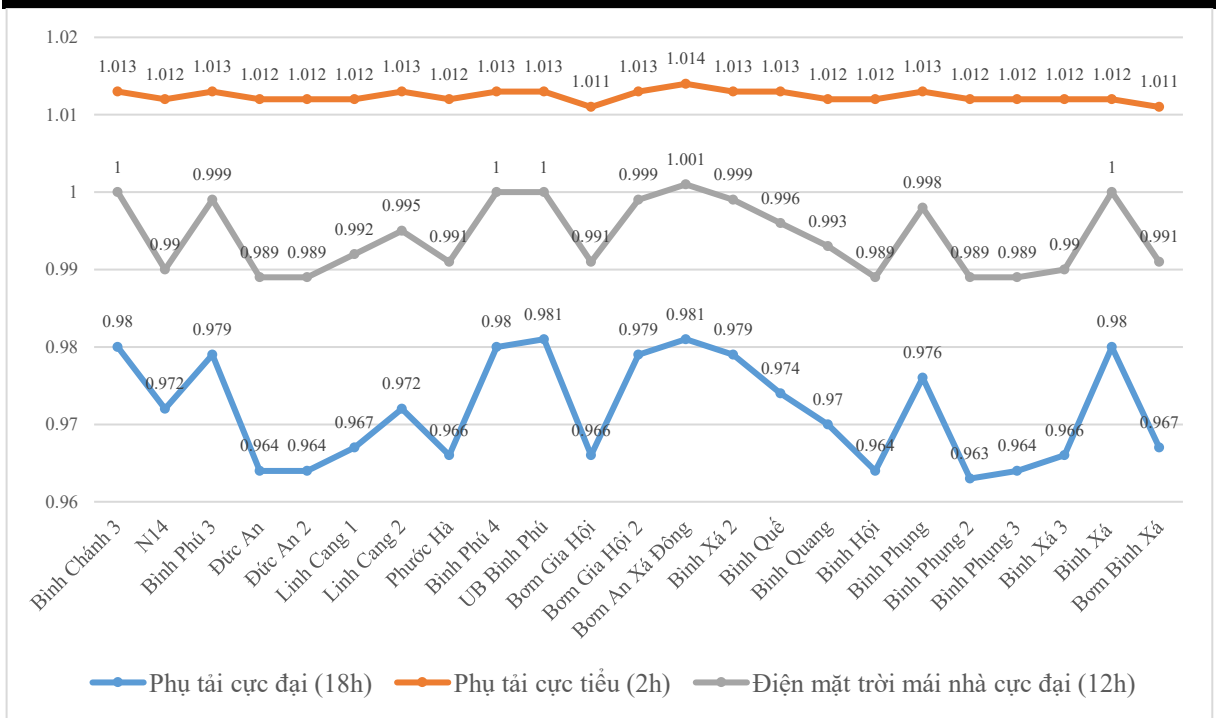
Điện áp tại các nút 22kV ở các thời điểm trên đều nằm trong giới hạn cho phép $\pm 5\%$ theo quy định.

- Điện áp tại các nút 0.38 kV:

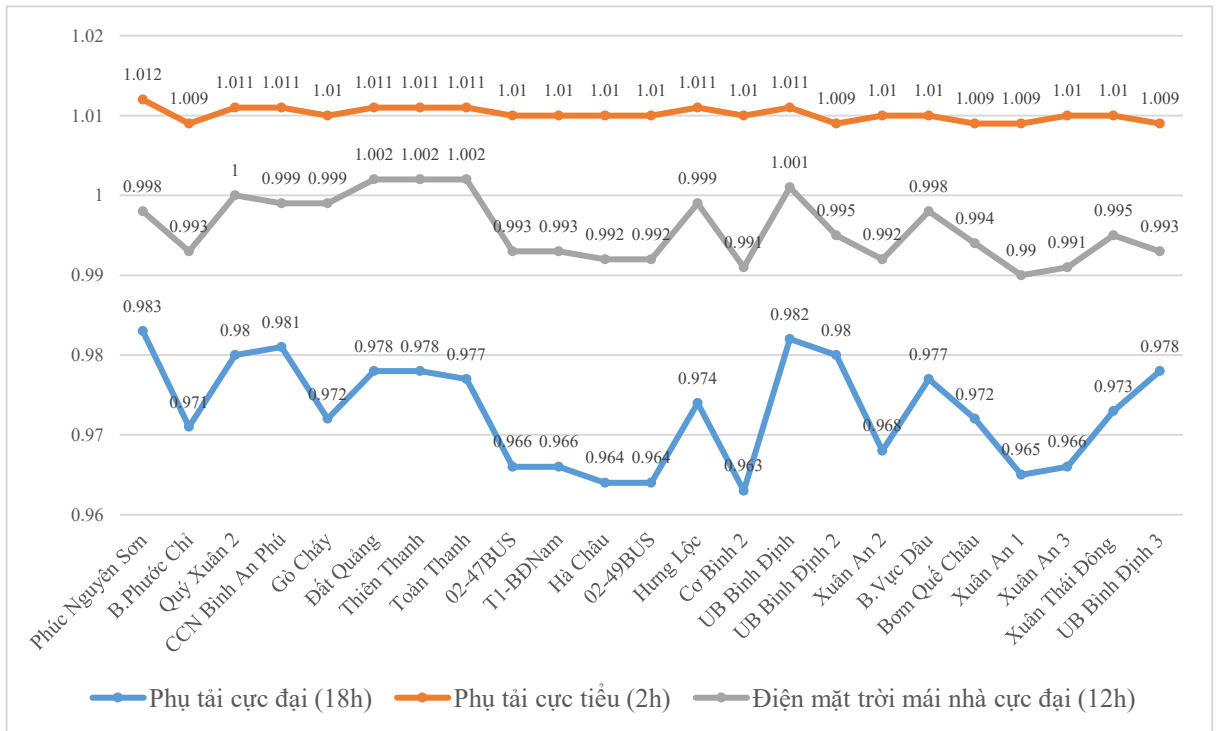


Hình 3.5 Biểu đồ điện áp các nút 0.38 kV (a).

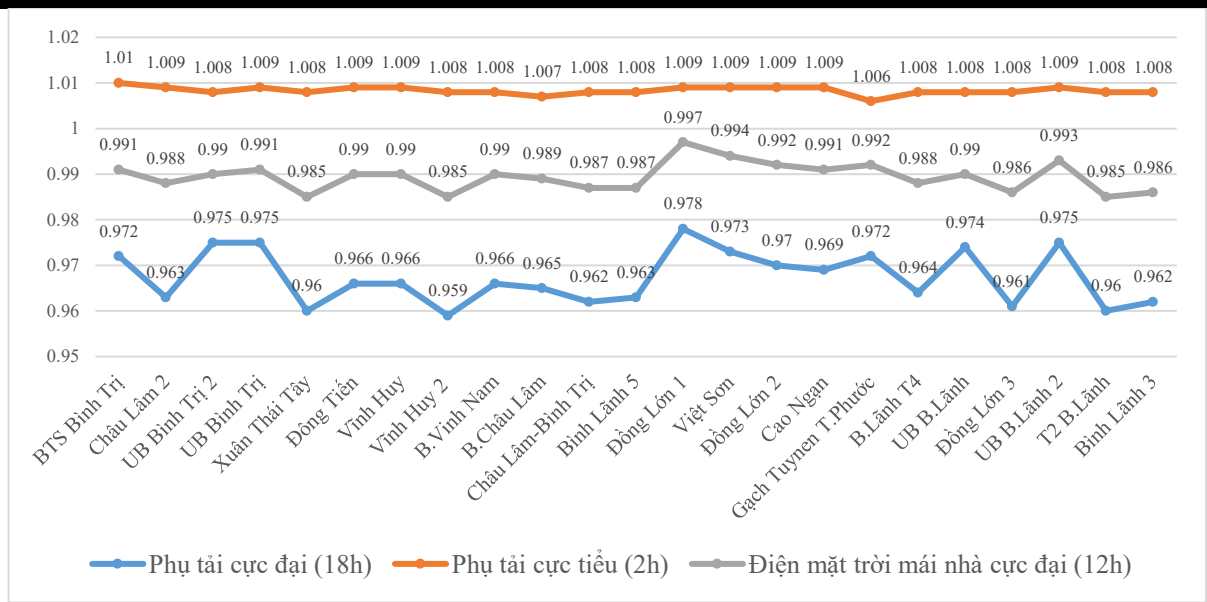
Đề tài: “Phân tích và đề xuất giải pháp nâng cao hiệu quả vận hành LDPP huyện Thăng Bình khi có sự tham gia của nguồn điện mặt trời mái nhà.”



Hình 3.6 Biểu đồ điện áp các nút 0.38 kV (b).



Hình 3.7 Biểu đồ điện áp các nút 0.38 kV (c).

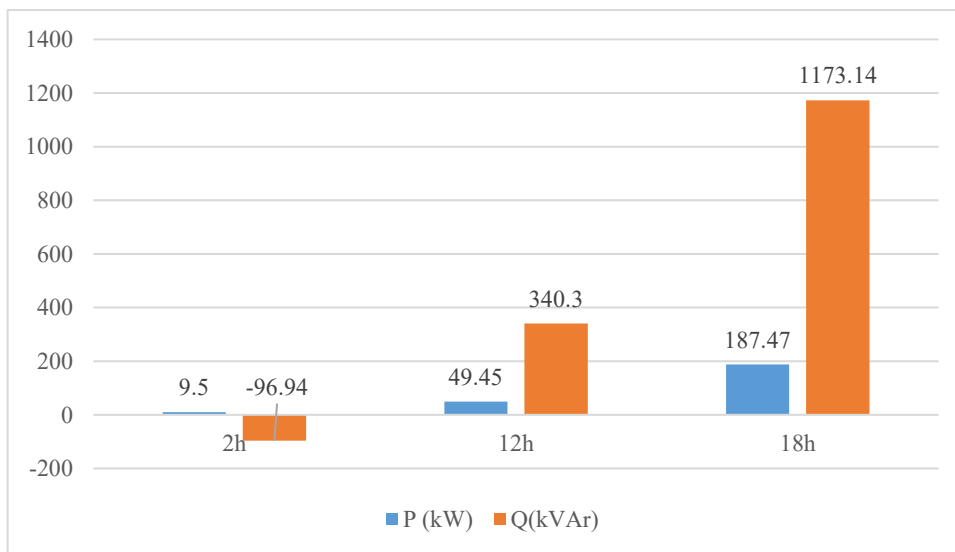


Hình 3.8 Biểu đồ điện áp các nút 0.38 (d).

Từ các biểu đồ hình 3.5 đến 3.8 ta nhận thấy điện áp tại các nút 0.38kV có xu hướng giảm dần về phía cuối nguồn. Điện áp tại các nút có lắp đặt ĐMTMN như Hiền Tiên, Đông Dương, DaNa Smax, Thiên Thanh, Toàn Thanh, Đất Quảng có sự chênh lệch lớn khi bức xạ mặt trời cực đại. Tại thời điểm tải cực đại, các nút Mỹ Trà 2, Tú Trà, Tú Trà 2, Đức An, Đức An 2, Linh Cang 1, Phước Hà, Bơm Gia Hội, Bình Hội, Bình Phụng 2, Bình Phụng 3, Bình Xá 3, Bơm Bình Xá, 02-47, Cơ Bình 2, Xuân An 2, Xuân An 1, Xuân An 3, Châu Lâm 2, Xuân Thái Tây, Đông Tiến, Vĩnh Huy, Vĩnh Huy 2, Bơm Vĩnh Nam, Bơm Châu Lâm, Châu Lâm – Bình Trị, Bình Lãnh 5, Cao Ngạn, B.Lãnh T4, Đông Lớn 3, T2 B.Lãnh, Bình Lãnh 3 có trị số điện áp nhỏ hơn 0.97pu so với giá trị điện áp định mức là 1pu nhưng vẫn nằm trong giới hạn cho phép là $\pm 5\%$.

3.3.2. Tổn thất công suất

Nhóm tác giả tính toán tổn thất công suất tại các thời điểm phụ tải cực đại (18h), phụ tải cực tiểu (2h), bức xạ mặt trời đạt đỉnh (12h).



Hình 3.9 Tổn thất công suất của lưới điện hiện tại.

Nhận xét:

Từ biểu đồ nhóm tác giả thấy có một lượng công suất phản kháng 96.94 kVAr phát lên lưới tại thời điểm tải cực tiểu và các tải có hệ số công suất thấp nên ở thời điểm tải cực đại tồn thất công suất phản kháng lên đến 1173.14 kVAr.

3.4. Tính toán các chỉ tiêu vận hành sau khi lưới điện phát triển từ năm 2026 đến 2030

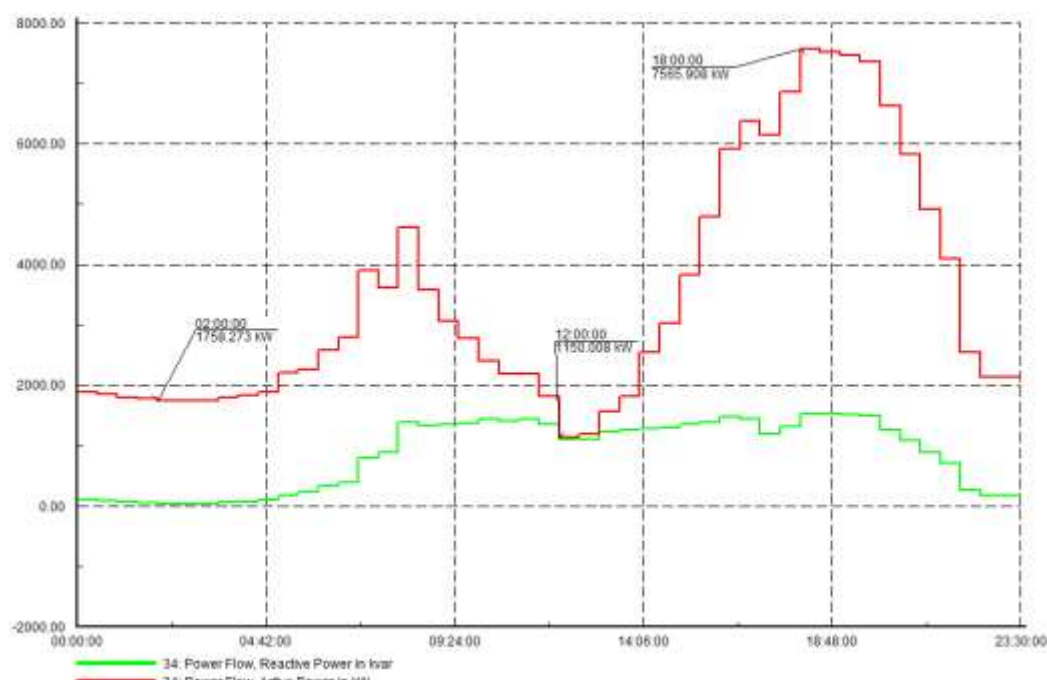
Giả định sau 4 năm từ 2026 đến 2030 phụ tải phát triển 20%, điện mặt trời tăng thêm 30% so với công suất phụ tải. Xây dựng thêm các nguồn điện mặt trời mái nhà ở các vị trí và công suất như sau:

Bảng 3.3 Hệ thống điện mặt trời mái nhà mới lắp đặt.

TT	Vị trí lắp đặt	Pin			Công suất (kWp)
		Loại	Số lượng	CS/tấm	
1	UB Bình Phú	Jinko	389	0.6	228
2	CCN Bình An Phú	Jinko	1150	0.6	690
3	UB Bình Chánh	Jinko	500	0.6	300
4	UB Bình Trị	Jinko	389	0.6	228
5	Gạch Tuynen T.Phước	Jinko	1350	0.6	810

3.4.1. Công suất phát của TBA 110kV Thăng Bình đến xuất tuyến 472

Nhóm tác giả thực hiện mô phỏng công suất phát trong một ngày từ trạm biến áp 110kV Thăng Bình đến xuất tuyến 472.



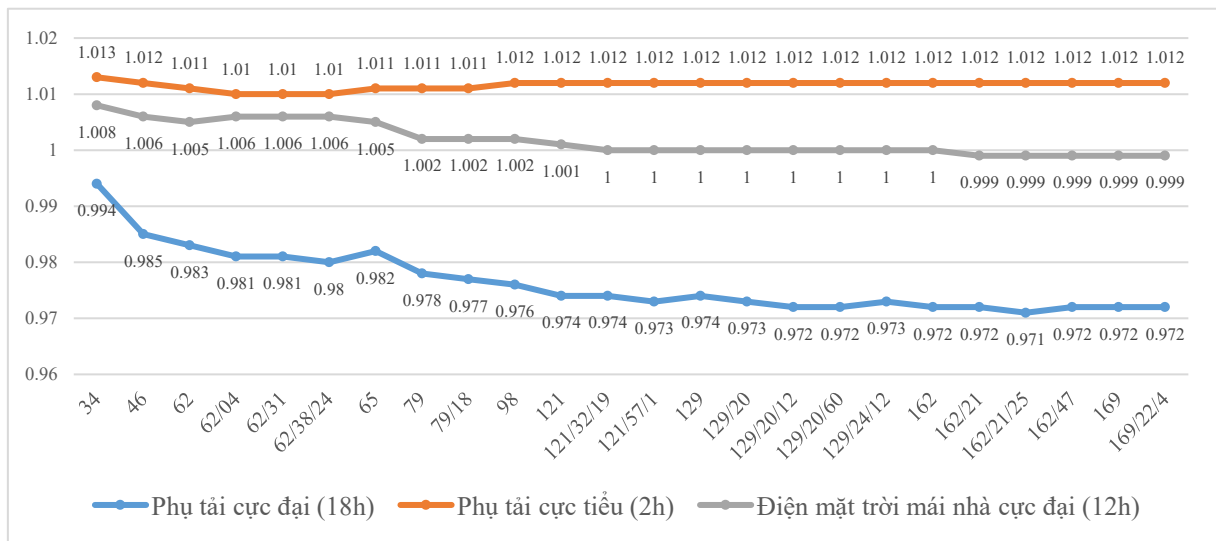
Hình 3.17 Đồ thị phụ tải xuất tuyến 472 khi lưới tăng trưởng.

Mô phỏng cho thấy công suất từ trạm biến áp 110kV E152 phát vào xuất tuyến 472 thời điểm giờ điện thấp điểm (2h) là 1758.273 kW và công suất phát vào thời điểm giờ điện cao điểm (18h) là 7565.908 kW. Mức chênh lệch giữa hai thời điểm lên đến 430%.

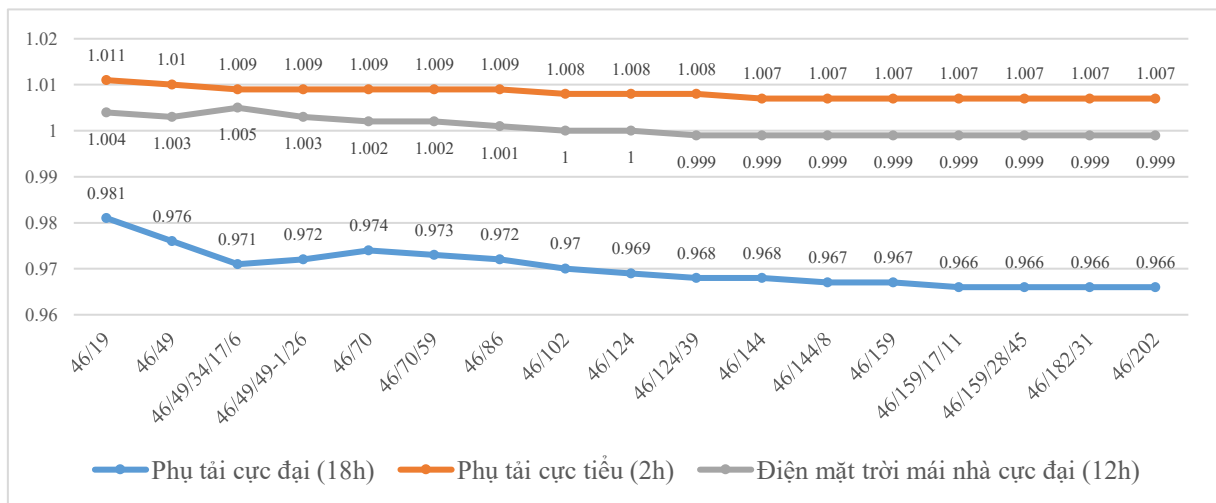
3.4.2. Điện áp

Nhóm tác giả tiến hành đánh giá điện áp tại các nút trong lưới phân phối xuất tuyến 472 Thăng Bình, Quảng Nam sau khi lưới điện phát triển. Thực hiện mô phỏng điện áp tại các nút 22 kV và 0.38 kV tại các thời điểm phụ tải cực đại (18h), cực tiểu (2h), bức xạ mặt trời đạt cực đại (12h).

- Điện áp tại các nút 22 kV:



Hình 3.10 Biểu đồ điện áp tại các nút 22 kV khi lưới phát triển (a).



Hình 3.11 Biểu đồ điện áp tại các nút 22 kV sau khi lưới tăng trưởng (b).

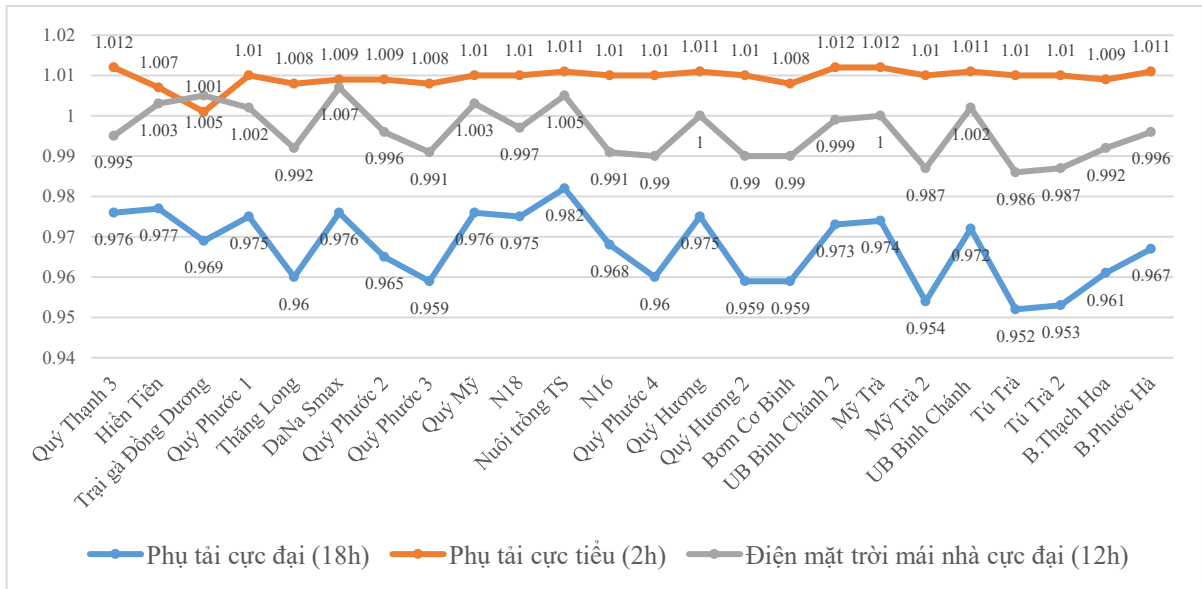
Từ 2 biểu đồ hình 3.10 và 3.11 ta điện áp tại các nút 22kV có xu hướng giảm dần về phía cuối nguồn. Điện áp tại các nút 22kV tại thời điểm tải cực đại sau khi lưới tăng trưởng thấp hơn khoảng 0.22kV so với lưới ban đầu. Trị số điện áp chênh lệch tối đa so với điện áp định mức tại các thời điểm là:

Bảng 3.4 Trị số điện áp chênh lệch so với điện áp định mức các giờ trong ngày

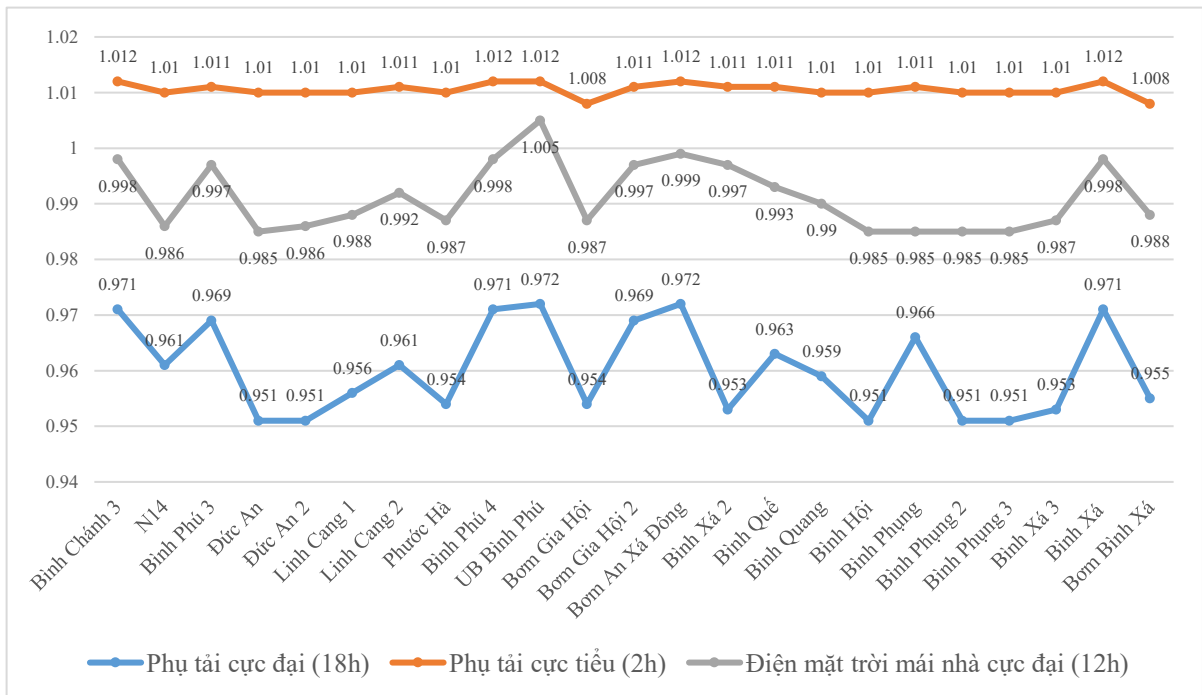
Thời điểm	Mức chênh lệch so với điện áp định mức 22kV
Tải cực đại (18h)	0.966pu – 21.252kV
Tải cực tiểu (2h)	1.013pu – 22.242kV
Bức xạ mặt trời cực đại (12h)	1.008pu – 22.176kV

Điện áp tại các nút 22kV ở các thời điểm trên đều nằm trong giới hạn cho phép $\pm 5\%$ theo quy định.

- Điện áp tại các nút 0.38 kV:

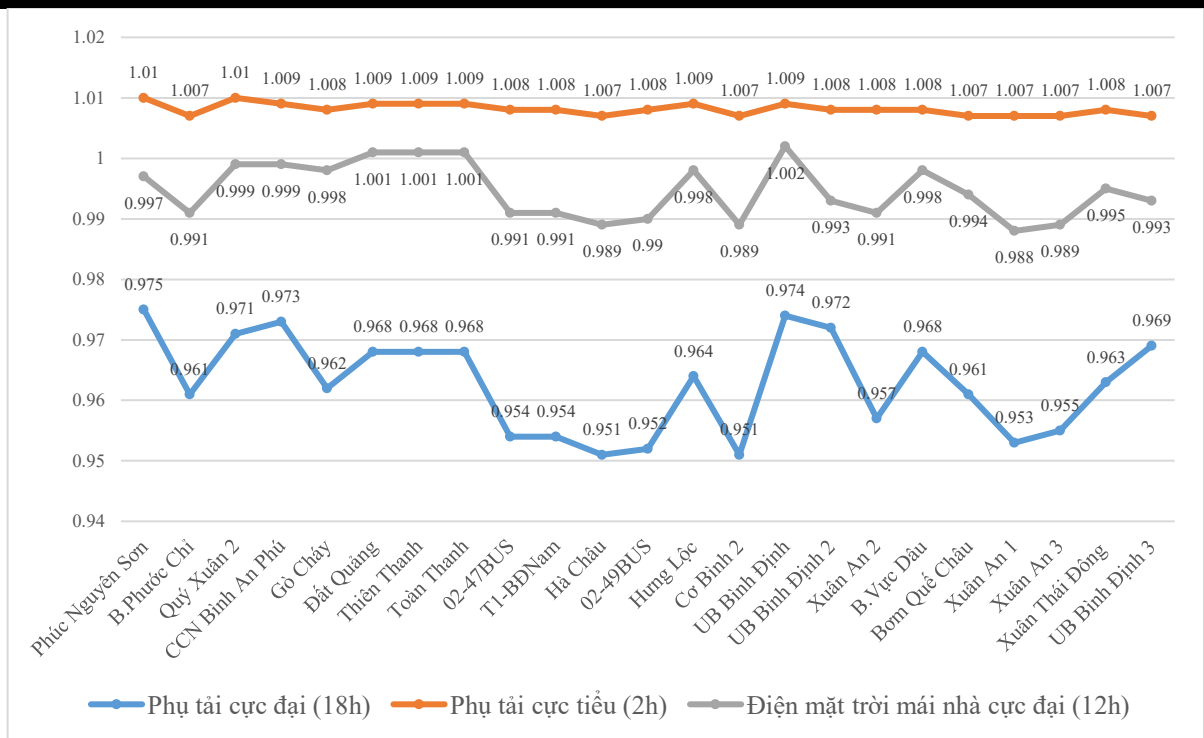


Hình 3.12 Biểu đồ điện áp tại các nút 0.38 kV sau khi lưới phát triển (a).

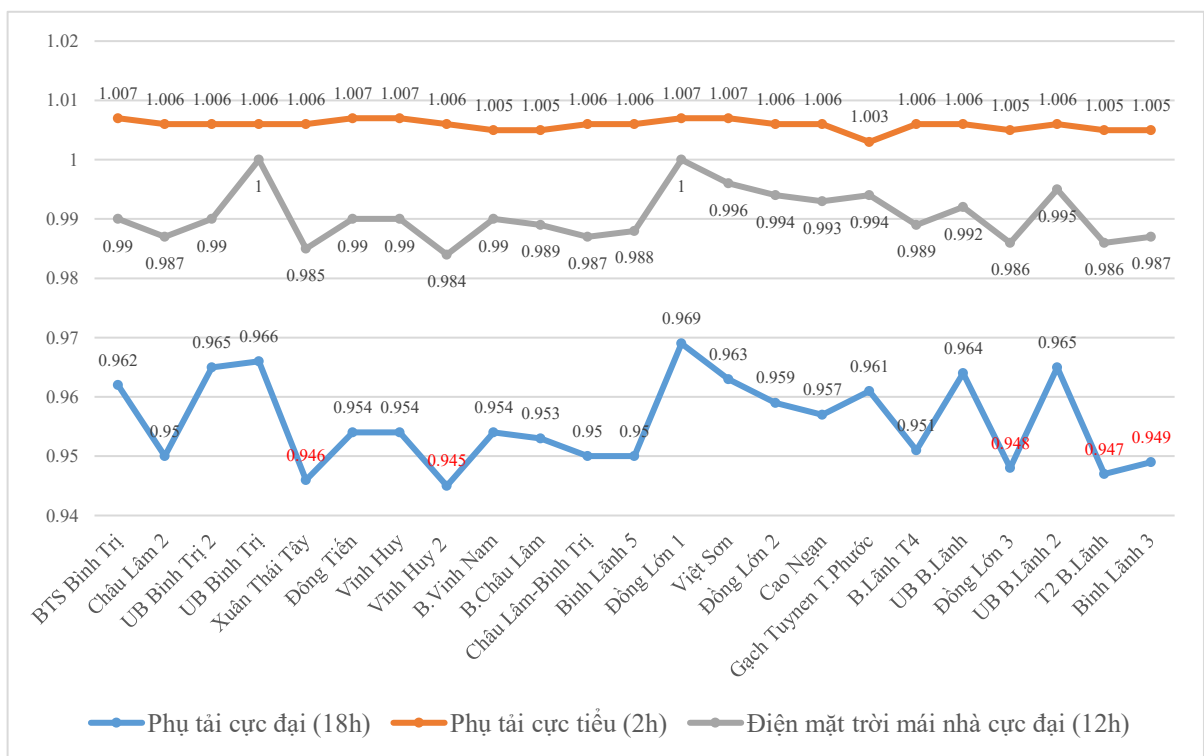


Hình 3.13 Biểu đồ điện áp tại các nút 0.38 kV sau khi lưới phát triển (b).

Đề tài: “Phân tích và đề xuất giải pháp nâng cao hiệu quả vận hành LĐPP huyện Thăng Bình khi có sự tham gia của nguồn điện mặt trời mái nhà.”



Hình 3.14 Biểu đồ điện áp tại các nút 0.38 kV sau khi lưới phát triển (c).

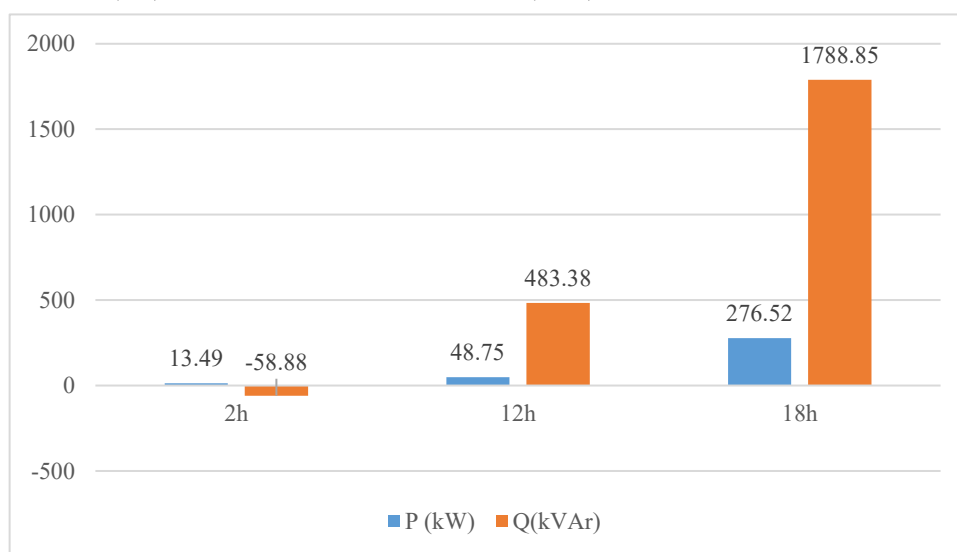


Hình 3.15 Biểu đồ điện áp tại các nút 0.38 kV sau khi lưới phát triển (d).

Kết quả mô phỏng điện áp tại các nút của lưới điện sau tăng trưởng cho thấy ở giờ điện cao điểm điện áp tại các nút 0.38 kV như Vĩnh Huy 2, Xuân Thái Tây, Đông Lớn 3, Bình Lãnh 3, T2 B.Lãnh có mức điện áp thấp hơn 0.95pu vượt quá giới hạn cho phép $\pm 5\%$ theo Điều 5 của thông tư 39/2015/TT-BCT. Điện áp tại các nút có lắp đặt ĐMTMN có xu hướng tăng.

3.4.3. Tổn thất công suất

Nhóm tác giả tính toán tổn thất công suất tại các thời điểm phụ tải cực đại (18h), phụ tải cực tiểu (2h), bức xạ mặt trời đạt đỉnh (12h).

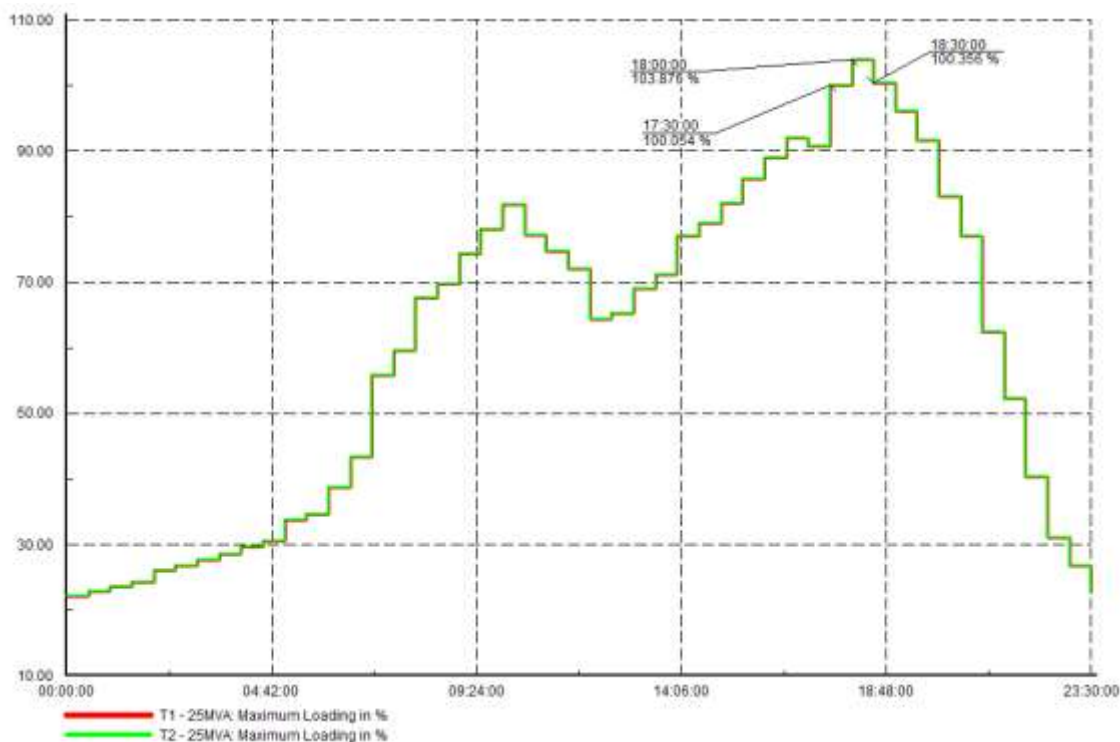


Hình 3.16 Tổn thất công suất của lưới điện sau tăng trưởng.

Từ biểu đồ ta thấy các tải có hệ số công suất thấp nên ở thời điểm tải cực đại tổn thất công suất phản kháng lên đến 1788.85 kVAr.

3.4.4. Khả năng tải của 2 máy biến áp T1, T2 trạm biến áp 110kV Thăng Bình, Quảng Nam

Thực hiện mô phỏng mức mang tải của hai máy biến áp T1, T2 trong một ngày ở thời điểm sau khi lưới tăng trưởng:



Hình 3.18 Mức mang tải của máy biến áp T1, T2 trạm biến áp 110kV Thăng Bình

Kết quả mô phỏng từ hình cho thấy hai máy biến áp T1,T2 trạm biến áp 110kV Thăng Bình quá tải 100.054% từ 17h30 đến 18h, quá tải 103.876% từ 18h đến 18h30 và 100.356% từ 18h30 đến 19h. Mặc dù mức quá tải không lớn và thời gian ngắn (1 giờ 30 phút), nhưng nếu xảy ra liên tục hàng ngày, sẽ ảnh hưởng đến tuổi thọ cách điện và thiết bị phụ trợ. Có thể gây nóng lõi máy, tăng tổn thất điện năng và giảm hiệu suất vận hành.

3.5. Đề xuất giải pháp nâng cao hiệu quả vận hành và so sánh kết quả

Qua các phân tích trên, nhận thấy sau khi lưới tăng trưởng dẫn đến quá tải trạm biến áp 110kV, điện áp ở một số nút bị giảm thấp, tổn thất công suất tăng, lãng phí công suất từ điện mặt trời mái nhà,... Vậy nên để cải thiện hơn về chất lượng điện năng ta áp dụng một số giải pháp.

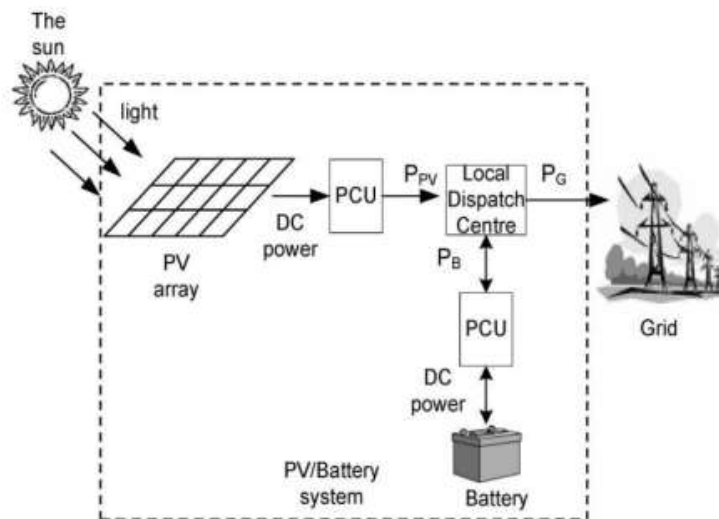
3.5.1. Hệ thống lưu trữ năng lượng

a) Giới thiệu chung

Hệ thống pin lưu trữ năng lượng cho phép lưu trữ điện năng được lấy từ các nguồn năng lượng tái tạo như năng lượng mặt trời hoặc gió cho mục đích sử dụng sau. Hệ thống pin lưu trữ năng lượng đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo khả năng cung cấp năng lượng phù hợp cho các tiện ích, doanh nghiệp và hộ gia đình. Nó tích hợp liền mạch với các hệ thống năng lượng tái tạo, nâng cao độ tin cậy và hiệu quả của các hệ thống này. Hệ thống pin lưu trữ năng lượng là một yếu tố góp phần giảm thiểu các biến động trong việc cung cấp năng lượng, cung cấp nguồn điện năng ổn định và chống lại gián đoạn khả năng cung cấp năng lượng của các lưới điện không ổn định.

- Lõi lưu trữ điện: của BESS thường sử dụng công nghệ pin Lithium hoặc Vanadium, đều là những công nghệ lưu trữ năng lượng tốt nhất hiện nay.

- Về tổ chức: BESS thường được bố trí theo dạng mô-đun (sắp xếp trên các Container/ Box). Có thể vận chuyển dễ dàng, linh hoạt, đáp ứng nhu cầu công suất cục bộ, cũng như vận tải đến những địa điểm cần cung cấp năng lượng.



Hình 3.19 Mô hình một hệ thống PV/pin lưu trữ nối lưới.

b) Vai trò của hệ thống pin lưu trữ

- Tích hợp năng lượng tái tạo:

Hệ thống pin lưu trữ năng lượng lưu trữ năng lượng dư được tạo ra từ các nguồn năng lượng tái tạo như gió và mặt trời. Năng lượng được lưu trữ này sẽ được xả khi nhu

cầu sử dụng vượt quá mức sản xuất. Công nghệ này đóng một vai trò quan trọng trong việc tích hợp năng lượng tái tạo vào lưới điện giúp giải quyết sự mất cân bằng cung cầu vốn có của các nguồn năng lượng tái tạo không liên tục.

- Ổn định lưới điện:

Hệ thống pin lưu trữ năng lượng góp phần ổn định lưới điện bằng cách lưu trữ năng lượng dư trong thời điểm sản xuất nhiều năng lượng và xả khi nhu cầu sử dụng tăng cao. Tính năng này cho phép Hệ thống pin lưu trữ năng lượng giảm đáng kể trường hợp mất điện và đảm bảo cung cấp điện ổn định hơn, đặc biệt là trong điều kiện thời tiết khắc nghiệt.

c) Nguyên lí của các hình thức lưu trữ điện

- Kết hợp với điện lưới:

Hệ thống pin lưu trữ sẽ lưu trữ năng lượng ở thời điểm điện thấp điểm, khi đó giá điện thấp nhất và sử dụng vào thời điểm điện cao điểm lúc mà giá điện cao nhất. Lượng điện sử dụng tương đương với lượng điện đã lưu trữ. Phương pháp này giúp tiết kiệm tiền điện và giảm thiệt hại gây ra khi mất điện vào giờ cao điểm.

- Kết hợp với năng lượng tái tạo:

Hệ thống pin lưu trữ sẽ lưu trữ nguồn điện dư thừa để sử dụng vào những thời gian khác nhằm hạn chế phải sử dụng đến điện lưới, giúp tiết kiệm tiền điện, tránh lãng phí năng lượng,... Ví dụ: buổi tối/ không có nắng (đối với điện mặt trời); trời lặng gió (đối với điện gió),... Ngoài ra, đây cũng là giải pháp để kiểm soát nguồn điện, không phát điện lên lưới khi lưới đã quá tải theo yêu cầu của EVN.

- Kết hợp tính cơ động :

Hệ thống BESS có thể dễ dàng thay đổi công suất, dung lượng hoặc vận chuyển đến lắp đặt ở địa điểm khác theo yêu cầu, giải quyết được tình trạng quá tải cục bộ.

3.5.2. Áp dụng hệ thống pin lưu trữ cho xuất tuyến 472 trạm biến áp 110kV Thăng Bình, Quảng nam

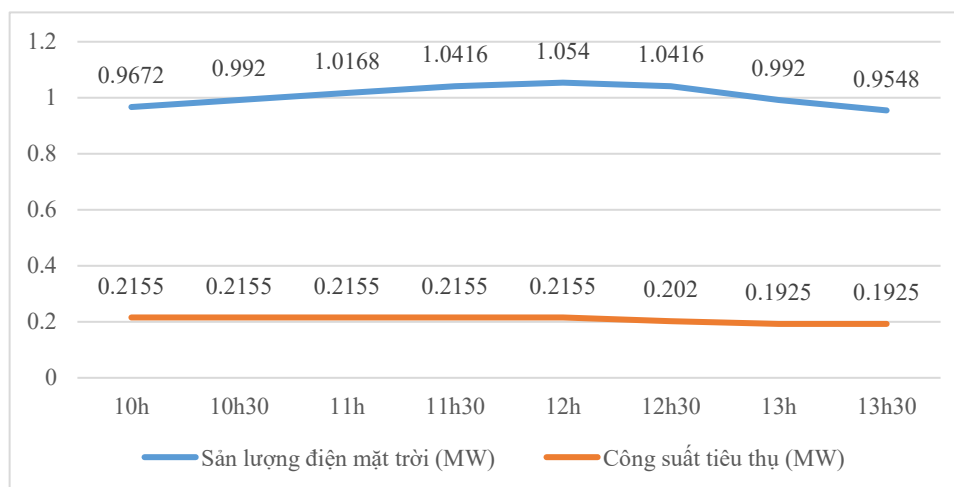
Ta lắp đặt hệ thống BESS tại 2 nút Hiền Tiên và Gạch Tuynen T.Phước với thông số như sau:

Bảng 3.5 Thông số hệ thống pin lưu trữ được lắp đặt[5].

Vị trí	Hiền Tiên	Gạch Tuynen T.Phước
Công suất định mức của pin	4014,08kWh	2007,04kWh
Công suất định mức	2MW	1MW
Điện áp định mức	400V (320V – 460V)	
Loại pin	LiFePO4(LFP)	
Công suất đầu vào tối đa	2400kW	1200kW
Điện áp định mức của pin	716.8V	716.8V
Tốc độ sạc và xả định mức	0.5C	0.5C

a) Thời gian sạc và xả của hệ thống BESS:

Tính toán lượng công suất dư thừa của hệ thống điện mặt trời mái nhà Hiền Tiên



Hình 3.20 Sản lượng điện của điện mặt trời mái nhà Hiền Tiên và mức sử dụng của tải Hiền Tiên.

Điện năng thừa (kWh):

Bảng 3.6 Điện năng thừa của hệ thống ĐMTMN Hiền Tiên.

	10h ÷ 11h	11h ÷ 12h	12h ÷ 13h	13h ÷ 14h	14h ÷ 15h
Hiền Tiên	768.1	817.7	841.05	780.9	609.5
Hiền Tiên (sau tăng trưởng)	725.8	775.4	799.7	742.4	570.2

Đối với hệ thống BESS tại Hiền Tiên ta sạc vào thời điểm lượng công suất phát từ hệ thống điện mặt trời mái nhà Hiền Tiên, ta có thời gian sạc từ 10h đến 14h và thời gian xả từ 17h30 đến 20h30 như sau:

Bảng 3.7 Thời gian và dung lượng sạc của hệ thống pin lưu trữ ở thời điểm hiện tại.

	Thời gian sạc (h)			
	10h ÷ 11h	11h ÷ 12h	12h ÷ 13h	13h ÷ 14h
Điện năng (kWh)	765	815	840	780

Bảng 3.8 Thời gian và dung lượng sạc của hệ thống pin lưu trữ thời điểm sau khi lưới tăng trưởng..

	Thời gian sạc (h)				
	10h ÷ 11h	11h ÷ 12h	12h ÷ 13h	13h ÷ 14h	14h ÷ 15h
Điện năng (kWh)	600	700	700	700	500

Bảng 3.9 Thời gian sạc của hệ thống pin lưu trữ tại Hiền Tiên.

	Thời gian xả (h)		
	17h30 ÷ 18h	18h ÷ 19h	19h ÷ 20h
Điện năng (kWh)	1200	1400	1200

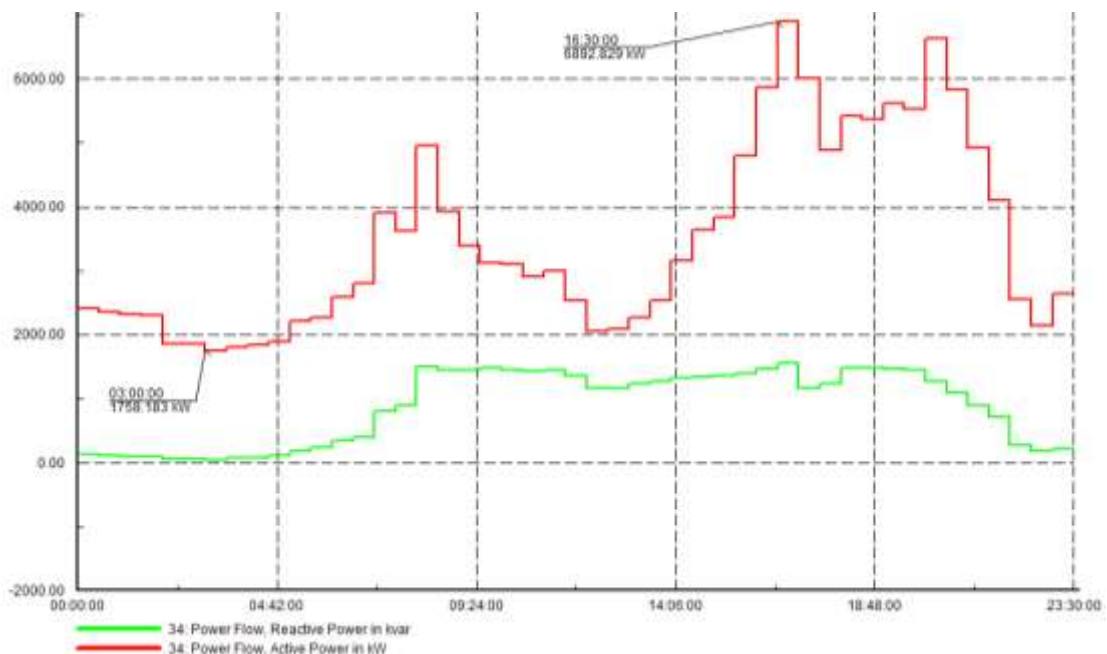
Với hệ thống BESS tại Gạch T.Phước ta sạc vào giờ thấp điểm và xả vào giờ cao điểm.

Bảng 3.10 Thời gian sạc xả của hệ thống pin lưu trữ tại nút Gạch Tuynen T.Phước.

	Thời gian sạc (h)		Thời gian xả (h)		
	23h ÷ 2h	2h ÷ 3h	17h30 ÷ 18h	18h ÷ 19h	19h ÷ 20h
Điện năng (kWh)	500	100	600	700	600

Tổng điện năng sạc/xả của 2 hệ thống BESS Hiền Tiên và Gạch T.Phước lần lượt là 3.2MW và 1.6MW chiếm 80% dung lượng pin của 2 hệ thống.

b) Mô phỏng đồ thị công suất phát tại các thời điểm:



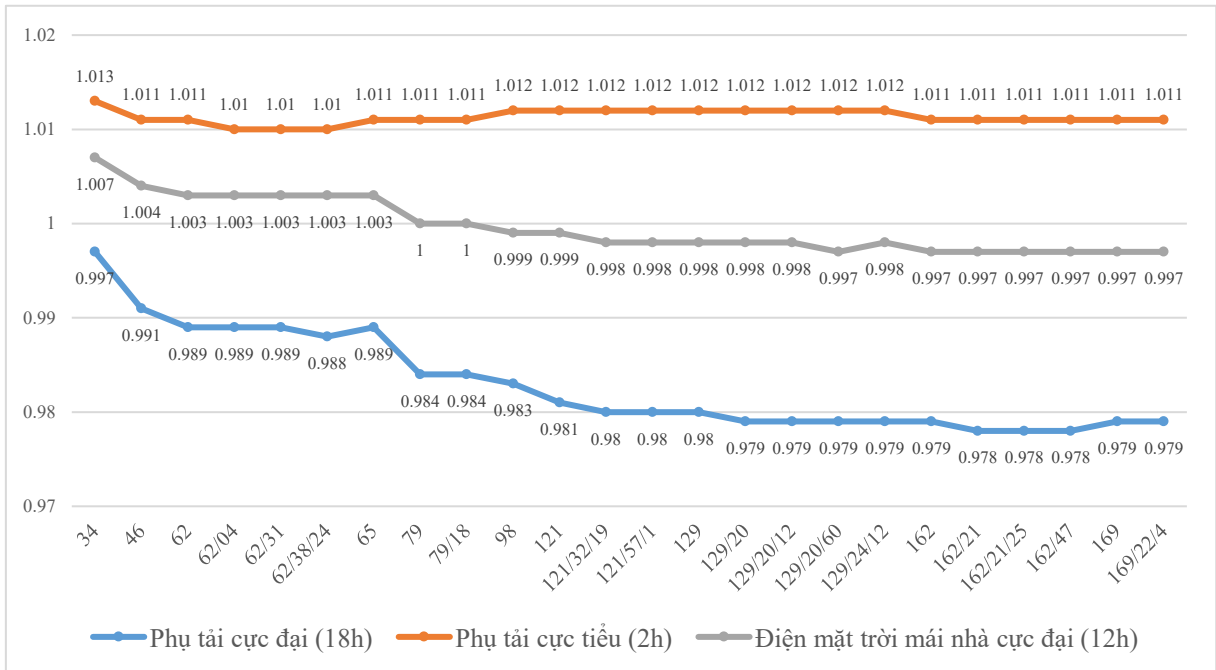
Hình 3.21 Đồ thị phụ tải xuất tuyến 472 khi lưới tăng trưởng và áp dụng hệ thống pin lưu trữ.

Mô phỏng cho thấy công suất từ trạm biến áp 110kV E152 phát vào xuất tuyến 472 thời điểm giờ điện thấp điểm (3h) là 1758.183 kW và công suất phát cực đại lúc 16h30 là 6892.829 kW. Mức chênh lệch là 390%.

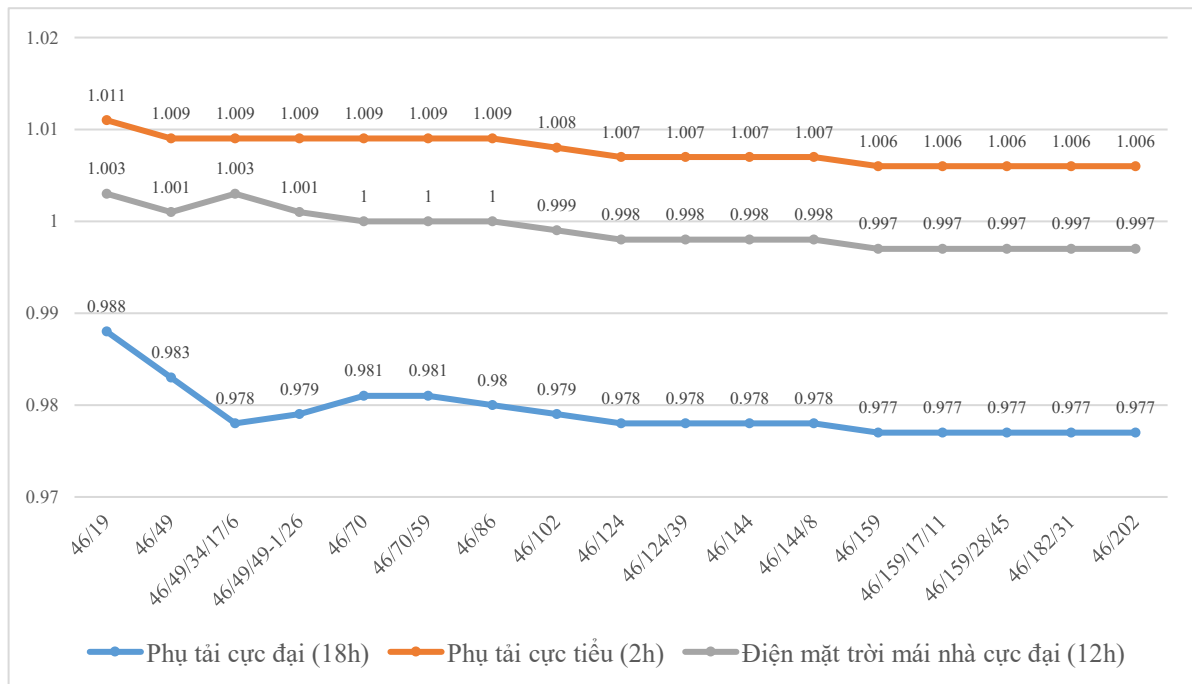
c) Điện áp tại các nút trong lưới phân phối xuất tuyến 472 Thăng Bình, Quảng Nam tại thời điểm sau khi lưới phát triển và có sự tham gia của hệ thống BESS. Nhóm tác giả

thực hiện mô phỏng tại các thời điểm tải cực đại (18h), tải cực tiểu (2h), bức xạ mặt trời cực đại (12h)

- Điện áp tại các nút 22 kV:

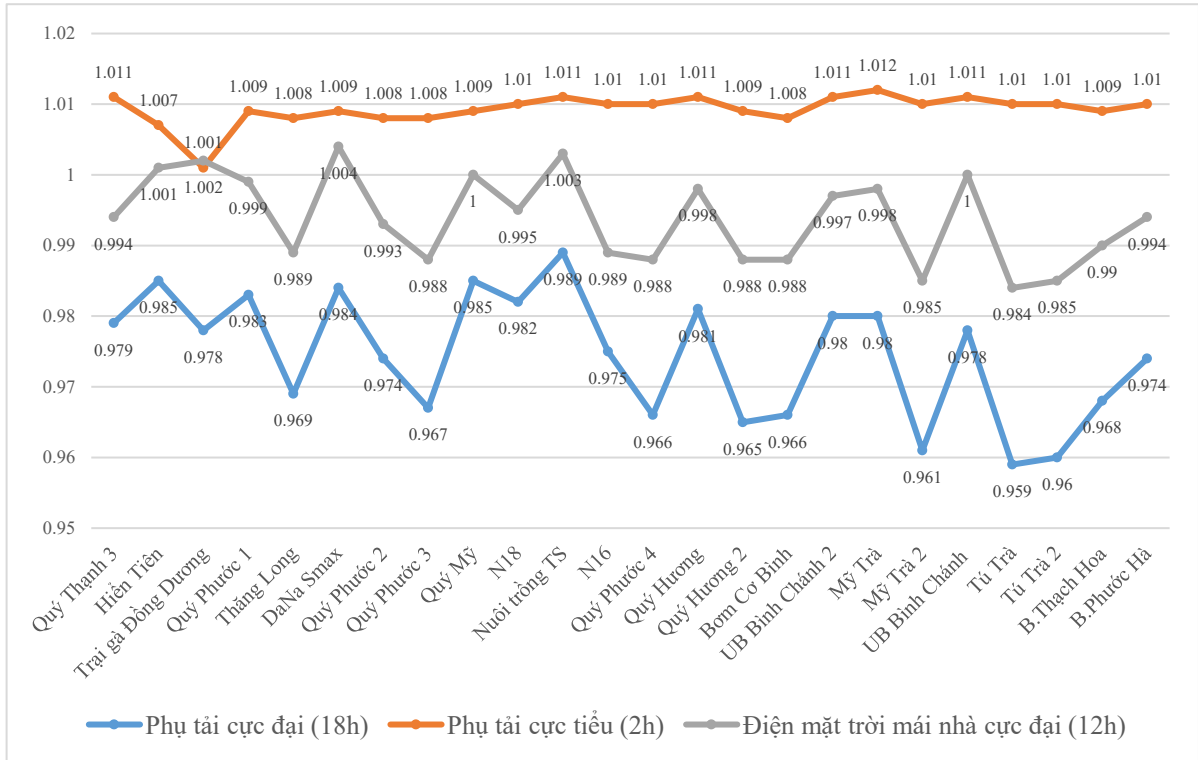


Hình 3.22 Biểu đồ điện áp các nút 22 kV khi có lắp đặt BESS (a).

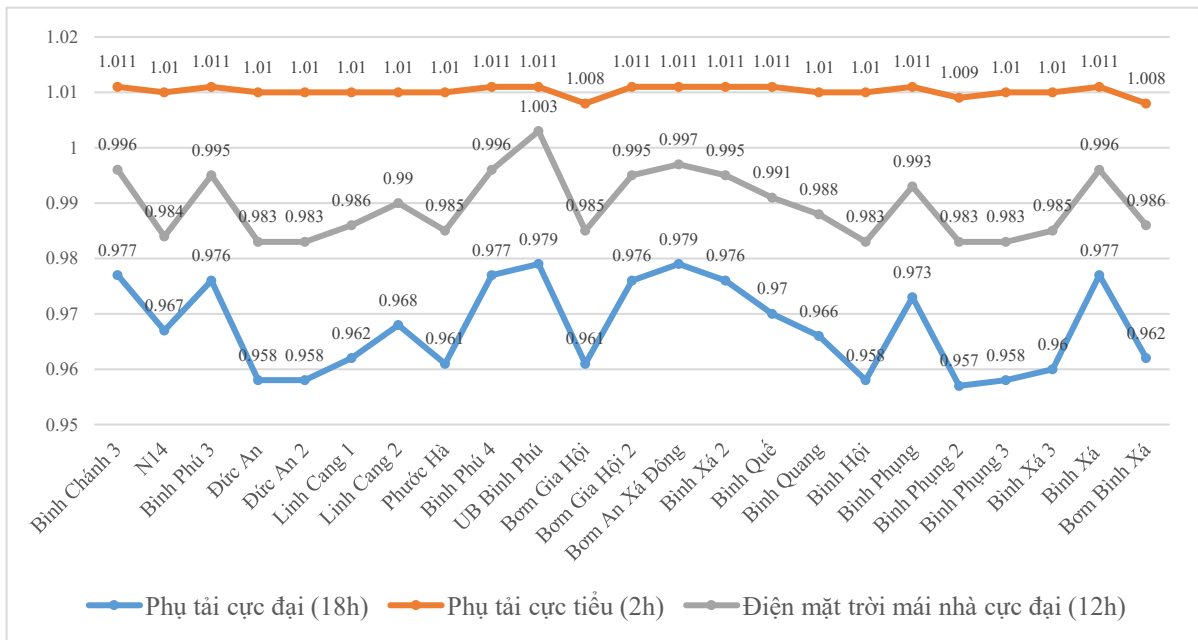


Hình 3.23 Biểu đồ điện áp các nút 22 kV khi có lắp đặt BESS (b).

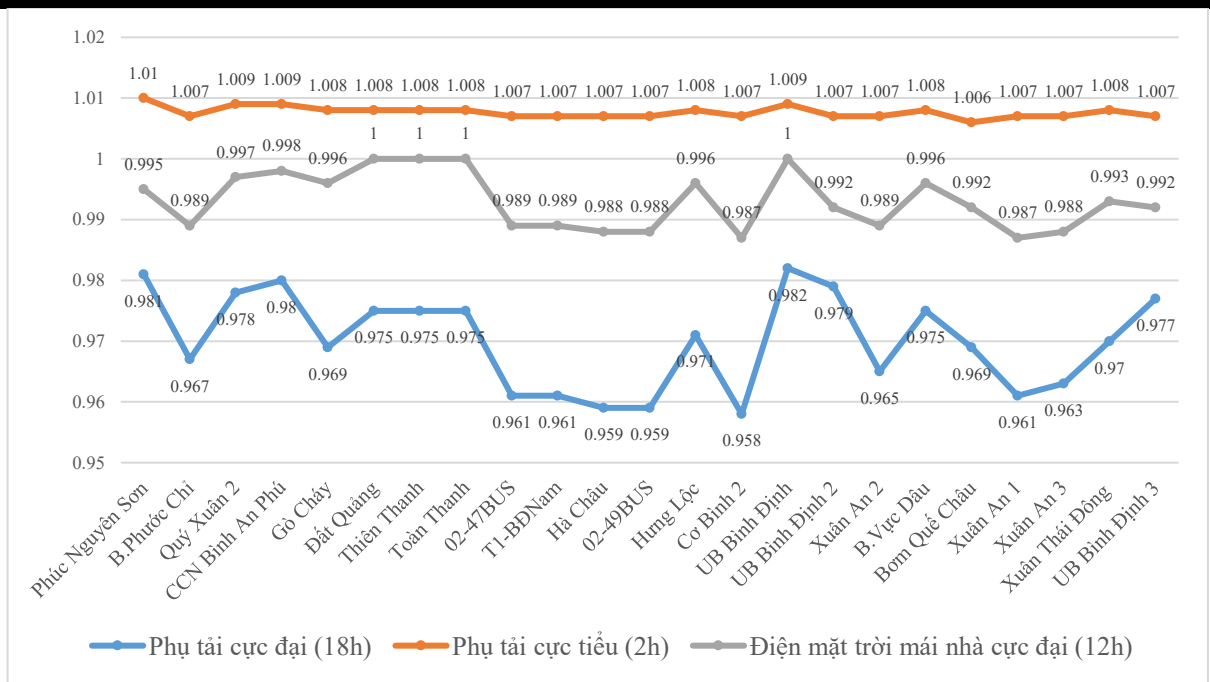
- Điện áp tại các nút 0.38 kV:



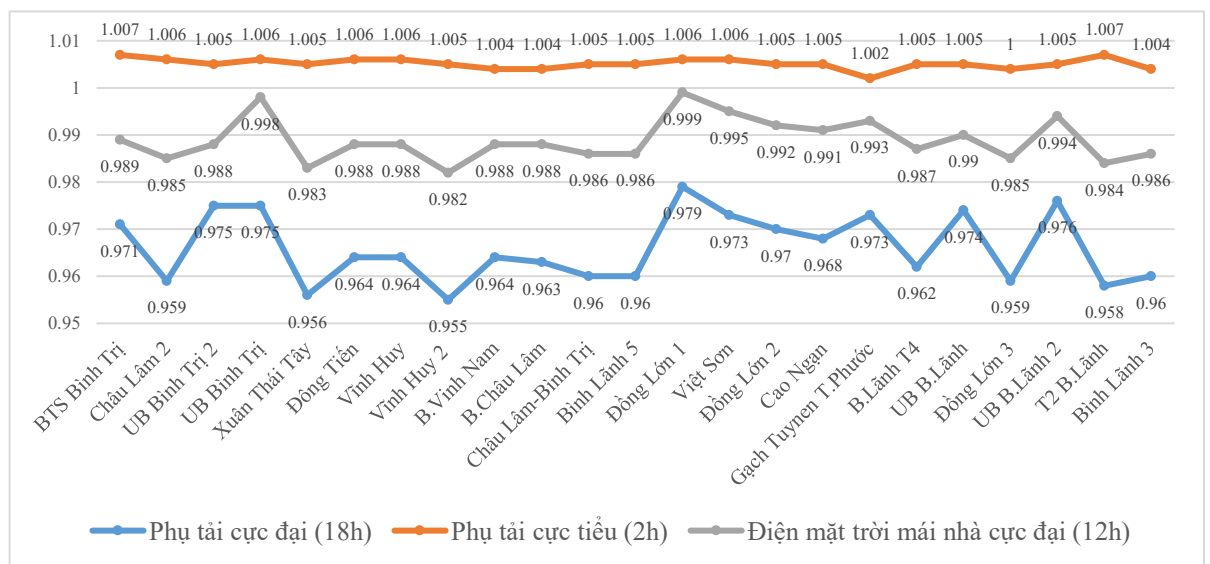
Hình 3.24 Biểu đồ điện áp các nút 0.38 kV khi có lắp đặt BESS (a)



Hình 3.25 Biểu đồ điện áp các nút 0.38 kV khi có lắp đặt BESS (b).



Hình 3.26 Biểu đồ điện áp các nút 0.38 kV khi có lắp đặt BESS (c).



Hình 3.27 Biểu đồ điện áp các nút 0.38 kV khi có lắp đặt BESS (d).

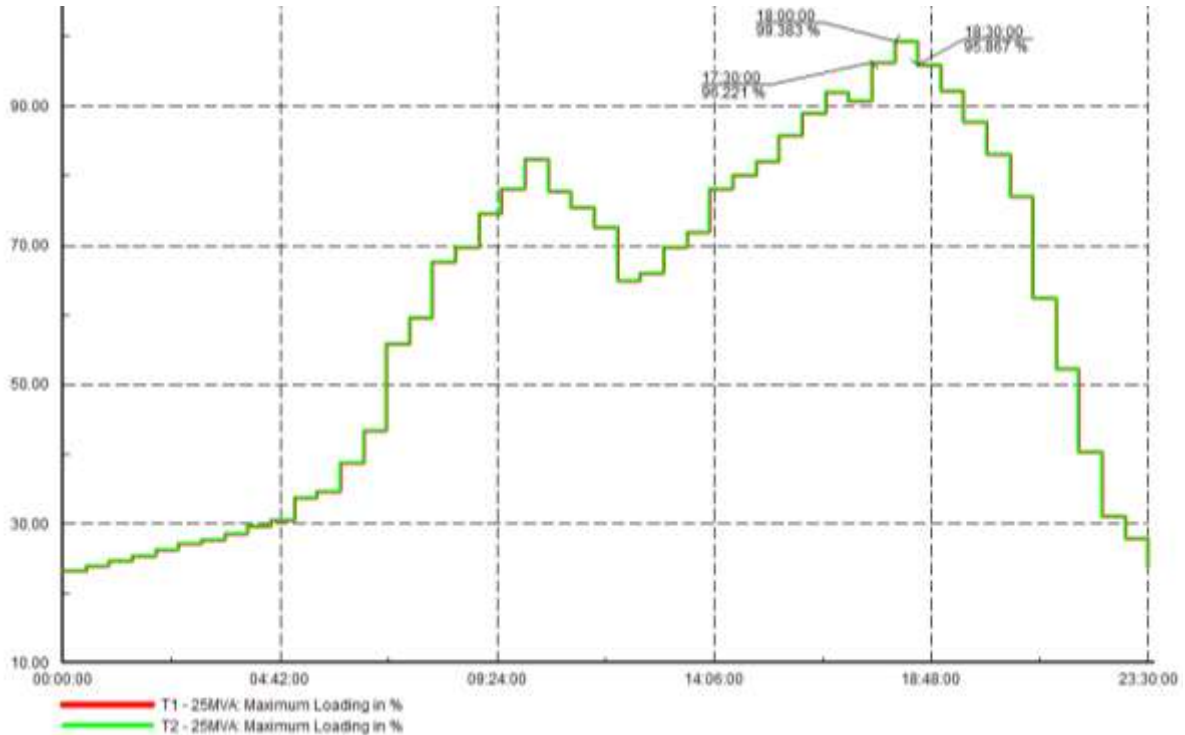
So sánh điện áp các nút 0.38kV quá điện áp trước và sau khi lắp BESS:

Nút	Điện áp sau khi lưới phát triển (kV)	Điện áp sau khi lắp đặt BESS (kV)
Vĩnh Huy 2	0.3591	0.3629
Xuân Thái Tây	0.35948	0.36328
Đông Lớn 3	0.36024	0.36442
Bình Lãnh 3	0.36062	0.3648
T2 B.Lãnh	0.35986	0.36404

Bảng 3.11 Điện áp các nút 0.38kV sau khi lắp BESS

Từ hình 3.24 đến 3.27 có thể thấy lắp đặt hệ thống BESS giúp điện áp tại các nút tăng khoảng 0.38 kV. Qua đó đưa điện áp tại các nút 0.38 kV như Vĩnh Huy 2, Xuân Thái Tây, Đồng Lớn 3, Bình Lãnh 3, T2 B.Lãnh về lại giới hạn cho phép $\pm 5\%$.

d) Khả năng tải của 2 máy biến áp T1, T2 trạm biến áp 110kV Thăng Bình, Quảng Nam khi có sự hỗ trợ của hệ thống BESS



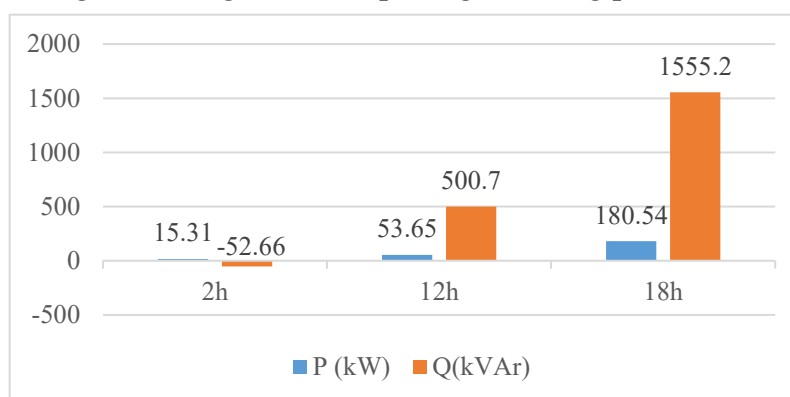
Hình 3.28 Mức mang tải của hai máy biến áp T1, T2 trạm biến áp 110kV Thăng bình sau khi áp dụng hệ thống pin lưu trữ.

Kết quả mô phỏng từ hình cho thấy sau khi áp dụng hệ thống pin lưu trữ thì hai máy biến áp T1, T2 trạm biến áp 110kV Thăng Bình không còn quá tải ở thời điểm 17h30 đến 19h. Mặc dù thay đổi này không phải là quá lớn nhưng nó cũng góp phần giảm chi phí nâng cấp máy biến áp T1, T2 cũng như giảm thời gian mất điện khi nâng cấp máy biến áp.

Bảng 3.12 So sánh mức mang tải của MBA T1, T2

	Lưới điện sau tăng trưởng	Lưới điện lắp đặt BESS
17h30 ÷ 18h	100.054%	96,221%
18h ÷ 18h30	103.876%	98,261%
18h30 ÷ 19h	100.356%	95,867%

e) Tổng thất công suất trong lưới khi áp dụng hệ thống pin lưu trữ



Hình 3.29 Tổng thất công suất của lưới điện sau tăng trưởng và có lắp BESS.

So sánh tổn thất công suất trong lưới điện:

Bảng 3.13 Tổng thất công suất của lưới trước và sau khi có BESS.

Thời gian	Lưới không áp dụng hệ thống pin lưu trữ		Lưới áp dụng hệ thống pin lưu trữ	
	P (kW)	Q (kVAr)	P (kW)	Q (kVAr)
2h	13.49	-58.88	15.31	-52.66
12h	48.75	483.38	53.66	500.7
18h	276.52	1788.85	180.54	1555.2

Từ bảng 3.11 có thể thấy hệ thống pin lưu trữ góp phần làm giảm tổn thất công suất trong lưới điện.

f) Chi phí xây dựng hệ thống BESS và thời gian thu hồi vốn:

Chi phí lắp đặt mỗi 1kW hệ thống BESS: 4.000.000đ/Kw

Tổng công suất lắp đặt: 6MW cho cả hai vị trí Hiện Tiên và Gạch Tuynen T.Phước

→ Chi phí đầu tư cho 6MW: $4.000.000 \times 6.000 = 24.000.000.000$ VNĐ

Với thời gian vay vốn 10 năm thì lãi suất là 3.2%/năm (theo Lãi suất TPCP tháng 5/2025, dữ liệu từ Sở Giao dịch Chứng khoán Hà Nội – HNX). Dự tính thời gian hoàn vốn là 8 năm:

$$\begin{aligned} \rightarrow \text{Tổng chi phí đầu tư: } & 24.000.000.000 + (8 \times 24.000.000.000 \times 0,032) \\ & = 30.144.000.000 \text{ VNĐ} \end{aligned}$$

Lợi nhuận thu được từ hệ thống BESS:

Giá bán điện cho nhóm đối tượng khách hàng ngành sản xuất cho cấp điện áp dưới 6kV [1]:

Bảng 3.14 Giá bán điện [1]

Cấp điện áp dưới 6kV	Giá bán điện (đồng/kWh)
Giờ bình thường	1.987
Giờ thấp điểm	1.300
Giờ cao điểm	3.640

Giá phát điện của loại hình nhà máy điện mặt trời mặt đất ở miền Trung không có hệ thống pin lưu trữ (đồng/kWh) (theo Điều 1 Thông tư số 09/2025/TT-BCT ngày 01 tháng 02 năm 2025 của Bộ trưởng Bộ Công Thương quy định): 1.107,1 (đồng/kWh).

Các khung giờ theo quy định:

Theo khoản 1 Điều 5 Thông tư 16/2014/TT-BCT, thời gian sử dụng điện trong ngày được quy định như sau [1]:

Bảng 3.15 Khung giờ điện [1]

Khung giờ	Quy định
Giờ bình thường điện	- Gồm các ngày từ thứ Hai đến thứ Bảy + Từ 04h00 đến 09h30 (5 giờ và 30 phút); + Từ 11h30 đến 17h00 (5 giờ và 30 phút); + Từ 20h00 đến 22h00 (2 giờ). - Ngày Chủ nhật Từ 04h00 đến 22h00 (18 giờ).
Giờ cao điểm điện	- Gồm các ngày từ thứ Hai đến thứ Bảy + Từ 09h30 đến 11h30 (2 giờ); + Từ 17h00 đến 20h00 (3 giờ). - Ngày Chủ nhật: không có giờ cao điểm.
Giờ thấp điểm điện	Tất cả các ngày trong tuần: từ 22h00 đến 04h00 sáng ngày hôm sau (6 giờ).

Với hệ thống BESS tại Hiền Tiên ta mua điện mặt trời mái nhà và bán lại vào khung giờ 17h30 ÷ 20h:

Bảng 3.16 Giá mua bán điện tại BESS Hiền Tiên.

		Điện năng (kWh/ngày)	Đơn giá (đồng/kWh)	Tổng (đồng/ngày)
Mua		3200	1.107,1	3.542.720
Bán	Từ thứ 2 đến thứ 7	3200	3640	11.648.000
	Chủ nhật	3200	1987	6.358.400

Với hệ thống BESS tại Gạch Tuynen T.Phước ta mua điện vào khung giờ thấp điểm và bán lại vào khung giờ 17h30 ÷ 20h:

Bảng 3.17 Giá mua bán điện tại BESS Gạch Tuynen T.Phước

		Điện năng (kWh/ngày)	Đơn giá (đồng/kWh)	Tổng (đồng/ngày)
Mua		1600	1.300	2.080.000
Bán	Từ thứ 2 đến thứ 7	1600	3640	5.824.000
	Chủ nhật	1600	1987	3.179.200

Một năm có 52 ngày Chủ nhật, doanh thu mỗi năm:

$$(11.648.000 + 5.824.000) \times 313 + (6.358.400 + 3.179.200) \times 52 \\ = 5.964.691.200 \text{ VNĐ}$$

Lợi nhuận mỗi năm:

$$5.964.691.200 - (3.542.720 + 2.080.000) \times 365 = 3.912.398.400 \text{ VNĐ}$$

$$\rightarrow 8 \text{ năm: } 3.912.398.400 \times 8 = 31.299.187.200 \text{ VNĐ} > 30.144.000.000 \text{ VNĐ}$$

Vậy thời gian để dự án thu hồi vốn là 8 năm.

3.6. Kết luận

Chương này đã tiến hành phân tích và đề xuất giải pháp cụ thể nhằm nâng cao hiệu quả vận hành lưới điện phân phối tại Thăng Bình, Quảng Nam trong bối cảnh có sự tham gia của các nguồn điện mặt trời mái nhà. Qua quá trình nghiên cứu và phân tích chi tiết, một số kết luận quan trọng đã được rút ra:

Về việc tuân thủ quy định kỹ thuật

Nghiên cứu đã xác định rõ các quy định về tần số và điện áp trong hệ thống điện phân phối, tạo nền tảng vững chắc cho việc đánh giá chất lượng vận hành lưới điện. Việc tuân thủ nghiêm ngặt các tiêu chuẩn kỹ thuật này là điều kiện tiên quyết để đảm bảo an toàn và hiệu quả trong vận hành hệ thống điện.

Về mô hình mô phỏng và phân tích hiện trạng

Mô hình mô phỏng lưới điện phân phối 22kV xuất tuyến 472 TBA 110kV (E152) Thăng Bình đã được xây dựng tương đối, phản ánh một phần thực trạng vận hành của lưới điện địa phương. Mô hình này không chỉ là công cụ phân tích hiện tại mà có thể là cơ sở để dự báo và đánh giá các kịch bản phát triển trong tương lai.

Kết quả tính toán các chỉ tiêu vận hành hiện tại cho thấy lưới điện Thăng Bình đang hoạt động trong phạm vi cho phép, tuy nhiên đã bộc lộ một số điểm cần cải thiện để đáp ứng nhu cầu phát triển trong tương lai.

Về dự báo và thách thức tương lai

Phân tích kịch bản tải tăng 20% ở giai đoạn từ năm 2026 đến 2030 đã chỉ ra những thách thức đáng kể mà lưới điện sẽ phải đối mặt:

- Sự gia tăng đáng kể về tổn thất điện năng
- Các vấn đề về chất lượng điện áp tại một số nút
- Nguy cơ quá tải tại một số đoạn đường dây và thiết bị

Những vấn đề này đòi hỏi phải có các giải pháp kỹ thuật phù hợp để đảm bảo vận hành ổn định và hiệu quả của lưới điện.

Về giải pháp hệ thống lưu trữ năng lượng

Nghiên cứu đã chứng minh tính hiệu quả của việc áp dụng hệ thống pin lưu trữ năng lượng cho xuất tuyến 472 trạm biến áp 110kV Thăng Bình. Giải pháp này mang lại nhiều lợi ích quan trọng.

Về mặt kỹ thuật:

- Cải thiện đáng kể chất lượng điện áp tại các nút tải.
- Giảm thiểu tổn thất điện năng trên lưới điện.
- Tăng cường khả năng tích hợp các nguồn điện mặt trời mái nhà.
- Nâng cao độ tin cậy cung cấp điện cho khu vực.
- Góp phần san phẳng đồ thị phụ tải, giảm quá tải ở giờ cao điểm.

Về mặt kinh tế:

- Mang lại lợi ích kinh tế khi mua điện giá thấp ở giờ điện thấp điểm, nguồn ĐMTMN và bán ra với giá cao hơn ở giờ điện cao điểm.
- Kết quả phân tích cho thấy hệ thống lưu trữ năng lượng có thể hoàn vốn đầu tư sau 8 năm vận hành.
- Thời gian hoàn vốn này được đánh giá là hợp lý trong bối cảnh đầu tư hạ tầng điện.
- Sau thời gian hoàn vốn, hệ thống sẽ mang lại lợi ích kinh tế bền vững.

Về tích hợp nguồn điện mặt trời mái nhà

Nghiên cứu đã làm rõ vai trò tích cực của các nguồn điện mặt trời mái nhà trong việc:

- Giảm tải cho lưới điện truyền tải.
- Cung cấp năng lượng sạch, bền vững.
- Góp phần đa dạng hóa nguồn cung năng lượng.

KẾT LUẬN

1. Kết luận chung

Đề tài đã thực hiện việc phân tích toàn diện hiệu quả vận hành lưới điện phân phối huyện Thăng Bình khi có sự tham gia của nguồn điện mặt trời mái nhà và đưa ra các giải pháp khả thi để nâng cao hiệu quả vận hành. Nghiên cứu đã chứng minh rằng việc tích hợp hệ thống lưu trữ năng lượng pin (BESS) là một giải pháp hiệu quả để giải quyết các thách thức từ nguồn điện mặt trời không ổn định.

2. Những kết quả đạt được

Về mặt phân tích kỹ thuật:

- Đã xác định được các vấn đề chính của LĐPP Thăng Bình khi tích hợp điện mặt trời mái nhà, bao gồm biến động điện áp, quá tải cục bộ và khó khăn trong điều phối công suất.

- Đã mô phỏng và đánh giá định lượng tác động của nguồn điện mặt trời đến chất lượng điện năng và độ tin cậy cung cấp điện.

Về mặt kinh tế:

- Đã chứng minh tính khả thi kinh tế của việc đầu tư BESS với thời gian thu hồi vốn là 8 năm, cho thấy đây là một khoản đầu tư hiệu quả trong dài hạn.

- .Cung cấp giải pháp cụ thể và khả thi để nâng cao hiệu quả vận hành LĐPP huyện Thăng Bình.

- Tạo cơ sở khoa học để các cơ quan quản lý đưa ra chính sách phát triển điện mặt trời mái nhà hợp lý.

- Đóng góp vào mục tiêu phát triển năng lượng tái tạo và giảm phát thải carbon của quốc gia.

3.Hạn chế của đề tài

Phạm vi địa lý:

- Nghiên cứu chỉ tập trung vào LĐPP huyện Thăng Bình, do đó khả năng tổng quát hóa kết quả cho các địa phương khác có thể bị hạn chế do sự khác biệt về điều kiện địa lý, cơ sở hạ tầng và đặc điểm phụ tải.

- Chưa xem xét đến sự tương tác với lưới điện của các huyện lân cận và tác động lên hệ thống điện khu vực.

Phạm vi thời gian:



- Dữ liệu khảo sát và mô phỏng chỉ trong khoảng thời gian nhất định, có thể chưa phản ánh đầy đủ các biến động theo mùa và các tình huống đặc biệt.





















TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] “BIỂU GIÁ ĐIỆN,” EVN, 2025. [Trực tuyến]. Available: https://evnspc.vn/CMS_BieuGiaDien?categoryId=F02-MNU201904-00000054.
- [2] D. M. E. LLC, “PowerFactory Tutorial,” [Trực tuyến]. Available: <https://www.digsilent.me/dme/filedata/fetch?id=569>. [Đã truy cập 28 2 2025].
- [3] PGS.TS LÊ Kim Hùng, TS. Nguyễn Hữu Hiếu, Giáo trình Giải tích mạng điện, NXB Giáo dục Việt Nam, 2014.
- [4] TS. Trần, Tấn Vinh; TS. Trịnh, Trung Hiếu, Độ tin cậy trong hệ thống điện, NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2023.
- [5] “cntcetltd,” Guangdong Yuqiu Intelligent Technology Co., Ltd, [Trực tuyến]. Available: <https://www.cntcetltd.com/energy-storage-system/63958901.html>. [Đã truy cập 22 04 2025].
- [6] “Cổng thông tin điện tử huyện Thăng Bình,” Vài nét khái quát về lịch sử vùng đất Thăng Bình, 23 12 2021. [Trực tuyến]. Available: <https://thangbinh.quangnam.gov.vn/>. [Đã truy cập 20 5 2025].

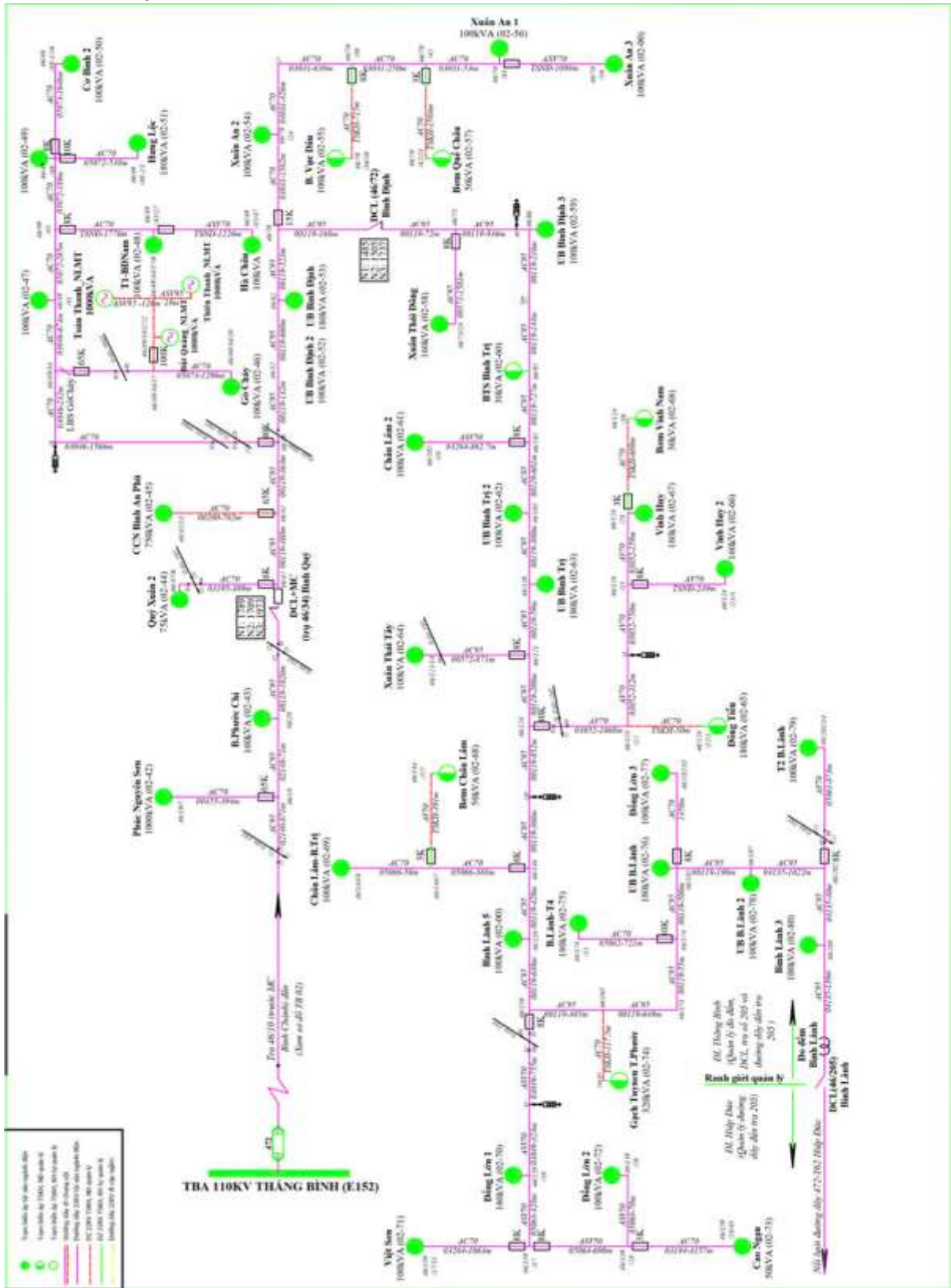
PHỤ LỤC 1

- Biểu tượng, chức năng các công cụ trong phần mềm DIGSILENT PowerFactory

Biểu tượng	Chức năng
	Quản lý dữ liệu
	Chỉnh sửa các đối tượng trong tính toán
	Thời gian mô phỏng các kịch bản
	Kích hoạt mô phỏng các kịch bản
	Xác minh dữ liệu
	Tính trào lưu công suất
	Tính ngắn mạch
	Chỉnh sửa ngắn mạch
	Thực hiện tập lệnh
	Phân tích tính toán đầu ra
	Tài liệu về dữ liệu thiết bị
	So sánh kết quả giữa hai trạng thái bật/tắt
	Chỉnh sửa so sánh kết quả
	Cập nhật dữ liệu
	Lưu kịch bản hiện hành
	Tạm dừng
	Đặt lại tính toán về ban đầu
	Quay lại thao tác trước
	Cài đặt người dùng
	Tối đa của số đồ họa
	Tối đa cửa sổ đầu ra

Biểu tượng		Chức năng
	<ul style="list-style-type: none"> Contingency Analysis Quasi-Dynamic Simulation RMS/EMT Simulation Modal Analysis Harmonics/Power Quality Reliability Analysis Optimal Power Restoration Generation Adequacy Analysis Distribution Network Tools Optimal Capacitor Placement Protection Additional Tools User-defined Tools 	Lựa chọn công cụ <ul style="list-style-type: none"> - Phân tích sự cố - Mô phỏng bán động - Mô phỏng thời gian thực - Mô phỏng sóng hài/chất lượng điện năng - Phân tích độ tin cậy - Khôi phục điện tối ưu - Công cụ cho mạng điện phân phối - Tối ưu vị trí tụ bù - Bảo vệ hệ thống - Công cụ bổ sung - Công cụ do người dùng định nghĩa
		Chế độ đóng băng
		Phóng to
		Trở về kích thước trước khi phóng to
		Tu phóng toàn bản vẽ
		Di chuyển khu vực vẽ
		Chọn theo hình chữ nhật
		Chọn tự do
		Chọn tất cả các thiết bị trong khu vực vẽ
		In
		Định dạng bản vẽ
		Tùy chọn đồ họa
		Tái tạo các công trình
		Chèn đồ họa mới
		Chèn đồ họa hiện có
		Tô màu sơ đồ
		Các lớp đồ họa
		Hiện thị khối tiêu đề
		Hiện thị khối ghi chú
		Hiện thị khối màu ghi chú

- Sơ đồ nguyên lí xuất tuyến 472 TBA 110 kV Thăng Bình Quảng Nam đoạn sau MC Bình Quý:



PHỤ LỤC 3

Dữ liệu các trạm biến áp 22/0,38kV:

Tên TBA	Công suất TBA (MVA)	Tên TBA	Công suất TBA (MVA)
02-47 T	0.1	CCN Binh An Phu	0.75
02-49 T	0.1	Cao Ngan T	0.05
B Vuc Dau T	0.1	Chau Lam - B.Tri T	0.1
B.Lanh-T4 T	0.18	Chau Lam 2 T	0.1
B.Phuoc Chi T	0.16	Co Binh 2 T	0.1
B.Phuoc Ha T	0.05	DaNa Smart NLTT T	0.25
B.Thach Hoa T	0.18	Dat Quang T	1.
BTS Binh Tri T	0.03	Dong Lon 1 T	0.16
Binh Chanh 3 T	0.16	Dong Lon 2 T	0.1
Binh Hoi T	0.1	Dong Lon 3 T	0.1
Binh Lanh 3 T	0.1	Dong Tien T	0.18
Binh Lanh 5 T	0.1	Duc An 2 T	0.1
Binh Phu 3 T	0.1	Duc An T	0.1
Binh Phu 4 T	0.16	Gach Tuynen T.Phuoc T	1.
Binh Phung 2 T	0.1	Go Chay T	0.1
Binh Phung 3 T	0.1	Ha Chau T	0.1
Binh Phung T	0.1	Hung Loc T	0.18
Binh Quang T	0.18	Linh Cang 1 T	0.05
Binh Que T	0.1	Linh Cang 2 T	0.1
Binh Xa 2 T	0.1	My Tra 2 T	0.1
Binh Xa 3 T	0.1	My Tra T	0.16
Binh Xa T	0.18	N14 T	0.03
Bom An Xa Dong T	0.18	N16 T	0.03
Bom Binh Xa T	0.05	N18 T	0.03
Bom Chau Lam T	0.05	Nuoi Trong TS T	0.05
Bom Co Binh T	0.32	Phuc Nguyen Son - T	1.
Bom Gia Hoi 2 T	0.1	Phuoc Ha T	0.1
Bom Gia Hoi T	0.1	Quy Huong 2 T	0.1
Bom Que Chau T	0.05	Quy Huong T	0.16
Bom Vinh Nam T	0.03	Quy My T	0.18

Tên TBA	Công suất TBA (MVA)	Tên TBA	Công suất TBA (MVA)
Quy Phuoc 1 T	0.16	UB Binh Dinh 2 T	0.1
Quy Phuoc 2 T	0.1	UB Binh Dinh 3 T	0.1
Quy Phuoc 3 T	0.1	UB Binh Dinh T	0.18
Quy Phuoc 4 T	0.1	UB Binh Phu T	0.18
Quy Thanh 3 T	0.1	UB Binh Tri 2 T	0.1
Quy Xuan 2 T	0.075	UB Binh Tri T	0.18
T1-BDNam T	0.1	Viet Son T	0.1
T2 B.Lanh T	0.1	Vinh Huy 2 T	0.16
Hien Tien NLMT	1.25	Vinh Huy T	0.18
Trai Ga Dong Duong_NLMT	1.	Xuan An 1 T	0.1
Thang Long T	0.18	Xuan An 2 T	0.1
Thien Thanh T	1.25	Xuan An 3 T	0.1
Toan Thanh T	1.	Xuan Thai Dong T	0.16
Tu Tra 2 T	0.1	Xuan Thai Tay T	0.1
Tu Tra T	0.1	UB B.Lanh T	0.18
UB B.Lanh 2 T	0.1	UB Binh Chanh 2 T	0.1
UB Binh Chanh T	0.18		

- Dữ liệu đường dây thuộc xuất tuyến 472:

STT	Tên đường dây	Loại đường dây	Chiều dài (km)	Dòng điện định mức (kA)	R' (Ohm)	X' (Ohm)
1	79/18 - 79/18-1/11	AXV70	1.02	0.2	0.443	0.4
2	46/70/43 - 46/70/59	AXV70	0.071	0.2	0.443	0.4
3	46/49/45/27 - 46/49/45/47	AXV70	1.022	0.2	0.443	0.4
4	162/21/16 - 162/24/16/10	AXV70	0.19	0.2	0.443	0.4
5	162/21/16 - 162/21/25	AXV70	0.5	0.2	0.443	0.4
6	162/21/15 - 162/21/16	AXV70	0.704	0.2	0.443	0.4
7	129/20/12 - 129/20/12/2	AXV70	0.365	0.2	0.443	0.4
8	79/18 - 79/18-2/9	AV70	0.63	0.2	0.46	0.34
9	46/202 - 46/202/14	AV70	0.42	0.2	0.46	0.34
10	46/124/25/5 - 46/124/25	AV70	0.871	0.2	0.46	0.34

STT	Tên đường dây	Loại đường dây	Chiều dài (km)	Dòng điện định mức (kA)	R' (Ohm)	X' (Ohm)
11	46/124/25 - 46/124/28	AV70	1.218	0.2	0.46	0.34
12	46/124/12 - 46/124	AV70	0.2	0.2	0.46	0.34
13	46/124/12 - 46/124/25	AV70	0.059	0.2	0.46	0.34
14	169/22 - 169/22/4	AV70	0.3	0.2	0.46	0.34
15	162/11A - 162/12A	AV70	0.601	0.2	0.46	0.34
16	129/20/9 - 129/20/12	AV70	1	0.2	0.46	0.34
17	129/20/26 - 129/20/60	AV70	0.058	0.2	0.46	0.34
18	129/20/12 - 129/20/26	AV70	0.9	0.2	0.46	0.34
19	129 - 129/3	AV70	1	0.2	0.46	0.34
20	121/57 - 121/57/1	AV70	0.842	0.2	0.46	0.34
21	121/32/19 - 121/32/19/17	AV70	0.63	0.2	0.46	0.34
22	46/49/34 - 46/49/34/17	AV50	0.728	0.2	0.46	0.34
23	46/144/7 - 46/144/7/7	AV50	0.1	0.2	0.46	0.34
24	62/04 - 62/04/03	ASV95	0.12	0.24	0.3	0.4
25	62/38 - 62/38/24	ASV70	1.333	0.2	0.4218	0.42
26	46/159/29 - 46/159/28	ASV50	0.1	0.18	0.595	0.42
27	46/159/17 - 46/159/28	ASV50	0.053	0.18	0.595	0.42
28	46/159/10 - 46/159/17	ASV50	0.25	0.18	0.595	0.42
29	46/159 - 46/159/10	ASV50	1	0.18	0.595	0.42
30	46/102/10 - 46/102	ASV50	0.639	0.18	0.595	0.42
31	169/4A - 169/22	ASV50	0.426	0.18	0.595	0.42
32	169 - 169/4A	ASV50	1.582	0.18	0.595	0.42
33	Toan Thanh HV - 46/49/34/17/6	AC95	0.12	0.25	0.33	0.318
34	Thien Thanh HV - 46/49/34/17/6	AC95	0.019	0.25	0.33	0.318
35	46/49/34/17/2 - 46/49/34/17/6	AC95	0.1	0.25	0.33	0.318
36	46/49/34/17 - 46/49/34/17/2	AC95	0.1	0.25	0.33	0.318
37	46/92 - 46/102	AC95	0.285	0.25	0.33	0.318
38	46/86 - 46/92	AC95	1.296	0.25	0.33	0.318
39	46/73/24 - 46/73	AC95	0.674	0.25	0.33	0.318

STT	Tên đường dây	Loại đường dây	Chiều dài (km)	Dòng điện định mức (kA)	R' (Ohm)	X' (Ohm)
40	46/73 - 46/86	AC95	1.798	0.25	0.33	0.318
41	46/72 - 46/73	AC95	0.702	0.25	0.33	0.318
42	46/70 - 46/72	AC95	0.309	0.25	0.33	0.318
43	46/62 - 46/70	AC95	0.394	0.25	0.33	0.318
44	46/52 - 46/62	AC95	1.45	0.25	0.33	0.318
45	46/49 - 46/52	AC95	0.721	0.25	0.33	0.318
46	46/42 - 49/49	AC95	9.31	0.25	0.33	0.318
47	46/37 - 46/42	AC95	1.063	0.25	0.33	0.318
48	46/203 - 46/202	AC95	1	0.25	0.33	0.318
49	46/20 - 46/37	AC95	1	0.25	0.33	0.318
50	46/19 - 46/20	AC95	0.68	0.25	0.33	0.318
51	46/187 - 46/202	AC95	0.05	0.25	0.33	0.318
52	46/182 - 46/187	AC95	1	0.25	0.33	0.318
53	46/174 - 46/182	AC95	0.16	0.25	0.33	0.318
54	46/165 - 46/174	AC95	0.601	0.25	0.33	0.318
55	46/159 - 46/165	AC95	1.116	0.25	0.33	0.318
56	46/150 - 46/159	AC95	0.692	0.25	0.33	0.318
57	46/144 - 46/150	AC95	1.714	0.25	0.33	0.318
58	46/124/14 - 46/121	AC95	0.847	0.25	0.33	0.318
59	46/124 - 46/144	AC95	1.446	0.25	0.33	0.318
60	46/121 - 46/124	AC95	0.77	0.25	0.33	0.318
61	46/120 - 46/121	AC95	0.847	0.25	0.33	0.318
62	46/105 - 46/121	AC95	1	0.25	0.33	0.318
63	46/102 - 46/105	AC95	0.1	0.25	0.33	0.318
64	46 - 46/19	AC95	1.386	0.25	0.33	0.318
65	79/18 - 79/19	AC70	0.663	0.2	0.471	0.359
66	79 - 79/18	AC70	0.795	0.2	0.471	0.359
67	65 - 65/1	AC70	0.79	0.2	0.471	0.359
68	62/38 - 62/50	AC70	0.1	0.2	0.471	0.359
69	62/31/11 - 62/31	AC70	0.093	0.2	0.471	0.359
70	62/31 - 62/38	AC70	0.3	0.2	0.471	0.359
71	62/30 - 62/31	AC70	0.15	0.2	0.471	0.359

STT	Tên đường dây	Loại đường dây	Chiều dài (km)	Dòng điện định mức (kA)	R' (Ohm)	X' (Ohm)
72	62/22 - 62/30	AC70	0.569	0.2	0.471	0.359
73	62 - 62/04	AC70	1.574	0.2	0.471	0.359
74	62 - 22	AC70	0.03	0.2	0.471	0.359
75	46/70/42 - 46/70/43	AC70	0.092	0.2	0.471	0.359
76	46/70/36 - 46/70/42	AC70	0.134	0.2	0.471	0.359
77	46/70/36 - 46/70/36/10	AC70	1.815	0.2	0.471	0.359
78	46/70/27 - 46/70/36	AC70	1.54	0.2	0.471	0.359
79	46/70/24 - 46/70/27	AC70	1.1	0.2	0.471	0.359
80	46/70 - 46/70/24	AC70	3.115	0.2	0.471	0.359
81	46/49/49 - 46/49/49-2/1	AC70	0.1298	0.2	0.471	0.359
82	46/49/49 - 46/49/49-1/26	AC70	0.05	0.2	0.471	0.359
83	46/49/49 - 46/49/45	AC70	1.128	0.2	0.471	0.359
84	46/49/45 - 46/49/45/27	AC70	1.653	0.2	0.471	0.359
85	46/49/41 - 46/49/45	AC70	0.18	0.2	0.471	0.359
86	46/49/34/20 - 46/49/34/17	AC70	0.211	0.2	0.471	0.359
87	46/49/34 - 46/49/41	AC70	0.03	0.2	0.471	0.359
88	46/49 - 46/49/34	AC70	2.532	0.2	0.471	0.359
89	46/42/13 - 46/42	AC70	0.95	0.2	0.471	0.359
90	46/37/6 - 46/37	AC70	1.463	0.2	0.471	0.359
91	46/19 - 46/49/7	AC70	0.691	0.2	0.471	0.359
92	46/182 - 46/182/32	AC70	0.167	0.2	0.471	0.359
93	46/174/11 - 46/174	AC70	0.141	0.2	0.471	0.359
94	46/159/28 - 46/159/28/45	AC70	0.005	0.2	0.471	0.359
95	46/159/17 - 46/159/17/11	AC70	1.02	0.2	0.471	0.359
96	46/144/7 - 46/144/8	AC70	0.071	0.2	0.471	0.359
97	46/144/7 - 46/144	AC70	1.022	0.2	0.471	0.359
98	46/124/28 - 46/124/39	AC70	0.19	0.2	0.471	0.359
99	46/124/12/1 - 46/124/12	AC70	0.5	0.2	0.471	0.359
100	166/46/165	AC70	0.704	0.2	0.471	0.359
101	162/24 - 162/47	AC70	0.365	0.2	0.471	0.359
102	129/24/12 - 129/24/12/11	AC70	0.63	0.2	0.471	0.359
103	129/24 - 129/24/12	AC70	0.42	0.2	0.471	0.359

STT	Tên đường dây	Loại đường dây	Chiều dài (km)	Dòng điện định mức (kA)	R' (Ohm)	X' (Ohm)
104	126 - 126/10	AC70	0.871	0.2	0.471	0.359
105	121/33 - 121/57	AC70	1.218	0.2	0.471	0.359
106	121/32 - 121/33	AC70	0.2	0.2	0.471	0.359
107	121/32 - 121/32/19	AC70	0.059	0.2	0.471	0.359
108	121/20 - 121/32	AC70	0.3	0.2	0.471	0.359
109	121 - 121/20	AC70	0.601	0.2	0.471	0.359
110	46/70/42 - 46/70/42/23	AC50	1	0.18	0.664	0.369
111	162/21 - 162/24	AC50	0.058	0.18	0.664	0.369
112	162/21 - 162/21/15	AC50	0.9	0.18	0.664	0.369
113	162/11A - 162/21	AC50	1	0.18	0.664	0.369
114	162 - 162/11A	AC50	0.842	0.18	0.664	0.369
115	160 - 160/2	AC50	0.63	0.18	0.664	0.369
116	159 - 159/2	AC50	0.728	0.18	0.664	0.369
117	129/24/12 - 129/24/13	AC50	0.1	0.18	0.664	0.369
118	129/24 - 129/25	AC50	0.12	0.18	0.664	0.369
119	129/20 - 129/24	AC50	1.333	0.18	0.664	0.369
120	129/20 - 129/20/9	AC50	0.1	0.18	0.664	0.369
121	129/2 - 129/20	AC50	0.053	0.18	0.664	0.369
122	129/1A - 129/1	AC50	0.25	0.18	0.664	0.369
123	129/1 - 129/2	AC50	1	0.18	0.664	0.369
124	129 - 129/1A	AC50	0.639	0.18	0.664	0.369
125	98 - 121	AC120	0.426	0.415	0.279	0.342
126	79 - 98	AC120	1.582	0.415	0.279	0.342
127	77 - 79	AC120	0.338	0.415	0.279	0.342
128	65 - 77	AC120	1.646	0.415	0.279	0.342
129	63 - 65	AC120	0.188	0.415	0.279	0.342
130	62 - 63	AC120	1.77	0.415	0.279	0.342
131	46 - 62	AC120	0.285	0.415	0.279	0.342
132	34 - 46	AC120	1.296	0.415	0.279	0.342
133	162 - 169	AC120	0.674	0.415	0.279	0.342
134	160 - 162	AC120	1.798	0.415	0.279	0.342
135	159 - 160	AC120	0.702	0.415	0.279	0.342

STT	Tên đường dây	Loại đường dây	Chiều dài (km)	Dòng điện định mức (kA)	R' (Ohm)	X' (Ohm)
136	152 - 34	AC120	0.309	0.415	0.279	0.342
137	148 - 159	AC120	0.394	0.415	0.279	0.342
138	129 - 148	AC120	1.45	0.415	0.279	0.342
139	126 - 129	AC120	0.721	0.415	0.279	0.342
140	123 - 126	AC120	9.31	0.415	0.279	0.342
141	122 - 123	AC120	1.063	0.415	0.279	0.342
142	121 - 122	AC120	1	0.415	0.279	0.342

PHỤ LỤC 4

- Công suất tại các tải thời điểm tải cực đại (18h)

Tải	Công suất tác dụng (kW)	Công suất phản kháng (kVAr)	Hệ số công suất
A.02-47	59.998	19.721	0.95
A.2-49	59.998	23.666	0.93
B.Lanh-T4	95.997	32.007	0.95
B.Phuoc Chi	113.996	38.004	0.95
B.Phuoc Ha	26.399	-4.8	0.98
B.Thach Hoa	95.996	25.108	0.97
B.Vuc Dau	17.391	5.958	0.95
BTS Binh Tri	9.24	2.52	0.96
Binh Chanh 3	70.798	-16.774	0.97
Binh Hoi	62.694	22.525	0.94
Binh Lanh 3	61.198	14.401	0.97
Binh Lanh 5	53.998	19.2	0.94
Binh Phu 3	47.999	-11.999	0.97
Binh Phu 4	43.199	-8.399	0.98
Binh Phung	56.398	-14.399	0.97
Binh Phung 2	53.997	27.6	0.89
Binh Phung 3	63.597	21.2	0.95
Binh Quang	82.797	27.6	0.95
Binh Que	60.098	-7.001	0.99
Binh Xa	81.35	-23.111	0.96
Binh Xa 2	52.49	-17.272	0.95
Binh Xa 3	59.997	20.4	0.95
Bom An Xa Dong	49.199	-15.599	0.95
Bom Binh Xa	25.199	9.6	0.93
Bom Chau Lam	25.199	6	0.97
Bom Co Binh	141.175	90.786	0.84
Bom Gia Hoi	59.997	20.4	0.95
Bom Gia Hoi 2	46.799	-13.199	0.96
Bom Que Chau	20.4	4.8	0.97
Bom Vinh Nam	13.2	3.6	0.96
CCN Binh An Phu	364.553	87.354	0.97
Cao Ngan	16.156	3.507	0.98
Chau Lam - B.Tri	61.198	16.801	0.96
Chau Lam 2	59.998	24	0.93
Co Binh 2	63.35	25.152	0.93
DaNa SMax(2)	41.999	13.805	0.95
Dat Quang	251.995	91.465	0.94
Dong Lon 1	37.609	-23.651	0.85
Dong Lon 2	65.134	-12.392	0.98

Tải	Công suất tác dụng (kW)	Công suất phản kháng (kVAr)	Hệ số công suất
Dong Lon 3	61.198	18.001	0.96
Dong Tien	97.197	27.601	0.96
Duc An	59.997	26.4	0.92
Duc An 2	58.797	26.4	0.91
Gach Tuynen T.Phuoc	503.993	141.125	0.96
Go Chay	53.999	-1.173	1
Ha Chau	53.998	27.6	0.89
Hien Tien	392.397	155.089	0.93
Hung Loc	123.561	-8.451	1
Linh Cang 1	26.399	8.4	0.95
Linh Cang 2	29.541	14.771	0.89
My Tra	107.947	-44.032	0.93
My Tra 2	63.597	19.2	0.96
N14	12.6	3.36	0.97
N16	9.24	3.36	0.94
N18	7.56	1.68	0.98
Nuoi Trong TS	4.98	-2.518	0.89
Phuc Nguyen Son	254.491	56.298	0.98
Phuoc Ha	53.998	22.8	0.92
Quy Huong	95.997	-27.657	0.96
Quy Huong 2	63.598	18	0.96
Quy My	134.426	-32.739	0.97
Quy Phuoc 1	102.718	-18.326	0.98
Quy Phuoc 2	55.049	13.126	0.97
Quy Phuoc 3	71.233	21.955	0.96
Quy Phuoc 4	61.198	16.8	0.96
Quy Thanh 3	59.999	20.4	0.95
Quy Xuan 2	47.999	16.002	0.95
T1-BDNam	65.998	15.61	0.97
T2 B.Lanh	65.049	16.895	0.97
Thang Long	131.996	43.387	0.95
Thien Thanh	335.994	110.439	0.95
Toan Thanh	293.994	96.634	0.95
Trai ga Dong Duong	313.913	124.07	0.93
Tu Tra	54.696	29.347	0.88
Tu Tra 2	53.998	26.4	0.9
UB B.Lanh	19.44	5.52	0.96
UB B.Lanh 2	8.671	-0.415	1
UB Binh Chanh	12.72	4.24	0.95
UB Binh Chanh 2	9.36	-2.64	0.96
UB Binh Dinh	13.292	-3.834	0.96

Tải	Công suất tác dụng (kW)	Công suất phản kháng (kVAr)	Hệ số công suất
UB Binh Dinh 2	12.24	4.615	0.94
UB Binh Dinh 3	11.28	3.12	0.96
UB Binh Phu	10.08	-1.92	0.98
UB Binh Tri	22.8	7.601	0.95
UB Binh Tri 2	13.68	4.561	0.95
Viet Son	68.146	-24.262	0.94
Vinh Huy	84.441	31.254	0.94
Vinh Huy 2	125.993	42.004	0.95
Xuan An 1	57.94	23.714	0.93
Xuan An 2	56.398	14.4	0.97
Xuan An 3	62.398	17.11	0.96
Xuan Thai Dong	59.999	20.004	0.95
Xuan Thai Tay	71.997	24.004	0.95