

BỘ CÔNG THƯƠNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC ĐIỆN LỰC



BÙI THỊ THỦY

**NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP
ĐIỀU CHỈNH PHỤ TẢI ĐIỆN TRONG
LƯỚI PHÂN PHỐI CÓ TÍCH HỢP
ĐIỆN MẶT TRỜI**

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT ĐIỆN

HÀ NỘI, 2022

BỘ CÔNG THƯƠNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC ĐIỆN LỰC

BÙI THỊ THỦY

**NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP
ĐIỀU CHỈNH PHỤ TẢI ĐIỆN TRONG
LƯỚI PHÂN PHỐI CÓ TÍCH HỢP
ĐIỆN MẶT TRỜI**

Chuyên ngành : Kỹ Thuật Điện

Mã số : 8520201

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT ĐIỆN

Người hướng dẫn khoa học: TS. Ma Thị Thương Huyền

HÀ NỘI, 2022

LỜI CẢM ƠN

Để hoàn thành được luận văn này, Tôi xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc tới Cô giáo TS. Ma Thị Thương Huyền đã chỉ bảo, hướng dẫn và hỗ trợ Tôi trong suốt quá trình học tập nghiên cứu hoàn thành luận văn tốt nghiệp.

Tôi xin bày tỏ lòng cảm ơn tới các Thầy, Cô giáo giảng dạy Khoa Kỹ thuật điện đã giảng dạy cho Tôi nhiều kiến thức trong quá trình học tập. Các bộ phận, phòng ban chức năng của trường Đại học Điện lực đã giúp Tôi hoàn thiện hồ sơ Bảo vệ luận văn.

Xin gửi lời cảm ơn tới Lãnh đạo đơn vị và đồng nghiệp nơi Tôi đang công tác. Bạn bè và gia đình, người thân đã giúp đỡ và tạo điều kiện thuận lợi cho công việc học tập và nghiên cứu để Tôi có thể hoàn thành Luận văn.

Tôi cũng xin gửi lời cảm ơn tới các cơ quan Ban ngành đã giúp đỡ, cung cấp số liệu cho Tôi trong suốt quá trình nghiên cứu.

Tôi xin trân trọng cảm ơn!

Hà Nội, ngày tháng.....năm 2022

Tác giả

Bùi Thị Thủy

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đã sử dụng các tài liệu tham khảo của các tác giả, các nhà khoa học và các luận văn được trích dẫn trong phụ lục “Tài liệu tham khảo” cho việc nghiên cứu và viết luận văn: “Nghiên cứu phương pháp điều chỉnh phụ tải điện trong lưới phân phối có tích hợp điện mặt trời”.

Tôi cam đoan về các số liệu và kết quả tính toán được trình bày trong luận văn là hoàn toàn do Tôi tự tìm hiểu và thực hiện trong quá trình nghiên cứu và viết luận văn của mình, không sao chép và chưa được sử dụng cho đề tài luận văn nào.

Tôi xin chân thành cảm ơn!

Hà Nội, ngày tháng năm 2022

Người cam đoan

Bùi Thị Thủy

MỤC LỤC

MỤC LỤC.....	i
DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT	iii
DANH MỤC BẢNG BIỂU	iv
DANH MỤC HÌNH VẼ.....	v
MỞ ĐẦU	1
1. Lý do chọn đề tài	1
2. Mục đích nghiên cứu	2
3. Nhiệm vụ nghiên cứu:	2
4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu.....	2
5. Phương pháp nghiên cứu.....	3
NỘI DUNG	3
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ ĐIỀU CHỈNH PHỤ TẢI ĐIỆN VÀ SỰ PHÁT TRIỂN CỦA ĐIỆN MẶT TRỜI MÁI NHÀ Ở VIỆT NAM	5
1.1. Tổng quan về DSM.....	5
1.1.1. Khái niệm về DSM	5
1.1.2. Lợi ích của việc ứng dụng DSM	5
1.1.3. Các chiến lược thực hiện chương trình DSM	5
1.1.4. Tình hình nghiên cứu và ứng dụng DSM ở Việt Nam.....	11
1.2. Tổng quan về điều chỉnh phụ tải điện DR	13
1.2.1. Khái niệm về điều chỉnh phụ tải điện DR.....	13
1.2.2. Chương trình điều chỉnh phụ tải điện DR trên thế giới	14
1.2.3. Chương trình điều chỉnh phụ tải điện DR ở Việt Nam	19
1.3. Tổng quan về sự phát triển điện mặt trời mái nhà ở Việt Nam	22
CHƯƠNG 2: BÀI TOÁN LẬP LỊCH NGÀY TRƯỚC ĐIỀU CHỈNH ĐÒ THỊ PHỤ TẢI CÓ XÉT ĐẾN SỰ THAM GIA CỦA ĐIỆN MẶT TRỜI....	28
2.1. Đặc điểm, phân loại phụ tải.....	28
2.1.1. Đặc điểm của cung, cầu và biểu giá điện.....	28
2.1.2. Điều chỉnh phụ tải điện theo biểu giá công suất cực đại	32
2.2. Mô hình phụ tải theo chiến lược điều chỉnh phụ tải	35

2.2.1. Phụ tải có thể cắt	35
2.2.2. Phụ tải có thể điều chỉnh	36
2.2.3. Phụ tải có thể chuyển dịch	39
2.2.4. Nguồn điện mặt trời (PV) và ắc quy	41
2.3. Mô hình bài toán tối ưu lập lịch ngày trước điều chỉnh đồ thị phụ tải có xét đến sự tham gia của điện mặt trời	43
CHƯƠNG 3: ÁP DỤNG BÀI TOÁN LẬP LỊCH NGÀY TRƯỚC ĐIỀU CHỈNH ĐỒ THỊ PHỤ TẢI CÓ XÉT ĐẾN SỰ THAM GIA CỦA ĐIỆN MẶT TRỜI CHO KHU VỰC PHỤ TẢI THƯƠNG MẠI.....	46
3.1. Đồ thị phụ tải ngày của hộ tiêu thụ trước khi thực hiện DR	46
3.2. Đồ thị phụ tải ngày của hộ tiêu thụ sau khi áp dụng bài toán lập lịch điều chỉnh đồ thị phụ tải có xét đến sự tham gia của điện mặt trời.....	49
3.2.1. Điều chỉnh đồ thị phụ tải theo biểu giá công suất cực đại tới hạn (CPP) .	49
3.2.2. Lựa chọn phụ tải điều khiển.....	49
3.2.3. Hàm mục tiêu và các ràng buộc	50
3.3. Đánh giá hiệu quả của chiến lược điều chỉnh đồ thị phụ tải đối với sự thay đổi của đồ thị phụ tải ngày	55
KẾT LUẬN.....	57
DANH MỤC CÁC TÀI LIỆU THAM KHẢO	58
PHỤ LỤC.....	59

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

STT	Từ viết tắt	Nguyên nghĩa
1	CFL	Chương trình đèn compact
2	CLP	Chương trình tự nguyện tiết giảm phụ tải điện
3	CNTT	Công nghệ thông tin
4	CPP	Chương trình tiết giảm phụ tải điện khẩn cấp
5	DLC	Chương trình điều khiển phụ tải trực tiếp
6	DR	Điều chỉnh phụ tải
7	DSM	Quản lý nhu cầu phụ tải
8	EDRP	Chương trình biểu giá điện cực đại thời gian thực
9	EE	Hiệu quả năng lượng
10	EVN	Tập đoàn Điện lực Việt Nam
11	GIZ	Tổ chức hợp tác quốc tế của Đức
12	HTĐ	Hệ thống điện
13	TBA	Trạm biến áp
14	TOU	Biểu giá theo thời gian sử dụng

DANH MỤC BẢNG BIỂU

<i>Bảng 1-1: Cường độ bức xạ mặt trời trung bình ngày và số giờ nắng trung bình các khu vực</i>	<i>22</i>
<i>Bảng 1-2: Cường độ bức xạ trung bình tháng, năm tại Hà Nội từ số liệu NASA</i>	<i>24</i>
<i>Bảng 1-3: Biểu giá mua bán điện mặt trời theo Quyết định số 13/2020/TTg</i>	<i>24</i>
<i>Bảng 2-1: Công suất phụ tải đỉnh của HTĐ Việt Nam</i>	<i>28</i>
<i>Bảng 2-2: Kết quả khảo sát khả năng tham gia của các loại phụ tải công nghiệp vào chương trình DR</i>	<i>31</i>
<i>Bảng 2-3: Kết quả khảo sát khả năng tham gia của một số phụ tải thương mại vào chương trình DR</i>	<i>32</i>
<i>Bảng 2-4: Biểu giá điện năng theo thời gian thực (TOU)</i>	<i>33</i>
<i>Bảng 3-1: Mức giảm công suất đỉnh</i>	<i>55</i>
<i>Bảng 3-2: Mức giảm chi phí hộ tiêu thụ phải trả cho ngành điện</i>	<i>55</i>

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 1-1: Cắt giảm đỉnh.....	8
Hình 1-2: Lấp thắp điểm	9
Hình 1-3: Chuyển dịch phụ tải	9
Hình 1-4: Biện pháp bảo tồn	9
Hình 1-5: Tăng trưởng dòng điện	10
Hình 1-6: Biểu đồ phụ tải linh hoạt.....	10
Hình 1-7: Biểu đồ giao dịch Negawatt.....	16
Hình 1-8: Biểu đồ giao dịch JEPX.....	17
Hình 1-9: Các dịch vụ điều chỉnh phụ tải điện DR.....	20
Hình 1-10: Quá trình đăng ký tham gia chương trình DR.....	21
Hình 1-11: Quá trình thực hiện DR	22
Hình 1-12: Bản đồ bức xạ mặt trời quốc gia (Nguồn: globalsolaratlas.info)	23
Hình 1-13: Cơ cấu nguồn điện Việt Nam năm 2018, 2019, 2020 (Nguồn VIETSE).....	25
Hình 1-14: Cơ cấu huy động nguồn và tỷ trọng năng lượng tái tạo 2020.....	26
Hình 2-1: Công suất phụ tải theo tháng trên toàn EVN năm 2019 (ngày làm việc).....	28
Hình 2-2: Cơ cấu phụ tải hệ thống điện (tỷ kWh)	29
Hình 2-3: Công suất phụ tải ngày làm việc toàn EVN, tháng 7/2019.....	29
Hình 2-4: Công suất phụ tải toàn EVN theo thành phần phụ tải so với mức đỉnh, tháng 7/2019 (ngày làm việc).....	30
Hình 2-5: Biểu giá điện theo thời gian cực đại.....	34
Hình 2-6: Đường cơ sở và mức cắt giảm phụ tải dự kiến.	34
Hình 2-7: Sự thay đổi đồ thị phụ tải khi có sự tham gia của điện mặt trời.....	35
Hình 3-1: Đồ thị phụ tải tổng của hộ tiêu thụ khi chưa thực hiện DR.	46
Hình 3-2: Đồ thị phụ tải chiếu sáng của hộ tiêu thụ khi chưa thực hiện DR.....	47
Hình 3-3: Nhiệt độ môi trường trong ngày.	47
Hình 3-4: Đồ thị phụ tải điều hòa của hộ tiêu thụ khi chưa thực hiện DR.	48
Hình 3-5: Công suất nguồn điện mặt trời (PV).....	48
Hình 3-6: Biểu giá điện năng theo thời gian sử dụng (TOU)	49
Hình 3-7: Đồ thị phụ tải chiếu sáng của hộ tiêu thụ khi thực hiện DR.....	52

<i>Hình 3-8: Đồ thị phụ tải điều hòa của hộ tiêu thụ khi thực hiện DR.</i>	<i>53</i>
<i>Hình 3-9: Đồ thị phụ tải tổng của hộ tiêu thụ khi thực hiện DR chưa xét đến sự tham gia của PV.</i>	<i>53</i>
<i>Hình 3-10: Đồ thị phụ tải tổng của hộ tiêu thụ khi chưa thực hiện DR có xét đến sự tham gia của PV.</i>	<i>54</i>
<i>Hình 3-11: Đồ thị phụ tải tổng của hộ tiêu thụ khi chưa thực hiện DR có xét đến sự tham gia của PV.</i>	<i>54</i>

MỞ ĐẦU

1. Lý do chọn đề tài

Cùng với sự phát triển của nền kinh tế, nhu cầu về năng lượng và tốc độ sử dụng năng lượng ngày càng cao. Các nguồn năng lượng hoá thạch truyền thống như than, dầu, khí đốt có nguy cơ cạn kiệt, đồng thời vấn đề ô nhiễm môi trường ngày càng nghiêm trọng và trở thành vấn đề toàn cầu. Ngành điện cũng trong tình trạng như vậy. Xét riêng ở nước ta, trong quá trình công nghiệp hoá, hiện đại hoá và hội nhập kinh tế thế giới, cùng với sự phát triển mạnh mẽ về mọi mặt của nền kinh tế quốc dân, nhu cầu về điện năng cũng tăng lên rất cao. Theo kết quả dự báo Tổng sơ đồ phát triển điện lực Việt Nam giai đoạn V (hiệu chỉnh), nhu cầu điện thương phẩm toàn quốc phương án cơ sở năm 2005 đạt: 45 tỷ kWh, năm 2010 đạt 82,9 tỷ kWh và năm 2020 đạt 178,4 tỷ kWh. Nhu cầu công suất đỉnh sẽ tăng từ 2700MW (Năm 1995) lên tới khoảng 16.033MW (năm 2010) và 32.376MW (năm 2020). Như vậy, để đáp ứng nhu cầu của phụ tải, từ nay đến năm 2020 ta sẽ phải xây dựng thêm các nhà máy điện có tổng công suất lắp đặt xấp xỉ 37000 MW, cần lắp đặt thêm gần 170.000km đường dây truyền tải, phân phối điện và xây dựng hàng nghìn trạm biến áp. Nguồn vốn cần huy động khoảng 42 tỷ USD, trong đó có tới (35-50) % vốn phải huy động từ nước ngoài. Đây là một sức ép lớn đối với ngành điện cũng như của chính phủ trong việc thu hút vốn đầu tư cả ở trong nước lẫn nước ngoài.

Thực tế cho thấy, nhu cầu về điện năng xuất hiện không đồng đều giữa các giờ trong ngày, giữa các ngày trong tuần, giữa các tháng trong năm. Điều đó dẫn đến hiện tượng có những thời điểm nhu cầu điện tăng lên rất cao đòi hỏi phải huy động hết các nguồn công suất phát nhưng có những giờ nhu cầu điện rất thấp phải ngừng làm việc một số tổ máy. Mặt khác, thời gian xuất hiện nhu cầu đỉnh thường rất nhỏ. Điều đó gây nên hiện tượng thiếu ảo, nghĩa là vào những giờ cao điểm thì bị thiếu công suất, nhiều trường hợp phải sa thải bớt các phụ tải không quan trọng, còn trong những giờ thấp điểm thì không sử dụng hết công suất đặt của nhà máy. Đó cũng chính là nguyên nhân làm cho đồ thị phụ tải không đều, mức chênh lệch công suất giữa giờ cao điểm và thấp điểm lên tới 2,5 lần (theo thống kê năm 1998).

Theo kinh nghiệm của nhiều nước trên thế giới đã nghiên cứu và áp dụng biện pháp điều khiển quản lý nhu cầu điện năng (Demand Side Management - DSM) cho thấy hiệu quả to lớn của nó. Một trong những mục tiêu chính của chương trình DSM là thay đổi hình dáng đồ thị phụ tải, điều hoà nhu cầu điện hàng ngày bằng cách tác động vào các khách hàng sử dụng điện năng để họ thay đổi thói quen sử dụng điện, nhằm đạt được mục đích giảm phụ tải vào giờ cao điểm, nâng cao phụ tải vào giờ thấp điểm.

Cùng với sự phát triển mạnh mẽ của điện mặt trời mái nhà trong những năm gần đây, rất nhiều hộ tiêu thụ điện lớn đã lắp đặt hệ thống điện mặt trời để có thể tự

cung cấp một phần điện năng trong những giờ có cường độ bức xạ mặt trời cao. Việc có thêm nguồn điện tại chỗ sẽ làm thay đổi rất lớn hình dạng đồ thị phụ tải của các hộ tiêu thụ cũng như nhu cầu điện từ lưới hệ thống. Nhằm tối ưu hóa việc tận dụng nguồn điện mặt trời tại chỗ, giảm công suất tiêu thụ vào giờ cao điểm, dịch chuyển phụ tải sang những giờ thấp điểm trên cơ sở vẫn đảm bảo điện năng phục vụ cho sản xuất, kinh doanh theo cơ chế giá điện, việc nghiên cứu về mô hình lập lịch điều chỉnh phụ tải đối với các hộ tiêu thụ tham gia chương trình DR là rất cần thiết.

2. Mục đích nghiên cứu

Mục tiêu tổng quát: Phân loại các phụ tải điện, từ đó đưa ra chiến lược điều khiển đối với mỗi nhóm phụ tải.

Mục tiêu cụ thể: Xây dựng bài toán tối ưu lập lịch điều chỉnh phụ tải theo cơ chế giá điện có xét tới sự tham gia của hệ thống điện mặt trời mái nhà. Trên cơ sở đó, đánh giá hiệu quả của chiến lược điều chỉnh phụ tải đối với sự thay đổi của đồ thị phụ tải ngày của hệ thống.

3. Nhiệm vụ nghiên cứu:

Nghiên cứu cơ sở lý thuyết về quản lý nhu cầu phụ tải (DSM) và chương trình điều chỉnh phụ tải điện (DR).

Phân tích các biện pháp điều chỉnh phụ tải điện đang áp dụng tại Việt Nam và trên thế giới.

Thu thập số liệu, phân tích đặc điểm phụ tải điện của các hộ tiêu thụ thương mại và dịch vụ tham gia vào chương trình, phân loại phụ tải và đề xuất chiến lược điều khiển đối với mỗi nhóm phụ tải.

Thu thập số liệu về hệ thống điện mặt trời áp mái mà các hộ tiêu thụ đang sử dụng.

Xây dựng mô hình bài toán lập lịch điều chỉnh phụ tải tối ưu theo giá tại thời điểm sử dụng có xét đến sự tham gia của điện mặt trời.

Đánh giá hiệu quả của chiến lược điều chỉnh phụ tải đối với sự thay đổi đồ thị phụ tải ngày.

4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu: Các hộ tiêu thụ điện thương mại, và dịch vụ có lắp đặt hệ thống điện mặt trời mái nhà tham gia vào chương trình điều chỉnh phụ tải DR.

Phạm vi nghiên cứu: Nghiên cứu bài toán tối ưu lập lịch điều chỉnh phụ tải điện theo cơ chế giá điện có xét đến sự tham gia của điện mặt trời.

Thời gian nghiên cứu: Từ năm 2021 – 2022.

5. Phương pháp nghiên cứu

Tổng hợp thông tin về các phương pháp quản lý nhu cầu phụ tải, phương pháp điều chỉnh phụ tải ở Việt Nam và thế giới; thu thập, phân tích số liệu về phụ tải điện, điện mặt trời; sử dụng phần mềm tính toán bài toán tối ưu; so sánh đồ thị phụ tải điện trước và sau khi điều chỉnh phụ tải đưa ra nhận xét, đánh giá về kết quả nghiên cứu.

NỘI DUNG

Luận văn bao gồm: Phần mở đầu, kết luận, phụ lục, danh mục tài liệu tham khảo, và nội dung của đề tài có 03 chương sau:

Chương 1: Tổng quan về điều chỉnh phụ tải điện DR và sự phát triển của điện mặt trời mái nhà ở Việt Nam

1.1. Tổng quan về DSM

1.1.1. Khái niệm về DSM

1.1.2. Lợi ích của việc ứng dụng DSM

1.1.3. Các chiến lược thực hiện DSM

1.1.4. Tình hình nghiên cứu và ứng dụng DSM ở Việt Nam

1.2. Tổng quan về điều chỉnh phụ tải điện DR

1.2.1. Khái niệm về điều chỉnh phụ tải điện DR

1.2.2. Chương trình điều chỉnh phụ tải điện DR ở Việt Nam

1.2.3. Chương trình điều chỉnh phụ tải điện DR trên thế giới

1.3. Tổng quan về sự phát triển điện mặt trời mái nhà ở Việt Nam

1.3.1. Tình hình phát triển điện mặt trời mái nhà tại Việt Nam

1.3.2. Các cơ chế chính sách thu hút sự phát triển điện mặt trời mái nhà

1.4. Kết luận chương 1

Chương 2: Bài toán lập lịch ngày trước điều chỉnh đồ phụ tải có xét đến sự tham gia của điện mặt trời

2.1. Đặc điểm, phân loại phụ tải

2.1.1. Đặc điểm cung cầu và biểu giá điện

2.1.2. Điều chỉnh phụ tải điện theo biểu giá công suất cực đại

2.2. Mô hình phụ tải theo chiến lược điều chỉnh phụ tải

2.2.1. Phụ tải có thể cắt

2.2.2. Phụ tải có thể điều chỉnh

2.2.3. Phụ tải có thể chuyển dịch

2.3. Mô hình bài toán tối ưu lập lịch ngày trước điều chỉnh đồ thị phụ tải có xét đến sự tham gia của điện mặt trời

2.3.1. Hàm mục tiêu

2.3.2. Các ràng buộc

2.4. Kết luận chương 2

Chương 3: Áp dụng bài toán lập lịch ngày trước điều chỉnh đồ phụ tải có xét đến sự tham gia của điện mặt trời cho khu vực phụ tải thương mại

3.1. Đồ thị phụ tải ngày của hộ tiêu thụ trước khi điều chỉnh phụ tải

3.2. Đồ thị công suất phát của hệ thống điện mặt trời mái nhà

3.3. Đồ thị phụ tải ngày của hộ tiêu thụ sau khi áp dụng bài toán lập lịch điều chỉnh đồ thị phụ tải có xét đến sự tham gia của điện mặt trời

3.4. Đánh giá hiệu quả của chiến lược điều chỉnh đồ thị phụ tải đối với sự thay đổi đồ thị phụ tải ngày

3.5. Kết luận chương 3

KẾT LUẬN

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ ĐIỀU CHỈNH PHỤ TẢI ĐIỆN VÀ SỰ PHÁT TRIỂN CỦA ĐIỆN MẶT TRỜI MÁI NHÀ Ở VIỆT NAM

1.1. Tổng quan về DSM

1.1.1. Khái niệm về DSM

DSM là một tập hợp các giải pháp Kỹ thuật – Công nghệ – Kinh tế – Xã hội – điều khiển, giúp đỡ khách hàng sử dụng điện năng một cách hiệu quả và tiết kiệm nhất, đồng thời cải thiện đồ thị phụ tải để đạt hiệu suất năng lượng tốt hơn. DSM nằm trong chương trình tổng thể Quản lý nguồn cung cấp (SSM) và Quản lý nhu cầu điện năng (DSM).

Chương trình DSM bao gồm các hoạt động gián tiếp hay trực tiếp của các khách hàng sử dụng điện (phía cầu) và quá trình đó được khuyến khích bởi các Công ty Điện lực (phía cung cấp) với mục tiêu giảm công suất phụ tải cực đại (công suất đỉnh) và điện năng tiêu thụ của hệ thống.

1.1.2. Lợi ích của việc ứng dụng DSM

Việc ứng dụng DSM sẽ mang lại lợi ích rất to lớn không chỉ cho ngành điện, cho các hộ tiêu thụ điện mà còn cho cả xã hội.

Đối với ngành điện:

- Giảm chi phí đầu tư xây dựng nguồn, lưới truyền tải và phân phối trong quy hoạch phát triển hệ thống điện trong tương lai.
- Giảm nhu cầu và chi phí nhiên liệu cho sản xuất điện.
- Cải thiện hiệu suất sử dụng thiết bị.
- Nâng cao chất lượng điện năng và các dịch vụ khách hàng

Đối với các hộ tiêu thụ điện: Việc ứng dụng DSM sẽ giúp họ giảm được chi phí trong việc sử dụng điện năng, nâng cao hiệu suất sử dụng thiết bị, nâng cao tuổi thọ thiết bị và nhận được những dịch vụ tốt hơn.

Đối với xã hội:

- Giảm chi tiêu ngoại tệ.
- Tiết kiệm được tài nguyên
- Giảm thiểu các tác động xấu tới môi trường.

1.1.3. Các chiến lược thực hiện chương trình DSM

Việc thực hiện **DSM** dựa vào hai chiến lược:

1. Nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng của các hộ dùng điện

2. Điều khiển nhu cầu dùng điện cho phù hợp với khả năng cung cấp một cách kinh tế nhất.

1.1.3.1. Nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng của các hộ dùng điện

Chiến lược nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng của các hộ dùng điện một cách hợp lý nhằm làm giảm lượng điện năng tiêu thụ trên cơ sở vẫn đáp ứng được yêu cầu của các hộ tiêu thụ điện. Nhờ đó, có thể giảm vốn đầu tư phát triển nguồn và lưới đồng thời khách hàng sẽ phải trả ít tiền điện hơn. Chiến lược này bao gồm hai nội dung cơ bản:

- **Sử dụng các thiết bị có hiệu suất cao:** Việc sử dụng các thiết bị điện dân dụng và công nghiệp có hiệu suất thấp làm tiêu tốn một lượng điện năng lớn, tuổi thọ của thiết bị không cao. Hiện nay, các nhà chế tạo đã sản xuất được các thiết bị điện có hiệu suất cao, tuổi thọ lớn, giá thành tăng không đáng kể. Có thể chia các thiết bị dùng điện làm hai mảng: Thiết bị điện dân dụng và thiết bị điện công nghiệp

Các thiết bị dân dụng được sử dụng phổ biến trong khu vực dân cư, công sở, các toà nhà thương mại, các khu vực hành chính...vv bao gồm: đèn chiếu sáng, quạt, máy thu thanh, máy thu hình, video, tủ lạnh, tủ đá, bình đun nước nóng, máy điều hoà không khí, máy giặt, bàn là, bếp điện, lò sấy, nồi cơm điện....vv. Trong đó, nhu cầu điện cho các phụ tải chiếu sáng và các thiết bị điện như điều hoà nhiệt độ, tủ lạnh, nấu ăn chiếm khoảng 80% phụ tải sinh hoạt. Vì vậy, các thiết bị này thường được đầu tư nghiên cứu để nâng cao hiệu suất. Với đèn chiếu sáng; các loại đèn sợi đốt có công suất lớn, toả nhiều nhiệt, hiệu suất phát quang kém đã dần dần được loại bỏ và thay thế bằng các loại đèn compact có độ sáng tương đương nhưng lượng điện năng tiêu thụ ít hơn nhiều. Tại các nước Tây Âu và Bắc Mỹ đã có những chương trình khuyến khích sử dụng và chế tạo bóng đèn compact fluorescent với công suất chỉ có 9W, 12W, 15W mà quang thông tương đương với các loại bóng sợi đốt có công suất 40W, 60W, 75W. Tại Thái Lan đã chuyển từ bóng đèn ống 20W, 40W sang sản xuất và sử dụng bóng đèn công suất 18W, 36W. Đối với hệ thống chiếu sáng đường phố có thể sử dụng đèn Sodium cao áp – 150W để thay thế cho các loại đèn thuỷ ngân cao áp –250W. Đối với các thiết bị điện khác thì các nhà sản xuất cũng đã nghiên cứu cải tiến thiết bị, chu trình làm việc, nâng cao hiệu suất (hiệu suất tăng lên 2 lần như TV, AC hoặc tăng lên 3 lần như tủ lạnh). Nhà nước sẽ tiến hành kiểm tra, đánh giá chất lượng, phân loại và dán tem. Nhà nước cũng khuyến khích người tiêu dùng chuyển sang sử dụng các thiết bị này bằng cách trợ giá.

Theo thống kê trên thế giới, các động cơ điện là thiết bị tiêu thụ điện lớn nhất trong tổng điện năng thương phẩm. Bởi vậy, việc sử dụng các động cơ có hiệu suất cao sẽ mang lại hiệu quả rất lớn. Các loại động cơ thường sử dụng hiện nay là động cơ Rôto lồng sóc có hiệu suất và hệ số công suất cosphi thấp nên hiệu quả sử dụng

năng lượng không cao. Các động cơ này có thể thay thế bằng động cơ thể hệ mới (EEMs) đã được cải tiến tăng tiết diện lõi thép, sử dụng các vật liệu có tổn hao từ thấp, tối ưu hoá khe hở giữa Rotor và Stator nâng cao hiệu suất từ (3-8) % đồng thời cải thiện hệ số công suất. Thực hiện các biện pháp quảng cáo, khuyến mãi, cho các loại động cơ hiệu suất cao, bao gồm cả các thiết bị phụ trợ như thiết bị điều tốc.

Nền kinh tế càng phát triển, đời sống nhân dân được nâng cao thì tốc độ gia tăng các thiết bị dùng điện càng lớn, việc lựa chọn các thiết bị dùng điện có hiệu suất tốt sẽ càng đem lại hiệu quả cao.

- Giảm thiểu sự chi phí năng lượng một cách vô ích: Do chưa có ý thức về tiết kiệm điện năng nên hiện nay việc sử dụng điện còn rất lãng phí. Việc thực hiện giảm thiểu sự chi phí năng lượng một cách vô ích sẽ đem lại hiệu quả kinh tế rất cao do vốn đầu tư ít, hiệu quả cao. Chương trình này được thực hiện thông qua việc kết hợp các biện pháp tuyên truyền, quảng cáo, phát hành các tài liệu, sách báo về tiết kiệm năng lượng, phối hợp với bộ Giáo dục và đào tạo để đưa vấn đề tiết kiệm điện vào giáo dục cho học sinh...vv. Từ đó, xây dựng một ý thức tránh lãng phí trong việc sử dụng năng lượng điện ở người dùng mà đặc biệt là thế hệ trẻ. Ngoài ra người ta còn có các biện pháp cụ thể đối với từng khu vực sử dụng điện như sau:

Khu vực nhà ở: Ngoài việc sử dụng các thiết bị điện có hiệu suất cao phù hợp với yêu cầu sử dụng thì việc hạn chế thời gian làm việc vô ích của các thiết bị sẽ làm tăng tổng điện năng tiết kiệm được. Có thể sử dụng các thiết bị phụ trợ như: tự động cắt điện khi ra khỏi phòng, tự động điều chỉnh độ sáng của đèn, tự động cắt các bình đun nước nóng ra khỏi lưới khi không sử dụng...w. Đối với điều hoà không khí lựa chọn nhiệt độ đặt thích hợp vào mùa hè hoặc mùa đông. Hạn chế số lần đóng mở tủ lạnh, tủ đá, số lần làm việc của bàn là, máy giặt, bếp điện.

Khu vực công cộng:

+ Thiết kế, xây dựng công trình hợp lý để tận dụng được nguồn sáng và không khí tự nhiên.

+ Có quy định về việc sử dụng các thiết bị điện trong văn phòng

+ Trang bị các thiết bị đóng cắt tự động, các thiết bị khống chế nhiệt độ, ánh sáng.

+ Sử dụng điều hoà trung tâm thay thế cho các điều hoà đặt tại nhiều điểm riêng lẻ.

Khu vực công nghiệp:

+ Thiết kế và xây dựng nhà xưởng hợp lý

+ Tối ưu hoá các quá trình sản xuất.

+ Bù công suất phản kháng để cải thiện cosphi

- + Thiết kế và vận hành kinh tế các trạm biến áp.
- + Tối ưu hoá việc sử dụng các động cơ, hệ thống nước, hệ thống nén khí, hệ thống chiếu sáng.

Khu vực sản xuất, truyền tải và phân phối điện:

- + Giảm lượng điện tự dùng
- + Tối ưu hoá chế độ vận hành hệ thống điện
- + Giảm tổn thất trong quá trình truyền tải và phân phối điện.

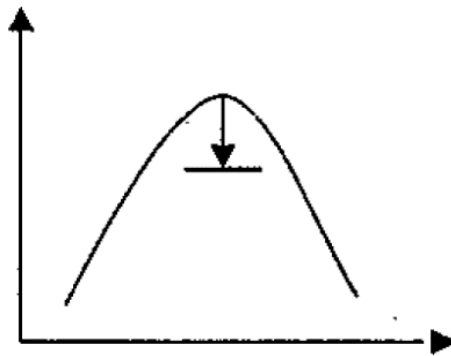
1.1.3.2. Điều khiển nhu cầu dùng điện cho phù hợp với khả năng cung cấp một cách kinh tế nhất

Đây là biện pháp chủ yếu do ngành điện thực hiện, nhằm mục đích san bằng đồ thị phụ tải nhằm giảm tổn thất, ổn định được phương pháp vận hành kinh tế hệ thống điện.

2.1.3.2.1. Điều khiển trực tiếp dòng điện

Cắt giảm đỉnh

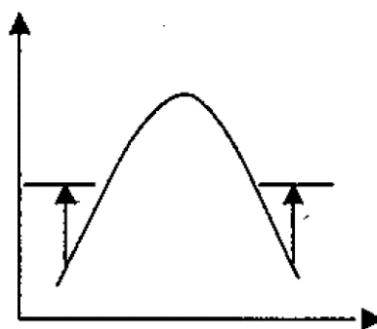
Cắt một phần phụ tải đỉnh vào giờ cao điểm nhằm giảm nhu cầu gia tăng công suất và tổn thất điện năng. Có thể điều khiển dòng điện của khách hàng để giảm đỉnh bằng các tín hiệu điều khiển từ xa hoặc trực tiếp tại hộ tiêu thụ.



Hình 1-1: Cắt giảm đỉnh

Lấp thấp điểm

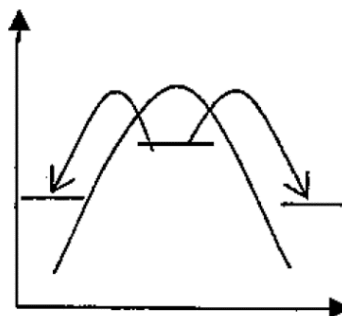
Là biện pháp tạo thêm các phụ tải vào thời gian thấp điểm. Thường áp dụng biện pháp này khi công suất thừa được sản xuất bằng nhiên liệu rẻ tiền. Hiệu quả thực là gia tăng tổng điện năng thương phẩm nhưng không tăng công suất đỉnh, tránh được hiện tượng xả nước (thủy điện) hoặc hơi (nhiệt điện) thừa, có thể lấp thấp điểm bằng các kho nhiệt (nóng, lạnh), xây dựng các nhà máy thủy điện tích năng, nạp điện cho ắc quy, ô tô điện...



Hình 1-2: Lấp thấp điểm

Chuyển dịch phụ tải

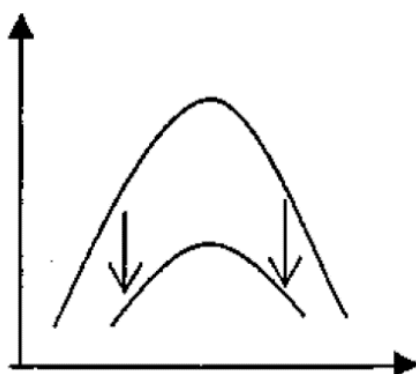
Chuyển phụ tải từ thời gian cao điểm sang thời gian thấp điểm. Hiệu quả thực là giảm được công suất đỉnh song không làm thay đổi điện năng tiêu thụ tổng.



Hình 1-3: Chuyển dịch phụ tải

Biện pháp bảo tồn

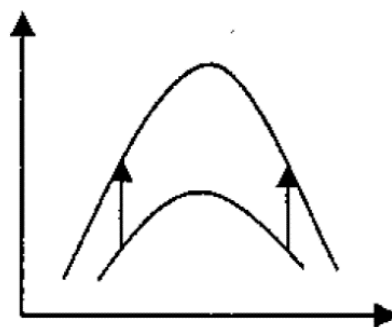
Đây là biện pháp giảm tiêu thụ cuối cùng dẫn tới giảm tiêu thụ điện năng tiêu thụ tổng nhờ việc nâng cao hiệu năng của các thiết bị dùng điện.



Hình 1-4: Biện pháp bảo tồn

Tăng trưởng dòng điện

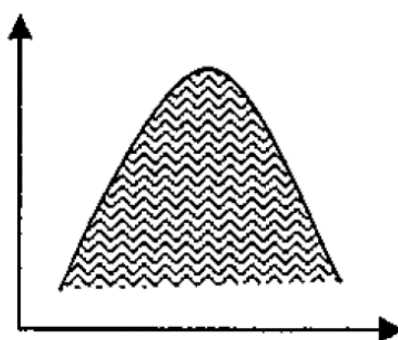
Tăng thêm các khách hàng mới (chương trình điện khí hoá nông thôn là một ví dụ) dẫn tới tăng cả công suất đỉnh và tổng điện năng tiêu thụ.



Hình 1-5: Tăng trưởng dòng điện

Biểu đồ phụ tải linh hoạt

Có thể linh hoạt cắt điện khi cần thiết. Hiệu quả thực là công suất đỉnh và cả điện năng tiêu thụ tổng có thể suy giảm.



Hình 1-6: Biểu đồ phụ tải linh hoạt

1.1.3.2.2. Lưu trữ nhiệt

Sử dụng các kho nóng, kho lạnh để lưu giữ nhiệt. Trong khoảng thời gian thấp điểm, sử dụng điện năng để cung cấp nhiệt cho các kho nóng hoặc làm lạnh để cất giữ trong kho lạnh. Đến giờ cao điểm các kho này sẽ cung cấp cho các hộ tiêu thụ. Phương pháp này sẽ làm giảm công suất đỉnh và nâng cao đường cong phụ tải trong giờ thấp điểm.

1.1.3.2.3. Điện khí hoá

Mở rộng điện khí hoá nông thôn, điện khí hoá hệ thống giao thông vận tải, sử dụng điện để thay thế các nguồn nhiên liệu. Biện pháp này làm tăng điện năng tổng của hệ thống và công suất đỉnh nhưng sẽ thúc đẩy sự phát triển kinh tế – xã hội và giảm thiểu tác hại tới môi trường.

1.1.3.2.4. Đổi mới giá

Xây dựng biểu giá linh hoạt phụ thuộc vào từng mùa, từng thời điểm cấp điện, khả năng đáp ứng của hệ thống, trị số công suất và điện năng yêu cầu, địa điểm tiếp nhận và đối tượng khách hàng. Việc sử dụng giá bán linh hoạt sẽ phản ánh được giá trị của điện năng tại các thời điểm khác nhau, khuyến khích được các hộ tiêu thụ điện sử dụng điện hiệu quả. Các biểu giá thường dùng hiện nay:

Giá tính theo thời điểm sử dụng (TOU): Giá điện sẽ khác nhau tùy theo thời điểm sử dụng, khoảng thời gian sử dụng điện liên tục, độ lớn và sự biến động công suất cũng như điện năng yêu cầu, mùa và thời điểm sử dụng theo mùa vùng, loại khách hàng.....Áp dụng biểu giá này sẽ mang lại lợi ích cho cả ngành điện và khách hàng. Đối với ngành điện có thể cung cấp điện phù hợp với khả năng của mình, còn các hộ tiêu thụ thì dễ dàng lựa chọn thời điểm sử dụng điện sao cho chi phí phải trả thấp nhất.

Giá cho phép cắt điện khi cần thiết: Biểu giá này được áp dụng để khuyến khích các khách hàng cho phép ngành điện cắt điện khi cần thiết, số lần cắt và thời gian cắt, số tiền trả cho khách hàng tùy theo sự thỏa thuận của ngành điện và khách hàng.

Giá dành cho các mục tiêu đặc biệt: Biểu giá đặc biệt nhằm khuyến khích khách hàng thực hiện DSM hoặc phục vụ mục tiêu phát triển kinh tế của chính phủ. Khách hàng có thể lắp đặt các nguồn khác để thay thế điện lưới trong giờ cao điểm.

1.1.4. Tình hình nghiên cứu và ứng dụng DSM ở Việt Nam

Từ khi nước ta thực hiện chính sách mở cửa vào năm 1986, nhu cầu điện năng cũng tăng rất cao và vấn đề nghiên cứu ứng dụng DSM trở nên cấp thiết.

Năm 1997, Tổng công ty Điện lực Việt Nam với sự trợ giúp của Ngân hàng thế giới (WB), đã hoàn thành dự án "Đánh giá tiềm năng quản lý nhu cầu ở Việt Nam" nhằm xác định tiềm năng quản lý nhu cầu để hỗ trợ cho ngành điện đáp ứng nhu cầu sử dụng điện trong tương lai.

- Từ năm 1996, nước ta đã triển khai chương trình nghiên cứu khoa học, công nghệ về “Xây dựng chính sách và chiến lược phát triển năng lượng bền vững” bao gồm 9 đề tài liên quan tới các lĩnh vực năng lượng. Trong đó “Sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả ở Việt Nam” là một trong những đề tài phục vụ cho việc xây dựng chính sách năng lượng ở Việt Nam.

- Theo báo cáo của công ty tư vấn Hagler Bailley cũng khuyến nghị phương thức triển khai một chương trình DSM gồm 2 giai đoạn. Chương trình cho phép đến năm 2010 sẽ cắt giảm 770MW công suất đỉnh và hơn 3.550 GWh điện năng gồm hai giai đoạn:

Dự án DSM/EE giai đoạn 1 được thực hiện trong 3 năm (1999-2003) với mục tiêu giảm 166MW phụ tải đỉnh tới năm 2002. Giai đoạn này do SIDA Thụy Điển tài trợ với tổng giá trị 29 triệu SEK nằm trong dự án truyền tải, phân phối và khắc phục hậu quả thiên tai do SIDA tài trợ. Trong giai đoạn này, nhóm DSM của EVN được thành lập, hình thành năng lực nghiên cứu phụ tải, triển khai thí điểm một chương trình quản lý phụ tải và một số chương trình DSM thí điểm khác, xây dựng khả

năng thực hiện kiểm toán năng lượng trong EVN, báo cáo nghiên cứu khả thi cho giai đoạn 2 của chương trình DSM.

Dự án DSM/EE giai đoạn 2 gồm 4 chương trình chính và các chương trình hỗ trợ sau:

1. Chương trình giá điện theo thời gian: EVN sẽ lắp đặt 5600 công tơ điện theo thời gian TOU cho khoảng 4000 khách hàng lớn và trung bình để khuyến khích các khách hàng sử dụng hợp lý điện năng trong giờ cao điểm. Hiện tại EVN đã lắp đặt công tơ TOU cho phần lớn khách hàng có công suất 250kVA chủ yếu là công nghiệp và thương mại. Theo đánh giá thì chương trình này hiện đang đạt hiệu quả cao nhất.

2. Chương trình thí điểm điều khiển phụ tải trực tiếp (DLC): Trong chương trình này EVN phối hợp với PC HCM và PC HN sẽ giới thiệu chương trình thí điểm DLC bằng hệ thống điều khiển sóng điện (ripple control) để cắt tải của khoảng 2000 điểm phụ tải của khách hàng (như điều hoà nhiệt độ, bình đun nước nóng...) với lượng công suất đỉnh cắt được khoảng 2700kW. Theo đó, EVN sẽ cắt cường bức các thiết bị trong một số khoảng thời gian đã định mỗi năm (Cắt đỉnh 15phút/lần trong giờ cao điểm trên tổng số không quá 120 giờ) trong thời gian cao điểm của hệ thống. Tuy nhiên, do mức độ am hiểu về kỹ thuật và thiết bị của khách hàng còn hạn chế và mức khuyến khích tài chính đối với khách hàng còn thấp, khách hàng còn lo lắng về ảnh hưởng của chương trình đến tiện nghi sử dụng nên việc thực hiện chương trình này gặp nhiều khó khăn.

3. Chương trình đèn compact (CFL): Theo số liệu thống kê, nước ta đang sử dụng khoảng 55-60 triệu bóng đèn chiếu sáng dân dụng, trong đó khoảng 25-30 triệu bóng đèn huỳnh quang và 30-35 triệu bóng đèn sợi đốt. Việc thay thế các loại đèn đó bằng đèn compact công suất 12-18W có công suất chiếu sáng tương đương với đèn sợi đốt có thể giảm đáng kể lượng điện năng tiêu thụ cho chiếu sáng đặc biệt giảm được một lượng công suất lớn trong giờ cao điểm. Tuy nhiên, giá đèn compact tương đối cao (3-5 USD) so với đèn sợi đốt thông thường (0.2- 0,4 USD). Trong chương trình này EVN hỗ trợ khách hàng bằng cách mua khoảng 1 triệu bóng đèn compact sau đó phân phối với giá khuyến khích cho các hộ gia đình trong các khu vực phụ tải lớn và quá tải của hệ thống thông qua các văn phòng chi nhánh của các Điện lực, các quầy bán lẻ bóng đèn hoặc các tổ chức chính phủ. Trong 3 năm thực hiện dự án, EVN sẽ áp dụng giảm giá, kết hợp với các hoạt động quảng bá để đẩy mạnh việc sử dụng đèn tiết kiệm năng lượng và việc giảm giá này sẽ giảm dần theo thời gian thực hiện chương trình (1.5USD/đèn cho 200.000 đèn đầu tiên, 1 USD/đèn cho 300.000 đèn tiếp theo và 0.6 USD/đèn cho 500.000 đèn còn lại).

4. Chương trình bóng đèn huỳnh quang gầy (đèn Tuýp gầy T-8): Đẩy mạnh việc sử dụng đèn tuýp gầy hiệu suất cao 36W, chấn lưu điện tử với công suất chiếu sáng

và giá thành tương đương như bóng đèn T-12 40W nhưng tiêu thụ điện ít hơn 10%. EVN sẽ hỗ trợ giá cho nhà sản xuất khuyến khích họ sản xuất các loại đèn T-8, chấn lưu điện tử và thực hiện các chương trình quảng bá để người dân chuyển sang dùng loại đèn này.

Dự tính với 6 triệu đèn tuýp gầy và 1 triệu bóng đèn compact được đưa vào sử dụng sẽ tiết kiệm được khoảng 64kWh điện, cắt được 47MW nhu cầu công suất đỉnh.

Năm 2010 Nhà nước đã chính thức ban hành luật “Năng lượng tiết kiệm và hiệu quả”.

Việc thực hiện các chương trình DSM đã mang lại những thành tựu đáng chú ý như:

- Cải thiện biểu đồ phụ tải ngày đêm (từ năm 2000 đến năm 2015 đã tăng hệ số phụ tải từ 0,73 lên 0,87 và tỷ lệ P_{min}/P_{max} từ 0,5 lên gần 0,7);
- Hệ thống đèn chiếu sáng như đèn đường, đèn sử dụng trong các hộ gia đình, công sở, nhà hàng .v.v hầu hết được sử dụng loại đèn LED tiết kiệm điện;
- Kiểm toán năng lượng, dán nhãn cho thiết bị, phương tiện sử dụng điện đã được thực hiện.

Năm 2018, Thủ tướng Chính phủ đã phê duyệt “Chương trình quốc gia về quản lý nhu cầu điện giai đoạn 2018-2020, định hướng đến 2030” [1] với mục tiêu cụ thể là cắt giảm công suất phụ tải đỉnh của HTĐ toàn quốc so với số liệu dự báo trong Quy hoạch điện VII (hiệu chỉnh) khoảng 300MW năm 2020; 1.000MW năm 2025 và 2.000MW năm 2030, tăng hệ số phụ tải của biểu đồ phụ tải ngày đêm thêm khoảng 1-2% giai đoạn 2018-2020 và 3-4% giai đoạn 2021-2030.

1.2. Tổng quan về điều chỉnh phụ tải điện DR

1.2.1. Khái niệm về điều chỉnh phụ tải điện DR

Chương trình điều chỉnh phụ tải điện (Demand Response - gọi tắt là Chương trình DR) là chương trình trọng tâm, chiến lược của Chương trình quốc gia về quản lý nhu cầu phụ tải điện DSM. Điều chỉnh phụ tải điện được hiểu một cách đơn giản là những thay đổi trong cách sử dụng điện của khách hàng so với các mô hình tiêu thụ điện thông thường của họ tương ứng với những thay đổi về giá điện, mức ưu đãi được thiết kế để giảm mức sử dụng điện năng tại các giờ cao điểm hoặc khi độ tin cậy của hệ thống điện bị ảnh hưởng.

Lợi ích của việc thực hiện DR:

- Giảm nhu cầu sử dụng điện trong giờ cao điểm
- Giảm công suất cực đại của hệ thống điện
- Giảm tình trạng lưới điện bị quá tải

- Nâng cao hiệu quả kinh tế của hệ thống điện
- Giảm áp lực đầu tư cho ngành điện
- Kiểm soát giá thành sản xuất điện, không tạo áp lực lên giá bán điện.

1.2.2. Chương trình điều chỉnh phụ tải điện DR trên thế giới

Vấn đề sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả đã được các nước phát triển trên thế giới quan tâm từ nửa đầu thế kỷ này. Nhưng phải đến đầu những năm 70 với các cuộc khủng hoảng dầu mỏ tác động nặng đến nền kinh tế thế giới đặc biệt các nước phải nhập khẩu năng lượng, vấn đề này mới trở thành mối quan tâm toàn cầu. Các nhà quản lý và phân phối điện năng trên toàn thế giới qua đó cũng đã học được tầm quan trọng của việc phải có được các chiến lược quản lý đa dạng và năng động để cung cấp điện năng một cách đầy đủ và tin cậy trong môi trường cạnh tranh ngày càng tăng và thị trường không ổn định. Một trong những giải pháp giúp họ đảm bảo sử dụng và quản lý hiệu quả hệ thống điện và tăng khả năng lựa chọn để thoả mãn nhu cầu điện năng tương lai là quản lý nhu cầu phụ tải.

Quản lý nhu cầu phụ tải điện nói chung và DR nói riêng đã được triển khai tại nhiều nước trên thế giới và đã mang lại không chỉ hiệu quả kinh tế cao mà còn cải thiện đáng kể các vấn đề xã hội và môi trường.

Từ chi tiết các chương trình được mô tả, việc Nhật Bản và Hàn Quốc sử dụng thị trường “Negawatt” – đặc biệt là sử dụng sàn giao dịch mua bán công khai để mua và bán buôn điện – đã nhận được sự quan tâm to lớn từ các bên hữu quan [2], [3]. Trên thực tế, tất cả các quốc gia được nghiên cứu ở đây đều sử dụng một số hình thức sàn giao dịch để quản lý vận hành nguồn điện thông qua hệ thống của mình. Một lĩnh vực mà các bên hữu quan quan tâm đến là việc sử dụng các đơn vị điều phối phụ tải để giảm gánh nặng quản lý hành chính cho các cơ quan, đơn vị thực hiện và các công ty điện. Đáng chú ý, California cũng sử dụng các đơn vị điều phối phụ tải để quản lý khách hàng hộ gia đình, các công ty điện của Bang này cũng lắp đặt “công tơ thông minh” cho tất cả các nhóm khách hàng, từ đó đã thúc đẩy khách hàng tham gia các chương trình DR thông qua việc tự động hóa quy trình DR. Các quốc gia trong nghiên cứu này hoạt động trên các thị trường mà các đơn vị cung cấp chương trình DR có thể cạnh tranh nhau. Tất cả các đơn vị này đều cho phép và sử dụng các đơn vị điều phối phụ tải trên thị trường điện bán buôn. Tại các quốc gia này, các đơn vị điều phối phụ tải tập trung nhiều phụ tải khác nhau với các đặc điểm khác nhau và cung cấp dự phòng cho từng phụ tải tương ứng, theo đó làm gia tăng độ tin cậy tổng thể và giảm rủi ro cho từng khách hàng tham gia chương trình. Các quốc gia này xây dựng một phụ tải tổng có thể điều khiển từ nhiều phụ tải khách hàng có quy mô nhỏ hơn, và bán dưới dạng một nguồn lực riêng lẻ. Một đơn vị điều phối DR có thể thuộc các đơn vị khác nhau hoặc một bên thứ ba, tùy thuộc vào tình hình thị trường. Nội dung chi tiết về đơn vị điều phối phụ tải, mô hình kinh doanh, giai đoạn phát triển và cơ chế tài chính của các đơn vị này cũng được xem

xét bên cạnh nội dung về cách thức đầu tư vốn trong các chương trình DR tại những quốc gia được nghiên cứu. Việc sử dụng sàn giao dịch và đơn vị điều phối phụ tải đều đòi hỏi thị trường DR Việt Nam phát triển hơn nữa mới đáp ứng được, đây cũng là các bước tiếp theo cần thực hiện để hỗ trợ các hoạt động và trọng tâm chương trình DR tại Việt Nam.

1.2.2.1. Kinh nghiệm thực hiện DR tại Hàn Quốc

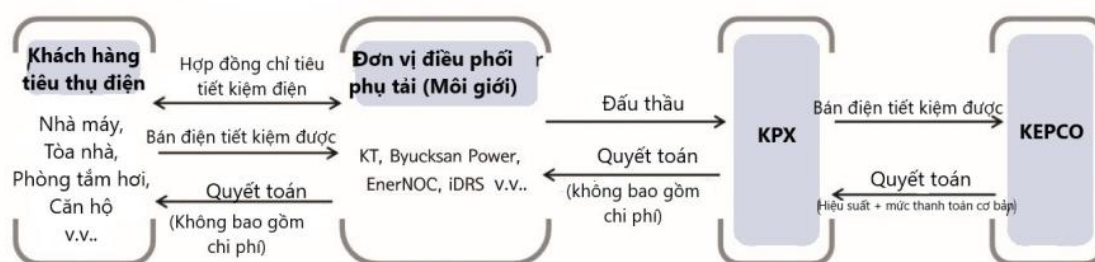
An ninh năng lượng của nước này luôn là mối quan tâm lớn của Chính phủ. Hiện nay, gần 80% nhu cầu điện là từ khách hàng thương mại và công nghiệp.

Tự do hóa thị trường điện được thực hiện từ năm 1999 nhưng tạm dừng lại vào năm 2003 sau khi chỉ có phân khúc phát điện được tự do hóa. Do đó, có sự cạnh tranh hạn chế trong mảng phát điện; truyền tải, phân phối và bán lẻ tiếp tục thuộc về Tổng công ty điện lực Hàn Quốc (KEPCO). Sàn giao dịch năng lượng Hàn Quốc (KPX) được thành lập năm 2000 và tất cả các doanh nghiệp sản xuất điện buộc phải bán điện cho KEPCO thông qua KPX. KPX đưa ra các dự báo nhu cầu và nhận về các đề xuất trước một ngày từ các công ty sản xuất điện, theo đó được sử dụng để thiết lập giá biên hệ thống cho mỗi giờ giao dịch, hình thành giá thị trường một cách hiệu quả. Các thanh toán theo công suất được chi trả cho các công ty phát điện dựa trên hồ sơ bỏ thầu tương ứng [2], [3].

Các khách hàng lớn có thể mua điện trực tiếp trên thị trường bán buôn, trong khi đó khách hàng nhỏ hơn tuân thủ biểu giá được điều tiết hiện có. Các biểu giá nhằm cho phép KEPCO thu hồi chi phí và cung cấp một tỉ suất hoàn vốn đầu tư phù hợp. Biểu giá điện công nghiệp gần gấp đôi trong năm 15 năm qua nhưng vẫn có các mức giá thấp nhất khoảng 0,08 EURO/kWh. Mức giá thấp này hạn chế ưu đãi đối với khách hàng công nghiệp để tự nguyện tham gia điều chỉnh phụ tải điện 31. Thị trường DR tại Hàn Quốc được mở cửa lần đầu vào năm 2008 và được chuyển đổi năm 2015 nhằm mục đích tích hợp sâu hơn chương trình này vào trong thị trường điện Hàn Quốc, nơi mà thị trường này đang vận hành. Nhiều công nghệ và mô hình kinh doanh đã có sự tiến bộ nhanh chóng ở Hàn Quốc. Thị trường điều chỉnh phụ tải điện được triển khai kể từ khi một quy định được thông qua vào năm 2014. Hàn Quốc đang tích cực thúc đẩy điều chỉnh phụ tải điện để bảo đảm tính tin cậy, khuyến khích cạnh tranh, và xây dựng một hệ sinh thái các doanh nghiệp năng lượng dựa trên CNTT.

Thị trường DR Hàn Quốc còn được biết đến là thị trường “Negawatt”. Thị trường tạo ra lợi nhuận bằng cách thu gom và bán điện tiết kiệm được từ khách hàng sử dụng điện hộ gia đình, thương mại và công nghiệp. Một đơn vị điều phối phụ tải bán điện tiết kiệm được bằng cách đấu thầu trên thị trường điện, cạnh tranh giá với các công ty sản xuất điện. Mỗi nguồn lực nhu cầu phải đến từ ít nhất 10 khách hàng sử dụng cuối cùng và phải có giá trị trên 10

MW. Các đơn vị điều phối phụ tải vận hành theo một hợp đồng với KPX, và sau đó kiểm soát nhu cầu điện của khách hàng theo các hướng dẫn cắt giảm từ KPX. Sau mỗi giao dịch, đơn vị điều phối phụ tải được KPX thanh toán cho phần điện năng bán được và trả cho đơn vị điều phối này theo số tiền mà khách hàng tiết kiệm được. Các nguồn lực DR được đấu thầu theo các nguồn lực sản xuất điện hàng ngày và khi được bán, sẽ bắt đầu tiết giảm nhu cầu. Một biểu đồ giao dịch chung được thể hiện trong hình 1-7 dưới đây.



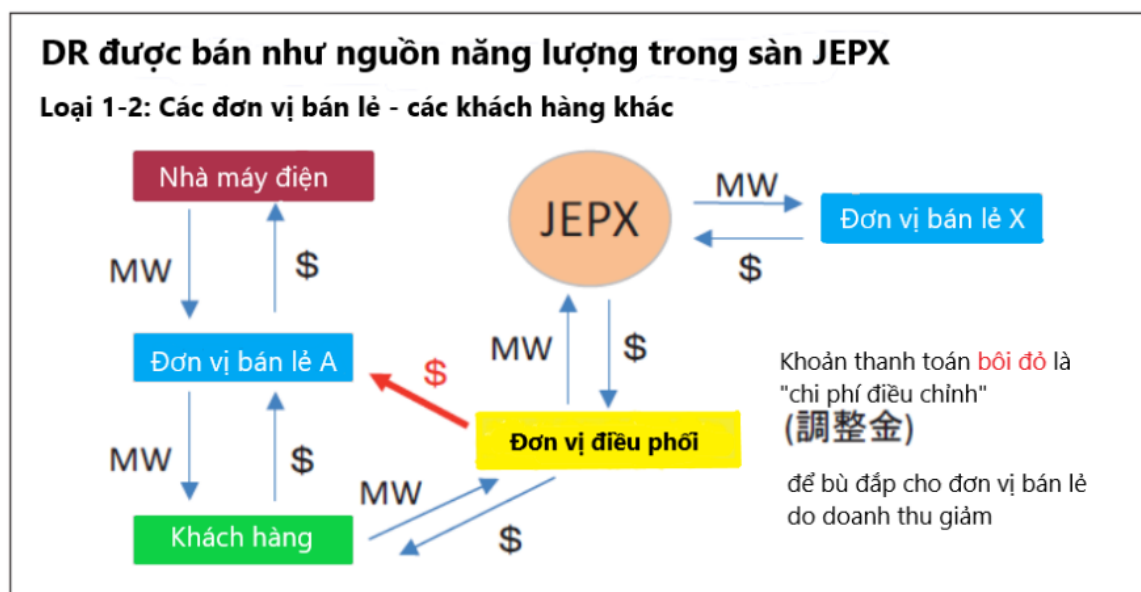
Hình 1-7: Biểu đồ giao dịch Negawatt

Thị trường được chia thành “thị trường điều chỉnh phụ tải điện dựa trên tính tin cậy” và “thị trường điều chỉnh phụ tải điện dựa trên tính khả thi về kinh tế” trong đó khách hàng tham gia đấu thầu trên cơ sở tự nguyện. Điều chỉnh phụ tải điện dựa trên tính tin cậy (điều chỉnh phụ tải dựa trên tiết giảm phụ tải đỉnh) phải tuân thủ hướng dẫn tiết giảm của KPX trong vòng 1 giờ trước khi cung và cầu điện năng gặp rủi ro. Điều này nhằm cải thiện tính tin cậy của hệ thống điện, đóng một vai trò trong việc giảm công suất tối đa và xử lý cung và cầu điện năng không ổn định. Điều chỉnh phụ tải điện dựa trên tính khả thi về kinh tế (điều chỉnh phụ tải điện cắt giảm chi phí) giúp cho khách hàng sử dụng điện có thể tham gia đấu thầu một cách tự nguyện khi đơn giá cắt giảm của nguồn lực nhu cầu được cho là thấp hơn so với đơn giá phát điện. Thị trường “Negawatt” đã phát triển đáng kể kể từ năm 2014 khi khách hàng sử dụng điện có thể chào bán các công suất điều chỉnh phụ tải trên thị trường thông qua các đơn vị điều phối. Dữ liệu từ năm 2018 cho thấy hơn 3.500 khách hàng, trên 20 đơn vị điều phối và trên 120.000 MWh cắt giảm được chỉ trong vài tháng của năm. Tổng công suất điều chỉnh phụ tải hiện nay ở mức khoảng 4,3 GW.

1.2.2.2. Kinh nghiệm thực hiện DR tại Nhật Bản

Xuất phát từ luận chứng rằng phân khúc thương mại và công nghiệp có khả năng thực hiện tiết giảm phụ tải đỉnh lớn sau trận động đất Tohoku năm 2011, Nhật Bản đã thực hiện một số chương trình thí điểm trước khi triển khai thị trường giao dịch Negawatt năm 2017. Thị trường hoạt động dựa trên một tầm nhìn về quản lý nhu cầu điện đối với khách hàng thương mại và công nghiệp lớn ở Nhật Bản do các đơn vị điều phối thực hiện, họ là các trung gian trong việc giúp khách hàng thương mại và công nghiệp giảm thiểu tiêu thụ năng lượng theo các yêu cầu của các công ty

điện. Các đơn vị điều phối được thanh toán cho phần điện năng không sử dụng này và chi trả cho các khách hàng tham gia theo số lượng điện mà họ cắt giảm tiêu thụ được [3].



Hình 1-8: Biểu đồ giao dịch JEPX

Tổ chức một cuộc đấu giá hàng năm, trong đó thực hiện bỏ thầu về công suất DR. Sau đó các Công ty điện trả một số tiền hàng năm, thường là từ 25 – 42 USD/kW cho các đơn vị điều phối như là các trung gian giúp khách hàng tiêu thụ giảm phụ tải của mình khi được yêu cầu. Mỗi đơn vị điều phối sử dụng một phần thanh toán này để bù đắp cho khách hàng sử dụng cuối cùng và Công ty điện năng vì doanh thu của họ bị suy giảm do giảm mức tiêu thụ điện. Khi phụ tải đỉnh giảm xuống, đơn vị điều phối có thể tránh được các khoản đầu tư vào việc mở rộng công suất phát điện, truyền tải điện và phân phối điện. Thị trường đóng một vai trò quan trọng trong việc bảo đảm tính ổn định của lưới điện. Sự thay đổi giá trên sàn JEPX là tương đối thấp và biểu giá điện chủ yếu phụ thuộc vào khối lượng. Được biết phiên đấu thầu đầu tiên về điều chỉnh phụ tải điện đã thu về khoảng 1 GW công suất từ các khách hàng tiêu thụ điện thương mại và công nghiệp. Các Công ty điện năng buộc phải đấu thầu và mua 20 MW để bắt đầu. Với tầm nhìn mà Bộ Kinh tế, Thương mại và Công nghiệp đã trình bày trong Sáng kiến Đổi mới Mở và Bền vững, điều chỉnh phụ tải điện và các công nghệ thông minh khác có thể được tích hợp vào trong các nhà máy điện ảo của tương lai. Trong bối cảnh này, khách hàng tiêu thụ có thể được xem như là một nguồn lực không chỉ về giảm nhu cầu khi thiếu điện mà còn về khả năng cấp và lưu trữ chung trong toàn cộng đồng, để hình thành một nhà máy điện ảo, một sự tập hợp các nguồn năng lượng phân tán, bao gồm cả bên cung và bên cầu.

1.2.2.3. Kinh nghiệm thực hiện DR tại Singapore

Tháng 04/2016, NEMS giới thiệu chương trình DR đầu tiên của mình đối với thị trường bán buôn. Chương trình này cho phép các nguồn lực điều chỉnh phụ tải có thể tham gia trên cả thị trường năng lượng bán buôn và cả thị trường các dịch vụ phụ trợ. Chương trình cho phép khách hàng nộp hồ sơ dự thầu trên thị trường năng lượng để thực hiện cắt giảm phụ tải và thể hiện rằng họ sẵn sàng cắt giảm nhu cầu điện của mình tại các điểm giá khác nhau [2], [3]. Chương trình điều chỉnh phụ tải điện có hai nét riêng biệt sau:

- **Đấu thầu bên cầu và sử dụng một đường cơ sở tự chỉ định:** điều này cho phép khách hàng thể hiện sự sẵn sàng tiêu thụ của mình ở các điểm giá khác nhau bằng cách điều chỉnh phụ tải tương ứng với các điều kiện cung và cầu thời gian thực. Nó sẽ được đồng tối ưu bằng cơ chế cắt giảm phụ tải hiện có trong đó phụ tải có thể được cung cấp để dự trữ.

- **Cơ chế chia sẻ thặng dư tiêu dùng:** bên cung cấp phụ tải được cấp phép mà có sự cắt giảm phụ tải đã được cân bằng có thể chia sẻ 1/3 thặng dư tiêu dùng có được từ các cắt giảm phụ tải đã được điều độ. Công suất đăng ký của chương trình này được giới hạn ở mức 7,2 MW trong năm 2017. Trong chương trình DR, các nguồn lực DR cũng có thể tham gia thị trường các dịch vụ phụ trợ thông qua cơ chế cắt giảm phụ tải. Dịch vụ cắt giảm phụ tải bao gồm phụ tải có thể cắt giảm như một phương án thay thế cho dự phòng quay. Hình dưới đây chỉ ra rằng sự tham gia điều chỉnh phụ tải tác động nhiều hơn lên phụ tải đỉnh trên thị trường các dịch vụ phụ trợ so với thị trường bán buôn. Các tiêu chí về tính hợp lệ vẫn giống nhau ở cả hai chương trình: một khách hàng tiêu thụ với các phương tiện phụ tải được đấu nối trực tiếp vào lưới điện tại cùng điểm đấu nối có thể tham gia trực tiếp chương trình điều chỉnh phụ tải nếu các phương tiện phụ tải có tổng phụ tải có thể cắt giảm không dưới 0,1 MW. Để tham gia trực tiếp, một khách hàng phải đăng ký (a) để trở thành một bên tham gia thị trường và (b) các phương tiện phụ tải là một phương tiện phụ tải được đăng ký. Khách hàng có phương tiện phụ tải mà có thể cắt giảm phụ tải dưới 0,1 MW có thể tham gia gián tiếp thông qua một đơn vị bán lẻ có giấy phép hoặc đơn vị điều phối điều chỉnh phụ tải (đơn vị cung cấp phụ tải được cấp phép). Các đơn vị cung cấp phụ tải được cấp phép này có thể tổng hợp các phương tiện phụ tải của nhiều khách hàng vào trong cùng một khu vực cắt giảm phụ tải để đăng ký thành một phương tiện phụ tải được đăng ký. Phương tiện phụ tải được đăng ký phải có khả năng cung cấp ít nhất 0,1 MW phụ tải có thể cắt giảm. Các công ty lớn như Diamond Energy hoặc CPvT Energy đã tham gia các chương trình cắt giảm phụ tải để giải quyết các sự cố bất thường như nhu cầu giờ cao điểm ngoài dự kiến hoặc buộc ngừng phát điện.

1.2.3. Chương trình điều chỉnh phụ tải điện DR ở Việt Nam

Năm 2019, doanh số bán điện ở Việt Nam đạt khoảng 241 tỉ kWh, tăng gần 9,5% so với năm 2018. Mặc dù mức tăng trưởng này ổn định ở mức 9,5-10% mỗi năm trong giai đoạn 2010-2019, dự kiến sẽ giảm nhẹ xuống 8% mỗi năm trong giai đoạn 2021-2030. Công suất đặt của hệ thống tính đến năm 2019 là gần 55 GW và dự kiến đạt 138 GW vào năm 2030 để bảo đảm cung ứng điện cho phát triển kinh tế - xã hội [4]. Mở rộng công suất phát điện là giải pháp chính để đáp ứng nhu cầu điện trong dài hạn. Tuy nhiên, trong ngắn hạn, quản lý nhu cầu điện (DSM) và điều chỉnh phụ tải điện (DR) sẽ đóng vai trò thiết yếu trong việc duy trì các chỉ số về tính tin cậy. Các lợi ích đáng chú ý khác của DR là quản lý tài sản hệ thống, các lợi ích tài chính cho khách hàng và chi phí sản xuất của hệ thống điện thấp.

Chương trình DR ở Việt Nam lần đầu được ban hành trong thông tư số 23/2017/TT-BCT ngày 11/11/2017 [5] và sau đó được thể chế hóa trong Quyết định số 279/QĐ-TTg ngày 08/03/2018 [1].

Mục tiêu phấn đấu của chương trình là:

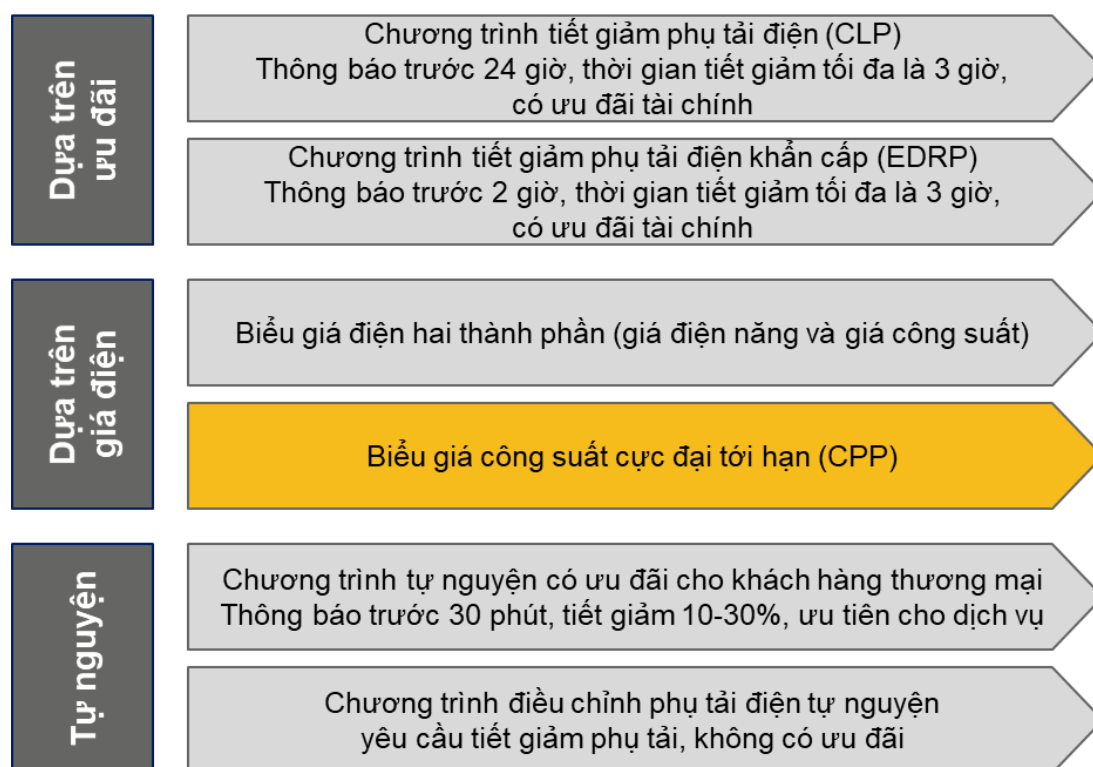
- Giảm tối thiểu 30% công suất phụ tải đỉnh so với dự báo, tương ứng tối thiểu 90 MW (năm 2020), 300 MW (năm 2025) và 600 MW (năm 2030);
- Tăng hệ số phụ tải hệ thống điện quốc gia khoảng 1 đến 2% (2018-2020) và 3 đến 4% (2021-2030), cải thiện hệ số phụ tải miền, từng bước xây dựng và mở rộng chương trình điều chỉnh phụ tải điện tới từng trạm biến áp (TBA) phân phối, cải thiện hệ số phụ tải của mỗi TBA.
- Sau năm 2020 chương trình điều chỉnh phụ tải điện sẽ được triển khai rộng rãi với sự tham gia tự nguyện và chủ động của khách hàng sử dụng điện trên cả nước và trở thành một trong số các chương trình và giải pháp cung cấp dịch vụ phụ trợ cho hệ thống điện, giảm nhu cầu về các dịch vụ phụ trợ của các nguồn điện trong hệ thống điện quốc gia.

Thông tư 23 mở ra một loạt các chương trình DR, bao gồm:

Các chương trình điều chỉnh phụ tải điện có ưu đãi, có thể điều độ

- Chương trình tiết giảm phụ tải điện – CLP (Chương trình tự nguyện hướng đến đối tượng khách hàng thương mại và công nghiệp có dây chuyền sản xuất linh hoạt với mức độ tiêu thụ biến thiên từ thấp đến cao). Chương trình CLP là một chương trình mang tính kinh tế và được thiết kế để đạt tính hiệu suất, hiệu quả và giảm chi phí sản xuất đối với đơn vị điện cận biên.
- Chương trình điều chỉnh phụ tải điện khẩn cấp (chương trình tự nguyện hướng đến đối tượng khách hàng thương mại và công nghiệp có dây chuyền sản xuất linh hoạt với nhiều mức độ tiêu thụ và có thể thay đổi hoặc giảm nhanh chóng nhu cầu điện). Chương trình này được thiết kế để đảm bảo tính

tin cậy của hệ thống điện. Điều chỉnh phụ tải điện được thực hiện khi hệ thống điện bị quá tải.



Hình 1-9: Các dịch vụ điều chỉnh phụ tải điện DR

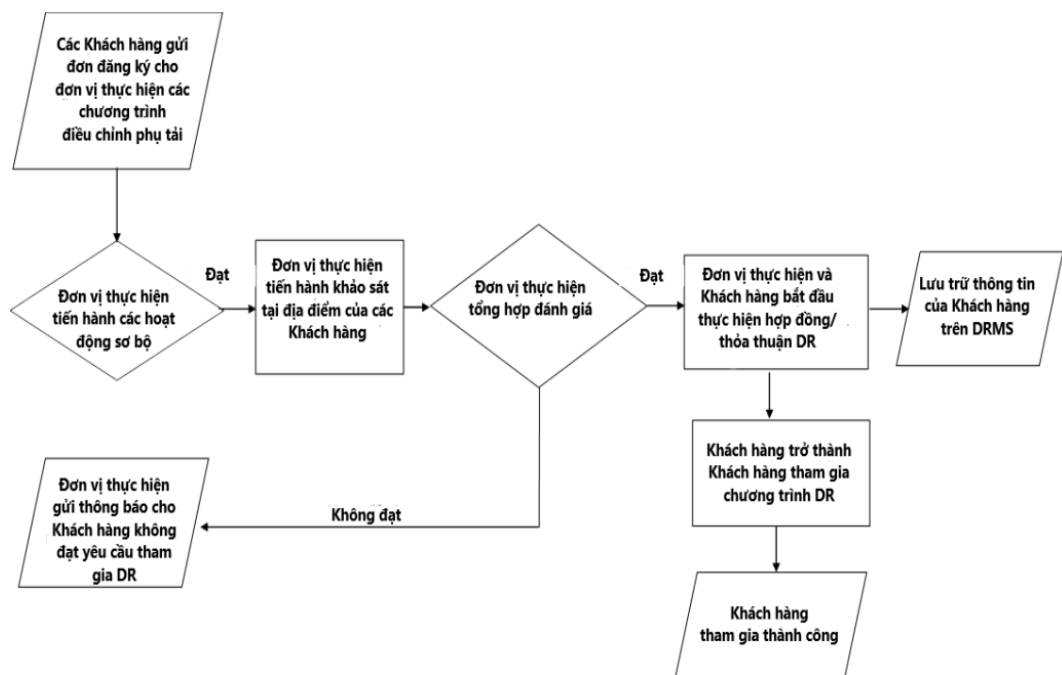
Các chương trình điều chỉnh phụ tải điện có thời hạn, không thể điều độ:

- Chương trình biểu giá điện hai thành phần: giá công suất và giá điện năng, hướng đến đối tượng khách hàng đang áp dụng biểu giá điện theo thời gian. Không có cơ chế ưu đãi tài chính trực tiếp đối với chương trình này. Khách hàng chủ động quyết định để điều chỉnh hoặc thay đổi nhu cầu của mình để tương ứng với các tín hiệu về giá, đặc biệt trong thời gian cao điểm để giảm hóa đơn tiền điện. Hiện chương trình này chưa được triển khai thực hiện.
- Chương trình biểu giá điện giờ cao điểm theo thời gian thực: chương trình tự nguyện hướng đến đối tượng khách hàng thương mại và công nghiệp). Biểu giá bao gồm biểu giá theo thời gian sử dụng và thành phần giá đặc biệt áp dụng cho các thời điểm cao điểm của hệ thống điện theo thông báo cụ thể của đơn vị vận hành có thẩm quyền.

Các chương trình điều chỉnh phụ tải điện phi thương mại

- Mô hình này không áp dụng ưu đãi tài chính. Phần thưởng có thể là một khoản thanh toán dưới dạng ưu đãi nếu cắt giảm phụ tải được thực hiện như là một phương sách cuối cùng để đảm bảo tính nguyên vẹn của hệ thống điện.

Theo đó ba chương trình được tập trung thực hiện gồm: Chương trình tiết giảm phụ tải điện, chương trình điều chỉnh phụ tải điện khẩn cấp và chương trình chương trình biểu giá điện giờ cao điểm theo thời gian thực. Khách hàng tham gia chương trình nào, sẽ có cơ chế ưu đãi tương ứng. Hiện nay, ngành điện mới chỉ triển khai chương trình DR phi thương mại và tự nguyện trên cơ sở lựa chọn những DN có sản lượng tiêu thụ điện từ một triệu kW giờ/năm trở lên, đã được trang bị công-tơ điện tử đo xa và lưu trữ số liệu theo chu kỳ 30 phút/lần. Doanh nghiệp có khả năng tiết giảm tiêu thụ điện trong vòng 30 phút kể từ khi nhận được thông báo của ngành điện và có khả năng giảm từ 10 đến 20% tiêu thụ so với phụ tải thực tế trong chế độ vận hành bình thường; thời gian nhiều nhất cho mỗi lần điều chỉnh phụ tải không quá ba giờ. Các doanh nghiệp tự nguyện tham gia, chủ động quyết định quy mô, loại phụ tải để ngừng hoặc tiết giảm trên cơ sở lựa chọn dây chuyền sản xuất hoặc những phụ tải phù hợp [1]. DR theo cơ chế giá điện ở nước ta vẫn còn trong quá trình nghiên cứu chưa được triển khai thực hiện. Quy trình đăng ký tham gia chương trình DR và quá trình thực hiện được thể hiện trong hình 1-10 và 1-11.

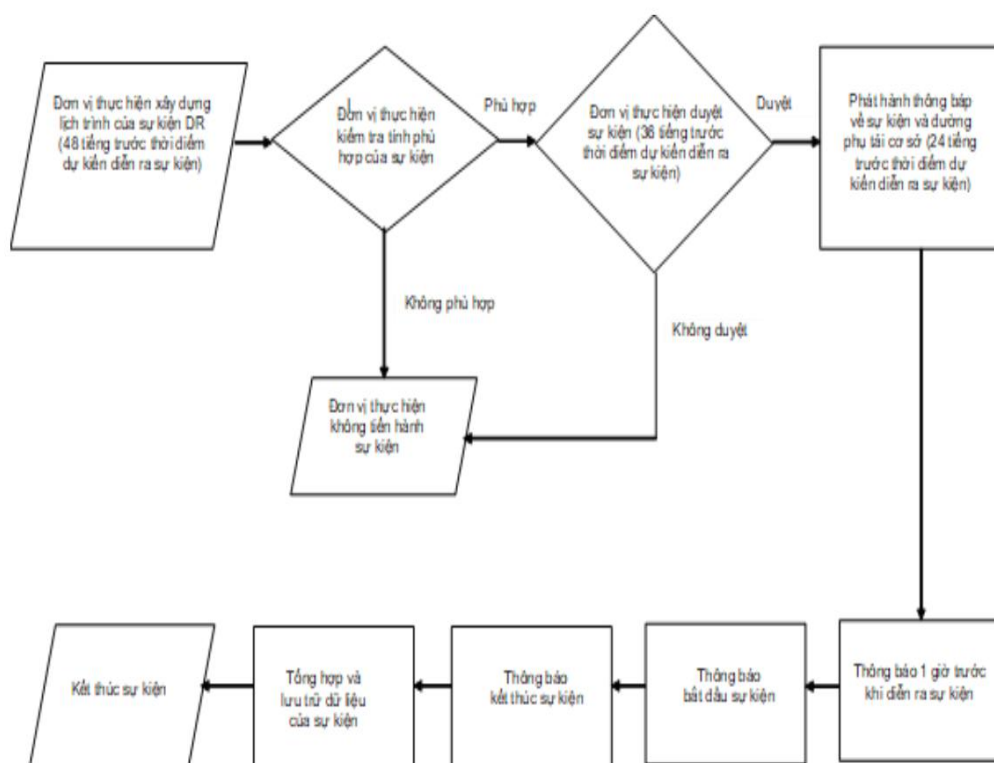


Hình 1-10: Quá trình đăng ký tham gia chương trình DR

Chương trình điều chỉnh phụ tải điện được triển khai thực hiện thí điểm từ năm 2019 với kết quả như sau. Trong năm 2019, EVN đã thực hiện 10 sự kiện điều chỉnh phụ tải: 7 sự kiện điều chỉnh phụ tải khẩn cấp và 3 sự kiện điều chỉnh phụ tải theo kế hoạch, trên cơ sở tự nguyện, phi thương mại. Mức giảm công suất tối đa khoảng 514 MW với tổng mức giảm thiểu điện năng 6.373 MWh, tiết kiệm khoảng 24,12 tỉ VNĐ. Điều chỉnh phụ tải dự kiến trong năm 2020 thực hiện 11 sự kiện điều

chính phụ tải điện hàng tháng phân chia theo 3 miền địa lý Bắc, Trung, Nam, trong đó công suất dự kiến của điều chỉnh phụ tải điện tương ứng là 353-736 MW, 68-150 MW, và 340-785 MW.

Hướng dẫn thực hiện DR đã sẵn sàng về mặt kỹ thuật và thể chế, tuy nhiên vẫn còn thiếu các cơ chế hỗ trợ tài chính. Sau vài năm thực hiện thí điểm, tất cả các Tổng công ty điện lực đều gặp khó khăn trong việc khuyến khích khách hàng tham gia các sự kiện DR do thiếu các ưu đãi tài chính, tức là các lợi ích tài chính cho khách hàng khi tham gia sự kiện DR là không lớn hoặc không rõ ràng. Khi không có các ưu đãi tài chính, mức độ tham gia của khách hàng đã giảm dần theo thời gian.



Hình 1-11: Quá trình thực hiện DR

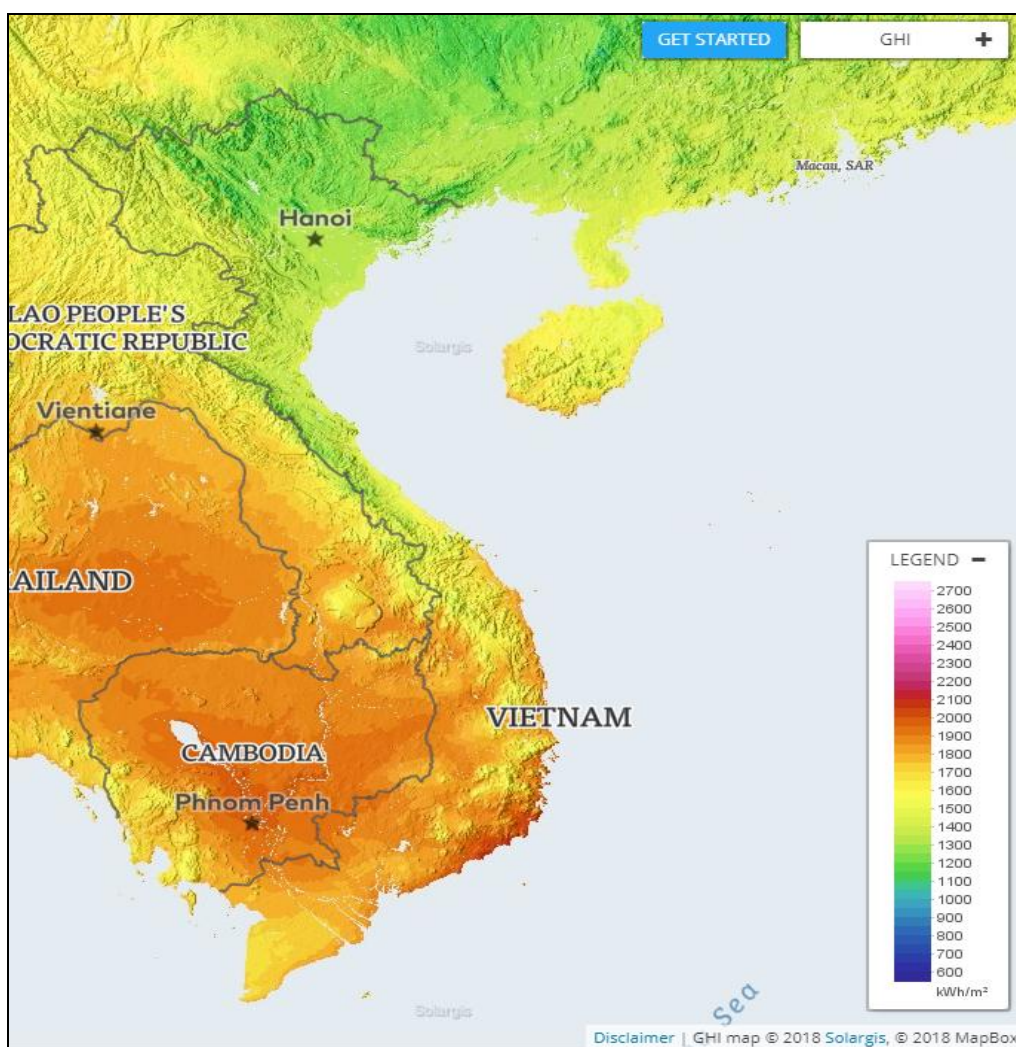
1.3. Tổng quan về sự phát triển điện mặt trời mái nhà ở Việt Nam

Việt Nam được đánh giá có nguồn năng lượng mặt trời khá tốt với khoảng 2.000 ÷ 2.500 giờ nắng và cường độ bức xạ trung bình khoảng 4,5 kWh/m²/ngày. Đối với các tỉnh miền Trung và miền Nam, năng lượng mặt trời có sẵn quanh năm, khá ổn định cường độ bức xạ trung bình khoảng ≥ 5 kWh/m²/ngày. Có thể nói rằng bức xạ mặt trời là một nguồn tài nguyên to lớn cho các tỉnh miền Trung và miền Nam nói riêng và Việt Nam nói chung trong quá trình phát triển bền vững [6].

Bảng 1-1: Cường độ bức xạ mặt trời trung bình ngày và số giờ nắng trung bình các khu vực

STT	Khu vực	Cường độ bức xạ mặt trời trung bình (kWh/m ² .ngày)	Số giờ nắng tr.bình (giờ/năm)
1	Đông Bắc	3,3 – 4,1	1500 - 1800
2	Tây Bắc	4,1 – 4,9	1890 - 2102
3	Bắc Trung Bộ	4,6 – 5,2	1700 - 2000
4	Nam Trung bộ và Tây Nguyên	4,9 – 5,7	2000 - 2600
5	Nam bộ	4,3 – 4,9	2200 - 2500
	Trung bình cả nước	4,6	2000

Cường độ bức xạ không đồng đều giữa các thời điểm trong ngày, giữa các tháng trong năm. Từ tháng 4 đến tháng 10 hàng năm là những tháng có cường độ bức xạ tốt. Còn những tháng mùa đông từ tháng 11 đến hết tháng 2 cường độ bức xạ trung bình ngày giảm Bảng 1-2.



Hình 1-12: Bản đồ bức xạ mặt trời quốc gia (Nguồn: globalsolaratlas.info)

Bảng 1-2: Cường độ bức xạ trung bình tháng, năm tại Hà Nội từ số liệu NASAĐơn vị: kWh/m²/ngày

Tháng	T01	T02	T03	T04	T05	T06	T07	T08	T09	T10	T11	T12	Năm
Trung bình	2,49	2,86	3,66	4,07	4,59	4,67	4,61	4,56	4,37	3,79	3,38	3,01	3,83
Min	1,74	2,25	3,11	3,36	3,87	4,00	3,69	3,80	3,76	3,30	2,49	2,19	1,74
Max	3,16	3,28	4,72	4,62	5,53	5,40	5,36	5,60	4,83	4,48	3,99	3,95	5,60

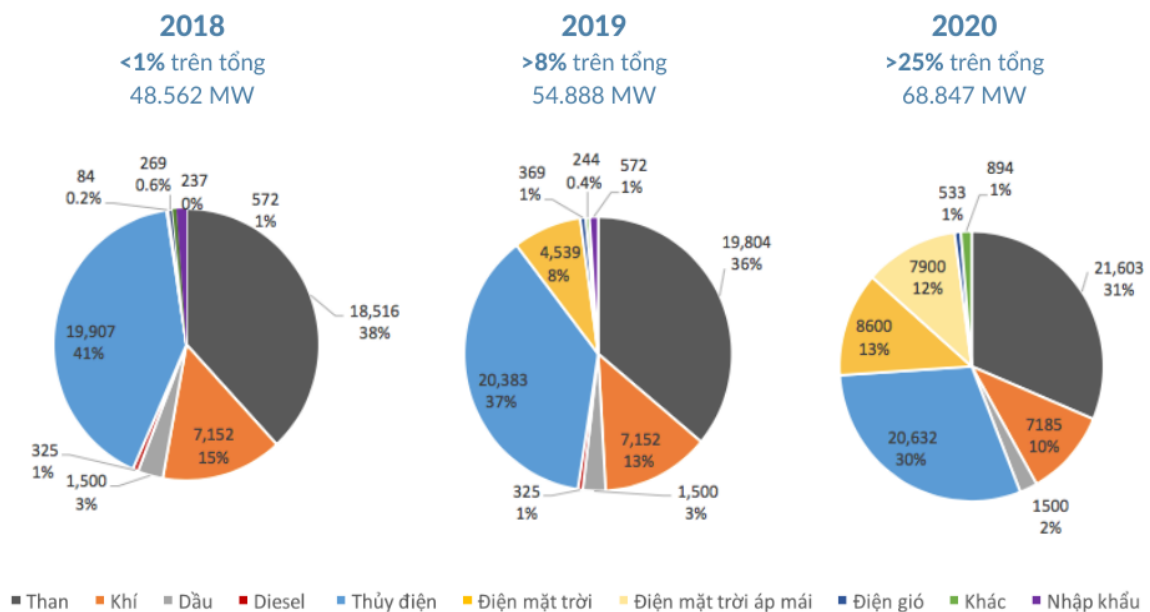
Chính phủ đã có nhiều cơ chế nhằm khuyến khích đầu tư, phát triển năng lượng tái tạo, trong đó Điện mặt trời là ngành được ưu tiên nhất. Trước đó, Thủ tướng Chính Phủ nước ta đã ban hành hai quyết định nhằm đưa ra cơ chế phát triển ngành năng lượng mặt trời là Quyết định số:11/2017/QĐ-TTg vào ngày 11 tháng 04 năm 2017 và Quyết định số: 13/2020/TTg vào ngày 06 tháng 04 năm 2020. Theo như Quyết định 11, giá FIT lần đầu tiên được ban hành chính thức. Về giá điện EVN sẽ mua lại từ các dự án điện mặt trời hòa lưới là 9,35UScent/kWh (tương đương 2.086VNĐ/kWh theo tỷ giá VNĐ và USD do Ngân hàng nhà nước Việt Nam công bố ngày 10/04/2017) và hết hiệu lực trước ngày 30/06/2019. Sau gần một năm Quyết định 11 hết hiệu lực, đến ngày 06/04/2020, Quyết định 13 được Thủ tướng phê duyệt với giá mua lại điện năng từ các dự án điện mặt trời hòa lưới trước ngày 31/12/2020 như Bảng 1-3.

Bảng 1-3: Biểu giá mua bán điện mặt trời theo Quyết định số 13/2020/TTg

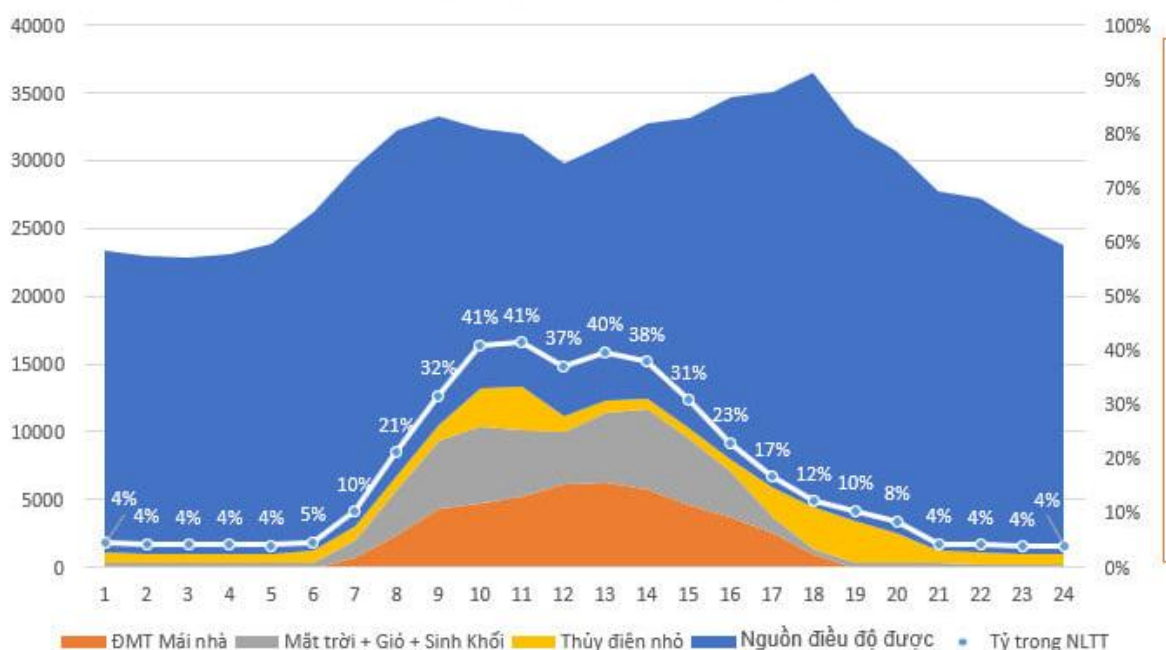
TT	Công nghệ điện mặt trời	Giá điện	
		VNĐ/kWh	Tương đương (US cent/kWh)
1	Dự án điện mặt trời nổi	1.758	7,69
2	Dự án điện mặt trời mặt đất	1.620	7,09
3	Dự án điện mặt trời mái nhà	1.916	8,38

Ngoài ra còn rất nhiều chính sách ưu đãi khác như ưu đãi về thuế thu nhập doanh nghiệp: mức 10% trong 15 năm, miễn thuế cho 4 năm đầu và giảm 50% cho 9 năm tiếp sau miễn thuế nhập khẩu các thiết bị năng lượng tái tạo, hợp đồng mua bán điện 20 năm. Những chính sách ưu đãi đó đã thu hút sự đầu tư của các doanh nghiệp và cá nhân tạo nên sự bùng nổ về phát triển điện mặt trời vượt xa ngoài kế hoạch trong 3 năm gần đây. Tỷ trọng công suất nguồn năng lượng tái tạo tăng nhanh chóng cả quy mô trang trại và điện mặt trời mái nhà (Hình 1.13). Cụ thể năm 2018 tỷ lệ điện mặt trời rất nhỏ, chỉ chiếm tỷ lệ khoảng 0,2% trong cơ cấu nguồn, đến năm 2019 tỷ lệ này đã tăng lên rất nhanh và chiếm hơn 8% với tổng công suất 4.539 MW trong đó có 244 MW điện mặt trời mái nhà, tính đến hết năm 2020 thì tỷ lệ điện mặt trời đã chiếm hơn 25% với 8.600 MW điện mặt trời (13%) và 7.900 MW điện mặt trời mái nhà (12%) xem Hình 1-13.

Tỷ trọng điện mặt trời trong cơ cấu huy động nguồn cũng chiếm tỷ trọng đáng kể, đặc biệt là thời gian ban ngày. Ví dụ: Xét biểu đồ cơ cấu huy động nguồn một ngày mùa hè năm 2020 do trung tâm điều độ HTĐ quốc gia cung cấp (Hình 1.14) cho thấy tỷ trọng năng lượng tái tạo có thời điểm chiếm đến 41% tổng công suất các nguồn huy động trong đó điện mặt trời đóng góp rất mạnh tạo ra vùng tỷ trọng NLTT đáng kể trong khoảng 9h sáng đến 15h chiều.



Hình 1-13: Cơ cấu nguồn điện Việt Nam năm 2018, 2019, 2020 (Nguồn VIETSE)



Hình 1-14: Cơ cấu huy động nguồn và tỷ trọng năng lượng tái tạo 2020

(Nguồn TT điều độ HTĐ quốc gia)

Ngoài các lợi ích về kinh tế, điện mặt trời nói chung và điện mặt trời áp mái nói riêng còn là giải pháp cho việc phát triển bền vững, bảo vệ môi trường và xây dựng cuộc sống xanh.

Kết luận chương 1:

Qua phân tích ở trên có thể thấy được việc ứng dụng DR đã, đang và sẽ mang lại hiệu quả rất lớn cả về kinh tế và môi trường.

Việc nghiên cứu, ứng dụng DR ở nước ta hiện nay đang ở những giai đoạn đầu, nhưng cũng có thể thấy được những lợi ích to lớn mà nó mang lại. Những vấn đề nghiên cứu và ứng dụng DR ở nước ta chủ yếu dựa trên những kinh nghiệm thực hiện DR ở và một số nước trong khu vực và đa số vẫn đang ở mức thí điểm nên hiệu quả thật sự chưa cao. Việt Nam đang triển khai chương trình điều chỉnh phụ tải tự nguyện trong ngành thương mại và công nghiệp tập trung vào 3 chương trình:

- Chương trình tiết giảm phụ tải điện (CLP)
- Chương trình tiết giảm phụ tải điện khẩn cấp (EDRP)
- Chương trình biểu giá điện cực đại thời gian thực (CPP).

Hai chương trình CLP và EDRP đã được xây dựng nhưng chưa triển khai do vẫn còn những rào cản về pháp lý. Chương trình Điều chỉnh phụ tải theo Biểu giá công suất cực đại tối hạn đang được xây dựng và thử nghiệm quy mô nhỏ từ đó xây dựng và hoàn thiện các chính sách tạo cơ sở cho việc nhân rộng. Mục tiêu trên đạt được bằng cách tạo ra một mô hình triển khai điều chỉnh phụ tải thông qua cơ chế CPP, trong đó áp dụng các ưu đãi về giá để khuyến khích khách hàng giảm nhu cầu

tiêu thụ điện vào giờ cao điểm, đồng thời hỗ trợ triển khai các chương trình điều chỉnh phụ tải theo cơ chế ưu đãi tài chính trực tiếp cho khách hàng đã ký hợp đồng để giảm nhu cầu tiêu thụ điện.

Sự phát triển mạnh mẽ của điện mặt trời mái nhà trong những năm vừa qua là một giải pháp hữu ích cho việc thực hiện DR ở các hộ tiêu thụ.

Để nâng cao hiệu quả của chương trình DR, thì một trong những vấn đề cần thực hiện là đề xuất các giải pháp DR khi trong lưới phân phối có nguồn điện mặt trời. Đó chính là nội dung sẽ được đề cập trong chương tiếp theo.

CHƯƠNG 2: BÀI TOÁN LẬP LỊCH NGÀY TRƯỚC ĐIỀU CHỈNH ĐỒ THỊ PHỤ TẢI CÓ XÉT ĐẾN SỰ THAM GIA CỦA ĐIỆN MẶT TRỜI

2.1. Đặc điểm, phân loại phụ tải

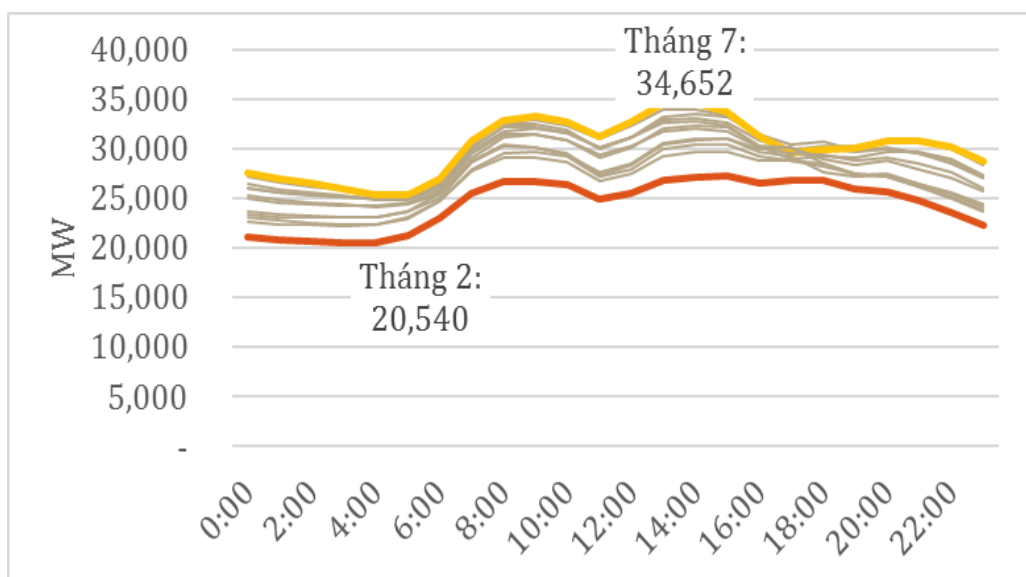
2.1.1. Đặc điểm của cung, cầu và biểu giá điện

Hiện nay, hệ thống điện của Việt Nam đã không còn nguồn dự phòng, trong lúc tốc độ tăng trưởng điện thương phẩm vẫn ở mức rất cao, khoảng 10% mỗi năm. Công suất phụ tải đỉnh liên tục tăng trong những năm gần đây (Bảng 2.1), đặc biệt vào các tháng 5,6,7 khi thời tiết nắng nóng kéo dài trên diện rộng.

Bảng 2-1: Công suất phụ tải đỉnh của HTĐ Việt Nam

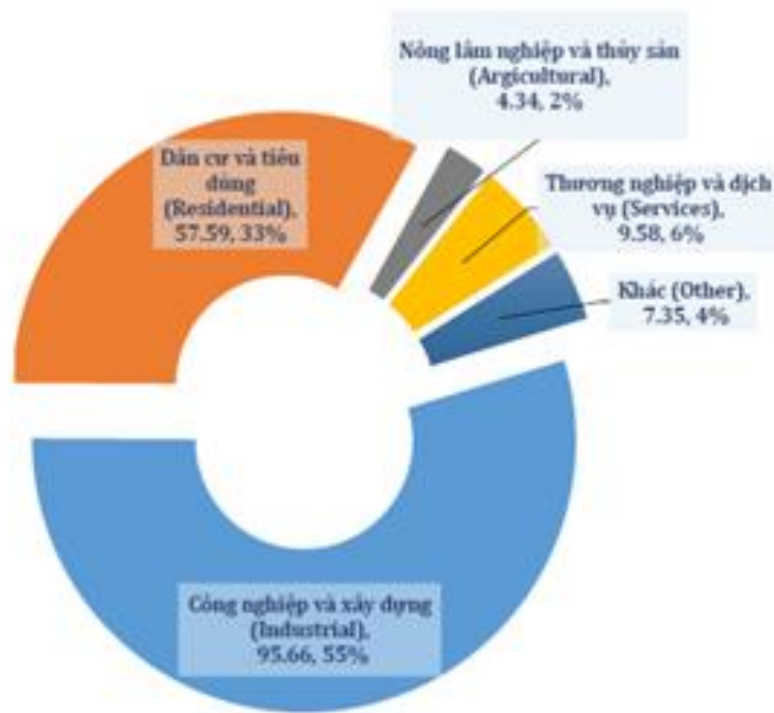
Ngày	Thời điểm (h)	Công suất phụ tải đỉnh (MW)
23/06/2020	14	38.300
21/06/2021	14	42.146
21/06/2022	13h30	45.238

Phân tích đồ thị phụ tải các tháng trong năm (Hình 2-1) cho thấy, công suất phụ tải của hệ thống đạt đỉnh trong các tháng hè, thời điểm xuất hiện phụ tải đỉnh thường từ khoảng 13h đến 15h. Vào những giờ cao điểm, nhu cầu tiêu thụ điện tăng cao, nếu không thực hiện điều chỉnh phụ tải điện, hệ thống điện có thể rơi vào tình trạng quá tải, không thể cung cấp điện tới một bộ phận lớn khách hàng, cũng như ảnh hưởng tới sự vận hành an toàn của hệ thống điện.



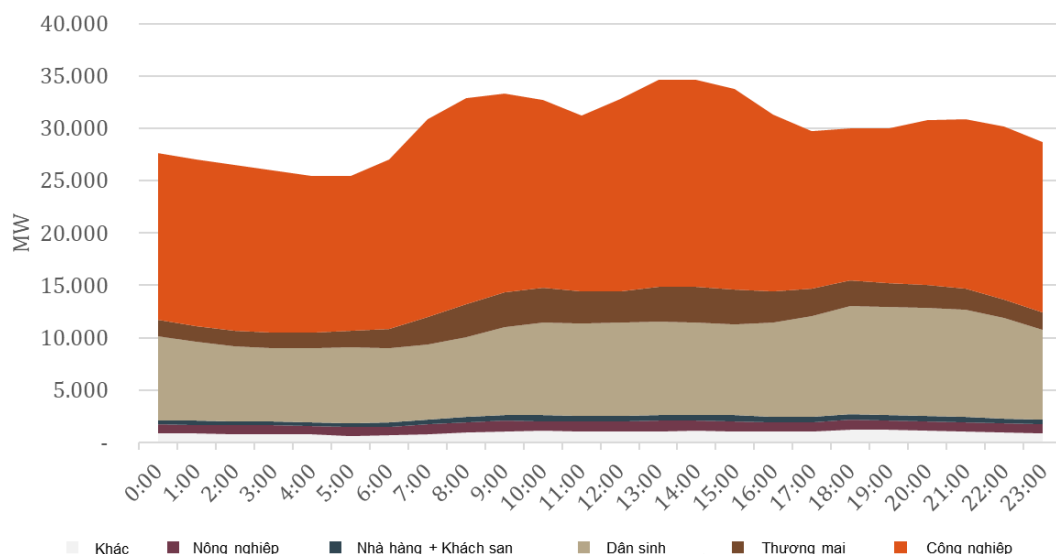
Hình 2-1: Công suất phụ tải theo tháng trên toàn EVN năm 2019 (ngày làm việc)

Trong năm năm qua cơ cấu phụ tải gần như không thay đổi với thành phần công nghiệp chiếm phần lớn (55%) tỷ trọng, tiếp theo là khu vực dân cư và tiêu dùng chiếm tỷ lệ 33%, đứng thứ ba là thành phần thương mại và dịch vụ với tỷ lệ 6% (Hình 2-2) [3].

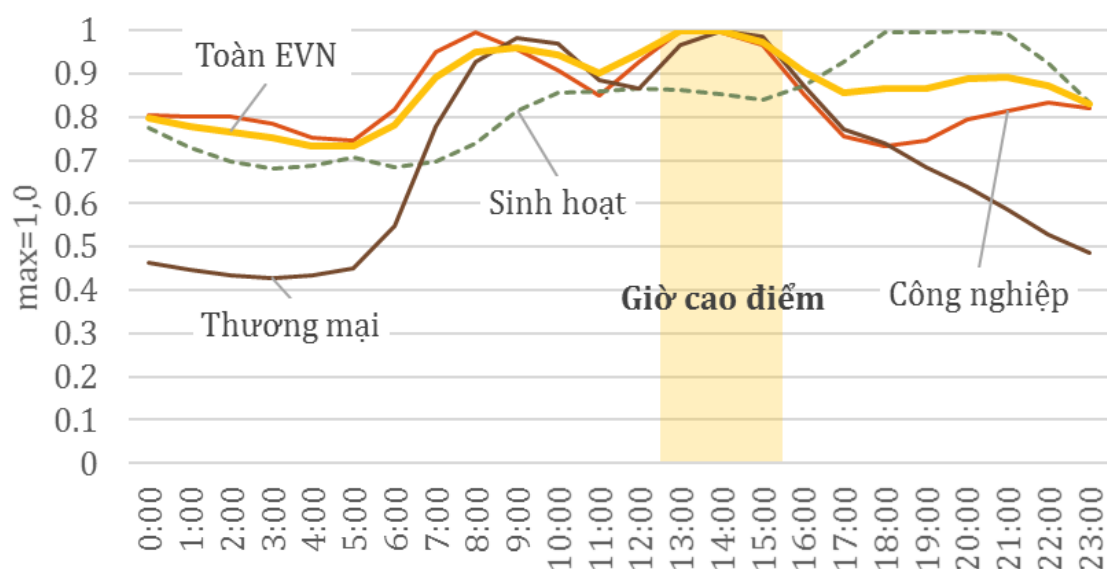


Hình 2-2: Cơ cấu phụ tải hệ thống điện (tỷ kWh)

Biểu đồ phụ tải theo cơ cấu ngành được thể hiện ở hình 2-3 và 2-4 cho thấy phụ tải công nghiệp và thương mại đạt đỉnh trùng với thời điểm phụ tải toàn hệ thống đạt đỉnh (từ 13h đến 15h). Phụ tải sinh hoạt có đỉnh vào buổi tối trong khoảng thời gian từ 17h đến 20h. Trong khoảng thời gian hệ thống đạt công suất đỉnh thành phần phụ tải sinh hoạt ở mức khoảng 86% so với mức đỉnh.



Hình 2-3: Công suất phụ tải ngày làm việc toàn EVN, tháng 7/2019



Hình 2-4: Công suất phụ tải toàn EVN theo thành phần phụ tải so với mức đỉnh, tháng 7/2019 (ngày làm việc)

Theo kết quả khảo sát các hộ tiêu thụ về khả năng điều chỉnh phụ tải của tổ chức GIZ cho thấy:

Đối với phụ tải công nghiệp

- Công suất phụ tải công nghiệp chỉ có thể ngắt 7% trong hơn 2 giờ, nhưng có thể ngắt tới 96% trong 1 giờ.
- Hệ thống chiếu sáng chiếm 66% công suất phụ tải công nghiệp nhưng khó có thể ngắt được.
- Máy xay xát chiếm 21% công suất phụ tải công nghiệp nhưng trung bình chỉ có thể ngắt được trong 1 giờ.
- Nguồn điều chỉnh phụ tải bền vững tiềm năng nhất theo biểu giá CPP có thể là máy bơm.

Đối với phụ tải thương mại

- 90% là điều hòa không khí, tương đối dễ giảm trong thời gian ngắn.
- Các hộ tiêu thụ khu vực thương mại có mức độ sẵn sàng tham gia chương trình DR cao hơn các hộ tiêu thụ khu vực công nghiệp.
- Phụ tải thương mại nhỏ hơn nhiều so với phụ tải công nghiệp do đó để thực hiện chương trình DR bắt buộc phải áp dụng với các hộ tiêu thụ công nghiệp.

Bảng 2-2: Kết quả khảo sát khả năng tham gia của các loại phụ tải công nghiệp vào chương trình DR

Loại phụ tải	Tổng công suất danh định		Quy mô đơn vị trung bình	Thời gian ngắt trung bình
	MW	% tổng công suất	kW	giờ/ngày
Hệ thống chiếu sáng	451,5	66,5%	50	1,9
Máy xay xát	146,0	21,5%	82	1,0
Máy bơm	43,0	6,3%	8	3,8
Bình nước nóng + hệ thống sưởi	14,0	2,1%	358	
Khác	9,9	1,5%	49	0,5
Lò nung	5,7	0,8%	259	1,7
Máy tiện	4,2	0,6%	32	1,0
Điều hòa không khí	3,4	0,5%	36	1,6
Máy biến áp	1,0	0,1%	1.000	2,1
Máy nén khí	0,4	0,1%	43	2,6
Quạt	0,1	0,0%	1	1,0
Lò gia nhiệt dung dịch chạy điện	0,0	0,0%	24	
Tổng	679,2	100,0%		

Bảng 2-3: Kết quả khảo sát khả năng tham gia của một số phụ tải thương mại vào chương trình DR

Loại phụ tải	Tổng công suất danh định		Quy mô đơn vị trung bình
	MW	% tổng công suất	kW
Điều hòa không khí	31,9	90,4%	220
Thang cuốn	0,7	2,1%	7
Thang máy	0,7	1,9%	13
Hệ thống đun/làm mát nước	0,5	1,5%	34
Tivi	0,5	1,5%	0
Máy vi tính	0,4	1,1%	0
Máy giặt	0,1	0,3%	3
Máy in	0,1	0,3%	1
Máy hút bụi	0,1	0,3%	1
Bếp từ	0,1	0,2%	2
Nồi cơm điện	0,0	0,1%	1
Máy photocopy	0,0	0,1%	1
Lò nướng	0,0	0,1%	1
Tổng	35,3	100,0%	

2.1.2. Điều chỉnh phụ tải điện theo biểu giá công suất cực đại

Biểu giá điện được thiết kế để bảo đảm tính bền vững tài chính của ngành và hiệu quả sử dụng điện. Biểu giá điện dựa trên chi phí cận biên sẽ là một tín hiệu giá cho khách hàng về chi phí kinh tế của việc cấp điện. Khi không có biểu giá điện theo thời gian sử dụng, tín hiệu giá phản ánh chi phí điện bình quân, mặc dù trong thực tế điện trong giờ cao điểm và điện trong giờ thấp điểm là khác nhau, với chi phí sản xuất khác nhau. Biểu giá điện theo thời gian sử dụng phân biệt giá theo thời gian sử dụng mà có các tín hiệu giá hiệu quả hơn, theo đó cho phép khách hàng đưa ra quyết định về việc làm thế nào để sử dụng điện một cách hiệu quả hơn. Có cơ chế khuyến khích sử dụng ít điện năng hơn khi chi phí sản xuất tăng cao. Các chương trình điều chỉnh phụ tải điện đưa ra một tín hiệu giá hiệu quả hơn, lý tưởng là thông qua việc kết nối giá trong thời gian nhu cầu đạt đỉnh với chi phí có thể tránh được bằng cách tiết giảm mức tiêu thụ; theo đó chuyển đổi mức tiêu thụ từ nhu cầu đỉnh hệ thống, làm gia tăng tính hiệu quả kinh tế.

Bảng 2-4: Biểu giá điện năng theo thời gian thực (TOU)

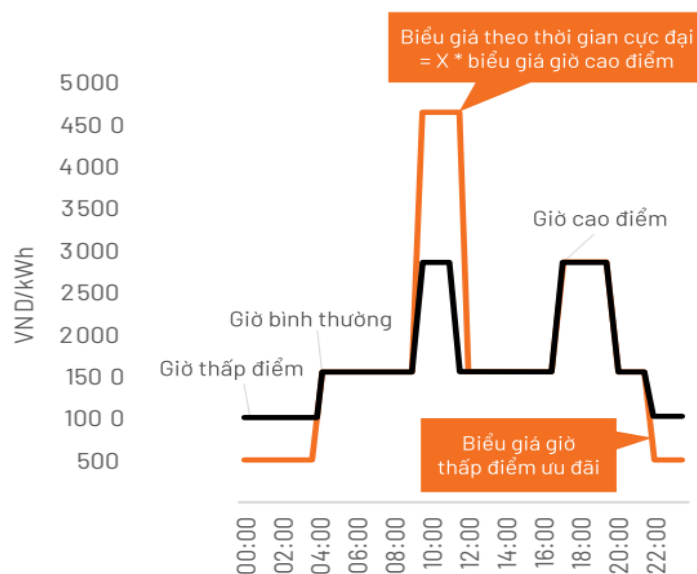
	Thời gian	Giá (đồng/kWh)
Giờ cao điểm	9h30-11:30h 17h-20h	4.587
Giờ bình thường	4h-9h30, 11h30-17h 20h-22h	2.666
Giờ thấp điểm	22h-4h	1.622

Thời điểm phụ tải hệ thống điện đạt công suất đỉnh của mùa hè (từ 13h đến 17h) tương ứng với biểu giá giờ bình thường nên không hấp dẫn người sử dụng điện năng tự giác thực hiện điều chỉnh phụ tải theo hình thức phi lợi nhuận.

Chương trình Điều chỉnh phụ tải theo Biểu giá công suất cực đại tới hạn đang được xây dựng và thử nghiệm quy mô nhỏ từ đó xây dựng và hoàn thiện các chính sách tạo cơ sở cho việc nhân rộng. Mục tiêu trên đạt được bằng cách tạo ra một mô hình triển khai điều chỉnh phụ tải thông qua cơ chế CPP, trong đó áp dụng các ưu đãi về giá để khuyến khích khách hàng giảm nhu cầu tiêu thụ điện vào giờ cao điểm, đồng thời hỗ trợ triển khai các chương trình điều chỉnh phụ tải theo cơ chế ưu đãi tài chính trực tiếp cho khách hàng đã ký hợp đồng để giảm nhu cầu tiêu thụ điện. Theo đó, khách hàng tham gia vào chương trình này sẽ được thanh toán ở mức giá ưu đãi bằng 3 lần biểu giá giờ cao điểm. Khoảng thời gian thực hiện chương trình DR thường kéo dài từ 2 đến 3 giờ.

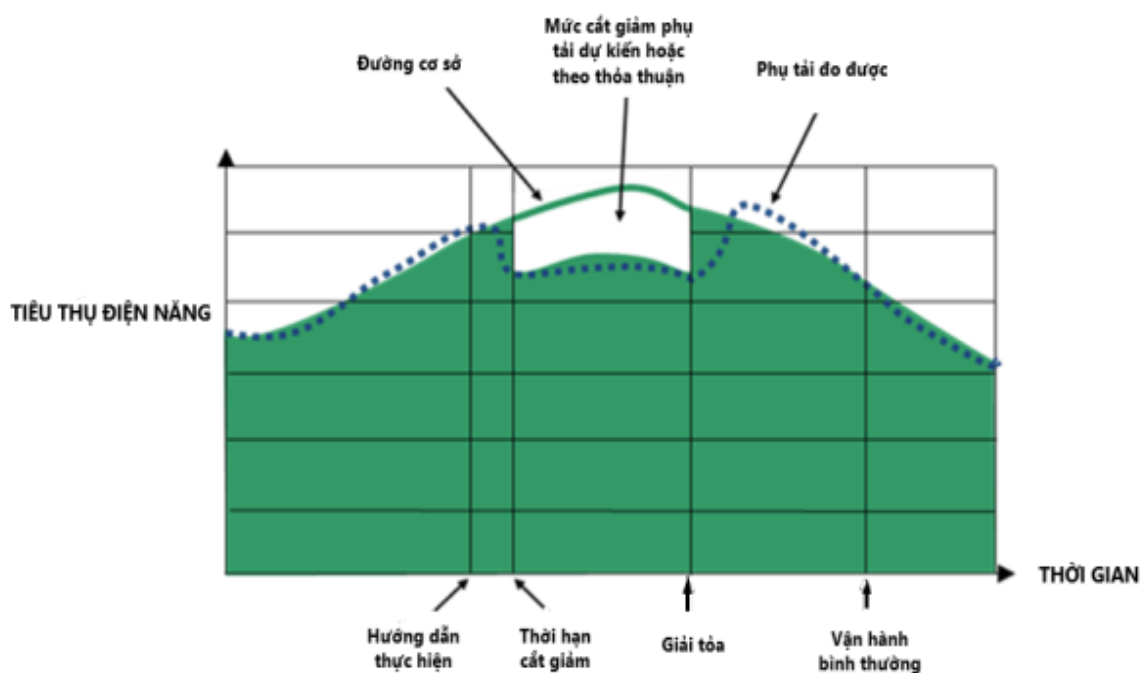
Đối với các chương trình điều chỉnh phụ tải điện có thể điều độ, một mức cơ sở là sự ước tính điện năng đã được tiêu thụ bởi khách hàng sử dụng cuối cùng khi không có sự kiện điều chỉnh phụ tải điện. Mức cơ sở của sự kiện điều chỉnh phụ tải điện của mỗi khách hàng sẽ được các Công ty điện tính toán, các Công ty này đã ký hợp đồng mua bán điện với các khách hàng, mức cơ sở này sẽ được so sánh với mức sử dụng đo được thực tế.

Mức giảm phụ tải = mức cơ sở - mức sử dụng đo được thực tế



Hình 2-5: Biểu giá điện theo thời gian cực đại

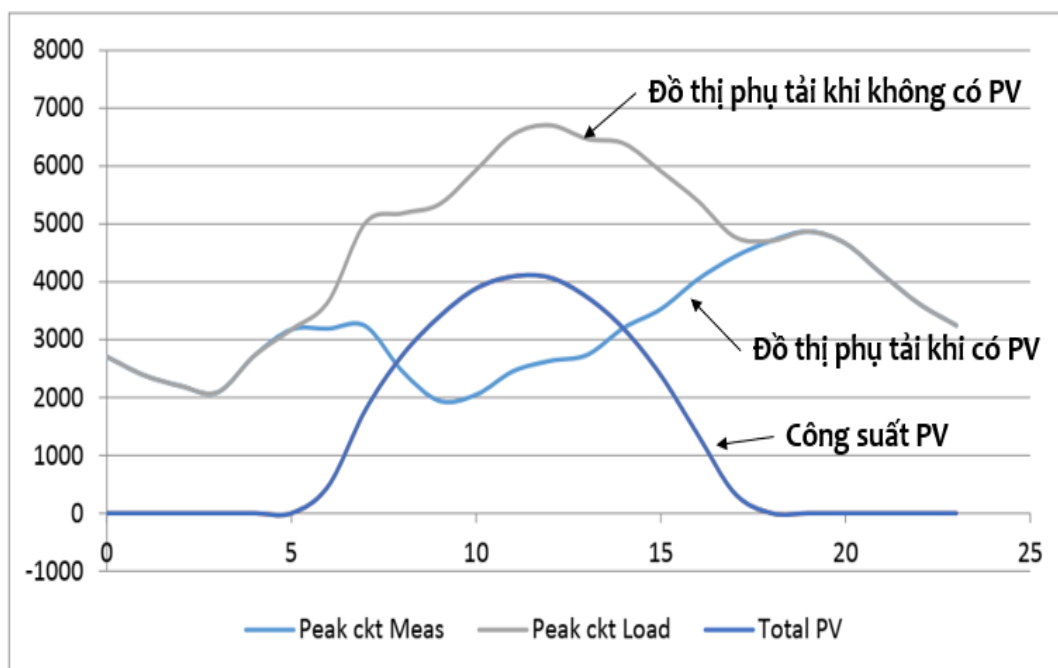
Việc thiết lập đường cơ sở sẽ là công cụ chủ yếu để đo lường phục vụ việc chi trả ưu đãi cho khách hàng đã tham gia chương trình. Việc thiết lập biểu đồ phụ tải cơ sở là cần thiết để đo lường về sau và xác minh tác động của điều chỉnh phụ tải.



Hình 2-6: Đường cơ sở và mức cắt giảm phụ tải dự kiến.

Đường cơ sở điều chỉnh phụ tải điện là sự ước tính điện năng tiêu thụ bởi khách hàng sử dụng cuối cùng khi không có sự kiện điều chỉnh phụ tải điện. Đường cơ sở này được so sánh với mức tiêu thụ điện đo được thực tế trong sự kiện điều chỉnh phụ tải điện để xác định giá trị cắt giảm nhu cầu (Hình 2-6).

Khi có sự tham gia của điện mặt trời sẽ làm thay đổi đáng kể đường cơ sở điều chỉnh phụ tải điện, Hình 2-7. Do đó, chiến lược điều chỉnh phụ tải cho các hộ tiêu thụ có sử dụng điện mặt trời cần phải tính toán theo đường cơ sở mới, sau khi đã trừ đi công suất của điện mặt trời.



Hình 2-7: Sự thay đổi đồ thị phụ tải khi có sự tham gia của điện mặt trời.

2.2. Mô hình phụ tải theo chiến lược điều chỉnh phụ tải

Phụ tải thương mại và dịch vụ được chia thành ba loại dựa trên sự khác biệt về chiến lược điều chỉnh gồm: Phụ tải có thể cắt, phụ tải có thể điều chỉnh và phụ tải có thể dịch chuyển. Phụ tải có thể cắt tham gia vào điều chỉnh phụ tải thông qua chương trình CPP. Khi phụ tải đáp ứng, tổng công suất phụ tải sẽ nhỏ hơn công suất phụ tải lớn, nghĩa là phụ tải được cắt hoàn toàn. Khác với phụ tải có thể cắt, phụ tải có thể điều chỉnh không cắt toàn bộ trong quá trình đáp ứng mà chỉ giảm từng lượng nhỏ công suất, do đó đặc tính phụ tải thay đổi mượt mà. Phụ tải có thể dịch chuyển không giảm tổng điện năng tiêu thụ trong suốt chương trình điều chỉnh phụ tải mà dịch chuyển thời gian làm việc một cách tối ưu [7]-[9].

2.2.1. Phụ tải có thể cắt

Phụ tải có thể cắt không bao gồm phụ tải có thể điều chỉnh, bởi vậy phụ tải không đáp ứng cho chương trình điều chỉnh phụ tải dựa trên giá. Nói cách khác, phụ tải này không giảm khi tác động bởi giá điện năng hoặc có thể chuyển sang những giờ giá thấp. Tuy nhiên, nó có thể tham gia chương trình cắt giảm phụ tải thông qua hợp đồng với Điện lực. Các khách hàng có thể lựa chọn các phụ tải nào của họ có thể tham gia chương trình cắt giảm một cách tự nguyện dựa trên thói quen sử dụng điện của họ. Trong suốt giờ cao điểm, khi nguồn điện lưới không đủ cho nhu cầu phụ tải hoặc giá điện quá cao, các khách hàng có thể cắt một phần phụ tải thông qua

thỏa thuận cắt giảm. Các ràng buộc của bài toán điều chỉnh phụ tải có thể cắt được mô hình như [6]. Công suất cắt ở mỗi giờ không vượt quá công suất có thể cắt lớn nhất (2.1) và công suất phụ tải ban đầu (2.3). Tổng số giờ cắt giảm được giới hạn bởi số giờ cắt lớn nhất hàng ngày (2.2).

$$0 \leq P_{j,t}^l \leq I_{j,t}^l P_j^{l,\max} \quad (2.1)$$

$$\sum_t I_{j,t}^l \leq X_j^{l,\max} \quad (2.2)$$

$$P_{j,t}^l \leq P_{j,t}^L \quad (2.3)$$

Trong đó:

t Thời gian

j Phụ tải thứ j

$P_j^{l,\max}$ Công suất cắt giảm lớn nhất của phụ tải có thể ngắt j tại mỗi thời điểm
: (kW)

$P_{j,t}^L$: Công suất phụ tải ban đầu của phụ tải j tại thời điểm t (kW)

$P_{j,t}^l$: Công suất cắt giảm của phụ tải j tại giờ t (kW)

$X_j^{l,\max}$ Số giờ cắt giảm hàng ngày lớn nhất của phụ tải j (h)

:

$I_{j,t}^l$: Chỉ số trạng thái của phụ tải có thể ngắt j tại giờ t (nếu phụ tải bị cắt $I_{j,t}^l=1$ và ngược lại $I_{j,t}^l=0$)

2.2.2. Phụ tải có thể điều chỉnh

Phụ tải có thể điều chỉnh như phụ tải chiếu sáng, điều hòa v.v có thể điều chỉnh công suất của chúng để tham gia vào chương trình điều chỉnh phụ tải. Khi vào giờ cao điểm, những phụ tải này sẽ giảm một phần công suất của chúng tới mức tiêu thụ thấp hơn. Hộ tiêu thụ có thể đặt một ngưỡng giá và mức độ điều chỉnh công suất cho các phụ tải có thể điều chỉnh của họ dựa trên sự tiện dụng có thể chấp nhận được. khi giá điện năng thực tế lớn hơn giá ngưỡng, mức độ tiêu thụ công suất của phụ tải giảm tới mức thấp hơn được đặt bởi người sử dụng. Ví dụ, phụ tải chiếu sáng sẽ giảm độ sáng tới mức đặt trước, điều hòa sẽ điều chỉnh điểm đặt nhiệt độ để giảm công suất.

Các ràng buộc bài toán điều chỉnh phụ tải chiếu sáng được mô hình như sau:

$$P_{j,t}^a = P_{j,t}^{a,base} (1 - I_{j,t}^a) + P_{j,t}^{a,min} I_{j,t}^a \quad (2.4)$$

$$\varepsilon (\rho_t - \rho_{j,t}^{a,min}) < I_{j,t}^a \leq \varepsilon (\rho_t - \rho_{j,t}^{a,min}) + 1 \quad (2.5)$$

Với:

$P_{j,t}^{a,base}$: Công suất phụ tải ban đầu của phụ tải chiếu sáng j tại thời điểm t (kW)

$\rho_{j,t}^{a,min}$: Ngưỡng giá của phụ tải chiếu sáng j (đ/kWh)

$P_{j,t}^{a,min}$: Công suất điều chỉnh của phụ tải chiếu sáng j tại thời điểm t (kW)

ρ_t : Giá thành điện năng của tại thời điểm t (đ/kWh)

ε : Hằng số dương, nhỏ (=0.001)

$P_{j,t}^a$: Công suất của phụ tải chiếu sáng j tại thời điểm t (kW)

$I_{j,t}^a$: Chỉ số trạng thái của sự điều chỉnh phụ tải chiếu sáng j tại giờ t (nếu giá điện cao hơn $\rho_{j,t}^{a,min}$ thì $I_{j,t}^a=1$ và ngược lại thì $I_{j,t}^a=0$)

Khi giá thực cao hơn giá ngưỡng, chỉ số trạng thái của phụ tải ánh sáng có thể điều chỉnh bằng 1 (2.5) và công suất phụ tải chiếu sáng giảm tới giá trị nhỏ nhất đặt trước (2.4).

Trạng thái nhiệt độ điều hòa được mô phỏng với công thức thời gian rời rạc:

$$T_{k,t+1} = \alpha_k T_{k,t} + (1 - \alpha_k)(T_{k,t}^a - T_{k,t}^g) \quad (2.6)$$

$$\alpha_k = e^{-\Delta t / C_k R_k} \quad (2.7)$$

$$T_{k,t}^g = \begin{cases} R_k \eta_k P_{k,t}^a & \text{Chế độ làm mát} \\ -R_k \eta_k P_{k,t}^a & \text{Chế độ sưởi} \end{cases} \quad (2.8)$$

$$P_k^{min} \leq P_{k,t}^a \leq P_k^{max} \quad (2.9)$$

$$T_{k,t} = T_{k,t}^s \quad (2.10)$$

Trong đó:

$T_{k,t}^a$:	Nhiệt độ môi trường của điều hòa k tại thời điểm t ($^{\circ}\text{C}$)
α_k :	Quán tính hệ thống của điều hòa k
Δt :	Khoảng thời gian điều khiển (1h)
C_k :	Tỷ nhiệt của điều hòa k ($\text{kWh}/^{\circ}\text{C}$)
R_k :	Điện trở nhiệt của điều hòa k ($^{\circ}\text{C}/\text{kW}$)
η_k :	Hiệu suất làm việc của điều hòa k
$P_k^{\min}, P_k^{\max}$:	Công suất nhỏ nhất và lớn nhất của điều hòa k tại mỗi giờ (kW)
$T_{k,t}^{s,\text{base}}$:	Điểm đặt nhiệt độ ban đầu của điều hòa k tại giờ t ($^{\circ}\text{C}$)
$T_{k,t}^{s,\text{max}}$:	Điểm đặt nhiệt độ điều chỉnh của điều hòa k tại giờ t ở chế độ mát ($^{\circ}\text{C}$)
$\rho_k^{a,\min}$:	Ngưỡng giá của điều hòa k ($\text{đ}/\text{kWh}$)

Nhiệt độ ban đầu của điều hòa tại thời điểm (t+1) được mô tả như là hàm của nhiệt độ ban đầu, nhiệt độ không khí và nhiệt độ điều chỉnh tại giờ t trong công thức (2.6). Quán tính của điều hòa được định nghĩa trong (2.7). Sự biến đổi công suất điều hòa theo sự điều chỉnh nhiệt độ được mô tả trong (2.8) và công suất điều hòa được giới hạn bởi giá trị lớn nhất và nhỏ nhất (2.9). Nhiệt độ ban đầu của điều hòa nên chọn bằng nhiệt độ đặt (2.10).

Bài báo này sử dụng một sự điều chỉnh để điều khiển điều hòa trong chế độ mát dựa trên mô hình trên và nó được tính toán như sau:

$$T_{k,t}^s = T_{k,t}^{s,\text{base}}(1 - I_{k,t}^a) + T_{k,t}^{s,\text{max}} I_{k,t}^a \quad (2.11)$$

$$\varepsilon(\rho_t - \rho_{k,t}^{a,\min}) < I_{k,t}^a \leq \varepsilon(\rho_t - \rho_{k,t}^{a,\min}) + 1 \quad (2.12)$$

Với:

$T_{k,t}$:	Nhiệt độ làm việc của điều hòa k tại thời điểm t ($^{\circ}\text{C}$)
$T_{k,t}^g$:	Nhiệt độ điều chỉnh của điều hòa k tại thời điểm t ($^{\circ}\text{C}$) khi nó được bật

$P_{k,t}^a$:	Công suất phụ tải của điều hòa k tại giờ t (kW)
$T_{k,t}^s$:	Nhiệt độ đặt của điều hòa k tại giờ t (^0C)
$I_{k,t}^a$:	Chỉ số trạng thái của sự điều chỉnh điều hòa k tại giờ t (nếu giá điện cao hơn $\rho_{k,t}^{a,min}$ thì $I_{k,t}^a=1$)

Khi giá theo thời gian thực lớn hơn giá ngưỡng, chỉ số trạng thái của sự điều khiển điều hòa và nhiệt độ đặt tăng lên giá trị max.

2.2.3. Phụ tải có thể chuyển dịch

Thời gian vận hành của phụ tải có thể dịch chuyển có thể di rời tới thời điểm có mức giá thấp hơn theo tín hiệu giá. Bài báo này chia phụ tải có thể dịch chuyển thành 2 loại. Loại thứ nhất bao gồm nồi cơm điện, máy sấy, máy giặt, và các phụ tải tương tự khác. Loại thứ 2 là xe điện.

2.2.3.1. Máy giặt

Đặc điểm của loại phụ tải này là chúng tiêu thụ một lượng cố định điện năng trong một khoảng thời gian cố định. Khi phụ tải được bật nó sẽ giữ nguyên chu kỳ làm việc cho đến khi nó kết thúc chu kỳ. Mặc dù phụ tải có thể tiêu thụ dung lượng công suất khác nhau tại các thời điểm khác nhau trong suốt chu kỳ (ví dụ giai đoạn giặt và vắt của máy giặt), tổng điện năng tiêu thụ của nó là cố định và không thể chia thành các khoảng thời gian riêng rẽ. Bởi vậy công suất trung bình, cố định được đề xuất để đại diện cho lượng công suất tiêu thụ tại mỗi giờ của quá trình (2.13).

$$P_{j,t}^b = P_j^{b,average} I_{j,t}^b \quad (2.13)$$

Tổng điện năng sử dụng có thể xem là tích của công suất trung bình nhân với thời gian làm việc. Các khách hàng có thể đặt một cửa sổ thời gian làm việc (thời gian bắt đầu và kết thúc) cho các phụ tải đó. Phụ tải có thể bật bất cứ thời điểm nào trong suốt cửa sổ thời gian làm việc và vận hành bởi một chu kỳ trong suốt cửa sổ thời gian vận hành. Các ràng buộc của bài toán điều chỉnh phụ tải được mô hình như sau (2.14- 2.16):

$$[X_{j,(t-1)}^{b,on} - U_j^b] [I_{j,(t-1)}^b - I_{j,t}^b] \geq 0 \quad (2.14)$$

$$X_{j,t}^{b,on} = \sum_{t=\tau}^t I_{j,t}^b \quad (2.15)$$

$$\sum_{t=\tau}^T I_{j,t}^b = U_j^b \quad (2.16)$$

Trong đó:

- $P_j^{b,average}$: Công suất trung bình của phụ tải có thể chuyển dịch j (kW)
- $X_{j,t}^{b,on}$: Tổng số giờ vận hành của phụ tải có thể dịch chuyển j tại thời điểm t (h)
- U_j^b : Khoảng thời gian chu kỳ của phụ tải có thể dịch chuyển j (h)
- τ : Giờ khởi động của cửa sổ thời gian đặt bởi người sử dụng (h)
- T : Giờ kết thúc của cửa sổ thời gian đặt bởi người sử dụng (h)
- $P_{j,t}^b$: Công suất phụ tải của phụ tải có thể chuyển dịch j tại giờ t (kW)
- $I_{j,t}^b$: Chỉ số trạng thái của phụ tải có thể dịch chuyển j tại giờ t (khi phụ tải bật thì $I_{j,t}^b = 1$)

2.2.3.2 Phụ tải xe điện

Cửa sổ thời gian nạp điện cho xe điện từ thời gian bắt đầu của cấm sạc cho tới khi xe rời đi vào hôm sau. Thực tế thời gian sạc xe điện thường ngắn hơn cửa sổ thời gian, quyết định sạc hay không và giá trị công suất sạc tại mỗi giờ được tính như (2.17).

$$P_k^{b,min} I_{k,t}^b \leq P_{k,t}^b \leq P_k^{b,max} I_{k,t}^b \quad (T_a \leq t \leq T_b) \quad (2.17)$$

Trạng thái nạp của EV tại giờ t bằng trạng thái sạc giờ cuối cộng với công suất sạc (18).

$$E_{k,t}^b = E_{k,t-1}^b + P_{k,t}^b \Delta t / E_k^{max} \quad (2.18)$$

EV có thể được sạc đầy trước khi khách hàng rời đi (19). Trạng thái sạc của EV tại mỗi giờ được giới hạn bởi dung lượng của ắc quy (20).

$$E_{k,T_b}^b = 1 \quad (2.19)$$

$$E_{k,t}^b \leq 1 \quad (2.20)$$

$P_k^{b,min}, P_k^{b,max}$: Công suất nạp lớn nhất và nhỏ nhất của EV k tại mỗi giờ (kW)

T_a : Thời gian bắt đầu sử dụng EV ở nhà (h)

T_b :	Thời gian kết thúc sạc EV (h)
$E_k^{\max}$:	Dung lượng ắc quy của EV k (kWh)
D:	Quãng đường đi được lớn nhất của EV
$P_{k,t}^b$:	Công suất nạp của EV k tại giờ t (kW)
$I_{k,t}^b$:	Chỉ số trạng thái nạp của EV k tại giờ t (khi EV nạp thì $I_{k,t}^b = 1$)
$E_{k,t}^b$:	SOC của EV k tại thời điểm t

2.2.4. Nguồn điện mặt trời (PV) và ắc quy

PV và ắc quy được tích hợp vào lưới. Khi lưới có tích hợp PV, PV sẽ được sử dụng trước và phụ tải còn lại được cung cấp bởi cả lưới và ắc quy. Hàm mục tiêu của mô hình này là tối thiểu quá chi phí mua điện của hộ tiêu thụ (2.21)

$$\text{Min} \sum_t \rho_t P_t^g - \sum_t \sum_j \rho_j^l P_{j,t}^l \quad (2.21)$$

Công suất của phụ tải và lưới phải đảm bảo ràng buộc cân bằng:

$$\begin{aligned} \sum_i P_{i,t}^V + \sum_i P_{i,t}^S + P_t^g = \sum_j (P_{j,t}^L - P_{j,t}^l) + \sum_j P_{j,t}^a + \sum_k P_{k,t}^a \\ + \sum_j P_{j,t}^b + \sum_k P_{k,t}^b \end{aligned} \quad (2.22)$$

Để tránh một lượng lớn tải được lập lịch vào giờ thấp điểm có thể tạo ra đỉnh mới công suất đưa lên lưới phải thỏa mãn (2.23)

$$P_t^{g,\min} \leq P_t^g \leq P_t^{g,\max} \quad (2.23)$$

Trong nghiên cứu này coi toàn bộ điện năng từ mặt trời chỉ sử dụng để cung cấp cho phụ tải, không phát lên lưới. Công suất mặt trời coi là một đầu vào không đổi trong mô hình này.

Ắc quy được mô tả như sau: Khi ắc quy phóng điện, nó làm việc như một nguồn điện. Ngược lại, khi nạp điện, nó đóng vai trò là một phụ tải (2.24).

$$P_{i,t}^S = P_{d,i,t} - P_{c,i,t} \quad (2.24)$$

Ắc quy không thể cùng nạp hay phóng tại cùng một thời điểm (2.25).

$$I_{d,i,t} + I_{c,i,t} \leq 1 \quad (2.25)$$

Công suất trong quá trình phóng và nạp được giới hạn bởi (2.26) và (2.27)

$$I_{c,i,t} P_{c,i}^{\min} \leq P_{c,i,t} \leq I_{c,i,t} P_{c,i}^{\max} \quad (2.26)$$

$$I_{d,i,t} P_{d,i}^{\min} \leq P_{d,i,t} \leq I_{d,i,t} P_{d,i}^{\max} \quad (2.27)$$

Công thức 2.28, 2.29 là các ràng buộc SOC, theo đó các ắc quy không thể nạp khi SOC = 1 và không thể phóng nếu SOC đạt giá trị nhỏ nhất. SOC ban đầu bằng SOC ở cuối của thời gian lập lịch (2.30).

$$E_{i,t} = E_{i,(t-1)} - \left(P_{d,i,t} \cdot \frac{1}{\eta_i^S} - \eta_i^S P_{c,i,t} \right) \Delta t / E_i^{\max} \quad (2.28)$$

$$E_i^{\min} / E_i^{\max} \leq E_{i,t} \leq 1 \quad (2.29)$$

$$E_{i,0} = E_{i,NT} \quad (2.30)$$

- ρ_j^l : Giá ưu đãi cắt giảm phụ tải có thể cắt
- ρ_t : Giá thành điện năng của tại thời điểm t (đ/kWh)
- $P_c^{\min}, P_c^{\max}$: Công suất nhỏ nhất/lớn nhất liên lạc với lưới tại mỗi giờ (kW)
- $P_{d,i}^{\min}, P_{d,i}^{\max}$: Công suất nạp nhỏ nhất/lớn nhất của ắc quy i tại mỗi giờ (kW)
- η_k^S : Hiệu suất nạp/phóng của inverter
- $E_i^{\min}, E_i^{\max}$: Dung lượng tích trữ nhỏ nhất/lớn nhất của ắc quy i (kWh)
- NT: Tổng số giờ lập lịch (24h)
- P_t^g : Công suất liên lạc với lưới tại giờ t (kW)
- $P_{i,t}^V$: Công suất phát của điện mặt trời của tổ máy i tại thời điểm t (kW)
- $P_{d,i,t}, P_{c,i,t}$: Dung lượng tích trữ nhỏ nhất/lớn nhất của ắc quy i (kWh)

$I_{d,i,t}$ $I_{c,i,t}$:	Chỉ số chỉ trạng thái nạp/phóng của ắc quy i tại thời điểm t (Khi ắc quy nạp, phóng chỉ số bằng 1)
$E_{i,t}$:	SOC của ắc quy i tại giờ t

2.3. Mô hình bài toán tối ưu lập lịch ngày trước điều chỉnh đô thị phụ tải có xét đến sự tham gia của điện mặt trời

Tổng hợp lại những phân tích ở trên ta có mô hình bài toán tối ưu lập lịch ngày trước điều chỉnh phụ tải có xét đến sự tham gia của điện mặt trời như sau:

Hàm mục tiêu

Hàm mục tiêu của mô hình này là tối thiểu quá chi phí mua điện của hộ tiêu thụ

$$\text{Min} \sum_t \rho_t P_t^g - \sum_t \sum_j \rho_j^l P_{j,t}^l \quad (2.21)$$

Các ràng buộc

$$0 \leq P_{j,t}^l \leq I_{j,t}^l P_j^{l,\max} \quad (2.1)$$

$$\sum_t I_{j,t}^l \leq X_j^{l,\max} \quad (2.2)$$

$$P_{j,t}^l \leq P_{j,t}^L \quad (2.3)$$

$$P_{j,t}^a = P_{j,t}^{a,\text{base}} (1 - I_{j,t}^a) + P_{j,t}^{a,\min} I_{j,t}^a \quad (2.4)$$

$$\varepsilon (\rho_t - \rho_{j,t}^{a,\min}) < I_{j,t}^a \leq \varepsilon (\rho_t - \rho_{j,t}^{a,\min}) + 1 \quad (2.5)$$

$$T_{k,t+1} = \alpha_k T_{k,t} + (1 - \alpha_k) (T_{k,t}^\alpha - T_{k,t}^g) \quad (2.6)$$

$$\alpha_k = e^{-\Delta t / C_k R_k} \quad (2.7)$$

$$T_{k,t}^g = \begin{cases} R_k \eta_k P_{k,t}^a & \text{Chế độ làm mát} \\ -R_k \eta_k P_{k,t}^a & \text{Chế độ sưởi} \end{cases} \quad (2.8)$$

$$P_k^{\min} \leq P_{k,t}^a \leq P_k^{\max} \quad (2.9)$$

$$T_{k,t} = T_{k,t}^s \quad (2.10)$$

$$T_{k,t}^s = T_{k,t}^{s,\text{base}}(1 - I_{k,t}^a) + T_{k,t}^{s,\text{max}} I_{k,t}^a \quad (2.11)$$

$$\varepsilon(\rho_t - \rho_{k,t}^{a,\text{min}}) < I_{k,t}^a \leq \varepsilon(\rho_t - \rho_{k,t}^{a,\text{min}}) + 1 \quad (2.12)$$

$$P_{j,t}^b = P_j^{b,\text{average}} I_{j,t}^b \quad (2.13)$$

$$[X_{j,(t-1)}^{b,\text{on}} - U_j^b][I_{j,(t-1)}^b - I_{j,t}^b] \geq 0 \quad (2.14)$$

$$X_{j,t}^{b,\text{on}} = \sum_{t=\tau}^t I_{j,t}^b \quad (2.15)$$

$$\sum_{t=\tau}^T I_{j,t}^b = U_j^b \quad (2.16)$$

$$P_k^{b,\text{min}} I_{k,t}^b \leq P_{k,t}^b \leq P_k^{b,\text{max}} I_{k,t}^b \quad (T_a \leq t \leq T_b) \quad (2.17)$$

$$E_{k,t}^b = E_{k,t-1}^b + P_{k,t}^b \Delta t / E_k^{\text{max}} \quad (2.18)$$

$$E_{k,T_b}^b = 1 \quad (2.19)$$

$$E_{k,t}^b \leq 1 \quad (2.20)$$

$$\begin{aligned} \sum_i P_{i,t}^V + \sum_i P_{i,t}^S + P_t^g &= \sum_j (P_{j,t}^L - P_{j,t}^I) + \sum_j P_{j,t}^a + \sum_k P_{k,t}^a \\ &\quad + \sum_j P_{j,t}^b + \sum_k P_{k,t}^b \end{aligned} \quad (2.22)$$

$$P_t^{g,\text{min}} \leq P_t^g \leq P_t^{g,\text{max}} \quad (2.23)$$

$$P_{i,t}^S = P_{d,i,t} - P_{c,i,t} \quad (2.24)$$

$$I_{d,i,t} + I_{c,i,t} \leq 1 \quad (2.25)$$

$$I_{c,i,t} P_{c,i}^{\text{min}} \leq P_{c,i,t} \leq I_{c,i,t} P_{c,i}^{\text{max}} \quad (2.26)$$

$$I_{d,i,t}P_{d,i}^{\min} \leq P_{d,i,t} \leq I_{d,i,t}P_{d,i}^{\max} \quad (2.27)$$

$$E_{i,t} = E_{i,(t-1)} - \left(P_{d,i,t} \cdot \frac{1}{\eta_i^S} - \eta_i^S P_{c,i,t} \right) \Delta t / E_i^{\max} \quad (2.28)$$

$$E_i^{\min} / E_i^{\max} \leq E_{i,t} \leq 1 \quad (2.29)$$

$$E_{i,0} = E_{i,NT} \quad (2.30)$$

Kết luận chương 2

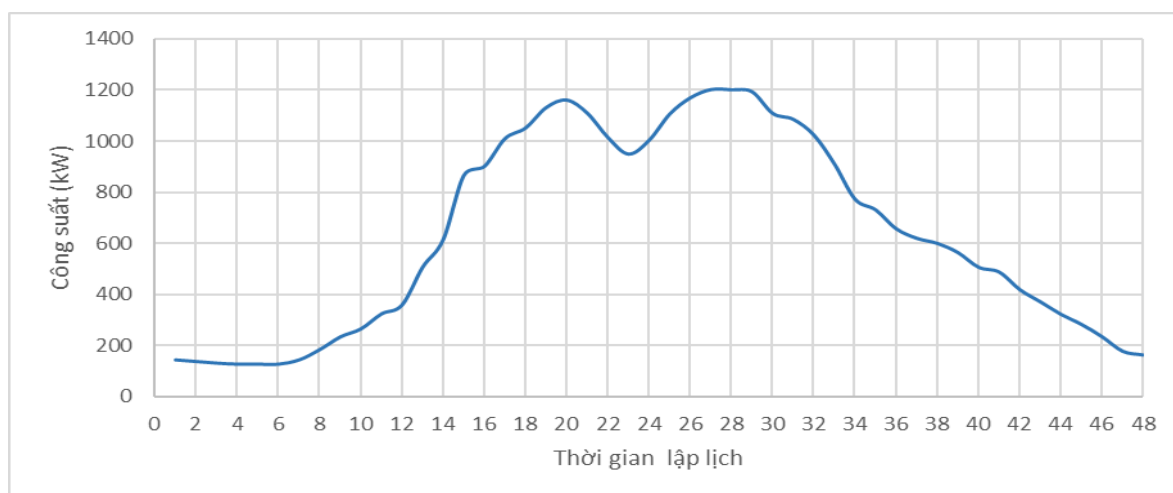
Để thực hiện điều chỉnh phụ tải một cách hiệu quả chương 2 đã thực hiện phân tích các loại phụ tải, mô hình hóa và đưa ra chiến lược điều khiển cho từng nhóm phụ tải với mục tiêu tối thiểu hóa chi phí mua điện của hộ tiêu thụ. Chương sau sẽ thực hiện phân tích và tính toán cụ thể bài toán tối ưu về điều chỉnh phụ tải cho một hộ tiêu thụ khu vực thương mại và dịch vụ.

CHƯƠNG 3: ÁP DỤNG BÀI TOÁN LẬP LỊCH NGÀY TRƯỚC ĐIỀU CHỈNH ĐỒ THỊ PHỤ TẢI CÓ XÉT ĐẾN SỰ THAM GIA CỦA ĐIỆN MẶT TRỜI CHO KHU VỰC PHỤ TẢI THƯƠNG MẠI

Qua phân tích các thành phần tham gia vào phụ tải đỉnh của đồ thị phụ tải hệ thống điện ở chương 2 cho thấy mặc dù khu vực phụ tải thương mại và dịch vụ chiếm tỷ trọng không cao trong cơ cấu phụ tải toàn hệ thống (chỉ chiếm tỷ trọng 9,53%) nhưng lại đóng góp phần lớn công suất vào phụ tải đỉnh của hệ thống trong mùa hè. Mặt khác theo kết quả khảo sát của GIZ thì các hộ tiêu thụ thương mại và dịch vụ có mức độ sẵn sàng tham gia chương trình DR cao hơn so với các hộ công nghiệp. Do đó, Luận văn thực hiện bài toán lập lịch ngày trước điều chỉnh đồ thị phụ tải cho một hộ phụ tải thương mại điển hình có xét đến sự tham gia của điện mặt trời.

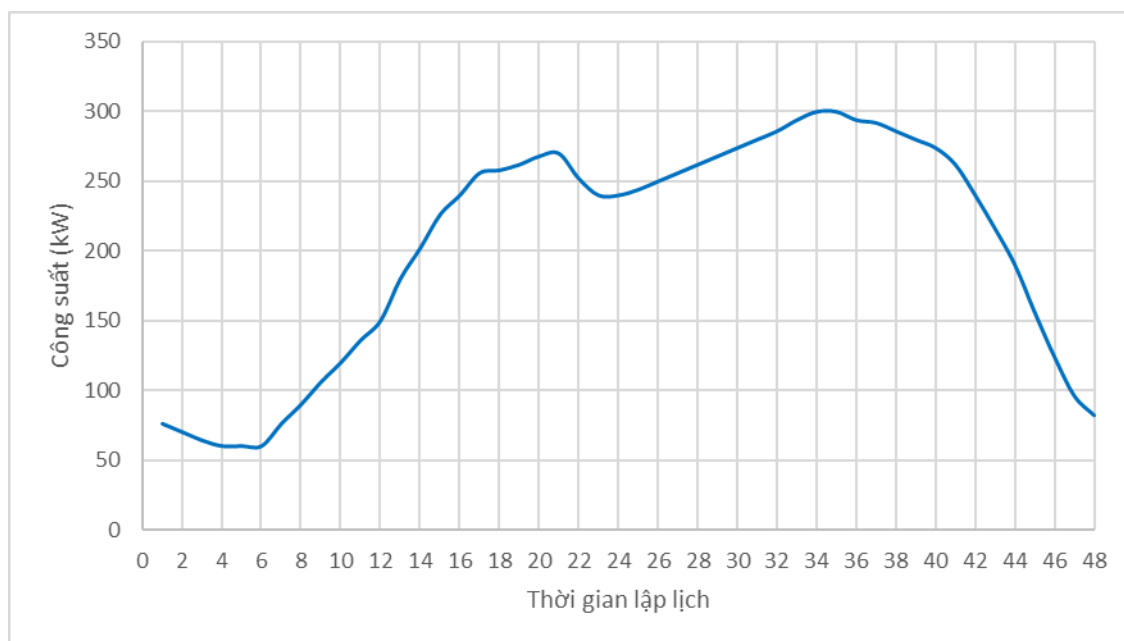
3.1. Đồ thị phụ tải ngày của hộ tiêu thụ trước khi thực hiện DR

Luận văn nghiên cứu kịch bản điều chỉnh phụ tải cho một tòa nhà tổ hợp thương mại và văn phòng tại khu vực Hà Nội nơi mà phụ tải tăng mạnh vào mùa hè. Bài toán lập lịch ngày trước điều chỉnh đồ thị phụ tải cho hộ tiêu thụ được thực hiện theo chu kỳ 30 phút trong một ngày mùa hè có nhiệt độ cao. Phụ tải được dự báo có đồ thị phụ như trong Hình 3-1. Công suất phụ tải cực đại là 1.200 kW, tương ứng với lượng điện năng tiêu thụ trong ngày khoảng 15.234 kWh. Phụ tải đạt đỉnh tại 2 khoảng thời gian từ 9h sáng đến 11h trưa, và đỉnh cao hơn vào buổi chiều từ 13h đến 15h, trong khoảng thời gian buổi tối (từ 21h30 đến 6h sáng) phụ tải rất thấp, với hệ số phụ tải dưới 40%. Phụ tải điều hòa chiếm phần lớn công suất (45%-53%), phụ tải chiếu sáng chiếm khoảng 20% đến 25% còn lại là các loại phụ tải khác như quạt, bơm cứu hỏa, bơm cấp nước, thang máy, các thiết bị văn phòng v.v.



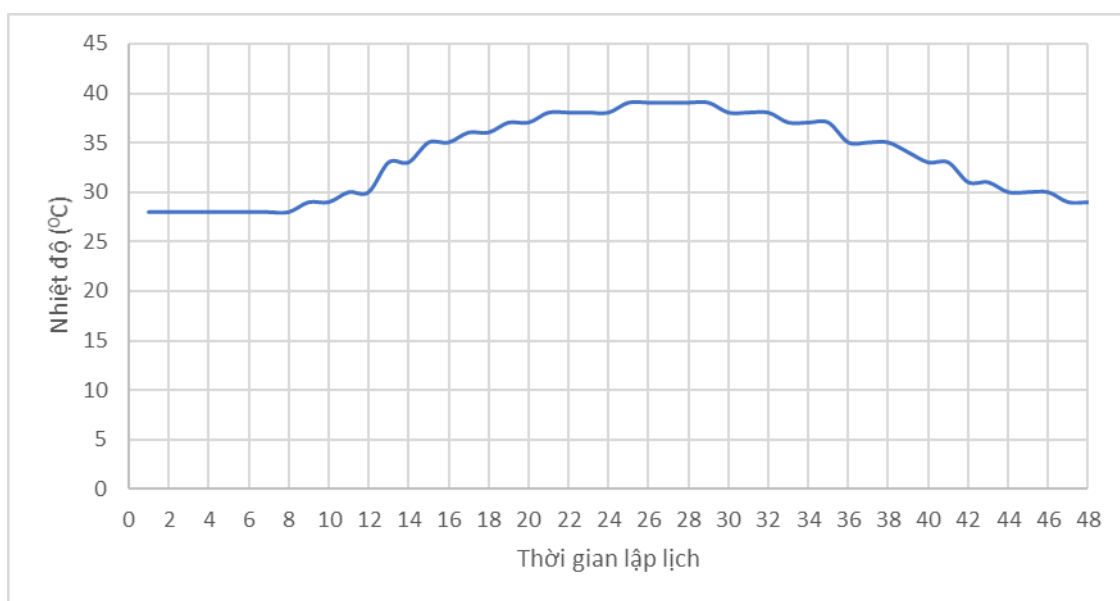
Hình 3-1: Đồ thị phụ tải tổng của hộ tiêu thụ khi chưa thực hiện DR.

Phụ tải chiếu sáng của tòa nhà có đồ thị như Hình 3-2. Công suất phụ tải chiếu sáng đạt giá trị cực đại 300 kW vào buổi tối, từ khoảng 16h30 đến 19h30 với lượng điện năng tiêu thụ trong ngày khoảng 4.884 kWh. Trong khoảng thời gian từ 13h đến 15 giờ, công suất chiếu sáng chiếm khoảng 80% đến 90% công suất đỉnh. Giả thiết các thiết bị chiếu sáng sử dụng trong tòa nhà đều có thể điều chỉnh được công suất chiếu sáng.



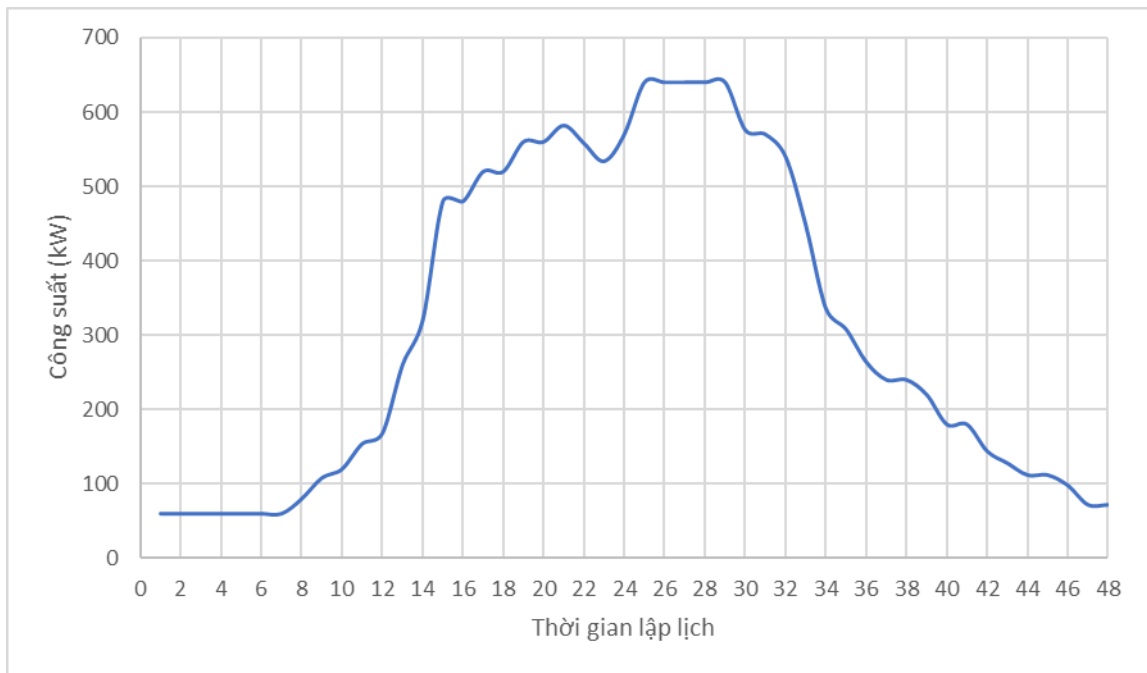
Hình 3-2: Đồ thị phụ tải chiếu sáng của hệ tiêu thụ khi chưa thực hiện DR.

Trong những ngày mùa hè, nhiệt độ môi trường rất cao. Trong kịch bản tính toán, giả thiết nhiệt độ môi trường trong ngày thay đổi từ 28°C đến 39°C (Hình 3-3).

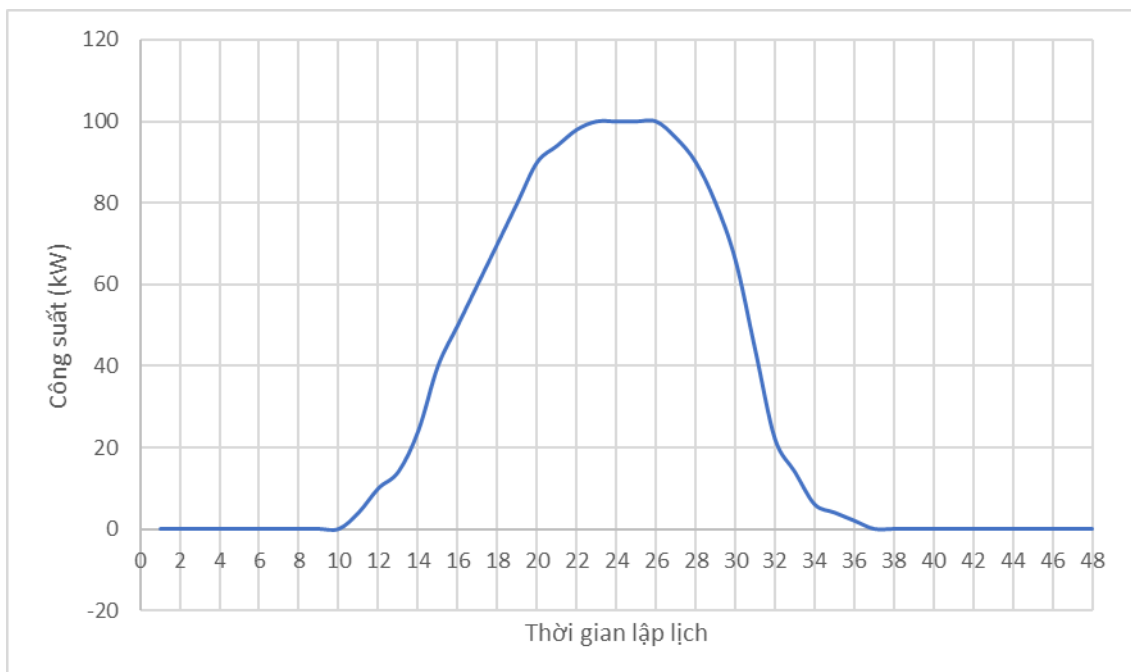


Hình 3-3: Nhiệt độ môi trường trong ngày.

Tòa nhà sử dụng khoảng 200 chiếc điều hòa, giả thiết các điều hòa cùng loại, công suất định mức của mỗi điều hòa là 3,5kW. Đồ thị phụ tải của điều hòa như trong Hình 3-4. Công suất lớn nhất của phụ tải điều hòa đạt giá trị lớn nhất là 640 kW trong khoảng thời gian từ 13h đến 15h, trùng với thời điểm đồ thị phụ tải của hệ thống điện đạt đỉnh. Lượng điện năng tiêu thụ trong ngày 7.517 kWh.



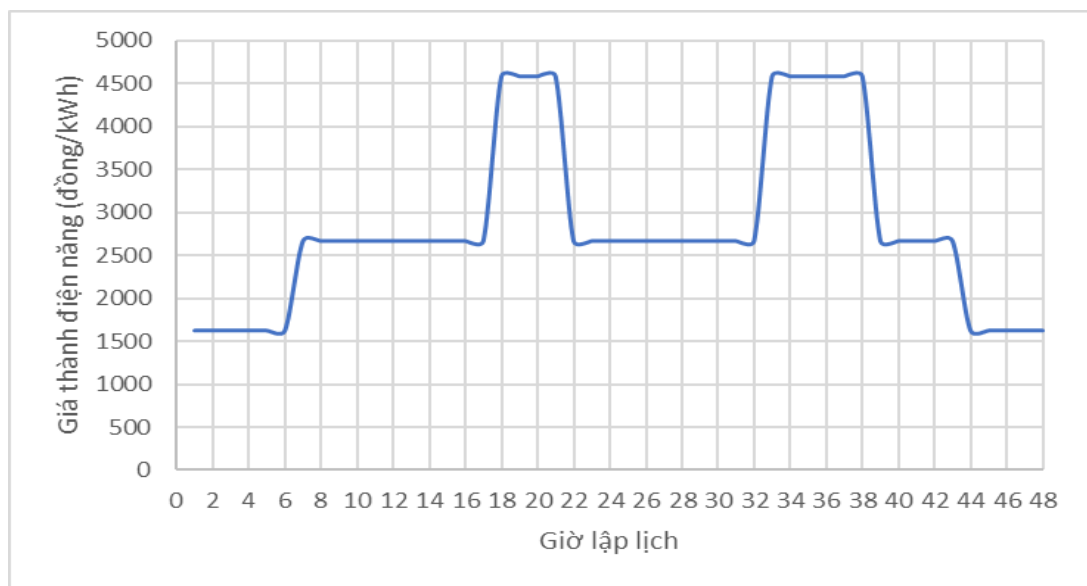
Hình 3-4: Đồ thị phụ tải điều hòa của hệ tiêu thụ khi chưa thực hiện DR.



Hình 3-5: Công suất nguồn điện mặt trời (PV).

Tại tòa nhà cũng đã lắp đặt một hệ thống pin mặt trời mái nhà (PV) với tổng công suất lắp đặt là 130kWp, công suất đầu ra lớn nhất khoảng 100 kW (Hình 3-5). Công suất phát ra của hệ thống PV đạt giá trị cực đại trong khoảng từ 11h đến 14h. Toàn bộ công suất điện mặt trời phát ra chỉ sử dụng để cung cấp điện tại chỗ, không phát lên lưới.

Chi phí điện năng của hộ tiêu thụ được tính theo Biểu giá điện theo thời gian sử dụng (TOU) với giá giờ cao điểm 4587 đồng/kWh, giờ bình thường 2666 đồng/kWh và giờ thấp điểm 1.622 đồng/kWh (Hình 3-6). Tổng chi phí điện năng hộ tiêu thụ phải trả trong ngày là: **47.975.277 đồng**.



Hình 3-6: Biểu giá điện năng theo thời gian sử dụng (TOU)

3.2. Đồ thị phụ tải ngày của hộ tiêu thụ sau khi áp dụng bài toán lập lịch điều chỉnh đồ thị phụ tải có xét đến sự tham gia của điện mặt trời

3.2.1. Điều chỉnh đồ thị phụ tải theo biểu giá công suất cực đại tới hạn (CPP)

Từ năm 2019, EVN đã thực hiện thí điểm chương trình điều chỉnh đồ thị phụ tải theo biểu giá công suất cực đại tới hạn. Theo giải pháp đã xác định, dự kiến sự kiện điều chỉnh phụ tải diễn ra trong khoảng thời gian từ 13h đến 15h (kéo dài 3 giờ). Mỗi kWh điện năng tiết giảm được trong khoảng thời gian này sẽ được thanh toán ưu đãi ở mức gấp 3 lần biểu giá giờ cao điểm (tức $3 \times 4.587 = 13.761$ đồng/kWh)

3.2.2. Lựa chọn phụ tải điều khiển

Trong các số các thiết bị dùng điện trong tòa nhà, điều hòa không khí là một loại thiết bị dùng điện có khả năng góp phần quan trọng vào việc giảm phụ tải đỉnh cho

hệ thống điện. Nhu cầu dùng điện năng tăng lên đột biến đúng vào giờ cao điểm hệ thống điện vào mùa hè một phần là do việc dùng các điều hòa và thiết bị làm mát trong thời tiết nắng nóng kéo dài. Với hộ tiêu thụ điện đang khảo sát, phụ tải điều hòa chiếm trên 50% công suất tổng tại thời điểm thực hiện DR, nên điều chỉnh công suất của điều hòa sẽ đem lại hiệu quả lớn nhất. Phụ tải chiếu sáng cũng chiếm tỷ trọng đáng kể (trên 20%) trong tổng công suất tiêu thụ của phụ tải của hộ tiêu thụ nên. Mặt khác, việc giảm cường độ chiếu sáng vào ban ngày ảnh hưởng không nhiều tới tiện nghi của hộ tiêu thụ. Các phụ tải có thể ngắt, phụ tải có thể dịch chuyển như máy bơm chiếm tỷ trọng rất nhỏ, hoặc chưa có thống kê (như xe điện) nên không xét tới trong bài toán điều chỉnh đồ thị phụ tải này.

Luận văn lựa chọn điều chỉnh giảm công suất của 2 loại phụ tải điều hòa và chiếu sáng trên cơ sở ít ảnh hưởng nhất tới tiện nghi của hộ tiêu thụ. Theo đó, trong khoảng thời gian diễn ra sự kiện DR (từ 13h đến 15h) sẽ điều chỉnh giảm 20% công suất phụ tải chiếu sáng, công suất phụ tải điều hòa được điều chỉnh bằng cách tăng nhiệt độ cài đặt lên 26°C.

3.2.3. Hàm mục tiêu và các ràng buộc

Hàm mục tiêu: Chi phí mua điện trong ngày là nhỏ nhất:

$$\text{Min} \frac{1}{2} \left(\sum_{t=1}^{48} \rho_t P_t^g - \sum_{t=1}^{48} \rho_{jt} (P_{PVt} + \Delta P_{CSt} + \Delta P_{Dht}) \right) \quad (3.1)$$

Trong đó:

ρ_t : Giá thành điện năng tại thời điểm t (đồng/kWh) (Biểu giá điện năng theo thời gian thực)

ρ_{jt} : giá ưu đãi trả cho hộ tiêu thụ khi tiết giảm được 1kWh điện năng trong thời gian thực hiện DR. (đồng/kWh). $\rho_{jt} = 13.761$ đồng/kWh trong khoảng thời gian từ 13h đến 15h.

P_t^g : Công suất hộ tiêu thụ nhận từ lưới về tại thời điểm t (kW).

P_{PVt} : công suất nguồn điện mặt trời tại thời điểm t trong thời gian thực hiện DR (kW). Dữ liệu trong công suất phát của PV trong bảng 3 phần phụ lục.

ΔP_{CSt} : Công suất phụ tải chiếu sáng tiết giảm được tại thời điểm t trong thời gian thực hiện DR (kW).

ΔP_{Dht} : Công suất phụ tải điều hòa tiết giảm được tại thời điểm t trong thời gian thực hiện DR (kW).

Phụ tải chiếu sáng:

Trong khoảng thời gian thực hiện DR từ 13h đến 15h thực hiện điều chỉnh phụ tải chiếu sáng tại giờ t giảm đi 20%. Như vậy công suất chiếu sáng tại giờ t sẽ thay đổi từ công suất ban đầu $P_{CS,t}^{base}$ (kW) đã biết khi dự báo phụ tải (Xem bảng 1 phần phụ lục) xuống giá trị $P_{CS,t}^{min}=0,8 P_{CS,t}$ (kW). Mức công suất tiết giảm chính bằng 20% công suất phụ tải trước khi thực hiện DR. Ngoài khoảng thời gian thực hiện DR, công suất tiết giảm của phụ tải chiếu sáng bằng 0.

Như vậy, công suất tiết giảm sau khi thực hiện DR của phụ tải chiếu sáng được xác định như sau:

- Nếu $26 \leq t \leq 30$: $\Delta P_{CSt}=0,2 P_{CSt}^{base}$ (3.2)
- Nếu $t < 26$ hoặc $t > 30$: $\Delta P_{CSt}=0$

Phụ tải điều hòa:

Các điều hòa giả thiết là cùng loại và có các thông số như sau: hằng số quán tính của điều hòa $\alpha=0,82$, điện trở nhiệt $R=2$ ($^{\circ}\text{C}/\text{kW}$), hiệu suất $\eta=2,5$, công suất lớn nhất và nhỏ nhất của 1 điều hòa tương ứng là 0 kW và 3,5 kW, ban đầu nhiệt độ cài đặt trung bình của các điều hòa là $T^{s,base}=23^{\circ}\text{C}$. Trong khoảng thời gian thực hiện DR điều chỉnh nhiệt độ đặt của điều hòa lên giá trị $T^{s,max}=26^{\circ}\text{C}$. Nhiệt độ môi trường tại thời điểm t (T_{0t}) theo dự báo như Hình 3-3.

Công suất của 1 điều hòa ở chế độ làm mát tại thời điểm t khi nhiệt độ cài đặt là 23°C được xác định theo công thức 3.3:

$$P_{1\text{ĐH}t}^{base} = \frac{T_{0t} - 23}{R \cdot \eta} \quad (3.3)$$

Công suất của 1 điều hòa ở chế độ làm mát tại thời điểm t khi nhiệt độ cài đặt là 27°C được xác định theo công thức 3.4:

$$P_{1\text{ĐH}t}^{min} = \frac{T_{0t} - 26}{R \cdot \eta} \quad (3.4)$$

Công suất của mỗi điều hòa phải thỏa mãn điều kiện

$$0 \leq P_{1\text{ĐH}t} \leq 3,5 \quad (3.4)$$

Theo phân tích ở mục 2.2.2 công suất tiết giảm của điều hòa được xác định như sau

- Nếu $26 \leq t \leq 30$: $\Delta P_{Dht} = N_t (P_{Dht}^{base} - P_{Dht}^{min})$ (3.5)
- Nếu $t < 26$ hoặc $t > 30$: $\Delta P_{Dht} = 0$

Với N_t là số lượng điều hòa làm việc tại thời điểm t

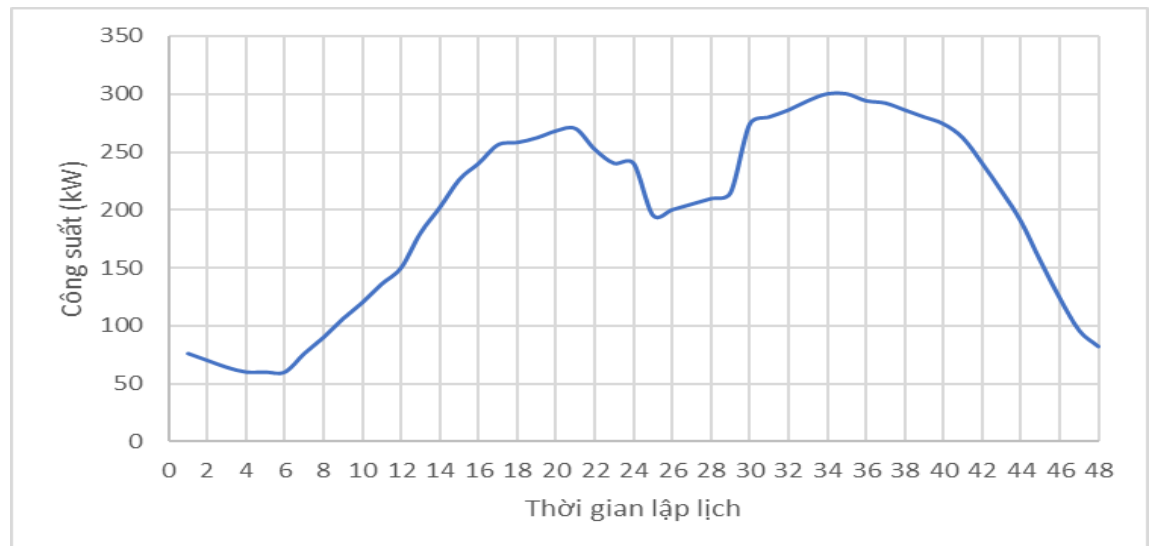
Điều kiện ràng buộc về cân bằng công suất:

$$P_t^g + P_{PVt} = P_{PTt}^{base} - \Delta P_{CSt} - \Delta P_{Dht} \quad (3.6)$$

Trong đó P_{PTt}^{base} : công suất phụ tải ban đầu của hộ tiêu thụ tại thời điểm t (kW), công suất này đã biết trước thông qua dự báo phụ tải (xem bảng 1 phần phụ lục)

Giải bài toán trên sử dụng phần mềm Excel ta có kết quả như sau:

Đồ thị phụ tải chiếu sáng của hộ tiêu thụ sau khi thực hiện DR như ở Hình 3-7.

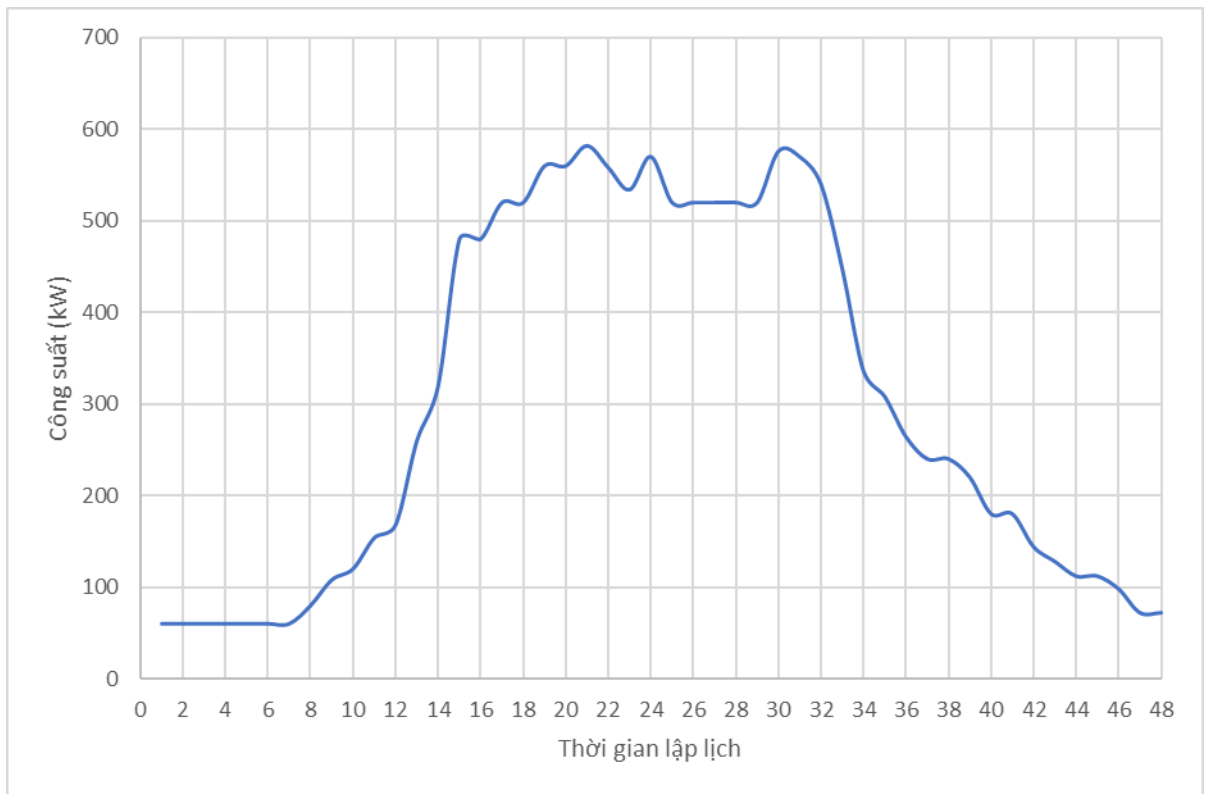


Hình 3-7: Đồ thị phụ tải chiếu sáng của hộ tiêu thụ khi thực hiện DR.

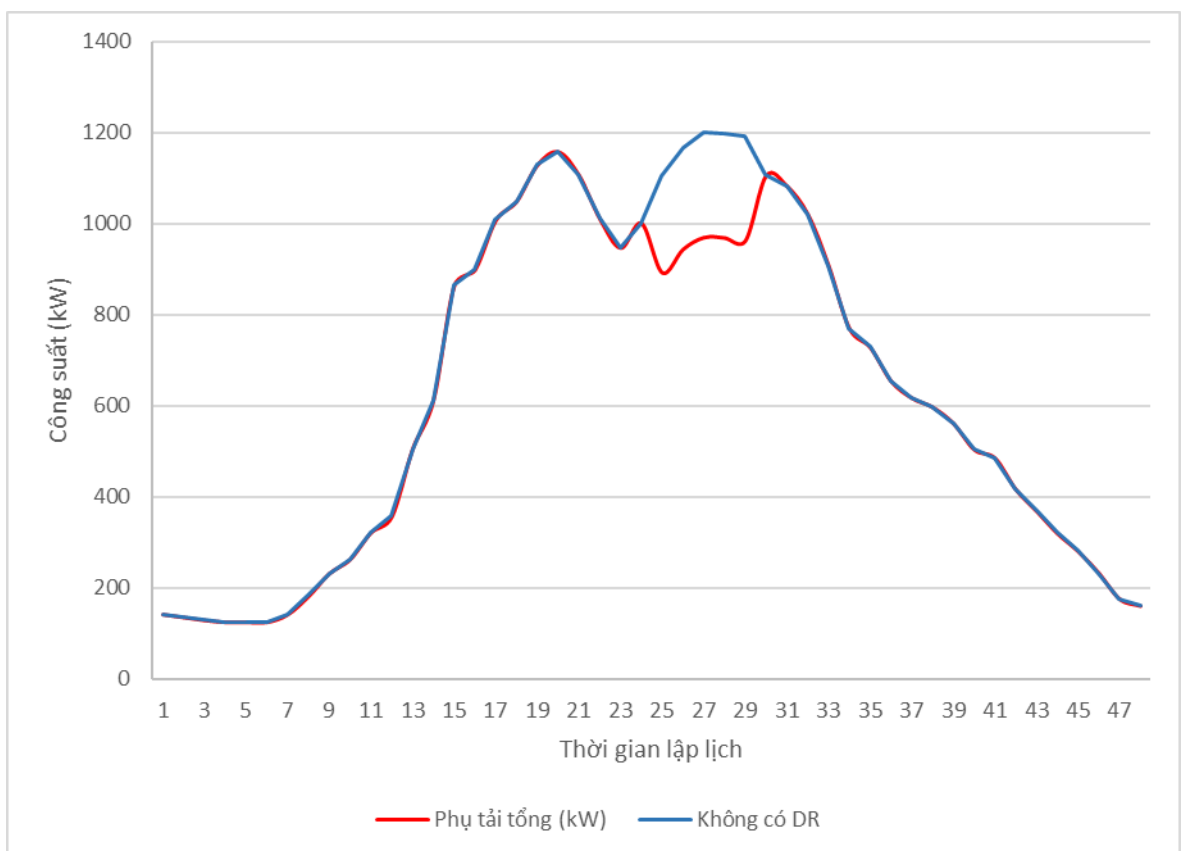
Sau khi tính toán, ta có kết quả điều chỉnh phụ tải của điều hòa như Hình 3-8.

Hình 3-9 biểu diễn Đồ thị phụ tải tổng của hộ tiêu thụ sau khi thực hiện DR chưa xét đến sự tham gia của PV. Có thể thấy rõ công suất phụ tải trong khoảng thời gian từ 13 giờ tới 15 giờ đã giảm trung bình khoảng 224 kW tương ứng 18,7%, lượng điện năng giảm 560 kWh. Tổng chi phí điện năng phải trả cho ngành điện là **40.264.767** đồng giảm **7.710.510** đồng so với trước khi thực hiện DR.

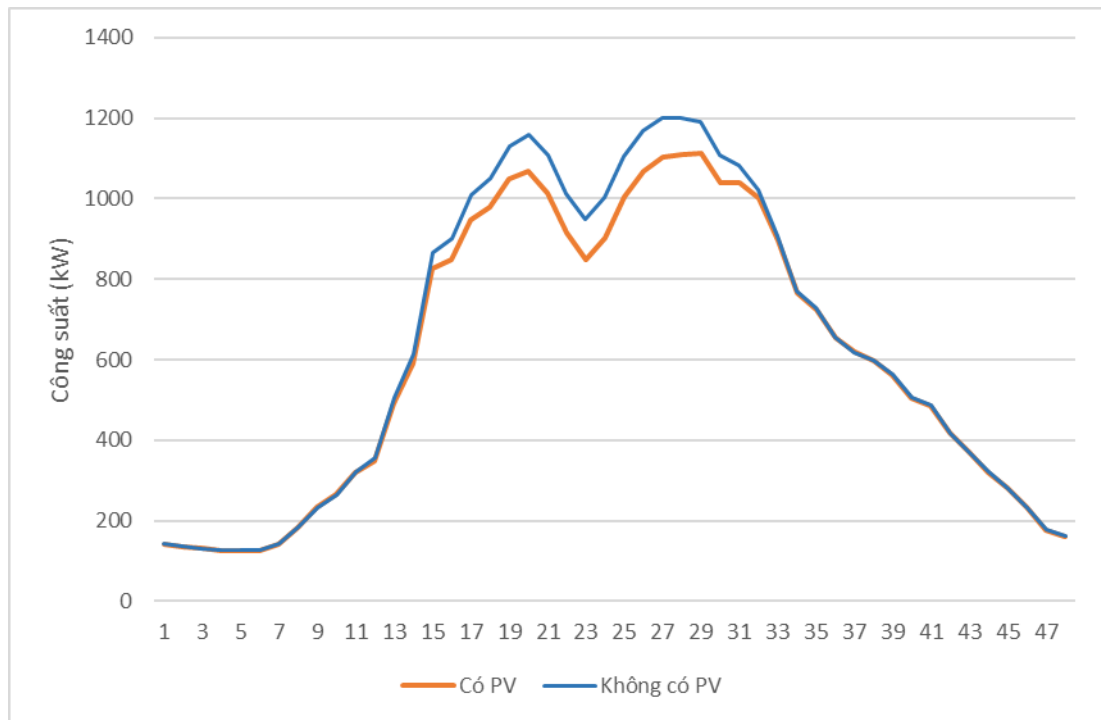
Khi có sự tham gia của điện mặt trời, đồ thị phụ tải tổng sẽ giảm trong khoảng thời gian cường độ bức xạ mặt trời lớn (từ 8h đến 16h) (Hình 3-10). Kết hợp với các biện pháp điều chỉnh phụ tải chiếu sáng và điều hòa, ta có đồ thị phụ tải tổng của hộ tiêu thụ có xét đến sự tham gia của PV sau khi thực hiện DR như hình 3-11. Kết quả tính toán cho thấy, trong khoảng thời gian thực hiện DR, công suất đỉnh giảm trung bình 317 kW tương ứng với 26,4%, điện năng giảm 1289 kWh. Chi phí tiền điện cho hộ tiêu thụ là **34.769.160** đồng, giảm 13.206.117 đồng.



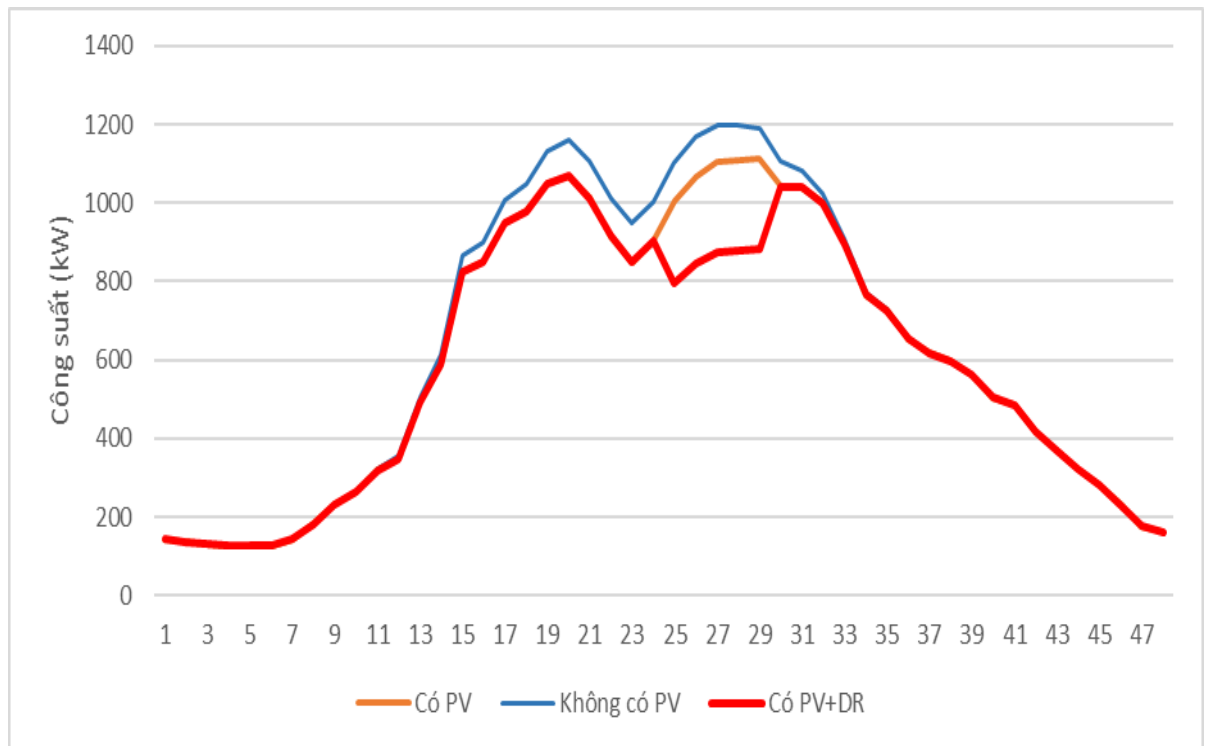
Hình 3-8: Đồ thị phụ tải điều hòa của hệ tiêu thụ khi thực hiện DR.



Hình 3-9: Đồ thị phụ tải tổng của hệ tiêu thụ khi thực hiện DR chưa xét đến sự tham gia của PV.



Hình 3-10: Đồ thị phụ tải tổng của hệ tiêu thụ khi chưa thực hiện DR có xét đến sự tham gia của PV.



Hình 3-11: Đồ thị phụ tải tổng của hệ tiêu thụ khi chưa thực hiện DR có xét đến sự tham gia của PV.

3.3. Đánh giá hiệu quả của chiến lược điều chỉnh đồ thị phụ tải đối với sự thay đổi của đồ thị phụ tải ngày

Qua kết quả tính toán ta thấy, đối với hộ phụ tải khu vực thương mại, dịch vụ được khảo sát trong Luận văn, việc thực hiện điều chỉnh DR bằng cách tiết giảm công suất của các loại phụ tải có thể điều chỉnh như điều hòa không khí, phụ tải chiếu sáng trên cơ sở không ảnh hưởng tới tiện nghi của hộ tiêu thụ có thể giảm đáng kể công suất phụ tải vào những giờ phụ tải cực đại. Với việc điều chỉnh tăng nhiệt độ cài đặt của điều hòa từ 23⁰C lên 26⁰C và điều chỉnh giảm 20% công suất chiếu sáng vào khoảng thời gian cao điểm từ 13h đến 15 giờ đã giảm được 224 kW công suất đỉnh tương ứng với tỷ lệ 18%, giảm 16% chi phí tiền điện hộ tiêu thụ hộ tiêu thụ phải chi trả.

Bảng 3-1: Mức giảm công suất đỉnh

	Lượng công suất đỉnh cắt giảm	Phần trăm công suất cắt giảm
DR	224 kW	18,7%
PV + DR	317 kW	26,4%,

Khi có sự tham gia của nguồn điện mặt trời, hiệu quả thực hiện DR tăng lên rõ rệt. Công suất phụ tải không chỉ giảm 26,4% trong khoảng thời gian thực hiện DR mà cả công suất phụ tải đỉnh buổi sáng cũng giảm đáng kể. Hóa đơn tiền điện mà hộ tiêu thụ phải trả giảm 27,5%.

Bảng 3-2: Mức giảm chi phí hộ tiêu thụ phải trả cho ngành điện

	Không có PV, không thực hiện DR	Không có PV, có thực hiện DR	Có PV, có thực hiện DR
Chi phí	47.975.277 đồng	40.264.767 đồng	34.769160 đồng
Phần trăm giảm	0%	16%	27,5%

Kết luận chương 3:

Trong chương này đã làm rõ các hộ tiêu thụ điện thuộc khu vực thương mại dịch vụ có thể thực hiện việc điều chỉnh đồ thị phụ tải dựa trên biểu giá công suất cực đại tới hạn. Lựa chọn loại phụ tải để điều chỉnh đóng vai trò rất quan trọng tới hiệu quả điều chỉnh. Điều hòa không khí và hệ thống chiếu sáng là 2 loại phụ tải rất thích hợp để áp dụng trong chương trình DR. Sử dụng nguồn điện mặt trời mái nhà cũng là biện pháp hữu hiệu cho chương trình DR. Thực hiện DR có thể cắt giảm được 20% đến 30% công suất phụ tải đỉnh của hộ tiêu thụ, đồng thời giảm tới gần 30% chi phí mua điện. Như vậy thực hiện chương trình DR vừa có lợi cho ngành điện do giải tỏa được áp lực về đáp ứng nhu cầu điện vào những thời điểm phụ tải tăng cao trong những ngày hè, vừa mang lại lợi ích kinh tế cho hộ tiêu thụ điện.

KẾT LUẬN

Thực hiện chủ trương của chính phủ về sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả, tận dụng nguồn điện mặt trời tại chỗ, giảm công suất tiêu thụ vào giờ cao điểm, dịch chuyển phụ tải sang những giờ thấp điểm trên cơ sở vẫn đảm bảo điện năng phục vụ cho sản xuất, kinh doanh lựa chọn phương thức điều chỉnh phụ tải phù hợp đối với các hộ tiêu thụ điện tham gia chương trình DR là rất cần thiết.

Luận văn đã giải quyết các nội dung sau:

- Nghiên cứu tổng quan các phương pháp điều chỉnh phụ tải tại Việt Nam và kinh nghiệm thực hiện của một số nước trên thế giới.
- Luận văn nghiên cứu phương pháp tính toán tối ưu bài toán lập lịch điều chỉnh phụ tải ngày trước cho các hộ tiêu thụ tham gia vào chương trình DR có sử dụng hệ thống điện mặt trời áp mái theo biểu giá công suất cực đại tới hạn áp dụng cho một hộ tiêu thụ khu vực thương mại, dịch vụ.
- Lựa chọn phụ tải cần điều khiển và đề xuất mô hình điều khiển đối với các loại phụ tải có thể ngắt, phụ tải có thể dịch chuyển, phụ tải có thể điều chỉnh.
- Đề xuất hàm mục tiêu và các ràng buộc cho bài toán điều chỉnh đồ thị phụ tải theo biểu giá công suất cực đại có xét đến sự tham gia của điện mặt trời nhằm cực tiểu hóa chi phí mua điện cho hộ tiêu thụ
- Áp dụng phương pháp đã trình bày để thực hiện tính toán điều chỉnh phụ tải cho một hộ tiêu thụ thương mại, dịch vụ. Kết quả cho thấy có thể điều chỉnh giảm công suất của hộ tiêu thụ thương mại từ 20-30 % so với công suất đỉnh, giảm chi phí trên hóa đơn tiền điện của khách hàng từ 20% đến 30%.
- Phân tích đặc điểm của các loại phụ tải và lựa chọn phương thức điều khiển cho từng loại phụ tải đóng vai trò quan trọng, cần phải cần phải thực hiện trước khi thực hiện DR nhằm chọn được phương thức điều chỉnh hiệu quả nhất cho mỗi hộ tiêu thụ.

Tuy nhiên, Luận văn vẫn còn hạn chế ở điểm khi áp dụng tính toán cho hộ tiêu thụ thương mại mới chỉ xét đến việc điều chỉnh giảm công suất phụ tải, chưa xét đến các phụ tải có thể dịch chuyển và phụ tải có thể ngắt.

Luận văn vừa có đóng góp về mặt khoa học, vừa có tính thực tiễn. Các hộ tiêu thụ điện, các nhà quản lý và điều độ hệ thống điện có thể sử dụng kết quả nghiên cứu này để đưa ra lựa chọn phương thức và chiến lược điều chỉnh phụ tải phù hợp khi tham gia DR.

DANH MỤC CÁC TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Quyết định số 279/2018/QĐ-TTg ngày 08/03/2018, “*Chương trình quốc gia về quản lý nhu cầu điện giai đoạn 2018-2020*”.
- [2] Nguyễn Đức Tuyên, Đỗ Văn Long, Trần Quốc Ngự, Lê Viết Thịnh, Đặng Hoàng Anh, Dương Mạnh Cường, “*Tổng quan về điều chỉnh phụ tải qua kinh nghiệm vận hành thị trường điện của một số quốc gia*”, Tạp chí Khoa học và Công nghệ, 2021.
- [3] Tổ chức hợp tác phát triển Đức, “*Báo cáo Thúc đẩy thực hiện các chương trình điều chỉnh phụ tải điện tại Việt Nam*”, năm 2021
- [4] Thông tư số 23/2017/TT-BCT ngày 16/11/2017, “*Nội dung và trình tự thực hiện các chương trình điều chỉnh phụ tải điện*”.
- [5] <https://www.tmhpp.com.vn/d4/news/Quan-ly-nhu-cau-va-dieu-chinh-phu-tai-dien-1-8180.aspx>
- [6] Bộ công thương, “*Báo cáo triển vọng năng lượng Việt Nam 2019*”, năm 2019.
- [7] W. Zhang, G. Chen and Z. Y. Dong, "Demand side management given distributed generation and storage: A comparison for different pricing and regulation scenarios," 10th International Conference on Advances in Power System Control, Operation & Management (APSCOM 2015), 2015.
- [8] Sebastian Gottwalt, Wolfgang Ketter, Carsten Block, John Collins, Christof Weinhardt, “*Demand side management-A simulation of household behavior under variable prices*”, Energy Policy, Volume 39, Issue 12, 2011.
- [9] A. Rezaee Jordehi, “*Optimisation of demand response in electric power systems, a review*”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 103, 2019.

PHỤ LỤC

Bảng 1: Công suất phụ tải của hộ tiêu thụ khi chưa thực hiện DR

Thời gian (h)	Thời gian lập lịch	Phụ tải chiếu sáng (kW)	Phụ tải điều hòa (kW)	Phụ tải tổng (kW)
1	1	76	60	143
1:30	2	70	60	137
2	3	64	60	130
2:30	4	60	60	126
3	5	60	60	126
3:30	6	60	60	126
4	7	76	60	143
4:30	8	90	80	183
5	9	106	108	233
5:30	10	120	120	264
6	11	136	154	323
6:30	12	150	168	358
7	13	180	260	506
7:30	14	202	320	613
8	15	226	480	865
8:30	16	240	480	900
9	17	256	520	1009
9:30	18	258	520	1050
10	19	262	560	1130
10:30	20	268	560	1159
11	21	270	582	1108
11:30	22	252	558	1013
12	23	240	534	948

12:30	24	240	570	1002
13	25	244	640	1105
13:30	26	250	640	1168
14	27	256	640	1200
14:30	28	262	640	1200
15	29	268	640	1192
15:30	30	274	576	1107
16	31	280	570	1084
16:30	32	286	540	1022
17	33	294	448	909
17:30	34	300	336	771
18	35	300	308	730
18:30	36	294	264	656
19	37	292	240	618
19:30	38	286	240	598
20	39	280	220	563
20:30	40	274	180	505
21	41	262	180	486
21:30	42	240	144	418
22	43	216	128	370
22:30	44	190	112	321
23	45	156	112	281
23:30	46	124	98	233
24	47	96	72	176
24:30	48	82	72	162

Bảng 2: Công suất phụ tải của hộ tiêu thụ khi thực hiện DR (chưa xét đến sự tham gia của PV)

Thời gian (h)	Thời gian lập lịch	Phụ tải chiếu sáng (kW)	Phụ tải điều hòa (kW)	Phụ tải tổng (kW)
1	1	76	60	143
1:30	2	70	60	137
2	3	64	60	130
2:30	4	60	60	126
3	5	60	60	126
3:30	6	60	60	126
4	7	76	60	143
4:30	8	90	80	183
5	9	106	108	233
5:30	10	120	120	264
6	11	136	154	323
6:30	12	150	168	358
7	13	180	260	506
7:30	14	202	320	613
8	15	226	480	865
8:30	16	240	480	900
9	17	256	520	1009
9:30	18	258	520	1050
10	19	262	560	1130
10:30	20	268	560	1159
11	21	270	582	1108
11:30	22	252	558	1013
12	23	240	534	948

12:30	24	240	570	1002
13	25	195	520	894
13:30	26	200	520	945
14	27	205	520	971
14:30	28	210	520	970
15	29	214	520	964
15:30	30	274	576	1107
16	31	280	570	1084
16:30	32	286	540	1022
17	33	294	448	909
17:30	34	300	336	771
18	35	300	308	730
18:30	36	294	264	656
19	37	292	240	618
19:30	38	286	240	598
20	39	280	220	563
20:30	40	274	180	505
21	41	262	180	486
21:30	42	240	144	418
22	43	216	128	370
22:30	44	190	112	321
23	45	156	112	281
23:30	46	124	98	233
24	47	96	72	176
24:30	48	82	72	162

Bảng 3: Công suất phụ tải của hộ tiêu thụ khi thực hiện DR có xét đến sự tham gia của PV

Thời gian (h)	Thời gian lập lịch	Công suất PV (kW)	Phụ tải chiếu sáng (kW)	Phụ tải điều hòa (kW)	Phụ tải tổng (kW)
1:00	1	0	76	60	143
1:30	2	0	70	60	137
2:00	3	0	64	60	130
2:30	4	0	60	60	126
3:00	5	0	60	60	126
3:30	6	0	60	60	126
4:00	7	0	76	60	143
4:30	8	0	90	80	183
5:00	9	0	106	108	233
5:30	10	0	120	120	264
6:00	11	4	136	154	319
6:30	12	10	150	168	348
7:00	13	14	180	260	492
7:30	14	24	202	320	589
8:00	15	40	226	480	825
8:30	16	50	240	480	850
9:00	17	60	256	520	949
9:30	18	70	258	520	980
10:00	19	80	262	560	1050
10:30	20	90	268	560	1069
11:00	21	94	270	582	1014
11:30	22	98	252	558	915
12:00	23	100	240	534	848

12:30	24	100	240	570	902
13:00	25	100	195	520	794
13:30	26	100	200	520	845
14:00	27	96	205	520	875
14:30	28	90	210	520	880
15:00	29	80	214	520	884
15:30	30	66	274	576	1041
16:00	31	44	280	570	1040
16:30	32	22	286	540	1000
17:00	33	14	294	448	895
17:30	34	6	300	336	765
18:00	35	4	300	308	726
18:30	36	2	294	264	654
19:00	37	0	292	240	618
19:30	38	0	286	240	598
20:00	39	0	280	220	563
20:30	40	0	274	180	505
21:00	41	0	262	180	486
21:30	42	0	240	144	418
22:00	43	0	216	128	370
22:30	44	0	190	112	321
23:00	45	0	156	112	281
23:30	46	0	124	98	233
24:00	47	0	96	72	176
24:30	48	0	82	72	162