

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC QUẢN LÝ VÀ CÔNG NGHỆ HẢI PHÒNG



ISO 9001:2015

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

NGÀNH : ĐIỆN TỰ ĐỘNG CÔNG NGHIỆP

Sinh viên : Nguyễn Văn Ngọc Tú

Giảng viên hướng dẫn : GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn

HẢI PHÒNG – 2020

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC QUẢN LÝ VÀ CÔNG NGHỆ HẢI PHÒNG

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Sinh viên: Nguyễn Văn Ngọc Tú - Mã SV: 1512102004

Lớp : DC1901

Ngành : Điện tự động công nghiệp

Tên đề tài: Pin mặt trời, tìm hiểu phương pháp đảm bảo công suất tối đa của dàn pin điện mặt trời bằng thay đổi cấu trúc

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI

1. Nội dung và các yêu cầu cần giải quyết trong nhiệm vụ đề tài tốt nghiệp

(về lý luận, thực tiễn, các số liệu cần tính toán và các bản vẽ).

Tìm hiểu phương pháp đổi cấu trúc các tấm pin để đảm bảo bám điểm công suất cực đại của dàn pin

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Các số liệu cần thiết để thiết kế, tính toán.

Tự tìm hiểu và tham khảo.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Địa điểm thực tập tốt nghiệp.

.....

.....

CÁN BỘ HƯỚNG DẪN ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Họ và tên : Thân Ngọc Hoàn

Học hàm, học vị : GS.TSKH

Cơ quan công tác : Trường Đại Học Quản Lý và Công Nghệ Hải Phòng

Nội dung hướng dẫn : Toàn bộ đề tài

Đề tài tốt nghiệp được giao ngày.....tháng....năm.....

Yêu cầu phải hoàn thành xong trước ngày.....tháng....năm.....

Đã nhận nhiệm vụ ĐTTN

Sinh viên

Đã giao nhiệm vụ ĐTTN

Giảng viên hướng dẫn

Hải Phòng, ngày tháng.....năm 2020

HIỆU TRƯỞNG

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM

Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

PHIẾU NHẬN XÉT CỦA GIÁNG VIÊN HƯỚNG DẪN TỐT NGHIỆP

Họ và tên giảng viên:

Thân Ngọc Hoàn

Đơn vị công tác:

Trường Đại học Quản lý và Công nghệ Hải Phòng

Họ và tên sinh viên:

..... Chuyên ngành:

Đề tài tốt nghiệp:

.....

1. Tinh thần thái độ của sinh viên trong quá trình làm đề tài tốt nghiệp

Có tinh thần học tập trong quá trình làm đề án tốt nghiệp

2. Đánh giá chất lượng của đề án/khóa luận (so với nội dung yêu cầu đã đề ra trong nhiệm vụ Đ.T. T.N trên các mặt lý luận, thực tiễn, tính toán số liệu...)

Nội dung đề án là tìm hiểu phương pháp bám điểm cực đại phát công suất của tấm pin mặt trời bằng thay đổi cấu trúc. Sinh viên đã tiến hành tìm hiểu dựa trên những tài liệu đã công bố. Nội dung đề án đáp ứng một đề án tốt nghiệp đại học. Đây có thể là tài liệu cho những ai muốn tham khảo về phương pháp điều khiển bám điểm công suất cực đại bằng thay đổi cấu trúc, ghép nối các tấm pin.

3. Ý kiến của giảng viên hướng dẫn tốt nghiệp

Được bảo vệ Không được bảo vệ Điểm hướng dẫn

Hải Phòng, ngày 20 tháng 6 năm 2020.

Giảng viên hướng dẫn

GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM

Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

PHIẾU NHẬN XÉT CỦA GIÁO VIÊN CHĂM PHẢN BIỆN

Họ và tên giảng viên:

Đơn vị công tác:

Họ và tên sinh viên: Chuyên ngành:

Đề tài tốt nghiệp:

1. Phần nhận xét của giáo viên chăm phản biện

.....
.....
.....
.....

2. Những mặt còn hạn chế

.....
.....
.....
.....
.....

3. Ý kiến của giảng viên chăm phản biện

Được bảo vệ Không được bảo vệ Điểm hướng dẫn

Hải Phòng, ngày ... tháng ... năm

Giảng viên chăm phản biện

(Ký và ghi rõ họ tên)

MỤC LỤC

<u>CHƯƠNG 1: CẤU TRÚC HỆ THỐNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI VÀ CHIẾN LƯỢC TĂNG HIỆU XUẤT LÀM VIỆC CỦA HỆ THỐNG TRONG ĐIỀU KIỆN BỊ CHE PHỦ MỘT PHẦN</u>	2
1.1: Tổng Quan Về Hệ Thống Năng Lượng Mặt Trời	2
1.1.1: Năng lượng mặt trời	2
1.1.2: Bức xạ mặt trời	3
1.1.3: Điện mặt trời	4
1.1.4 : Các cấu trúc kết nối TPQĐ	12
1.1.5: Mô hình cơ bản của hệ thống NLMT hòa lưới có kho điện	17
1.1.6: Các cấu trúc kết nối TPQĐ và bộ chuyển đổi	21
1.2: TỔNG QUAN CHIẾN LƯỢC TĂNG HIỆU SUẤT LÀM VIỆC CỦA HỆ THỐNG NLMT TRONG ĐIỀU KIỆN BỊ CHE PHỦ MỘT PHẦN	25
1.2.1: Ảnh hưởng của che phủ một phần	25
1.2.3: Phương pháp tái cấu trúc cho mạch kết nối TCT	30
1.2.4: Phương pháp tái cấu trúc cho mạch kết nối SP	49
1.2.5: So sánh các phương pháp đã trình bày	54
1.3: KẾT LUẬN CHƯƠNG 1	55
<u>CHƯƠNG 2 : KHÁI QUÁT VỀ BÀI TOÁN ĐIỀU KHIỂN TỐI ƯU</u>	56
2.1: KHÁI QUÁT VỀ BÀI TOÁN ĐIỀU KHIỂN TỐI ƯU	56
2.1.1: Điều khiển tối ưu tĩnh	58
2.1.2: Điều khiển tối ưu động	59
2.2: THIẾT LẬP BÀI TOÁN ĐIỀU KHIỂN TỐI ƯU	60
2.2.1: Những khái niệm cơ bản	60
2.2.2: Cấu trúc mạch điều khiển trong hệ thống NLMT	62
2.2.3: Bộ tái cấu trúc	65
2.2.4 : Đề xuất hệ thống điều khiển	68
2.2.5 : Đề xuất phương pháp điều khiển tối ưu	69
2.3 : MỘT SỐ BÀI TOÁN TỐI ƯU SỬ DỤNG TRONG DỒ ÁN	70

2.3.1: Bài toán Subset sum problem.....	70
2.3.2: Bài toán Munkres ' Assignment Algorithm	72
2.4: KẾT LUẬN CHƯƠNG 2	83

CHƯƠNG 3: XÂY DỰNG SÁCH LƯỢC TÁI CẤU TRÚC HỆ DỰA TRÊN BÀI TOÁN ĐIỀU KHIỂN TỐI ƯU 84

3.1: CHIẾN LƯỢC CÂN BẰNG BỨC XẠ VỚI MẠCH KẾT NỐI TCT	84
3.2: ĐO DÒNG ĐIỆN , ĐIỆN ÁP CÁC TPQĐ.....	88
3.3: ƯỚC TÍNH BỨC XẠ MẶT TRỜI.....	89
3.4: ĐỀ XUẤT MÔ HÌNH TOÁN VÀ 02 THUẬT TOÁN CHO BÀI TOÁN TÌM KIẾM CẤU HÌNH CÂN BẰNG BỨC XẠ.....	90
3.4.1: Xây dựng mô hình toán.....	90
3.4.2 : Thuật toán quy hoạch động (Dynamic programming).....	93
3.4.3 : Thuật toán SmartChoice.....	102
3.5 : ĐỀ XUẤT MÔ HÌNH TOÁN VÀ 02 THUẬT TOÁN BÀI TOÁN LỰA CHỌN PHƯƠNG PHÁP CHUYỂN MẠCH TỐI ƯU	108
3.5.1 : Giới thiệu ma trận chuyển mạch Dynamic Electrical Scheme	109
3.5.2 : Đề xuất mô hình toán	115
3.5.3 : Phương pháp tìm kiếm cấu hình với số lần chuyển mạch là ít nhất sử dụng MAA.....	119
3.5.4 : Phương pháp cân bằng số lần đóng mở khóa của ma trận chuyển mạch sử dụng MAA cải tiến	126
3.6 : KẾT LUẬN CHƯƠNG 3	136

LỜI MỞ ĐẦU

Năng lượng mặt trời cũng như nhiều nguồn năng lượng mới khác như năng lượng gió, năng lượng thủy triều..., là nguồn tài nguyên năng lượng vô hạn và là nguồn năng lượng xanh. Tuy không còn là đề tài mới đối với thế giới nhưng đối với Việt Nam vấn đề này gần đây mới được quan tâm nghiên cứu sâu.

Đề tài “PIN MẶT TRỜI, TÌM HIỂU PHƯƠNG PHÁP ĐẢM BẢO CÔNG SUẤT TỐI ĐA CỦA DÀN PIN ĐIỆN MẶT TRỜI BẰNG THAY ĐỔI CẤU TRÚC” là một đề tài chỉ nghiên cứu xây dựng một phần nhỏ trong hệ thống thu năng lượng mặt trời, song nó góp phần quan trọng trong việc nâng cao hiệu suất chuyển đổi năng lượng mặt trời thành các dạng năng lượng khác.

Trong quá trình làm đề tài nghiên cứu, em đã nhận được sự đóng góp, chỉ bảo chân thành của các thầy cô giáo bộ môn Điện Tự Động Công Nghiệp - Trường Đại Học Quản Lý và Công Nghệ Hải Phòng. Đặc biệt, em xin gửi lời cảm ơn sâu sắc nhất đến thầy **GS – TSKH THÂN NGỌC HOÀN**, người đã tận tình chỉ bảo em trong suốt thời gian làm đề tài.

Em xin chân thành cảm ơn !

CHƯƠNG 1 :

CẤU TRÚC HỆ THỐNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI VÀ CHIẾN LƯỢC TĂNG HIỆU XUẤT LÀM VIỆC CỦA HỆ THỐNG TRONG ĐIỀU KIỆN BỊ CHE PHỦ MỘT PHẦN

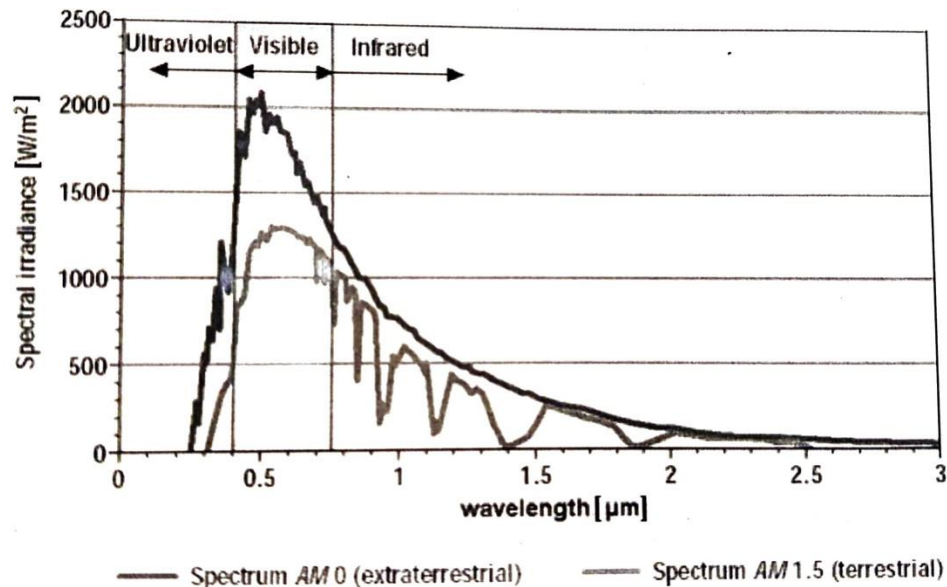
Trong chương này , trình bày tổng quan về hệ thống NLMT có hòa lưới bao gồm các thành phần , mô hình kết nối các thành phần cơ bản của hệ thống NLMT và các cấu trúc kết nối TPQĐ . Tiếp theo , trình bày tổng quan chiến lược tăng hiệu suất làm việc của hệ thống NLMT trong điều kiện chiếu sáng không đồng nhất cho mạch kết nối TCT và SP , dựa trên phương pháp cân bằng bức xạ . Phân tích ưu , nhược điểm các phương pháp của các nghiên cứu khác , từ đó xây dựng định hướng nghiên cứu cho đề án . Chiến lược tăng hiệu suất làm việc cho hệ thống NLMT trong điều kiện bị che phủ một phần được tác giả phân tích và công bố tại (CT1 . 4) .

1.1: Tổng Quan Về Hệ Thống Năng Lượng Mặt Trời

1.1.1: Năng lượng mặt trời

Mặt trời là ngôi sao ở trung tâm hệ mặt trời, chiếm khoản 99,86% khối lượng của hệ mặt trời. Trái đất và các thiên thể khác như các hành tinh, tiểu hành tinh ,thiên thạch,sao chổi và bụi quay quanh mặt trời. Khoảng cách trung bình giữa mặt trời và trái đất xấp xỉ 149,6 triệu kilomet (1 đơn vị thiên văn AU) nên ánh sáng mặt trời cần 8 phút 19 giây mới đến được trái đất. Năng lượng mặt trời ở dạng sáng hỗ trợ cho gần hết sự sống trên trái đất thông qua quá trình quang hợp, và điều khiển khí hậu cũng như thời tiết trên trái đất. Thành phần của mặt trời gồm Hydro (khoảng 74% khối lượng, 92% thể tích), heli (khoảng 24% khối lượng, 7% thể tích), và một lượng nhỏ các nguyên tố khác, gồm sắt, nickel, oxi, silic, lưu huỳnh, magie, carbon, neon, canxi, và crom.

Mặt trời có bề mặt xấp xỉ 5.778 K (5.505°C). Quang phổ của bức xạ mặt trời ở trong không gian và ở trên trái đất thể hiện trong hình 1-1.



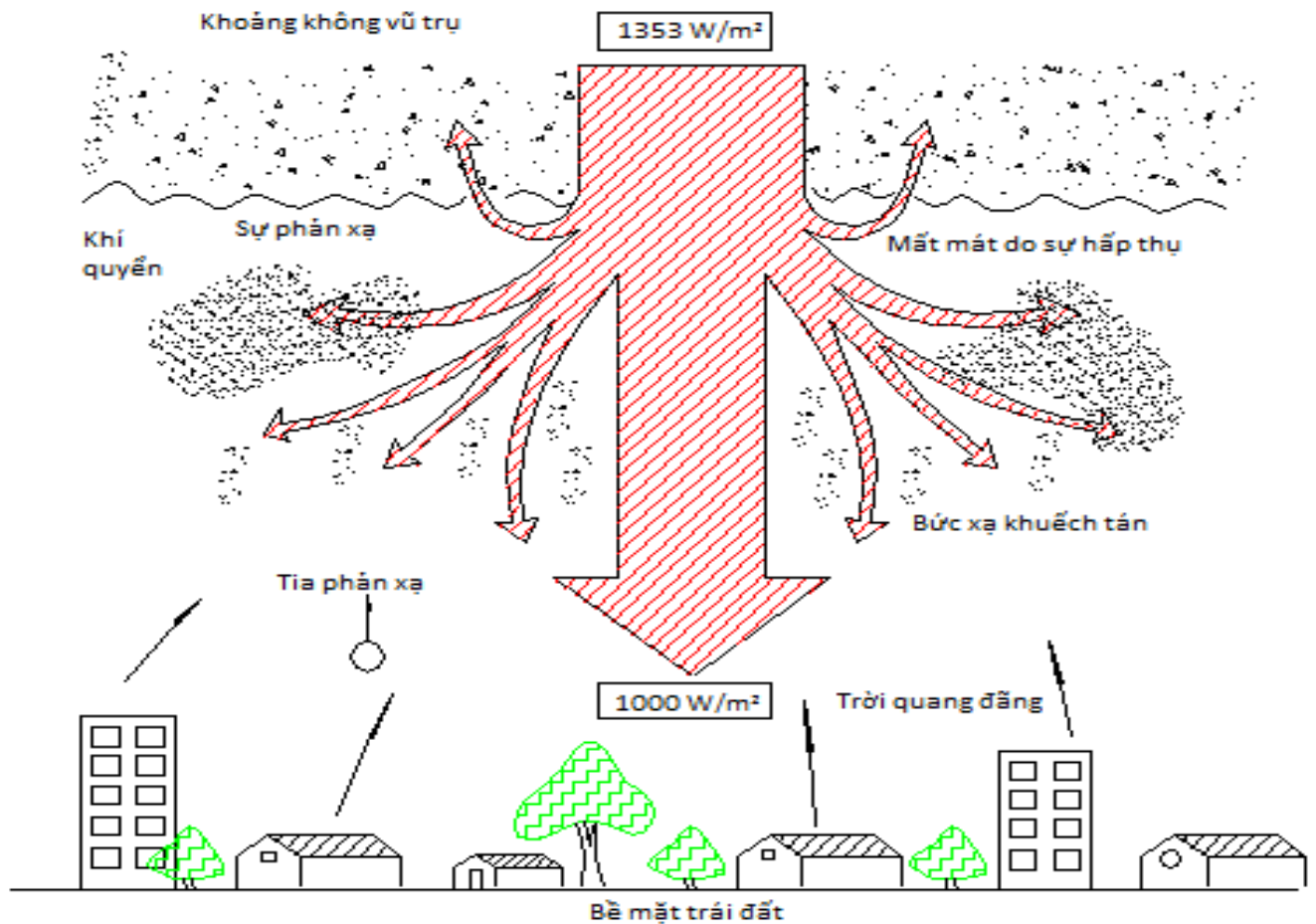
Hình 1-1: Quang phổ của bức xạ mặt trời trong không gian và trên trái đất (màu xanh) [11]

1.1.2: Bức xạ mặt trời

Trái đất quay quanh mặt trời mỗi vòng mất 365.2 ngày, tại một thời điểm một nửa trái đất được chiếu sáng bởi mặt trời. Khi bức xạ mặt trời chiếu vào bầu khí quyển trái đất, bầu khí quyển sẽ hấp thụ tia cực tím (UV) và tia hồng ngoại, chỉ cho phép bức xạ mặt trời có bước sóng giao động từ 0.9μm và 2.3μm đi qua.

Bức xạ mặt trời là năng lượng mặt trời nhận được trên diện tích bề mặt đơn vị được tính bằng W/m^2 . Phần bức xạ năng lượng mặt trời truyền tới bề mặt trái đất trong những ngày quang đăng ở thời điểm cao nhất khoảng 1.000 W/m^2 (Hình 1-2). Yếu tố cơ bản xác định cường độ của bức xạ mặt trời ở một thời điểm nào đó trên trái đất là quãng đường nó đi qua. Sự mất mát năng

lượng trên quãng đường đó gắn liền với sự tán xạ và phụ thuộc vào thời gian trong ngày, mùa , vị trí địa lý.



Hình 1-2: Quá trình truyền năng lượng bức xạ mặt trời qua lớp khí quyển trái đất [12]

1.1.3: Điện mặt trời

Điện mặt trời là chuyển đổi ánh sáng mặt trời thành điện, chuyển đổi trực tiếp bằng cách sử dụng tấm pin quang điện (TPQĐ), chuyển đổi gián tiếp bằng cách sử dụng điện mặt trời tập trung (ĐMTTT).

Hệ thống ĐMTTT sử dụng ống kính, gương và các hệ thống theo dõi để tập trung một khu vực rộng lớn của ánh sáng mặt trời vào một chùm nhỏ. TPQĐ

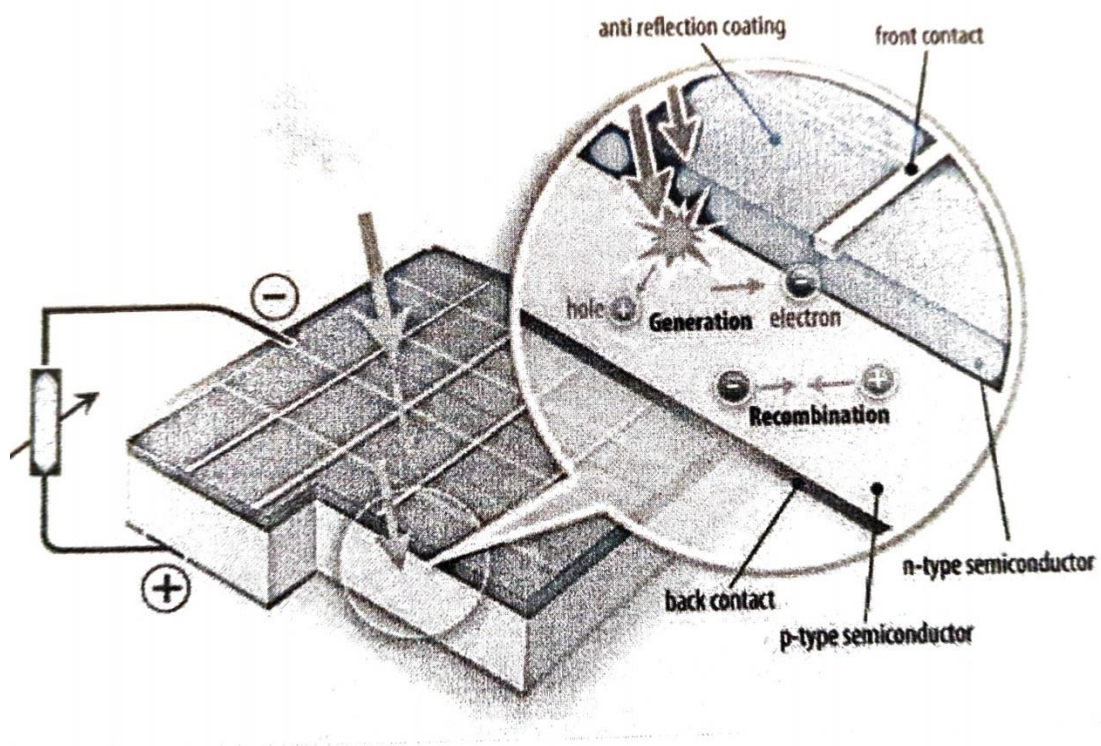
chuyển đổi ánh sáng thành dòng điện bằng cách sử dụng hiệu ứng quang điện. Nhiệt tập trung vào đó được sử dụng như một nguồn năng lượng cho một nhà máy điện thông thường. Các nhà máy ĐMTTT thương mại được phát triển đầu tiên vào những năm 1980, CSP SEGS354MW là nhà máy ĐMTTT lớn nhất thế giới và nằm ở sa mạc Mojave của California. Các nhà máy ĐMTTT lớn khác gồm nhà máy điện mặt trời Solnova (150 MK) và nhà máy điện mặt trời Andasol (100 MK), cả hai ở Tây Ban Nha. Nhà máy quang điện Sarnia Canada là nhà máy quang điện lớn nhất thế giới.

TPQĐ là một thiết bị quang điện bao gồm nhiều tế bào quang điện, chuyển đổi ánh sáng thành dòng điện bằng cách sử dụng hiệu ứng quang điện. phần sau đây, mô tả định nghĩa về tấm pin quang điện, hiệu ứng quang điện, các thông số cơ bản về tế bào quang điện, tấm pin quang điện.

1.1.3.1: Tế bào quang điện

Ngày nay vật liệu chủ yếu chế tạo pin năng lượng mặt trời (và cho các thiết bị bán dẫn) là silic dạng tinh thể. Hoạt động của pin năng lượng mặt trời được chia làm 3 giai đoạn (Hình 1-3).

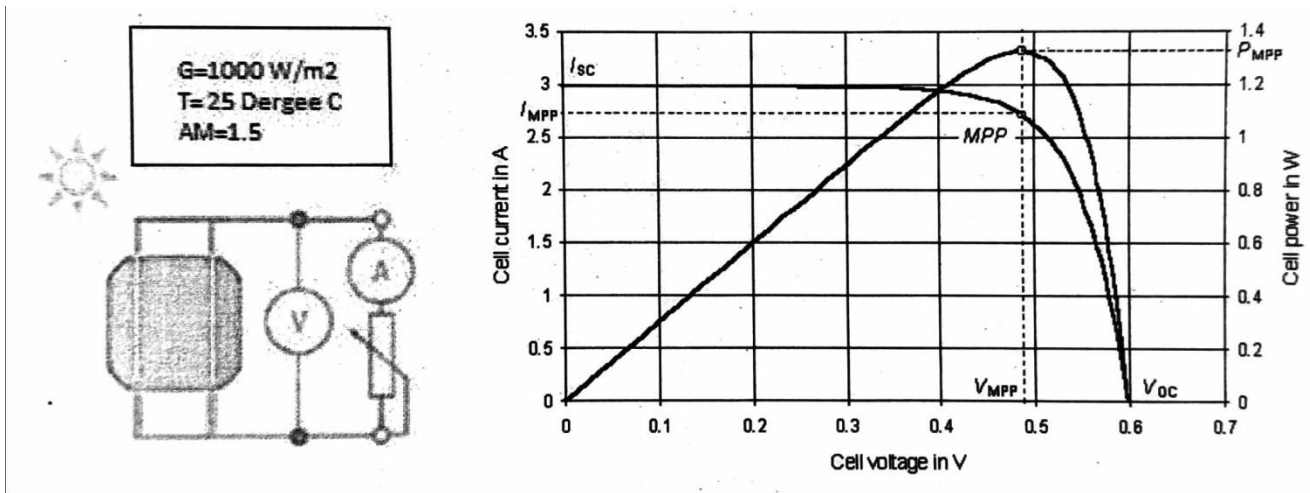
- Đầu tiên năng lượng từ photon ánh sáng được hấp thụ và hình thành các cặp electron-hole trong chất bán dẫn.
- Các cặp electron-hole sau đó bị phân chia bởi ngăn cách tạo bởi các loại chất bán dẫn khác nhau (p-n junction). Hiệu ứng này tạo nên hiệu điện thế của pin mặt trời
- Pin mặt trời sau đó được nối trực tiếp vào mạch ngoài và tạo nên dòng điện.



Hình 1-3: Hiệu ứng quang điện[13]

1.1.3.2: Đặc tính Dòng điện – Điện áp (I - V) và Công suất – Điện áp (P – V)

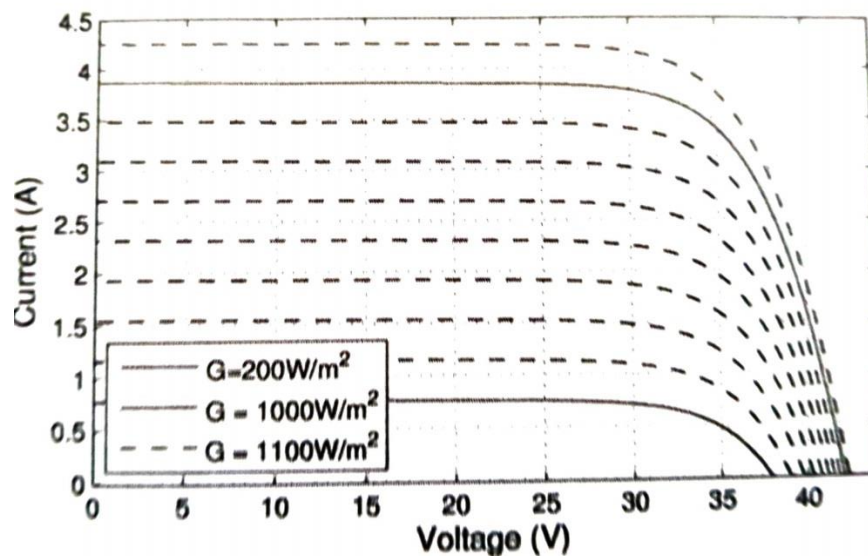
Đường cong đặc tính I-V thể hiện tất cả các điểm vận hành và mối tương quan giữa dòng điện – điện áp của tế bào quang điện (TBQĐ). Đường cong này được tạo ra bằng các thay đổi giá trị phụ tải của TBQĐ trong phòng thí nghiệm. Ví dụ như trong (Hình 1-4) là đường đặc tính dòng điện – điện áp của TPQĐ. Điểm vận hành thể hiện trong đường đặc tính I-V phụ thuộc vào phụ tải của TBQĐ. Đường cong đặc tính P-V tương ứng được tính theo công thức $P=V*I$.



Hình 1-4: Đặc tính dòng điện–Điện áp (I-V) và Công suất - Điện áp (P-V) của tế bào quang điện [14]

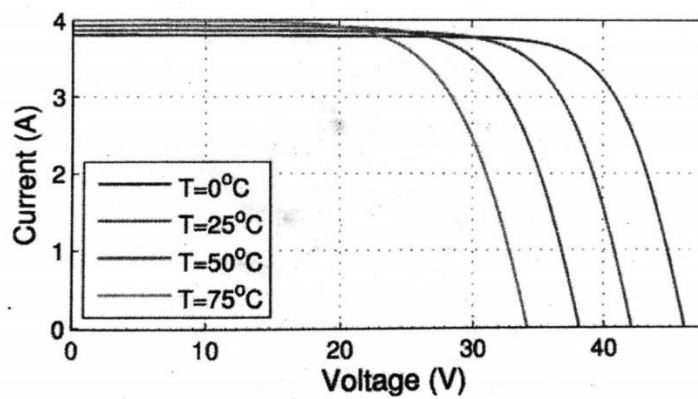
Công suất của TBQD chịu ảnh hưởng rất lớn từ mức độ ánh sáng mặt trời. Các TPQD khi nhận được nhiều ánh sáng sẽ cho công suất cao hơn[15] . Hình 1-5 thể hiện mối quan hệ giữa dòng điện – điện áp và mức độ bức xạ mặt trời.

Bức xạ mặt trời càng lớn thì công suất tạo ra bởi công suất càng cao.



Hình 1-5: Ảnh hưởng của ánh sáng mặt trời đến đường cong đặc tính dòng điện – điện áp[15]

Các TBQĐ khi hoạt động chịu ảnh hưởng lớn từ nhiệt độ xung quanh. Dòng ngắn mạch tăng nhẹ khi nhiệt độ cao hơn so với tiêu chuẩn (25°C). Tuy nhiên dòng mở mạch lại bị ảnh hưởng rất lớn khi nhiệt độ TPQĐ vượt quá 25°C. Như vậy, mặc dù dòng điện tăng nhưng không đáng kể so với điện áp giảm dẫn đến công suất của TPQĐ giảm [15]. Hình 1-6 giải thích mối liên hệ giữa đường cong đặc tính dòng điện – điện áp và sự thay đổi của nhiệt độ. Khi nhiệt độ tăng thì công suất của TPQĐ sẽ giảm.



Hình 1-6: Ảnh hưởng của nhiệt độ đến đường cong đặc tính dòng điện – điện áp [15]

1.1.3.3: Mô hình toán học của tế bào quang điện

Tế bào quang điện (TBQĐ) (solar cells) – là phần tử bán dẫn [16] có chứa trên bề mặt số lượng lớn các cảm biến ánh sáng là diode quang, thực hiện biến đổi năng lượng ánh sáng thành năng lượng điện. TBQĐ có thể được biểu diễn bởi mạch điện trong (Hình 1-7). Mối liên hệ giữa dòng điện – điện áp được phân tích trong công thức (1-1)

$$I = I_L - I_0 \left(e^{\frac{q(V-IR_S)}{AkT}} - 1 \right) - \frac{V-IR_S}{R_{SH}} \quad (1.1)$$

Trong đó:

I : Dòng điện của TBQĐ

k : Hằng số Boltzmann

V : Điện áp của TBQĐ

T : Nhiệt độ tuyệt đối

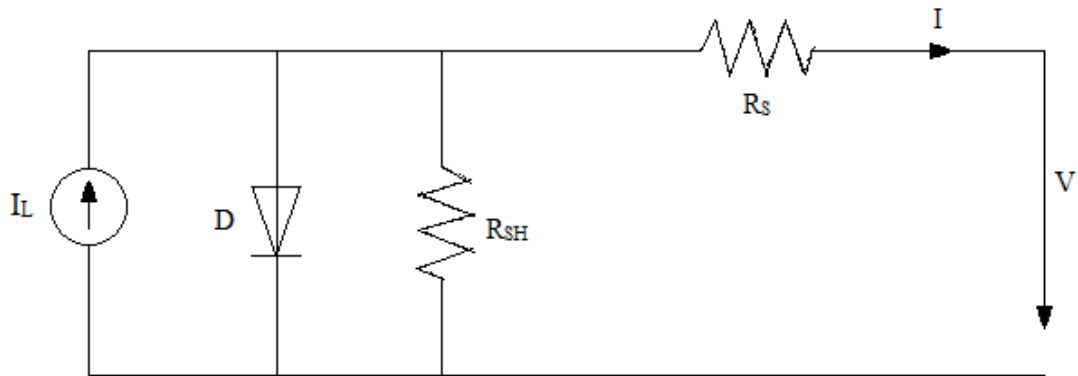
I_0 : Dòng bão hòa

R_S : Điện trở nối tiếp

q : Điện tích electron

R_{SH} : Điện trở song song

A : Hệ số chất lượng của diode



Hình 1-7: Mạch điện của tế bào quang điện [16]

1.1.3.4: Tấm pin quang điện (TPQĐ)

Một TPQĐ được kết nối bởi nhiều TBQĐ , chúng được kết nối nối tiếp và song song , số lượng TBQĐ tùy thuộc vào yêu cầu của hệ thống . Trong những mô hình TPQĐ đơn giản , ảnh hưởng của điện trở song song là không đáng kể , R_{SH} là giá trị vô cùng lớn do đó đặc tính dòng điện - điện áp của TPQĐ được thu gọn trong công thức (1-2) . Với n_p và n lần lượt là số TBQĐ mắc song song và nối tiếp trong TPQĐ [17].

$$I \approx n_p I_L - n_p I_0 \left(e^{\frac{q(V - IR_S)}{AkTn_s}} - 1 \right) \quad (1.2)$$

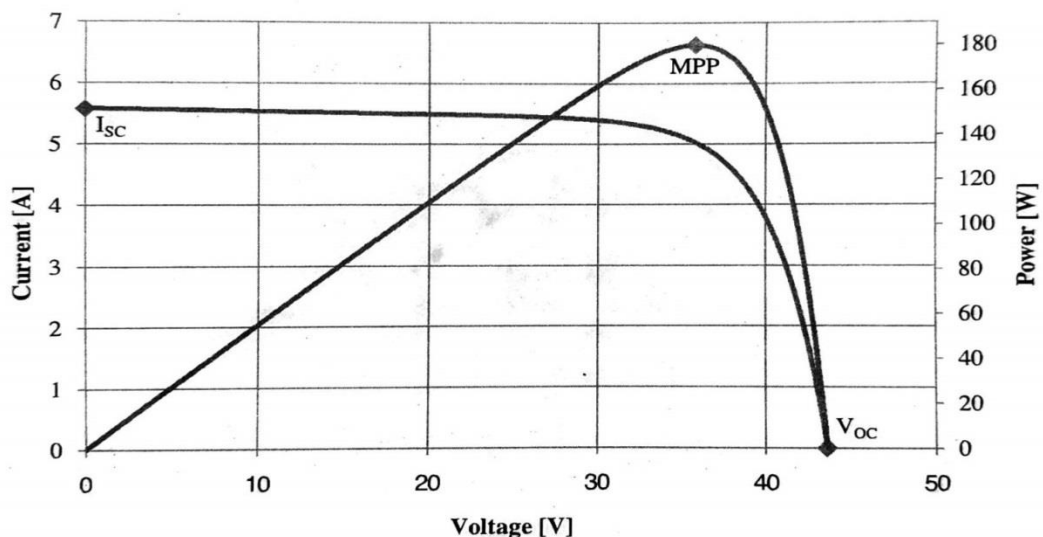
1.1.3.5: Điện áp mở mạch, dòng ngắn mạch và điểm công suất cực đại (MPP)

Trong biểu đồ đặc tính dòng điện – điện áp có 2 điểm quan trọng là điện áp mở mạch V_{oc} và điện áp ngắn mạch I_{oc} . Ở cả 2 điểm làm việc này, công suất của hệ thống NLMT đều bằng 0, V_{oc} có thể được tính bằng công thức (1-3) khi dòng điện của TBQĐ bằng 0. Dòng ngắn mạch I_{oc} tại $V=0$ cũng có thể được tính bằng I_L theo công thức (1-4).

$$V_{OC} \approx \frac{AkT}{q} \ln \left(\frac{I_L}{I_0} + 1 \right) \quad (1.3)$$

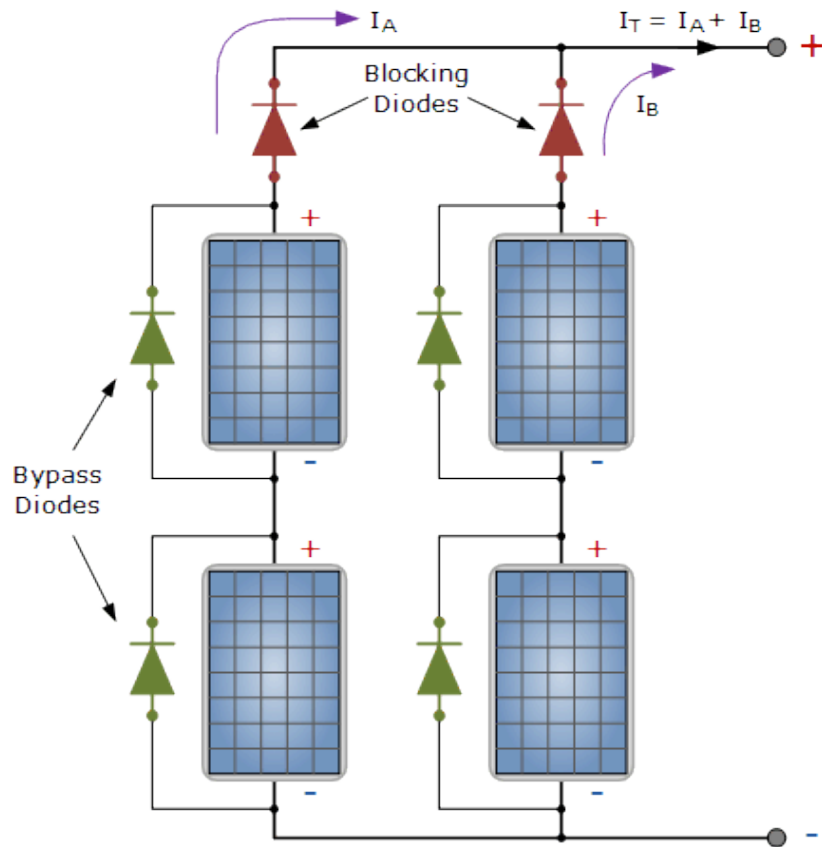
$$I_{SC} \approx I_L \quad (1.4)$$

Điểm làm việc cho công suất cực đại của TBQĐ trong đồ thị đặc tính dòng điện – điện áp là điểm có giá trị $P=V \cdot I$ lớn nhất. Điểm này được gọi là điểm công suất cực đại (MPP) và có duy nhất 1 điểm trong đồ thị (Hình 1-8).



Hình 1-8: Điểm công suất cực đại (MPP) trong biểu đồ đặc tính dòng điện – điện áp của TPQĐ [18]

1.1.3.6: Blocking diode và bypass diode trong TPQĐ



Hình 1-9: Vị trí Bypass Diode và Blocking diode trong kết nối TPQĐ [19]

Diode được hiểu đơn giản là thiết bị có 2 chân, có tác dụng định hướng, chỉ cho dòng điện chạy theo 1 chiều. Chúng được làm từ chất bán dẫn, thông thường là silicon, hoặc các chất tương tự như selen, gecmani.

Hình 1-10 là diode với 2 chân anode và cathode. Dòng điện chỉ có thể chạy theo chiều từ Anode sang Cathode, mà không thể chạy theo chiều ngược lại.



Hình 1-10 : Chân anode và cathode của diode [20]

Hình 1-9 : thể hiện vị trí của Bypass diode và Blocking diode trong kết nối TPQĐ

Blocking diode chỉ cho phép dòng điện từ tấm pin mặt trời sang thiết bị lưu trữ nhưng ngăn cản dòng ngược trở lại từ thiết bị lưu trữ trở ngược lại tấm pin , giúp ngăn dòng xả từ ắc quy sang tấm pin và giúp lưu trữ năng lượng tốt hơn . Trong trường hợp có nhiều dãy pin nối song song , nó cũng có tác dụng ngăn cản dòng điện chạy ngược từ nhiều dãy vào một dãy pin khi một dãy xảy ra lỗi ngắn mạch hay rò điện . Nếu không có diode này , dòng điện quá lớn có thể làm hỏng các tấm trong dãy pin bị lỗi do quá dòng điện chịu được của tấm pin đồng thời làm giảm hiệu suất của cả hệ thống .

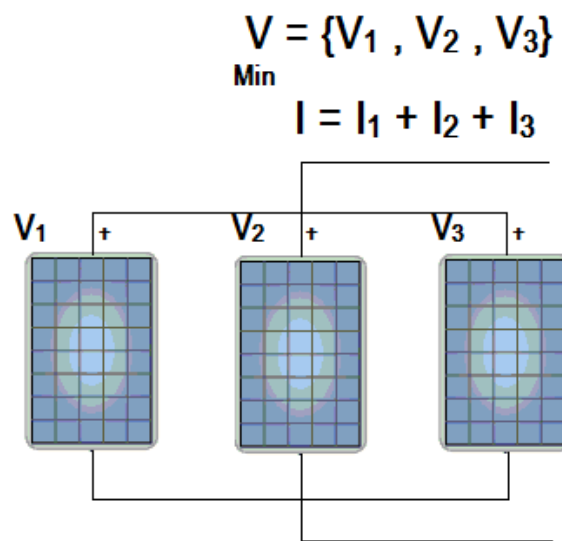
Bypass diode : Giả sử khi chưa có diode bypass , các cell trong một tấm pin được nối nối tiếp với nhau , nếu có 1 cell trong tấm pin bị hỏng hoặc lỗi , không dẫn được điện sẽ dẫn đến toàn bộ dãy pin trong đó bị hở mạch , và không sinh ra điện năng gây nên tổn thất cho hệ thống . Để khắc phục vấn đề này diode bypass được gắn thêm vào tấm pin như sơ đồ bên trên . Trong trường hợp một dãy cell bị lỗi , dòng điện sẽ được bypass trực tiếp qua diode này , bỏ qua phần dãy cell bị lỗi , điều này giúp cho phần còn lại của tấm pin sẽ tiếp tục sản sinh ra điện , giúp cho hệ thống có thể hoạt động bình thường .

Thông thường trong các tấm pin mặt trời thường có từ 2 đến 3 dãy nhiều cell nối tiếp , tương đương sẽ có từ 2 đến 3 diode bypass được lắp để đảm bảo tận dụng tối đa lượng điện mà tấm pin có thể tạo ra và giúp hệ thống hoạt động hiệu quả .

1.1.4 : Các cấu trúc kết nối TPQĐ

Các TBQĐ được kết nối nối tiếp / song song để tạo thành các TPQĐ , hiện nay các TPQĐ có công suất từ 10W - 400W tùy loại . Trên các hệ thống NLMT thực tế , các TPQĐ được kết nối với nhau theo các cách khác nhau , đáp ứng dòng điện / điện áp theo chuẩn đầu vào cho các bộ biến đổi điện. về cơ bản, 2 chuẩn kết nối chính cho các TPQĐ là kết nối nối tiếp và song song.

1.1.4.1 : kết nối song song



Hình 1-11 : Các TPQĐ trong mạch kết nối song song

Hình 1-11 thể hiện kết nối song song của các TPQĐ, ưu điểm của mạch kết nối song song là dòng điện bằng tổng dòng điện của các TPQĐ :

$$I_{out} = I_1 + I_2 + \dots + I_n \quad (1.5)$$

Nhược điểm của mạch kết nối song song là điện áp bằng điện áp nhỏ nhất của các TPQĐ :

$$V_{out} = \min(V_1, V_2, \dots, V_n) \quad (1.6)$$

Công suất đầu ra của mạch kết nối song song :

$$P_{out} = V_{out} \times I_{out} \quad (1.7)$$

Trong đó :

n : số lượng TPQĐ trong mạch song song.

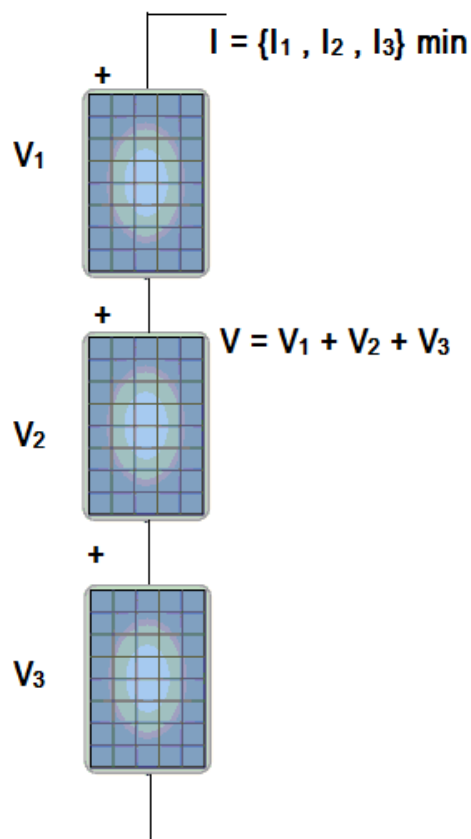
I_i, V_i ($i=1 \dots n$): Tương ứng là dòng điện và điện áp của TPQĐ thứ i .

I_{out} : Dòng điện đầu ra của mạch kết nối song song.

V_{out} : Điện áp đầu ra của mạch kết nối song song.

P_{out} : Công suất đầu ra của mạch kết nối song song.

1.1.4.2: kết nối nối tiếp



Hình 1-12: Các TPQĐ trong mạch kết nối nối tiếp

Hình 1-12 thể hiện kết nối nối tiếp của các TPQĐ, ưu điểm của mạch kết nối nối tiếp là điện áp là điện áp tổng của các TPQĐ:

$$V_{out} = V_1 + V_2 + \dots + V_n \quad (1.8)$$

Nhược điểm của mạch kết nối nối tiếp là dòng điện bằng dòng điện nhỏ nhất của các TPQĐ:

$$I_{out} = \min(I_1, I_2, \dots, I_n) \quad (1.9)$$

Công suất đầu ra của mạch kết nối nối tiếp:

$$P_{out} = I_{out} \times V_{out} \quad (1.10)$$

Trong đó:

n : số lượng TPQĐ trong mạch nối tiếp.

I_i, V_i ($i=1 \dots n$): Tương ứng là dòng điện và điện áp của TPQĐ thứ i .

I_{out} : Dòng điện đầu ra của mạch kết nối nối tiếp.

V_{out} : Điện áp đầu ra của mạch kết nối nối tiếp.

P_{out} : Công suất đầu ra của mạch kết nối nối tiếp.

1.1.4.3: Cấu trúc kết nối trong hệ thống điện thực tế

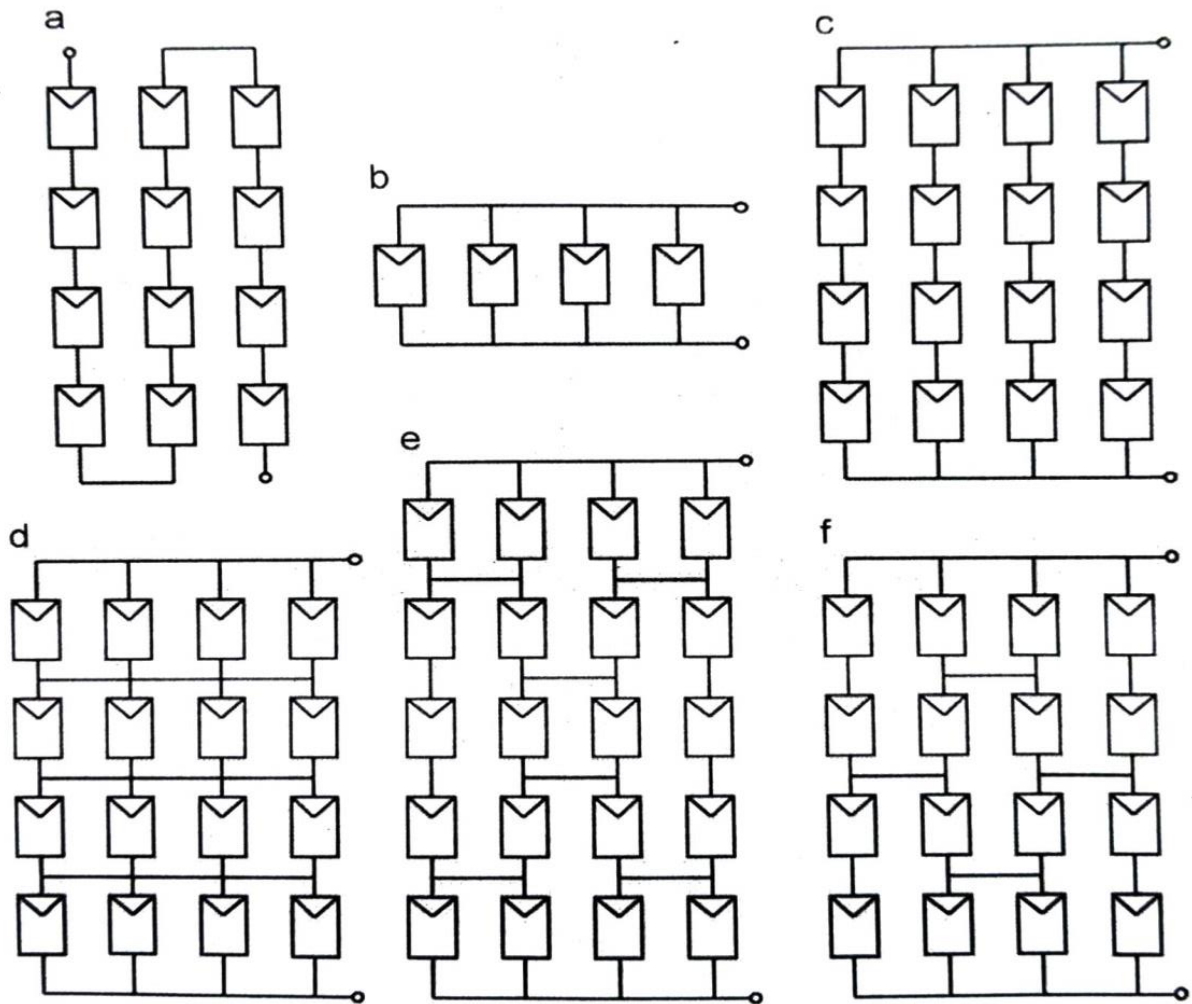
Trong [21] Damiamo La Manna đã giới thiệu các cấu trúc kết nối khác nhau của TPQĐ nhằm mục đích đảm bảo công suất của hệ thống . Hình 1 - 13 giới thiệu 6 phương pháp kết nối khác nhau của TPQĐ thường được sử dụng .

Hình 1 - 13a mạch nối tiếp và Hình 1 - 13b mạch song song là các cấu hình kết nối cơ bản của TPQĐ . Trong quá trình hoạt động , khi bị che phủ một phần , các phần tử trong mạch kết nối song song có điện áp bằng tấm pin có điện áp nhỏ nhất ; các phần tử kết nối nối tiếp có dòng điện bằng tấm pin có dòng điện nhỏ nhất do đó nhược điểm chính của 2 phương pháp kết nối trên là dòng điện và điện áp tương ứng của mạch nối tiếp và song song luôn nằm dưới giá trị mong muốn thực tế .

Trong các nhà máy điện NLMT thực tế , mạch nối tiếp - song song (SP) Hình 1 - 13c là kết nối phổ biến nhất . Các tấm pin NLMT kết nối nối tiếp giúp tăng điện áp (đảm bảo điện áp cần thiết theo yêu cầu của bộ chuyển đổi) , sau đó các mạch nối tiếp được kết nối song song để tăng dòng điện của hệ thống . Hình 1 - 13d là mạch song song - nối tiếp (TCT) , ban đầu các tấm pin kết nối song song nhằm mục đích tăng dòng điện hệ thống , sau đó các mạch song song được kết nối nối tiếp với nhau nhằm mục đích tăng điện áp . Mặc dù trong điều kiện tiêu chuẩn kết nối SP và TCT cho cùng công suất như nhau , nhưng trong điều kiện không đồng nhất , kết nối TCT có ưu thế hơn trong việc giảm thiểu suy giảm công suất .

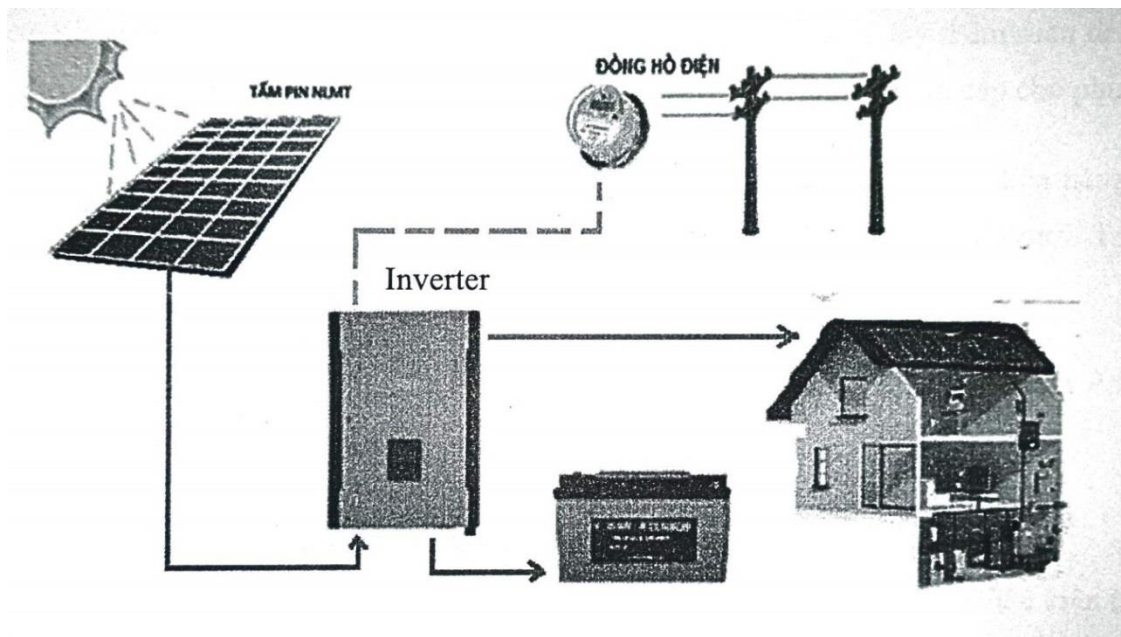
Hình 1 - 13e là mạch kết nối bắc cầu (BL) giảm được một nửa số lượng kết nối của mạch TCT do đó giảm được tổn thất dây dẫn và thời gian lắp đặt [22]. Các ưu điểm của cấu hình kết nối TCT và BL được kết hợp , tạo thành mạch kết nối tổng hợp (HC) Hình 1 - 13f .

Mặc dù rất nhiều cấu trúc kết nối đặc biệt với nhiều ưu điểm được nghiên cứu và áp dụng, song giải pháp được khai thác phổ biến nhất hiện nay trong thực tế vẫn là mạch kết nối SP và TCT.



Hình 1-13: Các cấu trúc kết nối của TPQĐ [21]

1.1.5: Mô hình cơ bản của hệ thống NLMT hòa lưới có kho điện



Hình 1-14: Mô hình căn bản của hệ thống NLMT

Các hệ thống NLMT được kết nối lưới thường bao gồm ba thành phần chính : mảng kết nối các TPQĐ , bộ biến đổi điện chuyển đổi nguồn DC thành nguồn AC và tải bao gồm tải cục bộ hoặc lưới điện . Ngoài ra , một số hệ thống kết nối lưới sử dụng pin làm thiết bị lưu trữ để cung cấp điện dự phòng cho các hệ thống khẩn cấp và một số tải trọng quan trọng trong quá trình mất điện . Nguồn AC được tạo ra được đưa vào lưới và / hoặc được sử dụng bởi các tải cục bộ . Sơ đồ khối của hệ thống quang điện được kết nối lưới được thể hiện trong Hình 1-14.

1.1.5.1: Bộ biến đổi điện (inverter)

Ngoài dàn pin năng lượng mặt trời , bộ chuyển đổi điện DC / AC là một trong những thành phần quan trọng nhất của một hệ thống điện năng lượng mặt trời . Dòng điện do các tấm pin năng lượng mặt trời tạo ra , cũng như dòng điện từ ắc quy đều là các dòng điện một chiều , và inverter là thiết bị có vai trò chuyển đổi nguồn điện một chiều (12V , 24V hay 48V) thành nguồn điện

xoay chiều (thường là 110V hoặc 220V , tần số 50 60Hz) , để cung cấp cho các thiết bị điện gia dụng trong hộ gia đình hoặc hòa lưới .

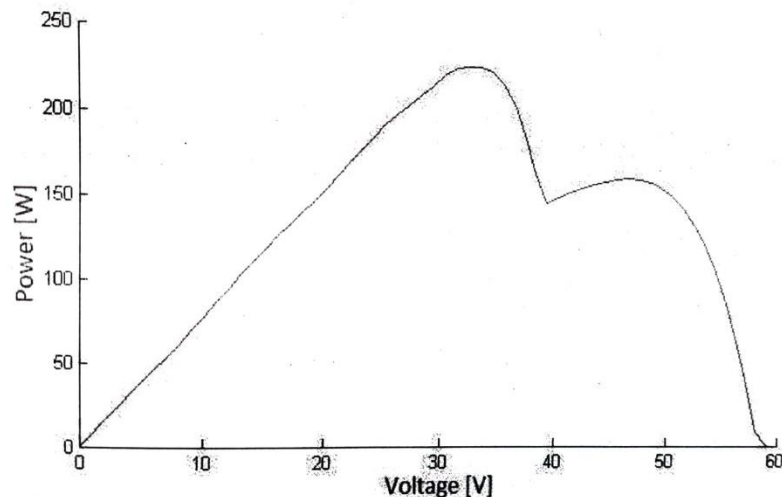
Hiện nay , phần lớn hệ thống NLMT triển khai sử dụng bộ biến đổi điện hỗn hợp (Hybrid inverter) . Đặc điểm của bộ Hybrid Inverter :

- + Khi công suất pin mặt trời bằng công suất phụ tải điện , thì phụ tải tiêu thụ toàn bộ lượng điện năng từ tấm pin mặt trời .
- + Khi công suất pin mặt trời nhỏ hơn công suất phụ tải điện , sẽ lấy thêm điện từ kho điện bù vào phần thiếu , nếu vẫn chưa đủ sẽ lấy thêm từ điện lưới cung cấp cho phụ tải.
- + Khi công suất pin mặt trời lớn hơn công suất phụ tải điện , thì lượng điện năng dư thừa sẽ được sạc vào hệ lưu trữ , sử dụng vào buổi tối hoặc khi mất điện lưới . Trong trường hợp hệ thống lưu trữ đầy, điện sẽ được phát lên lưới.
- + Tích hợp sẵn tính năng tìm điểm làm việc có công suất cực đại (Maximum Power Point Tracker) .

1.1.5.2: Tìm điểm làm việc có công suất cực đại (MPPT)

Trong việc tăng tối đa hiệu suất làm việc của hệ thống NLMT trong các điều kiện thay đổi về bức xạ mặt trời , nhiệt độ , che phủ . . . bộ chuyển đổi điện được thiết kế tích hợp chức năng xác định điểm làm việc cho công suất cực đại bằng cách điều khiển đầu ra điện áp và dòng điện của mạch các tấm pin NLMT . Có rất nhiều công nghệ khác nhau được áp dụng trong trường hợp này . Việc che phủ một phần mảng các TPQĐ được coi là thách thức lớn với

các kỹ thuật MPPT . Khi bị che phủ một phần , đường cong đặc tính P-V của mảng các TPQĐ tồn tại nhiều đỉnh , nhưng chỉ có một điểm cho công suất làm việc của hệ thống cực đại (Hình 1-15) gây khó khăn cho các thuật toán MPPT . Các nghiên cứu trong lĩnh vực này đang tập trung vào việc phát triển các kỹ thuật MPPT , tìm cấu trúc liên kết tối ưu cho các TPQĐ [23,24].



Hình 1-15: local and Global Maximum Power Point

1.1.5.3: Thiết bị lưu trữ năng lượng

Việc sử dụng các hệ thống lưu trữ năng lượng giúp nguồn điện tạo ra bởi các hệ thống NLMT được lưu trữ lại và sử dụng cho các hệ thống sau này . Việc lắp đặt các hệ thống lưu trữ có thể nâng cao hiệu suất làm việc của hệ thống NLMT bằng cách giảm thiểu các biến động công suất , cung cấp nguồn điện cho các phụ tải ưu tiên trong thời gian mất điện , bù công suất phản kháng . Có rất nhiều các thiết bị lưu trữ như : pin , siêu tụ , siêu cuộn cảm . . . tùy theo đặc điểm từng hệ thống NLMT chọn thiết bị lưu trữ cho phù hợp . Trên thực tế , đầu tư cho các thiết bị lưu trữ là rất tốn kém , tuổi thọ thấp hơn nhiều so

với TPQĐ , nên cần thiết đầu tư các nghiên cứu giá trị kinh tế khi sử dụng các thiết bị lưu trữ này [25].

1.1.6: Các cấu trúc kết nối TPQĐ và bộ chuyển đổi

Trong quá trình hoạt động , các TPQĐ tạo ra dòng điện 1 chiều , dòng điện 1 chiều qua bộ qua bộ chuyển đổi DC - AC thành dòng điện xoay chiều cung cấp điện cho phụ tải . Để TPQĐ luôn luôn hoạt động ở điểm làm việc cho công suất cực đại MPP , phải sử dụng thêm các thuật toán theo dõi và tìm điểm MPP .

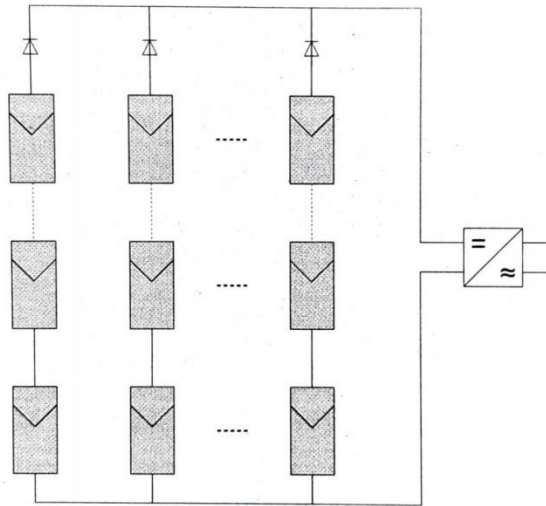
Có rất nhiều bộ chuyển đổi DC - AC với đặc tính , công suất khác nhau phụ thuộc vào cách kết nối của các TPQĐ tới Bộ chuyển đổi [2] . Trong phần này sẽ phân tích các cấu hình kết nối khác nhau , được sử dụng trong các trường hợp khác nhau phụ thuộc vào môi trường làm việc và khả năng đầu tư .

Trong trường hợp các TPQĐ được thiết kế khác nhau hoặc không làm việc trong cùng một điều kiện môi trường thì điểm MPP là khác nhau giữa các tấm pin đó , từ đó đường cong đặc tính Dòng điện - Điện áp của hệ thống sẽ có nhiều điểm MPP (tương tự Hình 1-15) , dẫn đến các thuật toán MPPT rất khó khăn trong việc tìm điểm làm việc MPP . Trong trường hợp điểm làm việc của hệ thống không phải điểm MPP sẽ dẫn đến giảm công suất của hệ thống . Chính vì lí do này , trong mỗi một trường hợp cụ thể phải đưa ra các phương pháp tối ưu khác nhau nhằm mục đích tối ưu hoá công suất của hệ thống .

Các cấu hình kết nối TPQĐ , kết hợp với Bộ chuyển đổi trong các trường hợp khác nhau sẽ được trình bày ngắn gọn trong phần này . Để tìm hiểu sâu hơn về các cấu hình kết nối có thể tham khảo thêm trong [2] và [26].

1.1.6.1: Bộ chuyển đổi trung tâm

Đây là cấu hình kết nối căn bản , các TPQĐ được kết nối nối tiếp , các mạch nối tiếp được kết nối song song đảm bảo công suất của hệ thống . Đầu ra của hệ thống được kết nối với 1 bộ chuyển đổi như Hình 1-16 . Trong cấu hình kết nối này , các TPQĐ nối tiếp | hoạt động với điện áp là giống nhau . Nhưng trong trường hợp các TPQĐ hoạt động với công suất khác nhau (do lão hoá , hỏng hóc , bóng mờ) thì điểm MPP của từng tấm pin là khác nhau dẫn đến suy giảm công suất của hệ thống lớn.

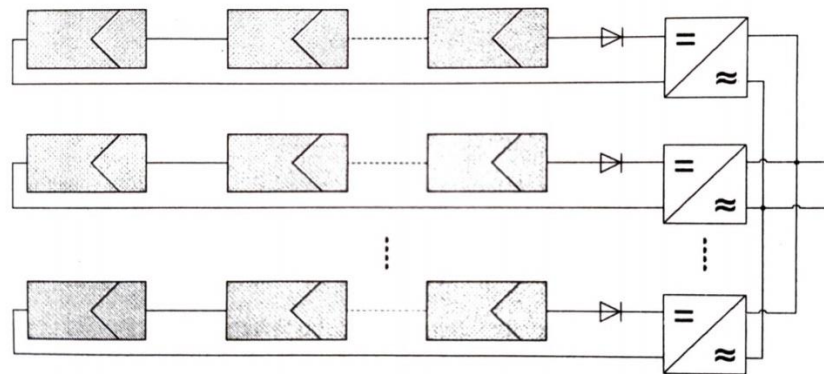


Hình 1-16: Bộ chuyển đổi trung tâm [26]

1.1.6.2: Bộ chuyển đổi nối tiếp

Tất cả các TPQĐ nối tiếp được kết nối với các bộ chuyển đổi khác nhau như Hình 1-17 . Phương pháp này giúp tối ưu MPPT trong trường hợp các TPQĐ hoạt động không đồng nhất bởi vì mỗi một chuỗi TPQĐ nối tiếp sẽ hoạt động ở MPP khác nhau . So với bộ chuyển đổi trung tâm chỉ có duy nhất 1 điểm làm việc (chưa chắc đã là điểm MPP cho mỗi chuỗi TPQĐ) thì trong trường hợp này mỗi chuỗi TPQĐ đã hoạt động với 1 điểm làm việc khác nhau (điểm MPP) giúp giảm thiểu tổn thất , tăng hiệu suất làm việc của hệ thống . Nhưng

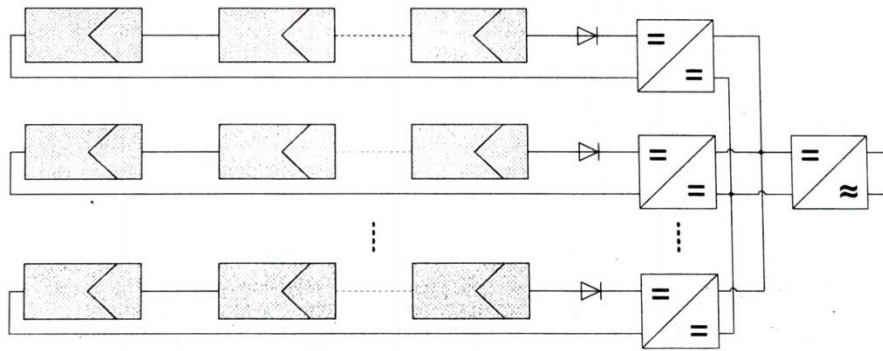
trên thực tế , chi phí cho cấu trúc kết nối này rất là đắt do phải sử dụng bộ chuyển đổi tại mỗi chuỗi TPQĐ nối tiếp .



Hình 1-17: Bộ chuyển đổi nối tiếp [26]

1.1.6.3: Bộ chuyển đổi kết hợp nối tiếp - trung tâm .

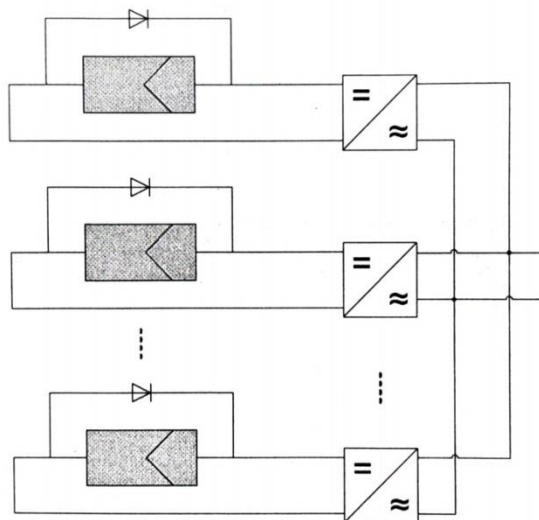
Tất cả mạch nối tiếp được kết nối với bộ chuyển đổi DC-DC , giúp đảm bảo mạch nối tiếp luôn hoạt động với điểm MPPT , sau đó tất cả bộ chuyển đổi DC-DC được kết nối với bộ chuyển đổi trung tâm như Hình 1-18 . Có thể nhận thấy rõ ưu điểm của phương pháp kết nối này là mỗi mạch nối tiếp có thể hoạt động với điểm MPP là khác nhau , dẫn đến giảm thiểu suy giảm công suất của hệ thống . Nhưng nhược điểm lớn nhất của phương pháp này là sự tăng lên đáng kể về giá so với phương pháp bộ chuyển đổi trung tâm do phải sử dụng nhiều bộ chuyển đổi DC-DC ở các mạch nối tiếp .



Hình 1-18: Bộ chuyển đổi kết hợp nối tiếp-trung tâm [26]

1.1.6.4: Bộ chuyển đổi tích hợp tại mỗi TPQĐ

Cấu hình kết nối này được thể hiện trong Hình 1-19, từng TPQĐ được kết nối với 1 bộ chuyển đổi khác nhau, tối ưu công suất của chính TPQĐ đó. Cấu hình kết nối này có thể được sử dụng trong trường hợp điểm hoạt động của các TPQĐ có sự chênh lệch nhiều. Tuy nhiên, đây là cấu hình kết nối với chi phí là lớn nhất bởi vì mỗi TPQĐ có 1 bộ chuyển đổi của riêng nó.

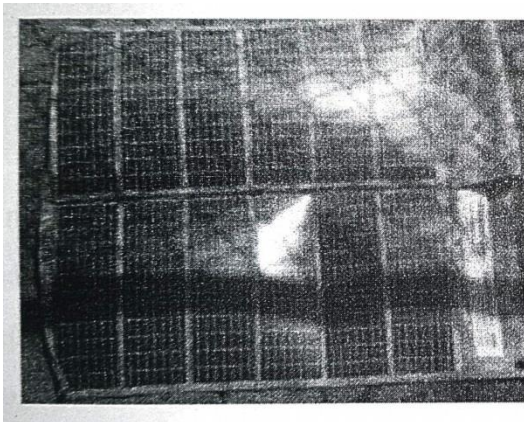


Hình 1-19: Bộ chuyển đổi tích hợp [26]

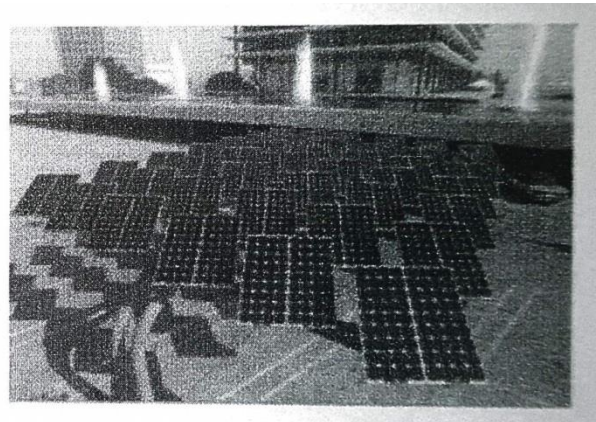
1.2: TỔNG QUAN CHIẾN LƯỢC TĂNG HIỆU SUẤT LÀM VIỆC CỦA HỆ THỐNG NLMT TRONG ĐIỀU KIỆN BỊ CHE PHỦ MỘT PHẦN

1.2.1: Ảnh hưởng của che phủ một phần

Trong các ứng dụng thực tế chẳng hạn như các nhà máy NLMT trên cánh đồng, sa mạc, trên đỉnh các tòa nhà thì các TPQĐ có thể nhận được mức độ chiếu sáng không đồng nhất. Nguyên nhân của mức độ chiếu sáng không đồng nhất có thể là do bóng của các đám mây, của cây cối, lá cây, bóng các tòa nhà hoặc của chính những TPQĐ kề cạnh dẫn đến sụt giảm công suất của nhà máy NLMT [27]. Hơn nữa, bóng mờ còn gây ra hiện tượng hotspot [3] tại những TPQĐ bị che phủ, từ đó gây hư hỏng trực tiếp đến những tế bào quang điện (TBQĐ) [4,5].



a) Che phủ trên các mảnh NLMT di động



b) Che phủ do bóng của các tấm pin NLMT khác

Hình 1-20: Tấm pin quang điện bị che phủ [27]

Trong ví dụ Hình 1-20a, các TPQĐ di động thế hệ mới, có thể gấp lại và vận chuyển linh hoạt, thường được sử dụng cho những chuyến đi picnic, giúp sạc

điện cho các thiết bị di động . Do nhu cầu sử dụng , các tấm pin quang điện này thường xuyên được sử dụng cạnh những hàng cây , hàng rào . . . dẫn đến thường xuyên bị che phủ một phần [28].

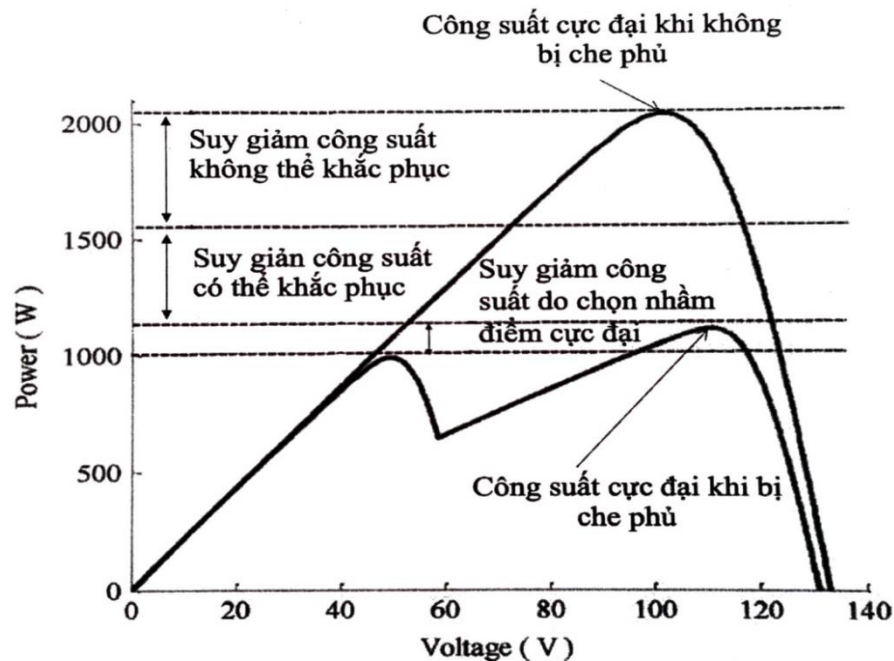
Ngoài ra , các hệ thống NLMT vừa và nhỏ trên các tòa nhà như Hình 1-20b , bóng của TPQĐ này có thể che đi ánh sáng của TPQĐ khác . Trong các nhà máy NLMT thông thường , người thiết kế phải giải quyết vấn đề phức tạp trên , đảm bảo sự cân bằng giữa " tối đa công suất " và " giảm thiểu chi phí sản xuất , diện tích sử dụng " bằng cách thay đổi khoảng cách vị trí giữa các TPQĐ [29,30].

Những hệ thống NLMT mới đã đặc biệt quan tâm đến tối ưu hóa công suất trong điều kiện bị che phủ [31] . Khi bị che phủ , hệ thống NLMT có thể mang đến những thiệt hại không mong muốn:

- Hiệu suất làm việc của hệ thống thấp hơn nhiều lần so với thực tế , không đáp ứng được yêu cầu của phụ tải [32].
- Khu vực bị che phủ trong hệ thống NLMT có thể làm nguy hại đến các TBQĐ. Các TBQĐ bị che phủ sẽ trở thành 1 phụ tải điện nhỏ và hấp thụ năng lượng , gây ra hiện tượng nóng cục bộ và hư hỏng TBQĐ . Bypass diode được thiết kế kết nối song song với các TBQĐ để bảo vệ chúng khỏi hiện tượng này . Tuy nhiên trong hầu hết các trường hợp chỉ có 1 diode được kết nối với nhiều TBQĐ [33] và khi xảy ra hiện tượng che phủ dù chỉ một TBQĐ thì các TBQĐ kề cận sẽ bị ảnh hưởng và cùng ngắt khỏi mạch , sẽ gây ra suy giảm công suất lớn cho toàn bộ hệ thống .

Ảnh hưởng của hệ hống NLMT khi bị che phủ đã được đề cập trong [4,5] với việc giảm công suất được thể hiện trong Hình 1-21 . Khi bị che phủ một phân

, công suất hệ thống đã giảm rõ rệt , ngoài ra còn xảy ra hiện tượng misleading (hiện tượng nhầm lẫn do có nhiều điểm làm việc cho công suất cực đại - Maximum Power Point (MPP).



Hình 1-21: Suy giảm công suất làm việc của hệ thống NLMT khi bị che phủ một phần [5]

1.2.2: Các kỹ thuật để giảm thiểu suy giảm công suất do che phủ một phần

Hiện nay trên thế giới , các công trình nghiên cứu để giảm thiểu tổn thất của hệ thống NLMT được phân loại theo 3 nhóm chính sau :

1.2.2.1: MPP phân tán

Trong công nghệ này , mỗi một TPQĐ hoặc một nhóm các TPQĐ có bộ MPP riêng , do đó sẽ tránh được tổn thất do vấn đề che phủ giữa các TPQĐ . Ngoài ra , công nghệ này còn tránh được việc sử dụng các bypass diode , từ đó sẽ tránh được các tổn thất liên quan . Hơn nữa , việc tìm MPP dễ dàng hơn và không đòi hỏi các thuật toán phức tạp . Tuy nhiên , kỹ thuật này đòi hỏi việc

bổ sung các thiết bị MPP (bộ chuyển đổi DC-DC hoặc DC-AC) vào mỗi TPQĐ hoặc một nhóm các TPQT dẫn đến cấu trúc điều khiển phức tạp hơn [34-36], chi phí đầu tư cao hơn .

1.2.2.2: Bộ chuyển đổi đa cấp

Các bộ chuyển đổi được sử dụng để giảm thiểu tổn thất do che phủ bằng cách điều khiển điện áp độc lập của mỗi TPQĐ . Hơn nữa , các Bộ chuyển đổi giúp giảm các điện áp quá độ và sóng hài điện áp xoay chiều . Tuy nhiên , thiết bị này yêu cầu thuật toán điều khiển phức tạp để tìm được điểm làm việc tối ưu [37,38].

1.2.2.3: Phương pháp tái cấu trúc hệ thống NLMT

Tái cấu trúc mạch kết nối các TPQĐ đã được đề xuất đầu tiên bởi Salameh và các cộng sự [39,40]; được ứng dụng cho vận hành và tăng tốc độ xe điện sử dụng các tấm pin NLMT [4]. Trong [42], Sherif và Boutros đề xuất gạch tái cấu trúc cho các TPQĐ sử dụng bóng bán dẫn và bộ ngắt mạch . Trong [27], Nguyen và Lehman đã sử dụng mạch tái cấu trúc bên trong các TPQĐ và đề xuất 2 thuật toán tối ưu điều khiển mạch tái cấu trúc . Tuy nhiên , Nguyen và Lehman đã không đề xuất bất kỳ mô hình toán học nào cho việc tìm cấu hình tối ưu đó . Để tìm được cấu hình tối ưu , Nguyên và Lehman đề xuất cách phân chia các TPQĐ thành 2 phần : cố định và có thể thay đổi vị trí bằng ma trận chuyển mạch . Nguyen và Lehman sử dụng duy nhất một nhóm các TPQĐ có thể thay đổi vị trí nhằm mục đích giảm thiểu số cảm biến và bộ ngắt mạch để có thể hoạt động tốt khi khu vực che phủ rộng lớn , tuy nhiên lại không đề cập đến những thay đổi cần thiết trong thuật toán của họ với số lượng nhóm có thể thay đổi vị trí lớn hơn và thử nghiệm hệ thống với tải

thuần trở , bỏ qua MPPT . Trong [43-45], Velasco và các cộng sự đã ứng dụng phương pháp tái cấu trúc cho hệ thống nối lưới và đề xuất được mô hình toán học cho chúng . Tuy nhiên , mới dừng ở mức tối ưu cục bộ , chưa đưa ra cấu hình tối ưu toàn cục . Velasco đã đề xuất chỉ số cân bằng bức xạ EI (Equalization Index) là sự khác biệt giữa hàng có tổng chỉ số bức xạ mặt trời cao nhất so với hàng có tổng chỉ số bức xạ mặt trời thấp nhất , cấu hình có chỉ số EI thấp nhất chính là cấu hình tối ưu toàn cục . Cấu hình tối ưu nhất đòi hỏi chênh lệch mức độ chiếu sáng nhận được của các TPQĐ trong mỗi mạch song song là nhỏ nhất . Số cấu hình kết nối có thể có tỷ lệ thuận với số TPQĐ , hệ thống NLMT với 6 TPQĐ thì có 15 cấu hình kết nối : 9 TPQĐ sẽ có 280 cấu hình kết nối . Số cấu hình kết nối có thể sẽ tăng lên rất lớn theo đà tăng của TPQĐ do đó sẽ rất khó tìm được cấu hình tối ưu kịp thời trong thời gian ngắn . Velasco đã đề xuất các thuật giải để xác định các cấu hình tối ưu [43-45], nhưng các thuật toán này thích hợp với hệ thống có số TPQĐ nhỏ , kết quả đem lại là cấu hình chưa thật sự tối ưu .

Chiến lược tái cấu trúc có thể ứng dụng trong các hệ thống sau : Đầu tiên , là ở các hệ thống NLMT với các TPQĐ được sắp xếp cố định , thường được đặt ở những nơi có nhiều ánh sáng mặt trời như trên nóc các toà nhà , cánh đồng . . . Nhìn chung , khi thiết kế . các TPQĐ thường sẽ được đặt tránh xa các bóng của vật cố định như ống khói , toà nhà , đường dây . . . Song trong một vài trường hợp đặt biệt một vài TPQĐ có thể bị hỏng , vỡ , sụt giảm hiệu suất làm việc thì khi đó nó sẽ tự động bị ngắt kết nối với hệ thống thông qua mảng tái cấu trúc . Trường hợp thứ hai , đối với các nhà máy NLMT lớn , sẽ chịu ảnh hưởng bóng mờ bởi các đám mây trên diện rộng ; trong trường hợp đó , hiệu suất của nhà máy sẽ bị sụt giảm nghiêm trọng . Phụ thuộc vào tốc độ của các đám mây , mức độ chiếu sáng , công suất nhà máy có thể thay đổi đột ngột dẫn đến những ảnh hưởng to lớn đối với lưới điện .

1.2.3: Phương pháp tái cấu trúc cho mạch kết nối TCT

Cấu trúc TCT có nhiều lợi thế trong việc giảm thiểu suy giảm công suất, hiệu suất cao và giảm nguy cơ hư hỏng lan truyền trong hệ thống. Không chỉ vậy, cấu trúc TCT còn rất thuận lợi cho việc thực hiện bài toán tái cấu trúc trong hệ thống kết nối các tấm pin mặt trời PV. Mấu chốt của kỹ thuật tái cấu trúc trong hệ thống PV kết nối kiểu TCT nằm ở chỗ kết nối các tấm PV thành các nhóm có tổng bức xạ mặt trời trên các tấm PV trong các nhóm cân bằng với nhau.

1.2.3.1: Phương pháp được đề xuất bởi Guillermo Velasco - Quesada và các cộng sự

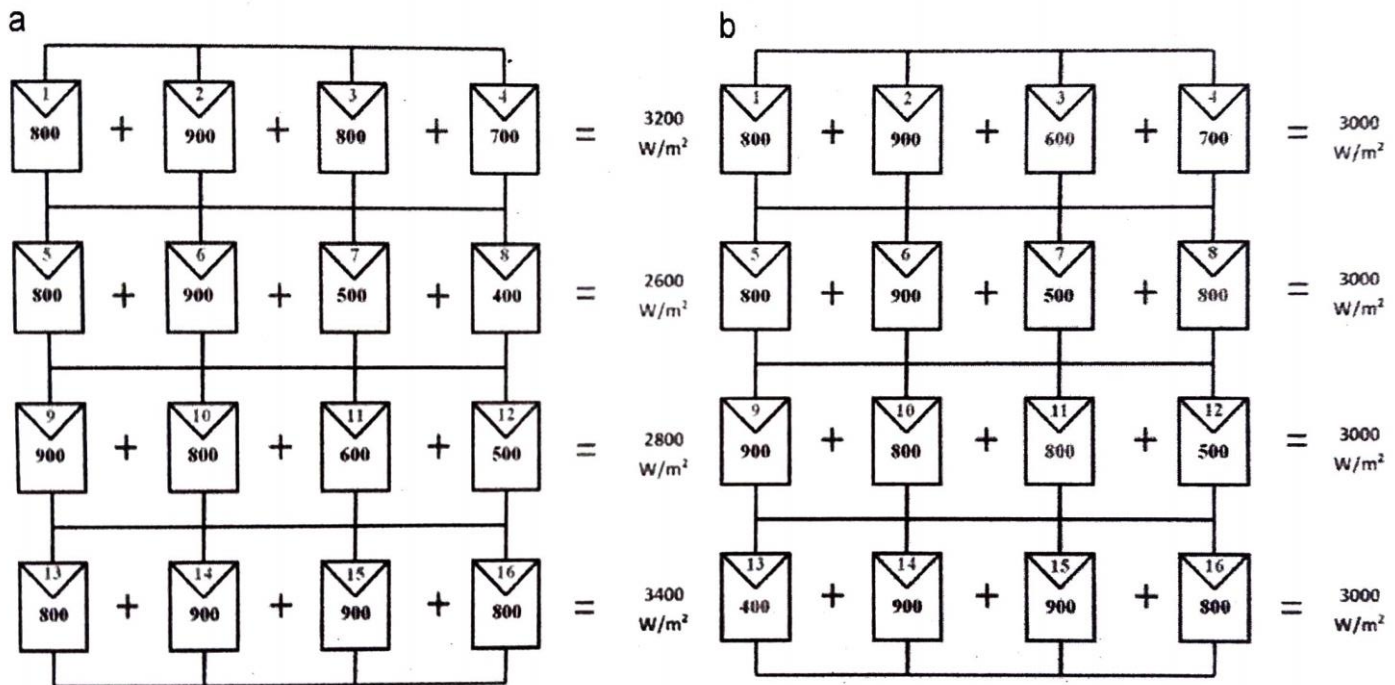
Tác giả Guillermo Velasco - Quesada và các cộng sự trong [43] đã đề xuất một phương pháp tái cấu trúc dựa trên nguyên lý cân bằng tổng bức xạ mặt trời trên các nhóm PV mắc nối tiếp với nhau. Mục đích của nguyên lý này là bố trí kết nối song song các tấm PV thành những nhóm nhỏ hay còn gọi là các hàng, các hàng này lại được mắc nối tiếp với nhau và tổng bức xạ mặt trời trên các hàng là bằng nhau. Và điều này cũng có nghĩa là dòng điện tổng trong từng hàng được cộng từ các dòng điện trong từng PV và bằng với dòng điện tổng trong các hàng khác, nhờ vậy suy giảm công suất trong toàn cấu trúc được giảm thiểu. Để thực hiện phương pháp này, các dòng và điện áp của từng tấm PV sẽ được đo lường. Từ đó bức xạ mặt trời trên các tấm PV được tính gần đúng theo công thức toán học. Giả sử hệ thống pin mặt trời được kết nối như trong Hình 1-22, gọi G_{ij} là giá trị bức xạ mặt trời của module tấm pin lắp ở vị trí hàng i , cột j . Bức xạ mặt trời trung bình G_i của hàng i được xác định bằng cách cộng tổng và chia đều cho số tấm pin mặt trời mắc song song trong một hàng.

$$G_i = \frac{\sum_{j=1}^m G_{ij}}{m} \quad (1.11)$$

Trong đó m là số lượng module tấm pin mặt trời được mắc song song với nhau bằng i .

Với mỗi cấu hình, thuật toán tính toán chỉ số cân bằng EI được xác định bằng công thức:

$$EI = \max_i(G_i) - \min_i(G_i) \quad (1.12)$$

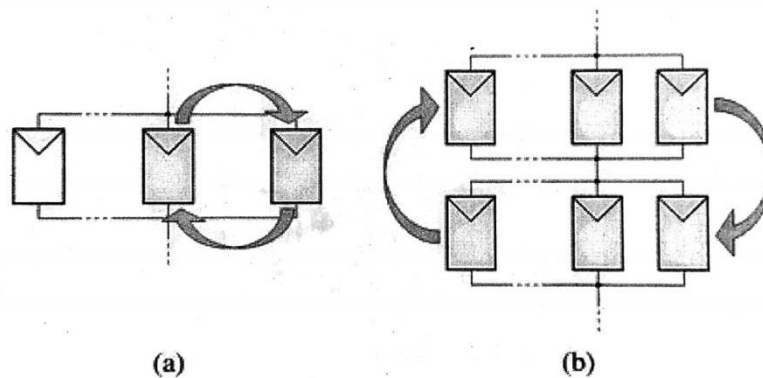


Hình 1-22: Một ví dụ về phương pháp cân bằng bức xạ: a) trước khi tái cấu trúc, các hàng có tổng mức bức xạ khác nhau; b) sau khi tái cấu trúc, thay đổi vị trí một số tấm pin, các hàng có tổng bức xạ bằng nhau [43]

Việc tái cấu trúc kết nối trong hệ thống sẽ được thực hiện đến khi nào đạt được giá trị EI xấp xỉ bằng 0 hoặc nằm trong một khoảng giá trị được định trước. Thuật toán được đề xuất trong bài báo còn giải quyết vấn đề tìm

phương án tái cấu trúc nào mà số lần chuyển mạch đầu nối là ít nhất . Từ cấu trúc kết nối ban đầu của hệ thống các tấm pin mặt trời , cần phải thực hiện hàng loạt các bước chuyển mạch để có thể đạt được cấu trúc tối ưu thỏa mãn điều kiện giá trị EI . Có nhiều phương án thực hiện chuyển mạch để thỏa mãn điều kiện giá trị EI , phương án chuyển mạch nào có số lượng các bước chuyển mạch nhỏ nhất sẽ được lựa chọn .

Giả sử số hàng và số cột trong hệ thống pin mặt trời lần lượt là m và n , tổng số cấu hình của hệ thống pin mặt trời có thể được tổ hợp từ m hàng và n cột là $(m.n)!$. Tuy nhiên , như thể hiện trong Hình 1-23, một số cấu hình của hệ thống có thể được bỏ qua do mặc dù có sự chuyển đổi vị trí của các tấm pin mặt trời , tuy nhiên không làm thay đổi cấu hình vật lý sản xuất dòng điện DC của hệ thống . Ở Hình 1-23a là trường hợp khi đổi chỗ của 2 tấm pin mặt trời trong cùng 1 hàng , Hình 1-23b là trường hợp đổi chỗ của 2 cụm các tấm pin mặt trời đầu nối song song trong cùng một cột .

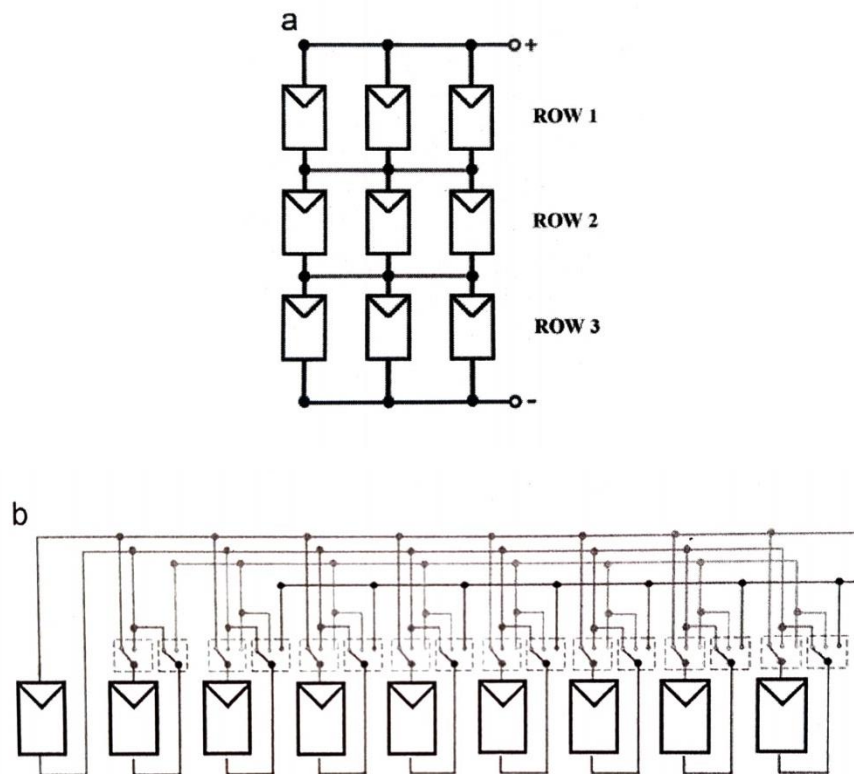


Hình 1-23: Một số cấu hình không làm thay đổi cấu hình vật lý sản xuất dòng điện DC của hệ thống [43]

Các cấu hình có thể sản xuất ra các dòng điện DC khác nhau hay các công suất khác nhau hay còn gọi là các cấu hình được quan tâm N_{CI} được xác định theo công thức:

$$N_{ci} = \frac{(m \times n)!}{m! \times (n!)^m} \quad (1.13)$$

Tất cả các cấu hình được quan tâm N_{ci} tạo thành nhờ các thiết bị chuyển mạch, số lượng các thiết bị chuyển mạch N_{sw} được tính bằng 2 lần số các tấm pin trong toàn hệ thống $2 \cdot N_{pv}$. Để thực hiện việc chuyển mạch các tác giả xây dựng cấu hình thiết bị chuyển mạch m -throw được hình thành từ việc kết nối song song m khóa chuyển mạch đơn cực. Như vậy số lượng các khóa chuyển mạch là $N_{sw} \cdot m$ -throw. Ma trận đấu nối hệ thống mặt trời gồm 3 hàng, mỗi hàng gồm 3 tấm pin mặt trời mắc song song với nhau được trình bày trong Hình 1-24.



Hình 1-24: (a) Sơ đồ mạch điện đấu nối các tấm pin trong hệ thống 3x3; (b) Mô hình m -throw switches [43]

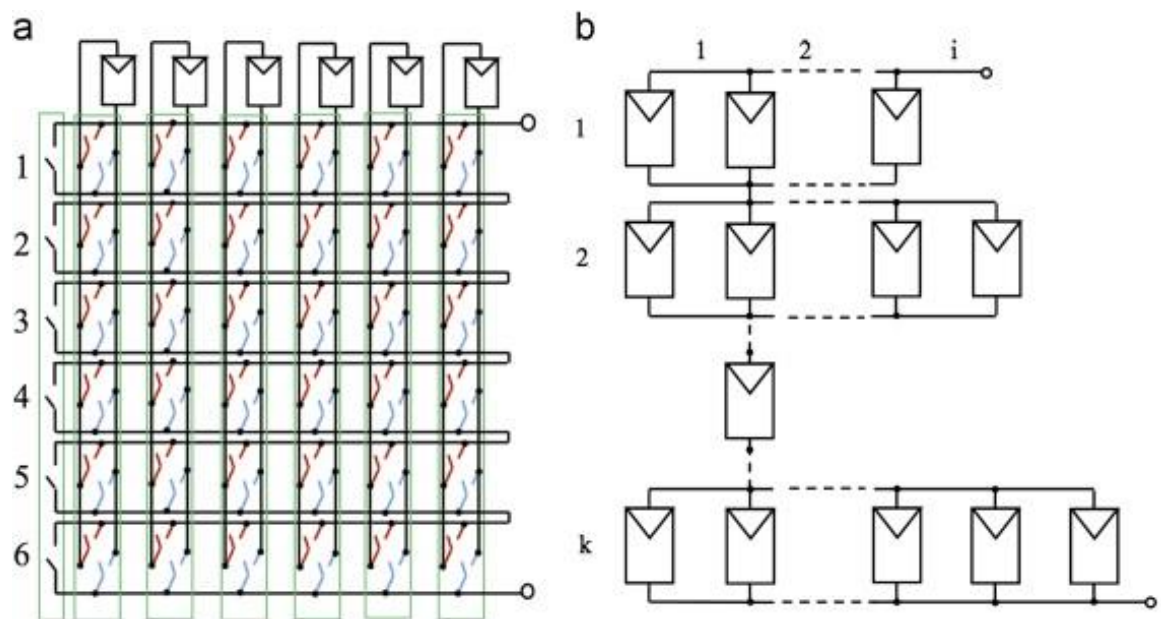
Dòng điện và điện áp vận hành của các modunle tấm pin mặt trời được đo đếm và truyền dữ liệu đến máy tính. Việc tính toán và tìm hiểu được thực hiện trên máy tính này. Đặc điểm chính của phương pháp được đề xuất bởi Guillermo Velasco-Quesala và các cộng sự được tóm tắt trong bảng 1-1.

Bảng 1-1: Tóm tắt đặc điểm chính của phương pháp được đề xuất bởi Guillermo Velasco-Quesala và các cộng sự

Nguyên lý tái cấu trúc	Cân bằng bức xạ
Thuật toán điều khiển	-
Số lượng khóa chuyển mạch	$2 \cdot N_{PV} \cdot m$ -throw
Thông số yêu cầu	Dòng điện và điện áp vận hành của các tấm pin mặt trời
Mức độ phức tạp	Trung bình

1.2.3.2: Phương pháp được đề xuất bởi Pietro Romano và các cộng sự [46]

Tác giả Pietro Romano và các cộng sự đã đề xuất một ma trận chuyển mạch riêng biệt trong [46] để thực hiện bài toán tái cấu trúc các tấm pin mặt trời trong hệ thống năng lượng mặt trời dựa trên nguyên lý cân bằng tổng bức xạ mặt trời. Ma trận chuyển mạch này có tên gọi là Dynamic Electrical Scheme – DES (tạm dịch là Sơ đồ đấu nối linh hoạt) được trình bày trong Hình 1-25 .



Hình 1-25: (a) Cấu trúc DES cho 6 tấm pin mặt trời; (b) Ma trận không đối xứng [46]

DES cho phép thực hiện 2 thuật toán điều khiển tái cấu trúc khác nhau dựa trên nguyên lý cân bằng tổng bức xạ mặt trời : thuật toán tìm kiếm xác định (deterministic search algorithm) và thuật toán tìm kiếm ngẫu nhiên (random search algorithm) . Giải pháp này tạo ra các hàng có số module tấm pin mặt trời không bằng nhau , do đó gia tăng số lượng các cấu hình kết nối có thể có , tăng xác suất tìm ra phương án có công suất phát tốt hơn . Với cùng số lượng tấm pin mặt trời được kết nối trong hệ thống , thời gian tìm ra giải pháp của thuật toán tìm kiếm xác định là ổn định , gần như không đổi trong các lần chạy thử . Tuy nhiên đối với thuật toán tìm kiếm ngẫu nhiên , thời gian này phụ thuộc vào điều kiện dừng của thuật toán ví dụ như số lần lặp cho trước hay tiêu chí phẳng với hệ số chênh lệch ξ .

Trong thuật toán tìm kiếm xác định , các tấm pin mặt trời được bố trí đầu nối như trong Hình 1-25b do hiện tượng bức xạ mặt trời bị suy giảm và không đồng đều trên các tấm pin mặt trời . Đầu tiên , điều kiện về số lượng lớn nhất

và nhỏ nhất các hàng cho phương án tái cấu trúc tối ưu được xác định : N_{rowmax} và N_{rowmin} . Tiếp đó thuật toán sẽ tìm kiếm phương án tái cấu trúc tối ưu bắt đầu từ trường hợp số lượng các hàng N_{rows} bằng với N_{rowmin} . Đầu tiên , mỗi hàng sẽ tiếp nhận 1 tấm pin năng lượng mặt trời thuộc nhóm các tấm pin bị suy giảm bức xạ mặt trời , theo thứ tự các tấm pin mặt trời suy giảm nhiều hơn sẽ được ưu tiên lựa chọn trước . Cũng theo thứ tự này , các tấm pin mặt trời còn lại tiếp tục được xếp vào các hàng theo quy luật hàng nào có tổng số bức xạ mặt trời nhỏ nhất sẽ được ưu tiên trước . Cứ như vậy toàn bộ các tấm pin mặt trời được sắp xếp theo một cấu hình nhất định . Thuật toán tiếp tục tính toán chỉ số cân bằng EI và lưu trữ kết quả này . Bước tiếp theo , số lượng hàng N_{rows} được tăng lên và quá trình sắp xếp như trên lại được lặp lại , mỗi cấu hình được hình thành đều được lưu trữ lại chỉ số cân bằng EI . Tới khi N_{rows} đạt tới giá trị N_{rowmax} . Cuối cùng , cấu trúc tối ưu hóa là cấu trúc thỏa mãn điều kiện EI nhỏ nhất . Trong trường hợp có nhiều cấu trúc có cùng giá trị EI nhỏ nhất , số lượng bước chuyển mạch sẽ được xem xét để quyết định . Cấu trúc nào vừa có EI nhỏ nhất , vừa có số bước chuyển mạch nhỏ nhất sẽ là phương án tối ưu được lựa chọn .

Với thuật toán tìm kiếm ngẫu nhiên , các bước sắp xếp cấu hình như sau :

- Bước 1 : Khởi tạo thông số ban đầu ;
- Bước 2 : Thu thập các dữ liệu liên quan ;
- Bước 3 : Tìm kiếm cấu hình tối ưu ;
- Bước 4 : Sắp xếp lại các module tấm pin mặt trời .

Bước 1: được thực hiện trong việc set up thiết bị . Trong bước 1 , tùy thuộc vào cấu hình vật lý của hệ thống pin mặt trời , các thông số sau được xác định:

- Số lượng các tấm pin mặt trời , n ;
- Cấu hình khởi đầu ;
- Số lượng lớn nhất và nhỏ nhất các hàng cho các phương án tái cấu trúc được xác định : N_{rowmax} và N_{rowmin} ;
- Giá trị dòng điện lớn nhất có thể cho phép trong các hàng .

Bước 2: trong bước này , các thông tin về bức xạ mặt trời tại các module tấm pin mặt trời và vị trí của chúng trong cấu hình được xác định ,

Bước 3: thuật toán thực hiện tìm kiếm ngẫu nhiên thực hiện tìm kiếm cấu hình tối ưu theo tiêu chí nguyên lý bức xạ cân bằng giữa các hàng trong cấu hình . Tổng bức xạ mặt trời trong mỗi hàng của mỗi cấu hình kiểm tra được xác định bằng thuật toán điều khiển. Cụ thể, tổng bức xạ mặt trời trong mỗi hàng được xác định theo công thức sau:

$$I_i = \sum_j^m I_{ij} \quad (1.14)$$

Trong đó I_{ij} là giá trị bức xạ mặt trời của tấm pin mặt trời ở vị trí hàng i cột j trong cấu hình như trình bày trong Hình 1-25b và m là số tấm pin mặt trời mắc song song ở hàng i . Với mỗi cấu hình, thuật toán tính toán hệ số cân bằng EI. Cấu hình nào thỏa mãn điều kiện EI min sẽ được xem xét lựa chọn. Nếu có nhiều cấu hình cùng đạt giá trị EI min, cấu hình nào có số lần chuyển mạch nhỏ nhất sẽ được lựa chọn.

Sơ đồ đầu nối linh hoạt - DES – cần số lượng khóa chuyển mạch N_{SW} như sau:

$$N_{SW} = (2mN_{PV})_{DPST} + (m)_{SPDT} \quad (1.15)$$

Trong đó: DPST là khóa chuyển mạch kép 2 cực và SPDT là khóa chuyển mạch đơn hai cực. N_{PV} là số lượng module tấm pin mặt trời và m là số hàng trong cấu trúc.

Đặc điểm chính của phương pháp được đề xuất bởi Pietro Romano và các cộng sự được tóm tắt trong Bảng 1-2.

Bảng 1-2: Tóm tắt đặc điểm chính của phương pháp được đề xuất bởi Pietro Romano và các cộng sự được tóm tắt trong bảng 1-2

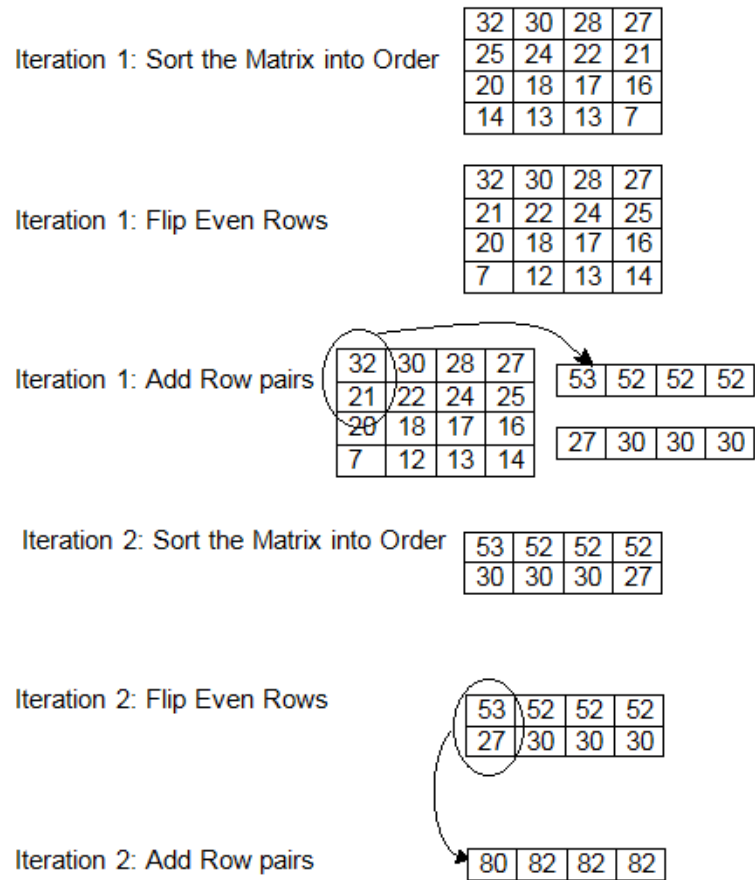
Nguyên lý tái cấu trúc	Cân bằng bức xạ
Thuật toán điều khiển	Tìm kiếm ngẫu nhiên và tìm kiếm xác định
Số lượng khóa chuyển mạch	$N_{SW} = (2.m.N_{PV})_{DPST} + (m)_{SPDT}$
Thông số yêu cầu	Bức xạ mặt trời của mỗi TPQĐ
Mức độ phức tạp	Trung bình

1.2.3.3: Phương pháp được đề xuất bởi Wilson và các cộng sự [47]

Trong [47], Wilson và các cộng sự lại có cách tiếp cận khác để giải quyết bài toán tái cấu trúc các tấm pin mặt trời trong hệ thống điện mặt trời vẫn dựa theo nguyên lý cân bằng tổng bức xạ mặt trời. Kỹ thuật được đề xuất trong bài báo là thuật toán An iterative and hierarchical sorting algorithm (tạm dịch là : thuật toán sắp xếp phân cấp và lặp) Thuật toán được thiết kế để tìm được cấu hình gần với phương án tối ưu theo cách đơn giản , thuận tiện số lần lặp ít . Đầu tiên bức xạ mặt trời cho có lặp ít . Đầu tiên bức xạ mặt trời của các tấm pin được xác định , sắp xếp theo thứ tự giảm dần và được xếp trong ma trận vật lý của các tấm pin năng lượng mặt trời với kích thước được định trước (Iteration 1 trong Hình 1 - 26) . Tiếp đến , tất cả các hàng ngang đánh số lẻ được lật từ trái qua phải và được ghép , tích hợp vào các hàng chẵn ở trên (Iteration 1 trong Hình 1 - 26) . Tiếp đến , lại sắp xếp ma trận mới tạo thành theo thứ tự giảm dần bức xạ mặt trời , tiếp tục lật các hàng lẻ từ trái qua phải rồi kết hợp với hàng chẵn phía trên như trong Iteration 2 Hình 1 - 26 . Trong trường hợp số hàng lẻ , một hàng giả tưởng với các giá trị 0 được thêm vào . Thuật toán tiếp tục thực hiện cho tới khi ma trận chỉ còn lại 1 hàng . Thuật toán thực hiện nhanh với số bước ít , tuy nhiên thuật toán chỉ hỗ trợ cho những cấu hình mà số phần tử trong hàng là giống nhau . Nếu sử dụng các khóa chuyển mạch đơn , một cực , số lượng thiết bị khóa chuyển mạch N_{SW} được tính như sau :

$$N_{SW} = N_{PV}(m^2 - m)_{SPST} \quad (1.16)$$

Trong đó m là số hàng trong cấu hình.



Hình 1-26: Ví dụ minh họa thuật toán iterative and hierarchical sorting algorithm [47]

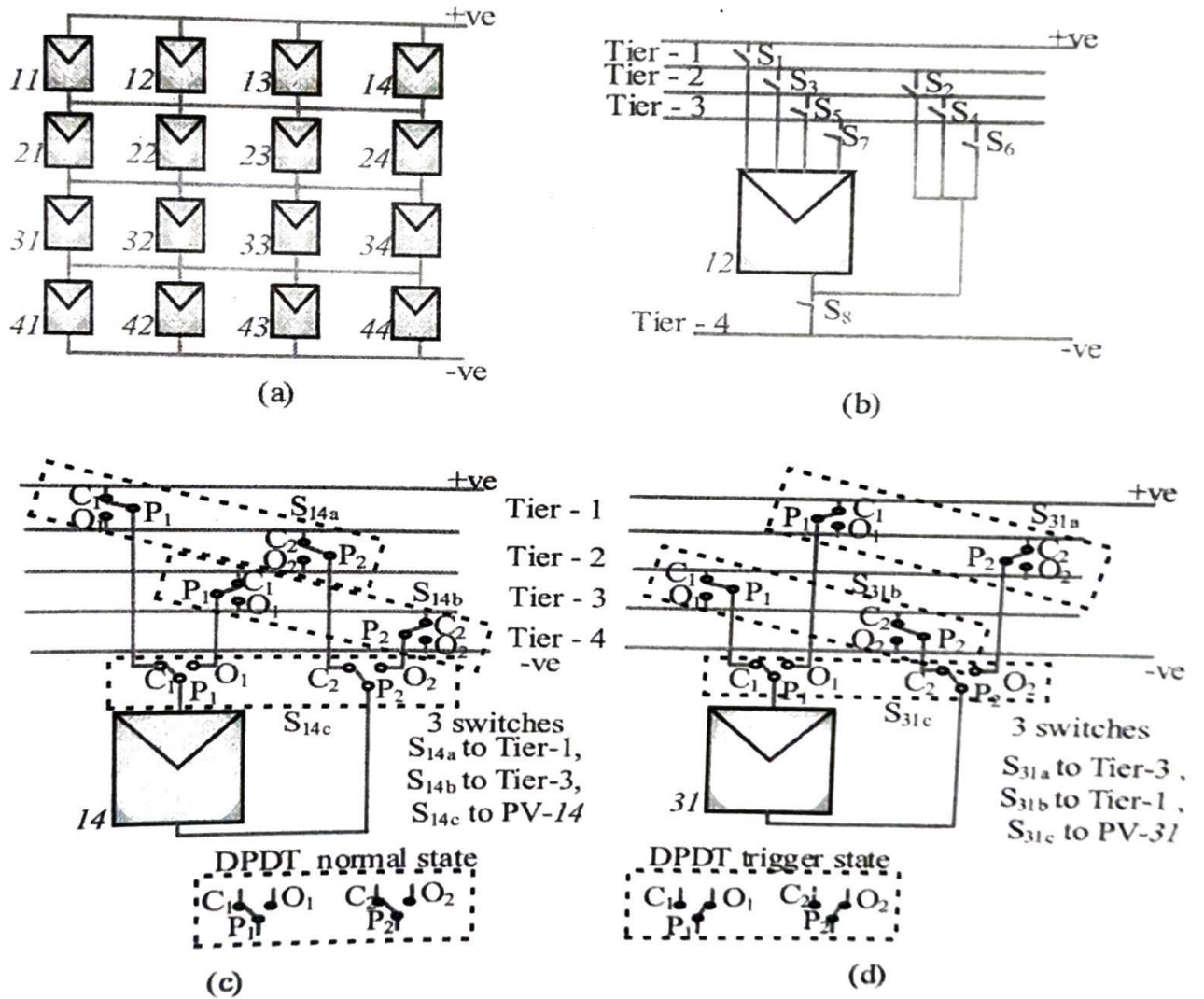
Đặc điểm chính của phương pháp được đề xuất bởi Wilson và các cộng sự được tóm tắt trong bảng 1-3

Bảng 1-3: Tóm tắt đặc điểm chính của phương pháp được đề xuất bởi Wilson và các cộng sự

Nguyên lý tái cấu trúc	Cân bằng bức xạ
Thuật toán điều khiển	Sắp xếp theo thứ tự bức xạ giảm dần (best-worst sorting)
Số lượng khóa chuyển mạch	$N_{SW} = N_{PV} \cdot (m^2 - m)_{SPST}$
Thông số yêu cầu	Dòng điện và điện áp vận hành của các tấm pin mặt trời
Mức độ phức tạp	Trung bình

1.2.3.4: Phương pháp đề xuất bởi Matam và các cộng sự [48]

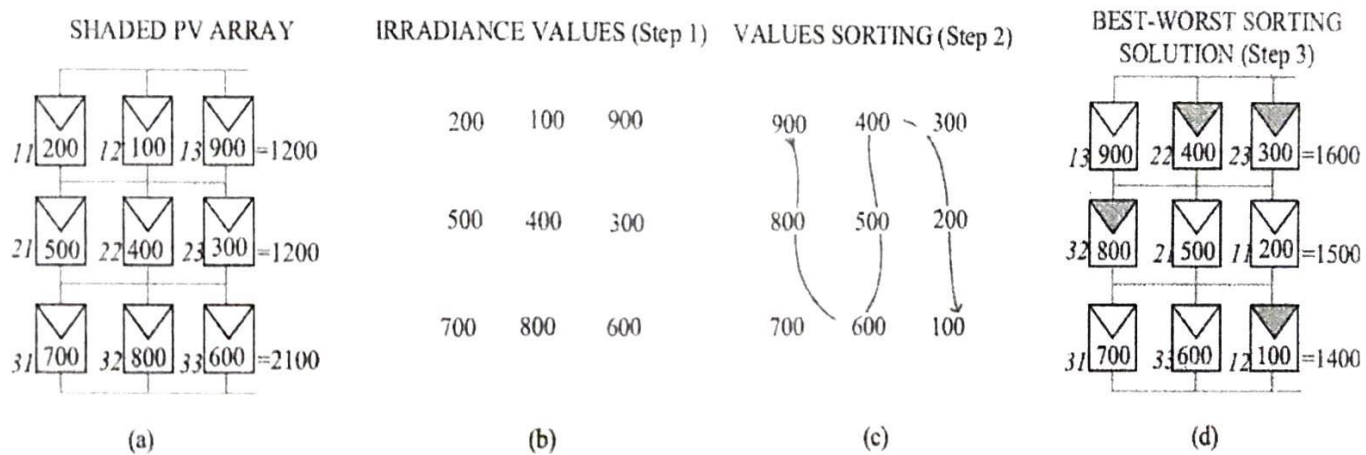
Trong [48], Matam và các cộng sự đã có cách tiếp cận tương đối giống Wilson [47] để giải quyết bài toán tái cấu trúc các tấm pin mặt trời trong hệ thống điện mặt trời vẫn dựa theo nguyên lý cân bằng tổng bức xạ mặt trời. Trong phương pháp này, Matam đề xuất lấy dữ liệu đầu vào là dòng điện, điện áp các tấm pin quang điện, ước tính bức xạ mặt trời và tìm cấu trúc chuyển mạch điều khiển cấu hình kết nối ban đầu đến cấu hình kết nối cân bằng bức xạ.



Hình 1-27: (a) 4-by-4 TCT PV array, (b-c-d) Double Pole Double Throw (DPDT) cho các TPQĐ [48]

Hình 1-27 là sơ đồ thiết kế các khóa đóng mở mạch sử dụng cho việc thay đổi các cấu hình kết nối do Matam đề xuất, ưu điểm số lượng khóa không nhiều, nhược điểm không thể thay đổi tất cả các cấu hình kết nối có thể có của mạch kết nối TCT.

Thuật toán tìm kiếm cấu hình bức xạ do Matam đề xuất sử dụng tương tự thuật toán của Wilson (BWSA) nhưng đề xuất thay đổi sắp xếp theo cột Hình 1-28 .



Hình 1-28: Thuật toán Best-Worst: (a) Cấu hình ban đầu ; (b) Giá trị bức xạ mặt trời ; (c) Sắp xếp tìm cấu hình kết nối cân bằng bức xạ ; (d) Thay đổi cấu trúc kết nối dựa theo (c) [48]

Phương pháp sắp xếp này ưu điểm tốc độ xử lý nhanh, nhược điểm độ chính xác không cao.

Matam cũng đề xuất phương pháp cân bằng bức xạ tương tự cho tải DC nhỏ.

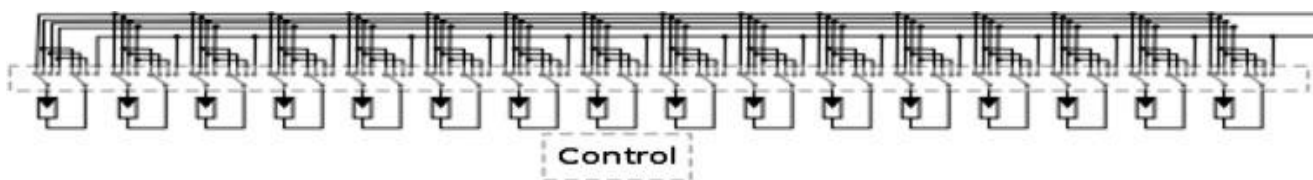
Đặc điểm chính của phương pháp được đề xuất bởi Matam và các cộng sự được tóm tắt trong bảng 1-4.

Bảng 1-4: Tóm tắt đặc điểm chính của phương pháp được đề xuất bởi Matam và các cộng sự

Nguyên lý tái cấu trúc	Cân bằng bức xạ
Thuật toán điều khiển	Sắp xếp theo thứ tự bức xạ giảm dần (best-worst algorithm)
Số lượng khóa chuyển mạch	24-DPST relays
Thông số yêu cầu	Dòng điện và điện áp vận hành của các tấm pin mặt trời
Mức độ phức tạp	Trung bình

1.2.3.5: Phương pháp đề xuất bởi Jazayeri và các cộng sự [50]

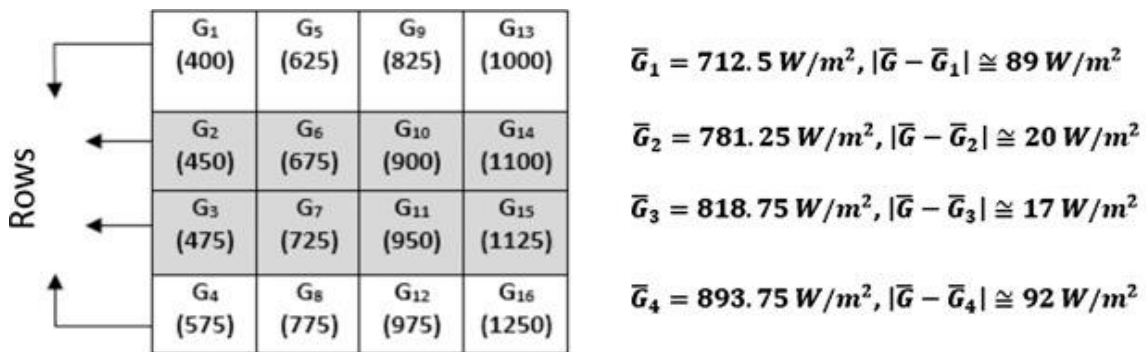
Trong [50], Jazayeri và các cộng sự đã có cách tiếp cận tương đối giống Wilson [47 và Matam [48] để giải quyết bài toán tái cấu trúc các tấm pin mặt trời trong hệ thống điện mặt trời vẫn dựa theo nguyên lý cân bằng tổng bức xạ mặt trời. Trong phương pháp này, Matam đề xuất lấy dữ liệu đầu vào là đo bức xạ mặt trời của các tấm pin quang điện và tìm cấu trúc chuyển mạch điều khiển cấu hình kết nối ban đầu đến cấu hình kết nối cân bằng bức xạ. Ma trận chuyển mạch sử dụng để thay đổi kết nối các TPQĐ sử dụng tương tự như đề xuất của Valasco-Quesada và các cộng sự Hình 1-29.



Hình 1-29: Ma trận chuyển mạch sử dụng bởi Jazayeri [50]

Thuật toán sử dụng được mô tả trong Hình 1-30 , điểm khác biệt so với Wilson và Matam là sắp xếp theo cột theo chiều tăng dần từ trên xuống dưới , trái qua phải . Sau đó ghép cặp các cặp hàng , thay đổi vị trí kết nối từng nhóm các TPQĐ trong các cặp hàng .

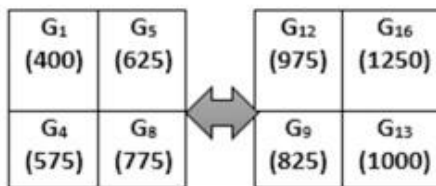
Type equation here.



(a) Initial Array Configuration

G_1 (400)	G_5 (625)	G_9 (825)	G_{13} (1000)
G_4 (575)	G_8 (775)	G_{12} (975)	G_{16} (1250)

(b) Sorted PV Modules



(c) Sub-Matrices

G_1 (400)	G_5 (625)	G_{12} (975)	G_{16} (1250)
G_4 (575)	G_8 (775)	G_9 (825)	G_{13} (1000)

(d) Reconfigured PV Modules

G_1 (400)	G_5 (625)	G_{12} (975)	G_{16} (1250)
G_2 (450)	G_6 (675)	G_{10} (900)	G_{14} (1100)
G_3 (475)	G_7 (725)	G_{11} (950)	G_{15} (1125)
G_4 (575)	G_8 (775)	G_9 (825)	G_{13} (1000)

(e) Final Array Configuration

$\bar{G}_1 = 812.5 \text{ W/m}^2, |\bar{G} - \bar{G}_1| \cong 11 \text{ W/m}^2$

$\bar{G}_2 = 781.25 \text{ W/m}^2, |\bar{G} - \bar{G}_2| \cong 20 \text{ W/m}^2$

$\bar{G}_3 = 818.75 \text{ W/m}^2, |\bar{G} - \bar{G}_3| \cong 17 \text{ W/m}^2$

$\bar{G}_4 = 793.75 \text{ W/m}^2, |\bar{G} - \bar{G}_4| \cong 8 \text{ W/m}^2$

Hình 1-30: (a) Ma trận bức xạ mặt trời ban đầu ; (b) Tách hàng 1 và hàng 4 của ma trận ban đầu ; (c) Sắp xếp lại vị trí kết nối ; (d) Thay đổi kết nối hàng 1 và hàng 4 ; (e) Cấu trúc kết nối cuối cùng [50]

Phương pháp đề xuất bởi Jazayeri với ưu, nhược điểm tương tự phương pháp đề xuất bởi Wilson và Matam, tốc độ xử lý nhanh, độ chính xác trung bình. Đặc điểm chính được mô tả trong bảng 1-5.

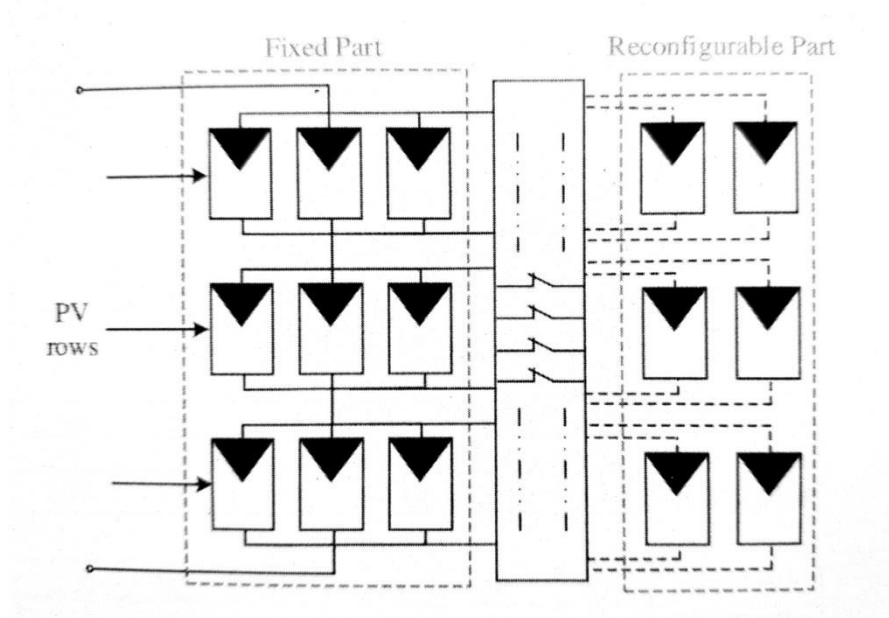
Bảng 1-5: Tóm tắt đặc điểm chính của phương pháp được đề xuất bởi Jazayeri và các cộng sự

Nguyên lý tái cấu trúc	Cân bằng bức xạ
Thuật toán điều khiển	Sắp xếp theo thứ tự bức xạ giảm dần, thay đổi kết nối nhóm TPQĐ
Số lượng khóa chuyển mạch	$2.N_{PV}.m\text{-throw}$
Thông số yêu cầu	Bức xạ mặt trời
Mức độ phức tạp	Trung bình

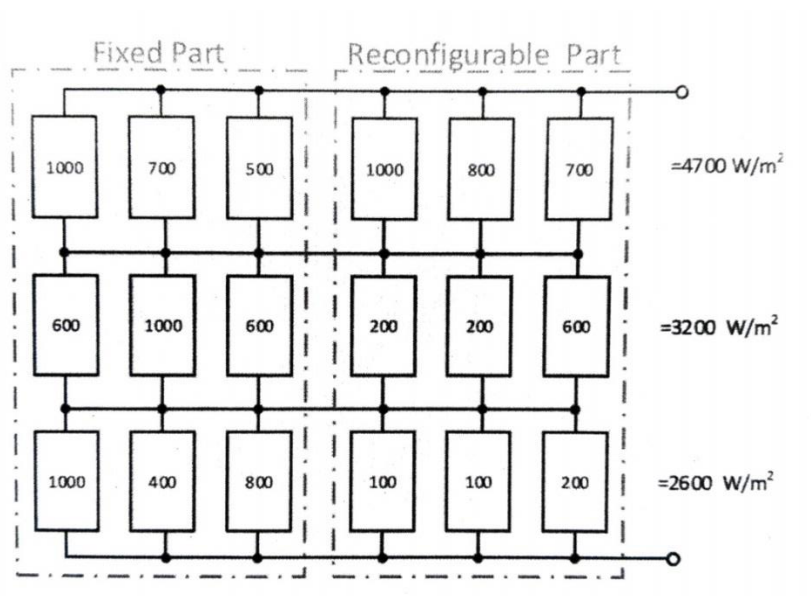
1.2.3.6: Phương pháp đề xuất bởi Mahmoud và các cộng sự [51]

Trong [51], Mahmoud và các cộng sự đã có cách tiếp cận khác để giải quyết bài toán tái cấu trúc các tấm pin mặt trời trong hệ thống điện mặt trời vẫn dựa theo nguyên lý cân bằng tổng bức xạ mặt trời. Trong phương pháp này, Mahmoud đã đề xuất chia hệ thống NLMT thành 2 phần: phần thứ 1 là phần các TPQĐ kết nối tĩnh, phần thứ 2 là phần các TPQĐ kết nối động thông qua ma trận chuyển mạch Hình 1-31. Đề xuất lấy dữ liệu đầu vào là đo bức xạ mặt trời của các tấm pin quang điện và tìm cấu trúc chuyển mạch điều khiển cấu hình kết nối ban đầu đến cấu hình kết nối cân bằng bức xạ.

Ví dụ Hình 1-32 là hệ thống NLMT trong điều kiện chiếu sáng không đồng nhất, với phần kết nối tĩnh và phần kết nối động. Thuật toán Mahmoud và các cộng sự đề xuất sử dụng thuật toán tham lam để tìm cấu hình cân bằng bức xạ, áp dụng với các TPQĐ thuộc phần kết nối động Hình 1-33.



Hình 1-31: Hệ thống đề xuất với phần TPQĐ kết nối cố định và TPQĐ kết nối động



Hình 1-32: Ví dụ hệ thống NLMT với sự khác biệt bức xạ mặt trời

1	1000	700	500	1000	800	700	=4700 W/m ²	
	1000	600	600	200	200	600	=3200 W/m ²	
	1000	400	800	100	100	200	=2600 W/m ²	
2	1000	700	500	100	800	700	=3800 W/m ²	
	1000	600	600	200	200	600	=3200 W/m ²	
	1000	400	800	1000	100	200	=3500 W/m ²	
3	1000	700	500	100	800	200	=3300 W/m ²	
	1000	600	600	200	700	600	=3700 W/m ²	
	1000	400	800	1000	100	200	=3500 W/m ²	
4	1000	700	500	200	800	200	=3400 W/m ²	
	1000	600	600	100	700	600	=3600 W/m ²	
	1000	400	800	1000	100	200	=3500 W/m ²	
5	1000	700	500	200	800	200	100	=3500 W/m ²
	1000	600	600	700	600			=3500 W/m ²
	1000	400	800	1000	100	200		=3500 W/m ²

Hình 1-33: Thuật toán tham lam tìm cấu hình cân bằng bức xạ

Ưu điểm của phương pháp đề xuất bởi Mahmoud là chia hệ thống NMLT thành 2 phần, giúp làm giảm số lượng khóa trong ma trận chuyển mạch, chỉ áp dụng thuật toán tìm kiếm cấu hình bức xạ với các TPQĐ thuộc phần kết nối động nên tốc độ xử lý nhanh. Ngược lại, nhược điểm lớn là độ chính xác giảm, nhất là trong trường hợp các TPQĐ thuộc phần kết nối tĩnh bị che phủ (các TPQĐ thuộc phần kết nối động thì không bị che phủ).

Đặc điểm chính được mô tả trong Bảng 1-6.

Bảng 1–6: Tóm tắt đặc điểm chính của phương pháp được đề xuất bởi Mahmoud và các cộng sự

Nguyên lý tái cấu trúc	Cân bằng bức xạ
Thuật toán điều khiển	Tham lam, áp dụng cho các TPQĐ thuộc phân động
Số lượng khóa chuyển mạch	-
Thông số yêu cầu	Bức xạ mặt trời
Mức độ phức tạp	Thấp

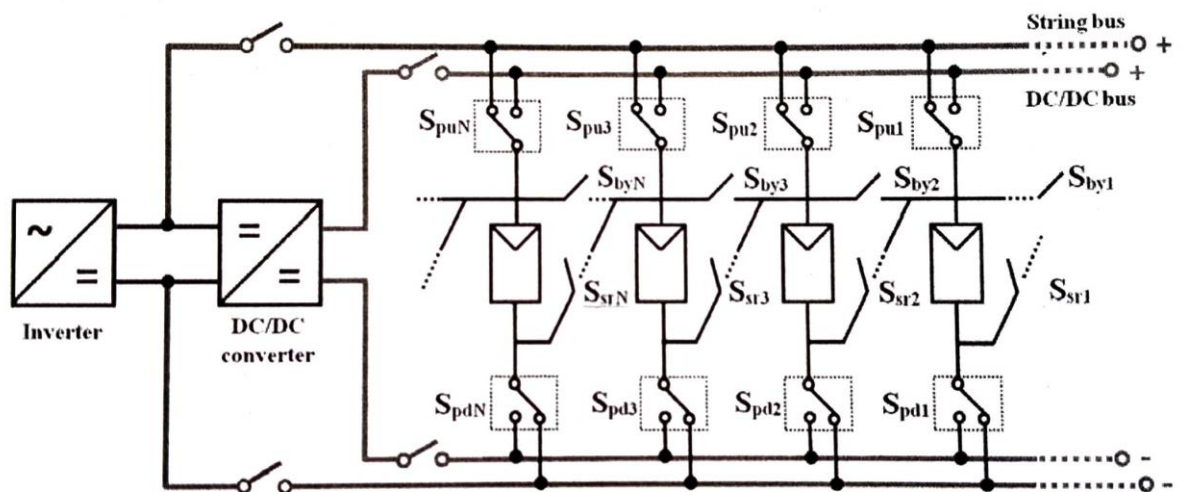
1.2.4: Phương pháp tái cấu trúc cho mạch kết nối SP

Tái cấu trúc trong hệ thống kết nối kiểu SP nhằm mục đích xây dựng các mảng có bức xạ mặt trời tương đương nhau được mắc song song . Mỗi mảng bao gồm các tấm pin mặt trời được mắc nối tiếp với nhau . Theo cách này , các tấm pin mặt trời sẽ không bị giới hạn về dòng điện bởi các tấm pin mặt trời có bức xạ mặt trời thấp hơn trong cùng chuỗi mắc nối tiếp .

1.2.4.1: Phương pháp được đề xuất bởi Alahmad và các cộng sự

Tác giả Alahmad và các cộng sự đã đề xuất một ma trận chuyển đổi linh hoạt trong mảng (Flexible Switch array Matrix - FSM) để giải quyết bài toán tái cấu trúc hệ thống các tấm pin mặt trời trong cấu hình SP . Ma trận chuyển đổi linh hoạt trong mảng FSM được tích hợp với các module tấm pin năng lượng mặt trời để hình thành cấu trúc các tấm pin quang điện đàn hồi (Elastic Photovoltaic Structure - EPVS) như trong Hình 1-34 bên dưới . Trong điều kiện bình thường , hệ thống các tấm pin mặt trời vận hành theo cấu trúc

inverter trung tâm DC/AC và inverter DC/DC không được sử dụng. Trong trường hợp có tấm pin mặt trời bị che phủ một phần, hệ thống được đề xuất sẽ tách riêng các module tấm pin mặt trời bị che phủ một phần, nếu cần thiết sẽ thiết lập một chuỗi gồm các tấm pin này mắc nối tiếp nhau (SPV). Các tấm pin không bị che phủ còn lại sẽ được tái cấu trúc thành các mảng tấm pin mặt trời (MPV). Các mảng pin mặt trời này có số lượng các tấm pin mặt trời bằng nhau sẽ kết nối trực tiếp tới inverter DC/AC. Chuỗi các tấm pin bị che phủ sẽ được đấu nối vào inverter DC/AC thông qua bộ chuyển đổi DC/DC. Như vậy sẽ tránh được việc tổn thất điện năng gây ra bởi hiện tượng che phủ một phần của các tấm pin mặt trời trong hệ thống. Với Ma trận chuyển đổi linh hoạt trong mảng FSM được đề xuất này, mỗi tấm pin mặt trời sẽ cần có 2 khóa chuyển mạch đơn cực và 2 khóa chuyển mạch 2 cực (Four single-pole dual-throw - SPDT) như được mô tả trong Hình 1-34. Trong đó 2 khóa đơn cực sẽ được sử dụng trong SPV, 2 khóa chuyển mạch sẽ được sử dụng trong MPV.



Hình 1-34: Cấu tạo ma trận chuyển đổi linh hoạt trong mảng FSM [52]

Tổng số thiết bị khóa chuyển mạch được sử dụng theo phương pháp này được tính như sau:

$$N_{SW} = (2N_{PV})_{SPDT} + (2N_{PV} + 4)_{SPDT} \quad (1.17)$$

Đặc điểm chính của phương pháp được đề xuất bởi Alahmad và các cộng sự được tóm tắt trong bảng 1-7.

Bảng 1-7: Tóm tắt đặc điểm chính của phương pháp được đề xuất bởi Alahmad và các cộng sự

Nguyên lý tái cấu trúc	Cấu trúc các tấm pin quang điện dàn hồi
Thuật toán điều khiển	-
Số lượng khóa chuyển mạch	$N_{SW} = (2N_{PV})_{SPDT} + (2N_{PV} + 4)_{SPST}$
Thông số yêu cầu	Dòng điện, điện áp và nhiệt độ của các tấm pin mặt trời
Mức độ phức tạp	Cao

1.2.4.2: Phương pháp được đề xuất bởi B.Patnaik và các cộng sự

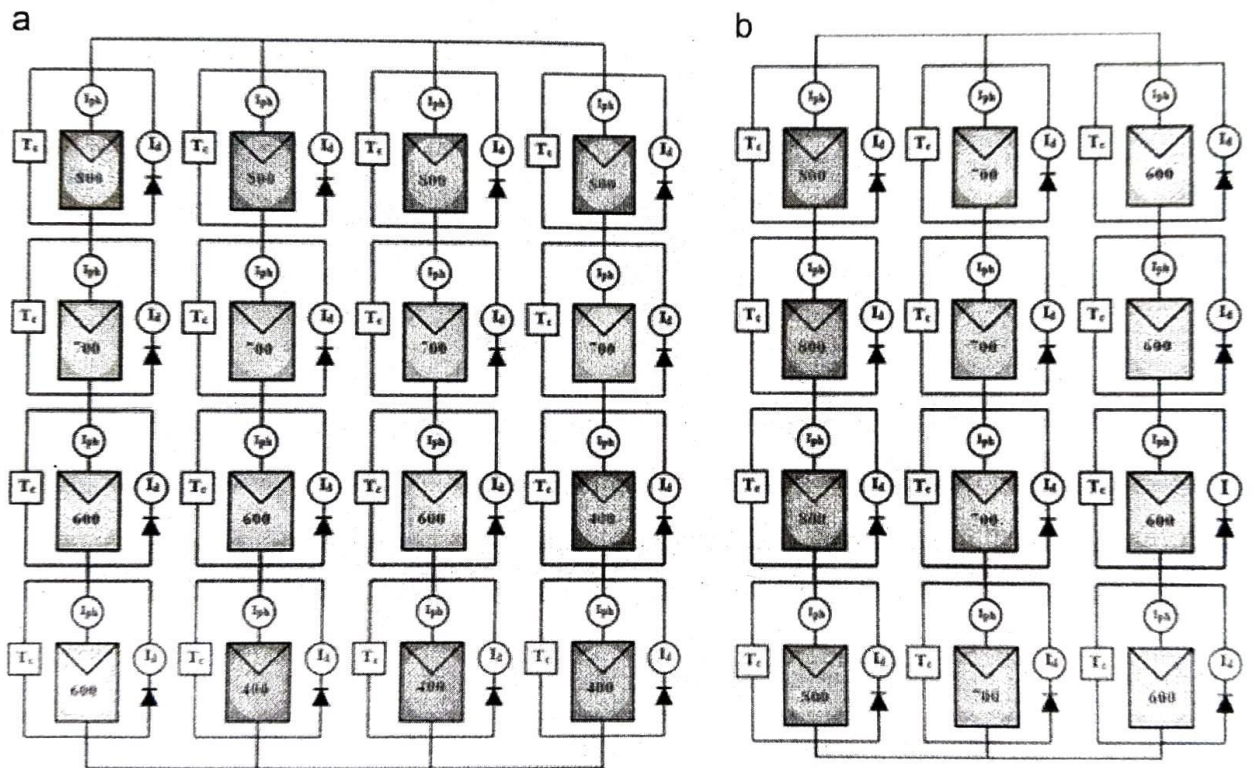
Phương pháp kết nối theo nhóm bức xạ hoạt động như sau: đầu tiên, các tấm pin mặt trời được phân nhóm theo các mức bức xạ được quy định trước và tiếp sau đó các tấm pin mặt trời cùng mức bức xạ được kết nối với nhau . Phương pháp được đề xuất ban đầu bởi nhóm các tác giả trong [53] . Các tác giả ban đầu đề xuất việc xây dựng các chuỗi gồm các tấm pin năng lượng mặt trời có cùng mức bức xạ G mắc nối tiếp với nhau . Các mức bức xạ được đề xuất để phân nhóm như sau :

- Nhóm bright : gồm các tấm pin mặt trời có mức bức xạ G nằm trong khoảng $600 < G < 800 \text{ W / m}^2$;
- Nhóm grey : gồm các tấm pin mặt trời có mức bức xạ G nằm trong khoảng $400 < G < 600 \text{ W / m}^2$;
- Nhóm dark : gồm các tấm pin mặt trời có mức bức xạ G nằm trong khoảng $G < 600 \text{ W / m}^2$;

Trong Hình 1-35 mô tả phương thức kết nối các tấm pin mặt trời của phương pháp được đề xuất . Đầu tiên dòng điện (I_b) chạy qua các diốt của mỗi tấm pin mặt trời được xác định . Nếu I_b có giá trị lớn hơn 0 , tấm pin đó được mặc định xếp vào nhóm dark . Tiếp đến dòng ngắn mạch (I_{SC}) được tính toán để phân loại các tấm pin vào các nhóm bright hay gray . Đạo hàm của dòng điện ngắn mạch theo thời gian (dI_{SC} / dt) sẽ được tính toán xác định để định hướng sắp xếp vào nhóm bright hay gray . Tuy nhiên việc định hướng sắp xếp các tấm pin mặt trời của các tác giả trong [53] chưa rõ ràng và hiệu quả . Các tác giả trong [54] đã kế thừa và phát triển , định ra chính xác , rõ ràng tín hiệu đánh giá phân nhóm các tấm pin mặt trời dựa theo giá trị của dI_{SC}/dt .

Điều kiện để kích hoạt phương pháp này là nếu tổng số pin năng lượng mặt trời bị che phủ lớn hơn 15 % . Các tấm pin thuộc nhóm bright hay grey sẽ được kết nối nối tiếp với nhau , các tấm pin thuộc nhóm dark sẽ được loại bỏ . Phương pháp đề xuất sử dụng nhiệt độ đo được ở các tấm pin và giá trị điện áp hở mạch của mỗi tấm pin để điều khiển kết nối như các tác giả trong [55] đề xuất . Phương pháp đề xuất cần số khóa chuyển mạch N_{sw} như sau :

$$N_{SW} = (m \times n) + \frac{((m \times n) - 1) \times (2 + (m \times n))}{2} \quad (1.18)$$



Hình 1-35: Phương thức kết nối các tấm pin mặt trời của phương pháp kết nối theo nhóm bức xạ [53]

Đặc điểm chính của phương pháp được đề xuất bởi Alahmad và các cộng sự được tóm tắt trong bảng 1-8.

Bảng 1-8: Tóm tắt đặc điểm chính của phương pháp được đề xuất bởi B.Patnaik và các cộng sự

Nguyên lý tái cấu trúc	Phân nhóm và kết nối theo bức xạ
Thuật toán điều khiển	-
Số lượng khóa chuyển mạch	$N_{SW} = (m \times n) + \frac{((m \times n) - 1) \times (2 + (m \times n))}{2}$
Thông số yêu cầu	Nhiệt độ tấm pin, dòng điện qua các bypass diot và dòng ngắn mạch
Mức độ phức tạp	Cao

1.2.5: So sánh các phương pháp đã trình bày

Trong phần trên, tác giả đã trình bày các phương pháp nổi trội nhất trong chiến lược tái cấu trúc kết nối TPQĐ sử dụng mạch kết nối TCT và SP. Hiện nay, tái cấu trúc kết nối cho mạch TCT đang được rất nhiều các nhà nghiên cứu quan tâm, do mạch kết nối TCT có tính linh hoạt cao và tránh được nhiều tổn thất hơn trong điều kiện bị che phủ một phần.

Công trình công bố của Krishna [56] là một trong các công bố mới nhất đã phân tích, thống kê các phương pháp "State of the art" về chiến lược tái cấu trúc kết nối các tấm pin quang điện. Các phương pháp trong chiến lược tái cấu trúc hệ thống NLMT có các đặc điểm khác nhau, thể hiện trong Bảng 1-9 dưới đây [56] bao gồm các phương pháp cho mạch kết nối TCT, trong đó cũng đã phân tích 02 thuật toán Dynamic programming (DP) và SmartChoice (SC) mà tác giả sẽ trình bày tại chương 3 của đề án này.

Việc nghiên cứu, phân tích ưu, nhược điểm của các phương pháp đã có giúp tác giả hiểu rõ hơn về bài toán tối ưu hóa hệ thống NLMT trong điều kiện

chiếu sáng không đồng nhất , từ đó có các nghiên cứu , đề xuất mới cho các bài toán điều khiển tối ưu trong chiến lược tái cấu trúc kết nối các TPQĐ .

1.3: KẾT LUẬN CHƯƠNG 1

Trong chương 1 , tác giả trình bày tổng quan về hệ thống NLMT có hòa lưới bao gồm các thành phần của hệ thống NLMT hòa lưới , mô hình kết nối các thành phần cơ bản của hệ thống NLMT và các cấu trúc kết nối TPQĐ . Phần tiếp theo , trình bày tổng quan chiến lược tăng hiệu suất làm việc của hệ thống NLMT trong điều kiện chiếu sáng không đồng nhất cho mạch kết nối TCT và SP dựa trên phương pháp cân bằng bức xạ . Tác giả đã phân tích ưu , nhược điểm thuật toán tối ưu của các nghiên cứu khác , bảng thông kê đặc điểm của các phương pháp được liệt kê để có cái nhìn tổng quan đánh giá về ưu nhược điểm của các phương pháp đã được đề xuất .

Chương tiếp theo , tác giả sẽ trình bày tổng quan về lý thuyết điều khiển tối ưu , từ đó lựa chọn phương pháp điều khiển tối ưu áp dụng cho đồ án . Mô tả tổng quan thiết bị tái cấu trúc kết nối các tấm pin quang điện bao gồm : tính năng , dữ liệu vào ra , vị trí lắp đặt trong hệ thống NLMT có hòa lưới . Đề xuất hệ thống điều khiển và thuật toán điều khiển tối ưu sử dụng trong thiết bị tái cấu trúc .

Chương 2 :

KHÁI QUÁT VỀ BÀI TOÁN ĐIỀU KHIỂN TỐI ƯU

Trong chương này , tác giả trình bày tổng quan về lý thuyết điều khiển tối ưu , từ đó lựa chọn phương pháp điều khiển tối ưu áp dụng cho đề án . Mô tả tổng quan thiết bị tái cấu trúc kết nối các tấm pin quang điện bao gồm : Tính năng , dữ liệu vào ra , vị trí lắp đặt trong hệ thống NLMT có hòa lưới . Đề xuất hệ thống điều khiển và thuật toán điều khiển tối ưu sử dụng trong thiết bị tái cấu trúc .

2.1: KHÁI QUÁT VỀ BÀI TOÁN ĐIỀU KHIỂN TỐI ƯU

Điều khiển tối ưu là một chuyên ngành cơ bản trong điều khiển tự động , nó có vai trò xác định và tạo lập những luật điều khiển cho hệ thống để hệ thống đạt được chỉ tiêu về tính hiệu quả đã được định trước dưới dạng hàm mục tiêu Q .

* Trong thực tế tồn tại các bài toán điều khiển tối ưu như sau :

- Bài toán tối ưu cực tiểu :

+ Bài toán xác định tham số của mô hình sao cho bình phương sai lệch trung bình giữa mô hình và đối tượng đạt giá trị nhỏ nhất , ví dụ như huấn luyện mạng nơ - ron , nhận dạng đối tượng .

+ Điều khiển một quá trình đạt chỉ tiêu chất lượng , kỹ thuật cho trước sao cho tổn hao năng lượng là nhỏ nhất .

- + Tạo ra một sản phẩm đạt chỉ tiêu chất lượng cho trước nhưng chi phí là nhỏ nhất .
- + Bài toán tìm đường đi ngắn nhất giữa hai điểm bất kỳ , ví dụ xác định quỹ đạo chuyển động của cánh tay rô bốt , đường đi thu rác , thu tiền điện , thu tiền nước , đi chào hàng .
- Bài toán tối ưu cực đại :
 - + Tạo ra sản phẩm với chi phí cho trước , nhưng có chất lượng cao nhất .
 - + Bài toán tìm đường căng .
 - + Bài toán tối ưu tác động nhanh : Thời gian xảy ra quá trình là ngắn nhất , ví dụ như điều khiển tên lửa .
- * Bài toán điều khiển tối ưu được xây dựng trên các giả thiết sau :
 - + Có một mô hình toán học .
 - + Không có nhiễu tác động ,
 - + Biết các điều kiện biên của mô hình nhiều điểm làm việc , thời gian làm việc của hệ thống .
 - + Biết miền giá trị cho phép của các đầu vào tu .
 - + Biết hàm mục tiêu Q mô tả tính hiệu quả mà hệ thống cần đạt được .

Mục đích của điều khiển tối ưu là tìm tín hiệu tối ưu u^* để hàm mục tiêu Q đạt giá trị cực đại hoặc cực tiểu .

Với những giả thiết này có rất nhiều phương pháp giải bài toán điều khiển tối ưu khác nhau . Các phương pháp cơ bản nhất của lĩnh vực điều khiển tối ưu được chia thành hai nhóm chính : điều khiển tối ưu tĩnh và điều khiển tối ưu động .

2.1.1: Điều khiển tối ưu tĩnh

Bài toán điều khiển tối ưu tĩnh là bài toán trong đó quan hệ vào , ra và biến trạng thái của mô hình không phụ thuộc vào thời gian . Giá trị đầu ra tại một thời điểm chỉ phụ thuộc và các giá trị đầu vào và trạng thái tại thời điểm đó .

Mô hình hệ thống được cho như sau :

$y_k = f_k(u_1, u_2, \dots, u_r)$ với $k = 1, 2, \dots, m$; viết gọn lại thành $y = f(u)$. Hàm mục tiêu như sau: $Q = Q(u, y)$

Thay $y = f(u)$ và hàm mục tiêu được $Q = Q(u, y) = Q(u, f(u)) = Q(u)$, như vậy Q chỉ phụ thuộc và các đầu vào và đầu ra .

Với bài toán điều khiển tối ưu tĩnh , đây chính là bài toán cực trị với những điều kiện ràng buộc . Có nhiều phương pháp giải bài toán cực trị , ở đây chúng ta chủ yếu nghiên cứu các phương pháp phi tuyến , đó là các phương pháp :

+ Các phương pháp không dùng đạo hàm riêng .

+ Phương pháp Newton-Raphson.

+ Phương pháp sử dụng hàm phạt và hàm chặn.

2.1.2: Điều khiển tối ưu động

Bài toán điều khiển tối ưu động là bài toán trong đó mô hình toán học có ít nhất 1 phương trình vi phân.

$$\frac{dx_i}{dt} = f_i(x, u) \quad (2.1)$$

Cho mô hình hệ thống như sau : $x_i = f_i(x_1, x_2, \dots, x_n, u_1, u_2, \dots, u_r)$ với $i = 1 \dots n$, viết gọn thành : $\dot{x} = f(x, u)$.

Các đầu ra của hệ thống là $y = g(x, u)$ với $y = (y_1, y_2, \dots, y_m)$.

Hàm mục tiêu được định nghĩa như sau : $Q = \int_0^T f_0(x, u) dt$; trong đó T là thời gian xảy ra quá trình tối ưu.

Với bài toán tối ưu động có các phương pháp giải như sau :

+ Phương pháp biến phân kinh điển .

+ Phương pháp cực đại của Pontrjagin .

+ Phương pháp quy hoạch động của Bellman .

2.2: THIẾT LẬP BÀI TOÁN ĐIỀU KHIỂN TỐI ƯU

2.2.1: Những khái niệm cơ bản

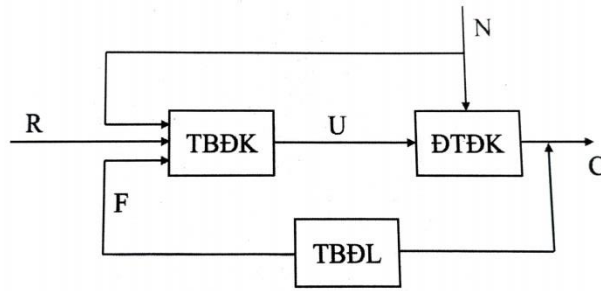
Điều khiển học (Cybernatics) là khoa học nghiên cứu những quá trình điều khiển và truyền thống máy móc , sinh vật và kinh tế . Điều khiển học mang đặc trưng tổng quát và được phân chia thành nhiều lĩnh vực khác nhau như : toán điều khiển , điều khiển học kỹ thuật , điều khiển học sinh vật , điều khiển học kinh tế .

Lý thuyết điều khiển tự động là cơ sở lý thuyết của điều khiển học kỹ thuật . Điều khiển tự động là thuật ngữ chỉ quá trình điều khiển một đối tượng trong kỹ thuật mà không có sự tham gia của con người (automatic) nó ngược lại với quá trình điều khiển bằng tay (manual).

Trong hệ thống điều khiển tự động bao gồm 3 thành phần chủ yếu :

- Thiết bị điều khiển (TBĐK)
- Đối tượng điều khiển (ĐTĐK)
- Thiết bị đo lường

Hình 2-1: Là sơ đồ khối của hệ thống điều khiển tự động.



Hình 2-1: Sơ đồ khối hệ thống điều khiển tự động

Trong đó :

C : Tín hiệu cần điều khiển , thường gọi là tín hiệu ra (output) .

U : Tín hiệu điều khiển

R : Tín hiệu tham chiếu (reference) thường gọi là tín hiệu vào (input) .

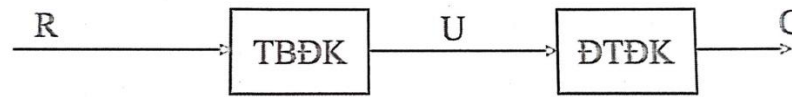
N : Tín hiệu nhiễu tác động từ bên ngoài vào hệ thống .

F : Tín hiệu hồi tiếp , phản hồi (feedback) .

Hệ thống điều khiển tự động được chia ra làm 02 hệ thống điều khiển chính :

- Hệ thống điều khiển kín (closed loop control system) là hệ thống điều khiển có phản hồi (feedback) nghĩa là tín hiệu ra được đo lường và đưa về thiết bị điều khiển . Tín hiệu hồi tiếp phối hợp với tín hiệu vào để tạo ra tín hiệu điều khiển . Hình 2-1 chính là sơ đồ hệ thống kín . Cơ sở lý thuyết để nghiên cứu hệ thống kín chính là lý thuyết điều khiển tự động .

- Hệ thống điều khiển hở (open loop control system) , ở hệ thống này khâu đo lường không được dùng đến . Mọi sự thay đổi của tín hiệu ra không được phản hồi về thiết bị điều khiển . Sơ đồ Hình 2-2 là hệ thống điều khiển hở .



Hình 2-2 : Sơ đồ khối hệ thống điều khiển hở

Cơ sở lý thuyết để nghiên cứu hệ thống hở là lý thuyết về relay và lý thuyết otomat hữu hạn.

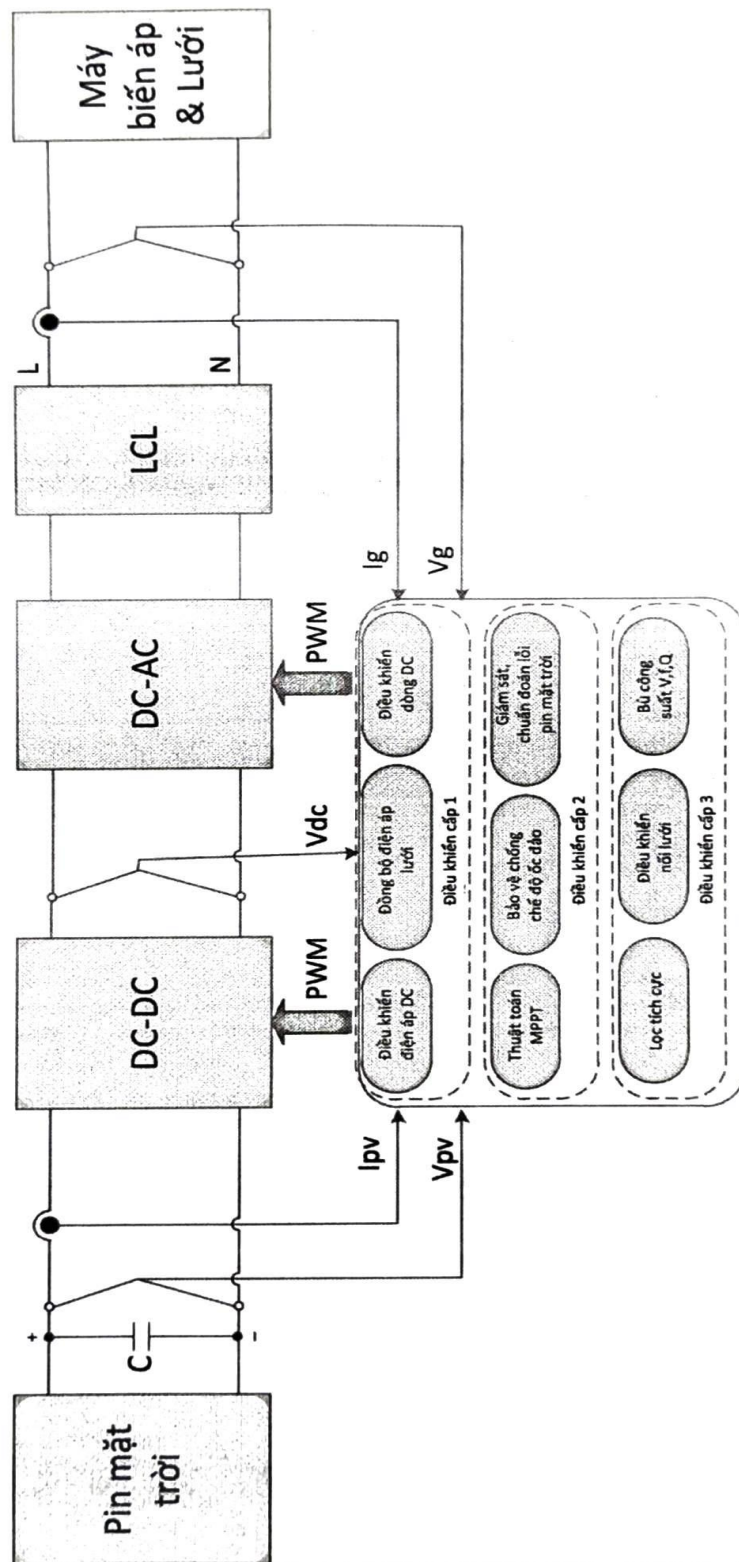
2.2.2: Cấu trúc mạch điều khiển trong hệ thống NLMT

Mặc dù các cấu trúc mạch lực rất đa dạng , nhưng đều có đặc điểm chung về sơ đồ khối chức năng điều khiển ứng dụng cho pin mặt trời chỉ ra trên Hình 2-3 [57] . Trong đó , một hệ thống điều khiển điện tử công suất cho pin mặt trời được chia làm ba cấp chức năng như dưới đây .

+ Điều khiển cấp 1 (basic functions) : Vòng điều khiển phía trong với các mạch vòng điện áp , dòng điện và điều chế độ rộng xung cho thiết bị biến đổi công suất . Xuất hiện thuật toán vòng khóa pha PLL đồng bộ điện áp lưới cho các yêu cầu nối lưới .

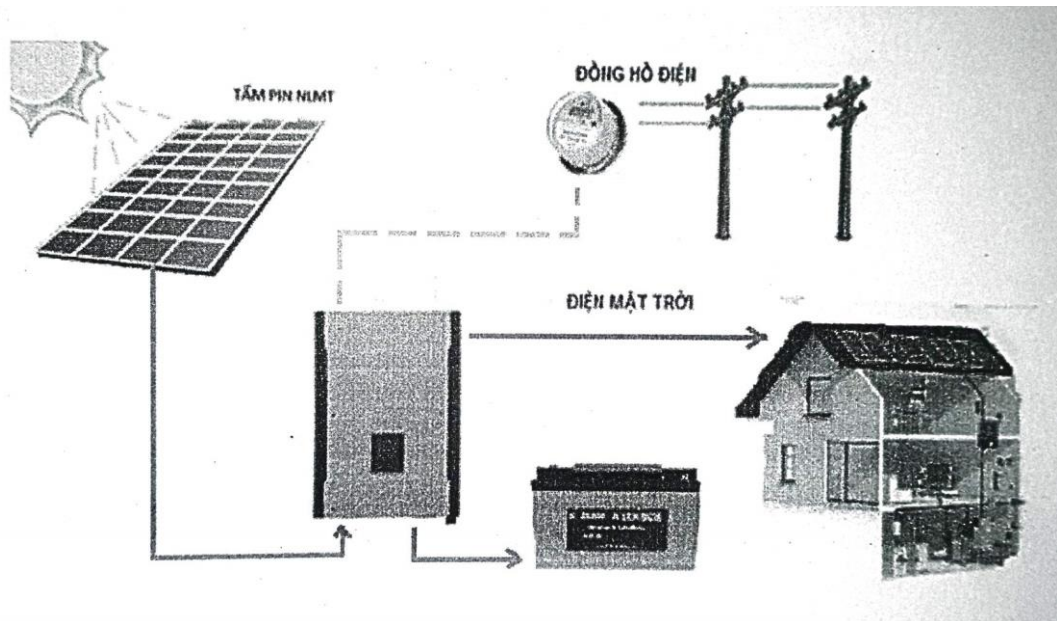
+ Điều khiển cấp 2 (PV specific funtions) : Cấp điều khiển đặc trưng của pin mặt trời như : thuật toán xác định điểm làm việc có công suất lớn nhất MPPT (maximum power point tracking) , bảo vệ chống cô lập (anti - islanding) và giám sát , chẩn đoán lỗi của pin mặt trời .

+ Điều khiển cấp 3 (ancillary functions) : Dựa trên đặc điểm cấu trúc mạch lực và chế độ làm việc có thể tích hợp thêm các chức năng cho hệ thống điều khiển điện tử công suất như : lọc tích cực , bù công suất phản kháng . . . Đây là cấp điều khiển phụ có thể có hoặc không xuất hiện trong hệ thống điều khiển điện tử công suất hệ pin mặt trời .



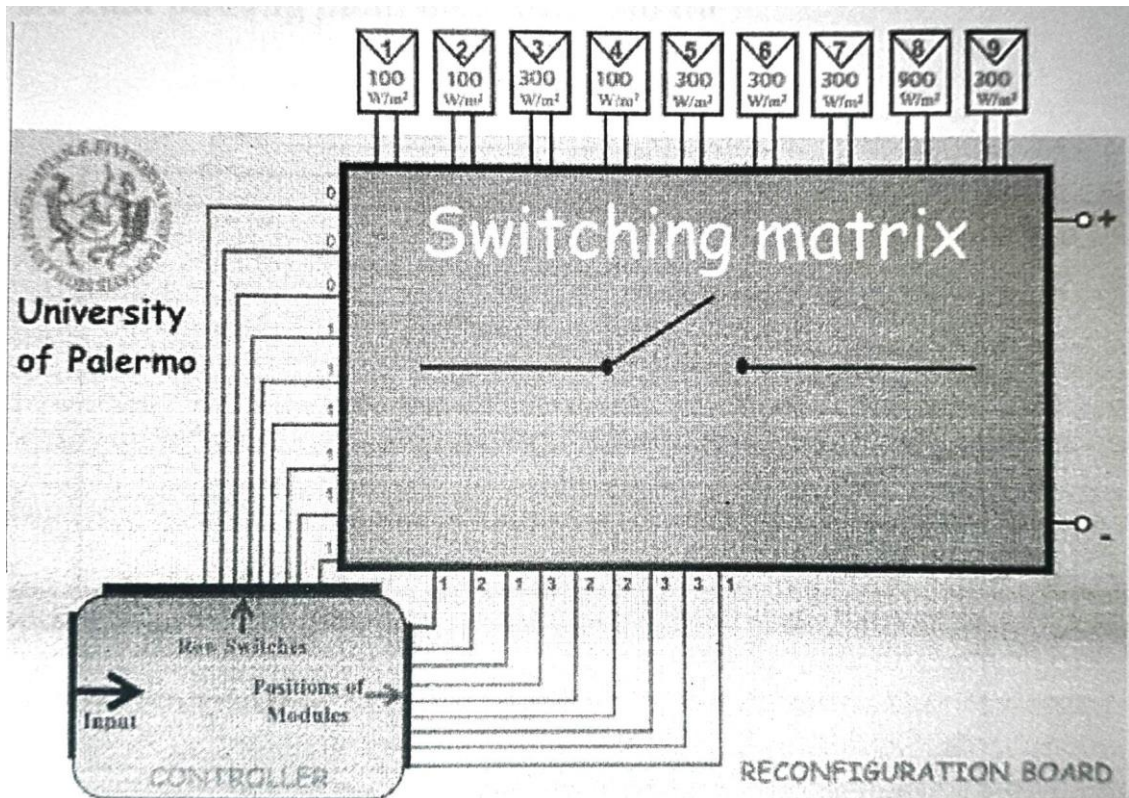
Hình 2-3 : Sơ đồ khối chức năng điều khiển ĐTCS nối lưới cho pin mặt trời

có chức năng tích điện vào ắc quy , chuyển đổi DC/AC phục vụ tải trong gia đình hoặc hòa lưới .



Hình 2-5: Hệ thống NLMT hòa lưới có dự trữ

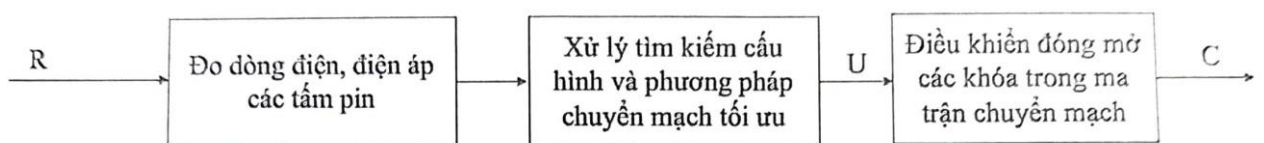
Mục tiêu của đồ án là phân tích và đưa ra các phương pháp mới cho bài toán tái cấu trúc hệ thống NLMT sử dụng mạch kết nối TCT dưới điều kiện chiếu sáng không đồng nhất dựa trên chiến lược cân bằng bức xạ (CT1.4) nhằm mục tiêu giảm tổn thất công suất , tăng hiệu suất làm việc của hệ thống NLMT. Thuật toán điều khiển tối ưu được lập trình trong thiết bị được gọi là bộ tái cấu trúc (reconfiguration system), lắp trước bộ chuyển đổi (inverter) nhằm mục đích nâng cao hiệu suất làm việc hệ thống NLMT trong điều kiện chiếu sáng không đồng nhất. Vị trí của bộ tái cấu trúc thể hiện trong Hình 2-6.



Hình 2-7 : Các thành phần trong bộ tái cấu trúc

2.2.4 : Đề xuất hệ thống điều khiển

Trong đồ án, tác giả đề xuất áp dụng hệ thống điều khiển hở để xây dựng bộ tái cấu trúc theo lưu đồ hình 2-8 [58] .



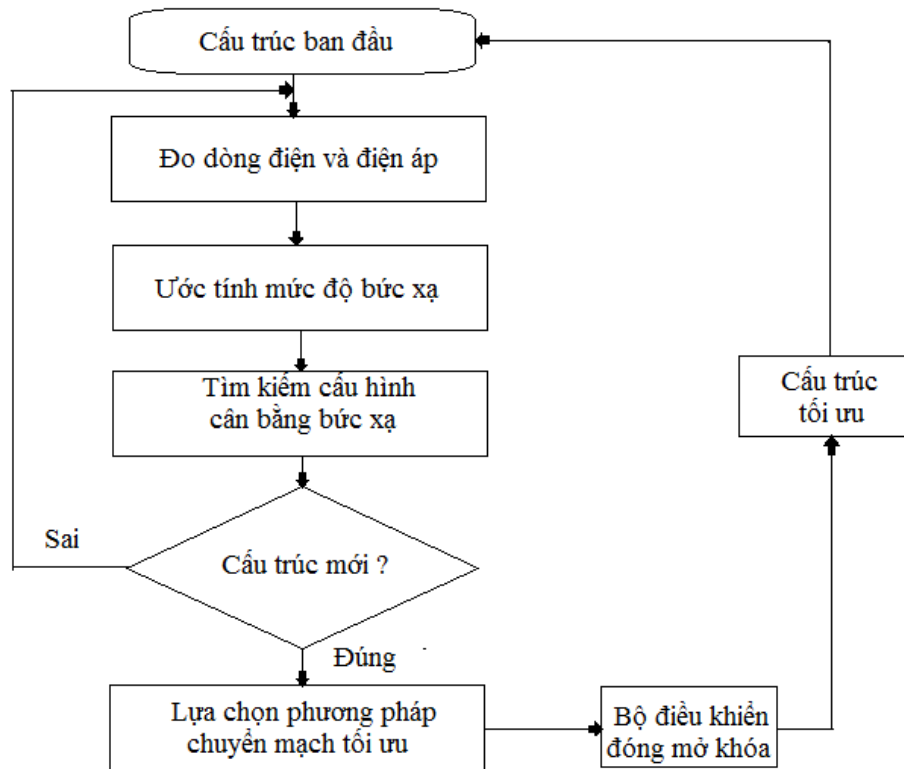
Hình 2 - 8 . Hệ thống điều khiển hở cho Bộ tái cấu trúc

Trong hệ thống điều khiển hở bao gồm các thành phần :

- Bộ thiết bị đo dòng điện , điện áp , làm tín hiệu đầu vào cho bộ vi xử lý .

- Bộ vi xử lý phân tích , tìm cấu hình kết nối tối ưu , lựa chọn phương pháp chuyển mạch tối ưu , gửi tín hiệu điều khiển cho bộ chuyển mạch .
- Bộ chuyển mạch điều khiển ma trận chuyển mạch đóng mở khóa , chuyển cấu hình kết nối hệ thống NLMT từ ban đầu đến cấu hình kết nối tối ưu .

2.2.5 : Đề xuất phương pháp điều khiển tối ưu



Hình 2-9 : Lưu đồ phương pháp điều khiển tối ưu áp dụng trong bộ tái cấu trúc

Phương pháp điều khiển tối ưu áp dụng trong bộ tái cấu trúc Hình 2-9 được đề xuất trong (CT2) bao gồm 2 bài toán chính : bài toán tìm kiếm cấu hình cân bằng bức xạ và bài toán lựa chọn phương pháp chuyển mạch tối ưu . Dữ liệu đầu vào của phương pháp là bức xạ mặt trời và vị trí kết nối hiện tại của từng TPQĐ . Kết quả đầu ra của phương pháp là vị trí kết nối mới của từng TPQĐ .

Như vậy , đây là bài toán trong đó quan hệ vào , ra và biến trạng thái của mô hình không phụ thuộc vào thời gian . Giá trị đầu ra tại một thời điểm chỉ phụ thuộc và các giá trị đầu vào và trạng thái tại thời điểm đó . Tác giả quyết định lựa chọn phương pháp điều khiển tối ưu tĩnh cho hai bài toán tối ưu trên .

2.3 : MỘT SỐ BÀI TOÁN TỐI ƯU SỬ DỤNG TRONG DỒ ÁN

2.3.1: Bài toán Subset sum problem

2.3.1.1 : Nội dung bài toán:

Bài toán Subset sum problem được Knapsack giới thiệu đầu tiên vào năm 1990 [59], phát biểu như sau:

Cho tập A có n đồ vật và 1 cái ba lô , với w_i là trọng lượng của đồ vật thứ i; c là khả năng chịu trọng lượng của ba lô;

Yêu cầu: Chọn một số các đồ vật cân bằng c nhất, mà không được vượt quá c.

Tức là tìm giá trị lớn nhất của $z = \sum_{j=1}^n w_j x_j$ thỏa mãn điều

kiện $\sum_{j=1}^n w_j x_j \leq c$ với

$x_j = 0$ or $1, j \in N = \{1, \dots, n\}$ sao cho

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{nếu chọn đồ vật thứ } j \\ 0, & \text{nếu không chọn đồ vật thứ } j \end{cases}$$

Tổng quát bài toán :

$$\text{Maximize } z = \sum_{i=0}^n w_j x_j \quad (2.2)$$

Ràng buộc :

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n w_j x_j \leq c \\ x_j = 0 \text{ or } 1, & j \in N = \{1, \dots, n\} \\ w_j \geq 0 & j \in N = \{1, \dots, n\} \end{cases} \quad (2.3)$$

2.3.1.2: Giải thuật quy hoạch động (Dynamic programming)

Cho 1 cặp số nguyên m ($1 \leq m \leq n$) và \hat{c} ($1 \leq \hat{c} \leq c$), gọi $f_m(\hat{c})$ là giá trị trọng lượng tối ưu để chọn 1 trong số các đồ vật từ $\{1, 2, \dots, n\}$ có giới hạn trọng lượng bằng \hat{c} . Như vậy, giá trị trọng lượng tối ưu nhất khi chọn trong số n đồ vật với giới hạn trọng lượng c là $f_n(c)$.

Để dàng nhận thấy tại thời điểm ban đầu, nếu chỉ xét duy nhất đồ vật 1 và trọng lượng \hat{c} :

$$f_1(\hat{c}) = \begin{cases} 0 & \text{nếu } \hat{c} < w_1; \\ w_1 & \text{nếu } \hat{c} \geq w_1; \end{cases} \quad (2.4)$$

Với việc giới hạn trọng lượng \hat{c} , việc chọn tối ưu trong các đồ vật từ $\{1, 2, \dots, m\}$ để có giá trị trọng lượng lớn nhất sẽ có 2 khả năng:

- Nếu không chọn gói thứ m thì $f_m(\hat{c})$ là giá trị lớn nhất có thể bằng cách chọn trong số các gói $\{1,2,\dots,m-1\}$ với giới hạn trọng lượng là \hat{c} . Tức là:

$$f_m(\hat{c}) = f_{m-1}(\hat{c}) \quad (2.5)$$

- Nếu có chọn gói thứ m (tất nhiên chỉ xét với trường hợp này khi mà $W_m \leq \hat{c}$) thì $f_m(\hat{c})$ bằng giá trị gói thứ m là W_m cộng với giá trị lớn nhất có thể có được bằng cách chọn trong số các gói $\{1,2,\dots,m-1\}$ với giới hạn trọng lượng $\hat{c} - W_m$. Tức là về mặt giá trị thu được:

$$f_m(\hat{c}) = f_{m-1}(\hat{c} - w_m) + w_m \quad (2.6)$$

Tổng kết với $m=2,\dots,n$;

$$f(\hat{c}) = \begin{cases} f_{m-1}(\hat{c}) & \text{nếu } \hat{c} < w_m - 1; \\ \max(f_{m-1}(\hat{c}), f_{m-1}(\hat{c} - w_m) + w_m) & \text{nếu } \hat{c} \geq w_m; \end{cases} \quad (2.7)$$

Lặp lại cho đến khi tính được giá trị $f_n(c)$, độ phức tạp tính toán $O(nc)$.

2.3.2: Bài toán Munkres ' Assignment Algorithm

2.3.2.1: Phát biểu bài toán

Bài toán phân công công việc lần đầu được tác giả James Munkres trình bày tại [60]. Bài toán được phát biểu như sau :

Bài toán này có nội dung như sau : Có n công nhân ($i=1,2,\dots, n$) và n công việc ($j=1, 2,\dots,n$) . Để giao cho công nhân i thực hiện công việc j cần một chi

phí $C_{ij} \geq 0$. Vấn đề là cần giao cho người nào làm việc gì (mỗi người chỉ làm một việc , mỗi việc chỉ do một người làm) sao cho chi phí tổng cộng nhỏ nhất ?

Ma trận C tổng quát Hình 2-10 :

Công nhân	Công việc			
	1	2	...	n
1	C_{11}	C_{12}		C_{1n}
2	C_{21}	C_{22}		C_{2n}
...				
n	C_{n1}	C_{n2}		C_{nn}

Hình 2-10 : Ma trận chi phí C dạng tổng quát

Mô hình toán học của bài toán như sau :

$$z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij} \rightarrow \min \quad (2.8)$$

Với điều kiện :

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, i = 1, \dots, n \quad (2.9)$$

(Mỗi công nhân chỉ làm 1 việc)

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1; j = 1, \dots, n \quad (2.10)$$

(Mỗi việc chỉ do 1 công nhân làm)

$$x_{ij} = 0 \text{ hay } 1, i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, n \quad (2.11)$$

(Biến thị nguyên)

Vì có các điều kiện (2-8) (2-9) nên điều kiện (2-10) có thể thay bằng

$$x_{ij} \text{ nguyên} \geq 0, i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n \quad (2.12)$$

2.3.2.2: Phương pháp Hungari

*** Phương pháp Hungari áp dụng cho bài toán MAA được xây dựng trên các nguyên tắc sau :**

Nguyên tắc 1 : Giả sử ma trận chi phí C của bài toán không âm và có ít nhất n phần tử bằng 0 . Hơn nữa nếu n phần tử 0 này nằm ở n hàng khác nhau và n cột khác nhau thì phương án giao cho người i thực hiện công việc tương ứng với số 0 này ở hàng i sẽ là phương án tối ưu (lời giải) .

Lý giải :

Theo giả thiết của nguyên tắc , mọi phương án giao việc có chi phí không âm . Trong khi đó , phương án giao việc nêu trong nguyên tắc có chi phí bằng 0 , nên chắc chắn phương án đó là tối ưu .

Nguyên tắc sau đây cho thấy rằng ta có thể biến đổi ma trận chi phí của bài toán mà không làm ảnh hưởng tới lời giải của nó . Vì thế phương pháp giải nêu dưới đây sẽ thực hiện ý tưởng biến đổi ma trận chi phí cho đến khi đạt tới ma trận có ít nhất một phần tử 0 trên mỗi hàng và mỗi cột .

Nguyên tắc 2 : Cho $C = C_{ij}$ là ma trận chi phí của bài toán giao việc (n công nhân , n việc) và $X^* = x_{ij}^*$ là một lời giải (phương án tối ưu) của bài toán này . Giả sử C' là ma trận nhận được từ C bằng cách thêm số $\alpha \neq 0$ (dương hay âm) vào mỗi phần tử ở hàng r của C . Khi đó X^* cũng là lời giải của bài toán giao việc với ma trận chi phí C' .

Lý giải :

Hàm mục tiêu của bài toán giao việc mới bằng :

$$\begin{aligned}
 z' &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C'_{ij} x_{ij} = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq r}}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} x_{ij} + \sum_{j=1}^n (C_{rj} + \alpha) x_{rj} \\
 &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} x_{ij} + \alpha \times \sum_{j=1}^n x_{rj} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} x_{ij} + \alpha
 \end{aligned}
 \tag{2.13}$$

Đẳng thức cuối cùng có được là do tổng các x_{ij} trên mỗi hàng, mỗi cột đều bằng 1. Vì thế, giá trị nhỏ nhất của z' đạt được khi và chỉ khi :

$$z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} x_{ij} \quad (2.14)$$

là nhỏ nhất . Cụ thể là , z' đạt cực tiểu tại $X = x^*$.

Nguyên tắc 2 vẫn còn đúng nếu ta thêm một hằng số vào mỗi phần tử trên cùng một cột của ma trận chi phí . Vậy , chiến thuật của ta là biến đổi C bằng cách thêm hằng số vào các hàng và các cột của ma trận chi phí .

*** Phương pháp hungari bao gồm các bước sau đây :**

Bước 0 (Bước chuẩn bị) . Trừ các phần tử trên mỗi hàng của C cho phần tử nhỏ nhất trên hàng đó , tiếp theo trừ các phần tử trên mỗi cột cho phần tử nhỏ nhất trên cột đó . Kết quả ta nhận được ma trận C' có tính chất : trên mỗi hàng , cột có ít nhất một phần tử 0 và bài toán giao việc với ma trận C' có cùng lời giải như bài toán với ma trận C (nguyên tắc 2) .

Bước 1 (Đánh dấu * cho phần tử 0) . Với mỗi hàng , lần lượt từ hàng 1 tới hàng n , đánh dấu * cho phần tử 0 đầu tiên (trên hàng đó) không nằm trên cột đã có phần tử 0* (phần tử 0 được đánh dấu *) . Xét hai khả năng :

- Nếu sau khi đánh dấu thấy có đủ n phần tử 0* thì dừng : các phần tử 0* sẽ cho lời giải cần tìm . Cụ thể là i người được giao thực hiện công việc tương ứng với phần tử 0* trên hàng i (nguyên tắc 1) .

- Nếu số phần tử 0* nhỏ hơn n thì chuyển sang thực hiện bước 2 .

Bước 2 . Lần lượt từ hàng 1 tới hàng n , tìm hàng đầu tiên không chứa phần tử 0^* . Hàng như thế phải có vì lúc này chưa đủ n phần tử 0^* . Giả sử đó là hàng i_0 . Vì trên mỗi hàng đều có ít nhất một phần tử 0 , nên trên hàng i_0 phải có phần tử 0 , chẳng hạn ở cột j_0 . Xuất phát từ ô (i_0, j_0) , ta sẽ xây dựng một dãy chuyển các ô kế tiếp nhau theo chiều dọc (theo cột) , ngang (theo hàng) nối các phần tử 0 với 0^* và 0^* với 0 (gọi tắt là dãy chuyển đan) nhờ hai thao tác :

Bước 2.1 . (Tìm 0^* theo cột) Giả sử ta đang ở phần tử 0 trong ô (i_k, j_k) với $k \geq 0$, ta tìm phần tử 0^* trong cột j_k .

+ Nếu tìm thấy thì thêm vào dãy chuyển đang xét ô chứa phần tử 0^* này , rồi thực hiện thao tác (bước 2.2) dưới đây ;

+ Nếu trái lại , ta đổi mỗi phần tử 0 trên dãy chuyển đan này thành 0^* và đổi mỗi 0^* (cũ) thành 0 . Sau đó , nếu có đủ n phần tử 0^* thì dừng . Nếu chưa đủ , thì xét hàng tiếp theo không chứa 0^* (nếu còn) , hoặc chuyển sang bước 3 (nếu đã xét hết)

Bước 2.2 . (Tìm 0 theo hàng) Giả sử ta đang ở phần tử 0^* trong ô (i_{k+1}, j_k) , với $k \geq 0$. Trên hàng i_{k+1} ta tìm phần tử 0 không nằm trên cột đã có mặt trong dãy chuyển đang xét . Có hai khả năng :

+ Nếu tìm được thì ta thêm vào dãy chuyển đang xét ô chứa phần tử 0 này , rồi thực hiện thao tác (bước 2.1) nêu trên đây để tìm tiếp 0^* theo cột .

+ Nếu trái lại , thì ta gọi j_k là cột thiết yếu và loại khỏi dây chuyền đang xét hai ô (i_{k+1}, j_k) và (i_k, j_k) , tức quay lui trên dây chuyền đang xét .

+ Nếu sau đó vẫn còn ở trên dây chuyền đang xét ($k \geq 1$) , ta lại xuất phát từ phần tử 0^* trong ô (i_k, j_{k-1}) và lặp lại thao tác (bước 2.2) với hàng i_k thay cho hàng i_{k+1} , nghĩa là trên hàng i_k ta tìm phần tử 0 , không nằm trên cột j_k (cột thiết yếu) và trên các cột trước đó đã có mặt trong dây chuyền đang xét .

+ Nếu không còn ô nào trên dây chuyền này ($k = 0$) , thì ta lại tìm phần tử 0 ở tường giao của hàng không chứa 0^* và cột không phải là thiết yếu . Nếu thấy phần tử 0 như thế , chẳng hạn trong ô (i'_0, j'_0) , ta lặp lại thao tác (bước 2.1) , xuất phát từ ô (i'_0, j'_0) . Nếu hết phần tử 0 như thế thì ta chuyển sang bước 3 .

Bước 3 . Xác định hàng thiết yếu) Lúc này chưa có đủ n phần tử 0^* và ở bước 2 ta đã xác định được các cột thiết yếu . Bây giờ ta cần xác định các hàng thiết yếu . Một hàng gọi là thiết yếu nếu hàng đó chứa phần tử 0^* ở cột không phải là thiết yếu .

König , chuyên gia về lý thuyết đồ thị người Hungari , đã chứng minh nguyên tắc sau đây làm cơ sở lý luận cho việc biến đổi tiếp ma trận C' ở bước 4 .

Nguyên tắc 3 . Số tối đa các phần tử 0^* (phần tử 0 được đánh dấu *) bằng số tối thiểu các hàng và cột thiết yếu . Hơn nữa , số hàng và cột này chứa trọn mọi phần tử 0 và 0^* của C' .

Bước 4 . (Biến đổi ma trận C') Giả sử α là số nhỏ nhất trong số các phần tử của ma trận C' thuộc hàng và cột không thiết yếu. Từ nguyên tắc 3 suy ra $\alpha > 0$, vì mọi phần tử 0 đều nằm trên các hàng và cột thiết yếu . Biến đổi các

phần tử trong C' bằng cách : trừ α vào mọi phần tử thuộc các hàng không thiết yếu và thêm α vào mọi phần tử thuộc các cột thiết yếu . Việc làm này tương đương với trừ α vào mọi phần tử thuộc hàng và cột không thiết yếu , và thêm α vào mọi phần tử thuộc hàng và cột đều là thiết yếu . Quay trở lại thực hiện bước 2 để đánh thêm dấu * cho các phần tử 0 trong ma trận thu được .

Để ý rằng sau khi biến đổi ma trận C' như trên , thì trong ma trận C'' vừa nhận được , các phần tử 0^* trong C' vẫn được giữ nguyên như cũ , và ở một số hàng không thiết yếu sẽ có thêm các phần tử 0 mới . Do đó tạo khả năng đánh thêm dấu * cho các phần tử 0 mới này .

Phương pháp vừa nêu có tên gọi phương pháp Hungari là để tưởng nhớ hai nhà toán học người Hungari tên là König và Egeváry , đã có công đầu tạo ra cơ sở lý luận cho phương pháp .

Phương pháp Hungari thuộc loại phương pháp tối ưu tổ hợp dựa trên các kết quả nghiên cứu của König và Egevary , và được Harold W . Kuhn phát triển và công bố năm 1955. Thuật toán Kuhn có độ phức tạp tính toán bằng $O(n^3)$, nó rất dễ được thực thi và lập trình trên máy tính .

2.3.2.3 : Ví dụ

Để minh họa cho các bước của thuật toán giải nêu trên, ta giải bài toán phân việc với $n = 4$ và ma trận chi phí như sau :

$$C = \begin{bmatrix} 5 & 6 & 7 & 7 \\ 3 & 2 & 6 & 2 \\ 1 & 6 & 9 & 4 \\ 2 & 5 & 8 & 7 \end{bmatrix}$$

Thực hiện bước 0, ta nhận được ma trận C' : Trên mỗi hàng, mỗi cột đều có chứa phân tử 0.

Ở bước 1, ta đánh dấu * cho phân tử 0 ở hàng 1, cột 1 và phân tử 0 ở hàng 2, cột 2 (vì trên cột 2 chưa có phân tử 0*). Hàng 3 và 4 chỉ có phân tử 0 ở cột 1 mà cột này đã có 0* ở hàng 1, vì thế không thể đánh dấu * được nữa. kết quả là mới có 2 phân tử 0*, ta chuyển sang thực hiện bước 2.

$$C' = \begin{bmatrix} 0^* & \dots & \dots & \dots & 0 & 2 \\ \vdots & & & & & \\ 1 & 0^* & 2 & 0 & & \\ \vdots & & & & & \\ 0 & 5 & 6 & 3 & & \\ \vdots & & & & & \\ 0 & 3 & 4 & 5 & & \end{bmatrix}$$

Bước 2 : Bắt đầu xét từ hàng 3 , hàng chưa có phân tử 0* . Ô đầu tiên của hàng này chứa phân tử 0 là ô (3, 1) . Ta tìm phân tử 0* trong cột 1 (thao tác A) và thấy 0* ở ô (1, 1) , tiếp đó ta tìm phân tử 0 trong hàng 1 (thao tác B) và thấy 0 ở ô (1, 3) . Lập lại thao tác A , ta thấy cột 3 không chứa phân tử 0* , như vậy ta có dây chuyền đan (mũi tên nét đứt trong ma trận C' trên đây):

$$0 \text{ trong ô } (3, 1) - 0^* \text{ trong ô } (1, 1) - 0 \text{ trong ô } (1, 3)$$

Trên dây chuyền này , đổi 0 thành 0* và ngược lại , ta nhận được ma trận C' mới . Trong C' bây giờ đã có 3 phần tử 0* .

$$C' = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0^* & 2 \\ 1 & 0^* & 2 & 0 \\ 0^* & 5 & 6 & 3 \\ 0 & 3 & 4 & 5 \end{bmatrix}$$

Ta lặp lại bước 2 : Bắt đầu từ hàng 4 (hàng đầu tiên từ trên xuống chưa có 0*) . Hàng này chứa 0 ở ô (4, 1) . Thực hiện thao tác (bước 2.1) , ta thấy cột 1 chứa 0* ở ô (3, 1) . Ta được dây chuyền , gồm hai ô : 0 trong ô (4, 1) – 0* trong ô (3, 1)

Thực hiện thao tác (bước 2.2) , ta thấy hàng 3 không có phần tử 0 nào khác , nên cột 1 là cột thiết yếu và loại khỏi dây chuyền hai ô (3, 1) và (4, 1) . Lúc này , không còn dây chuyền nào nữa và cũng không còn hàng nào không chứa phần tử 0* , nhưng có phần tử 0 trên cột không thiết yếu , nên ta chuyển sang thực hiện Bước 3 để xác định các hàng thiết yếu .

$$C' = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0^* & 2 \\ 1 & 0^* & 2 & 0 \\ 0^* & 5 & 6 & 3 \\ 0 & 3 & 4 & 5 \end{bmatrix}$$

Bước 3 : Bắt đầu từ hàng 1 , hàng này có 0* ở cột 3 (cột không thiết yếu) , nên hàng 1 là thiết yếu . Hàng 2 có 0* ở cột 2 (cột không thiết yếu) nên hàng 2 là thiết yếu . Hàng 3 có 0* ở cột 1 (cột thiết yếu) , nên hàng 3 không phải là thiết yếu . Hàng 4 không có 0* nên cũng không phải là thiết yếu . Như vậy , hàng 1, 2 và cột 1 là thiết yếu (kẻ nét đứt) : các hàng , cột này chứa được

mọi phần tử 0 và 0^* . Ta chuyển sang thực hiện bước 4 để điều chỉnh ma trận C' .

Bước 4 : Số nhỏ nhất trong các ô thuộc các hàng và cột không thiết yếu là 3 .
Trừ 3 vào các ô thuộc các hàng và cột không thiết yếu và thêm 3 vào các ô thuộc các hàng và cột đều là thiết yếu , ma trận C' bây giờ trở thành

$$C'' = \begin{bmatrix} 3 & 1 & 0^* & 2 \\ 4 & 0^* & 2 & 0 \\ 0^* & 2 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$

Trở lại thực hiện bước 2 , ta thấy hàng 4 chưa có phần tử 0^* .

a) Nếu xét phần tử 0 ở ô (4, 1) thì ta tìm được dây chuyền đơn

$$0 \text{ trong ô } (4, 1) - 0^* \text{ trong ô } (3, 1) - 0 \text{ trong ô } (3, 4)$$

Sau khi đổi 0 thành 0^* và ngược lại , ta nhận được ma trận C_1'' , trong đó đã có $n = 4$ phần tử 0^* : Dừng thuật toán .

b) Nếu xét phần tử 0 ở ô (4, 2) thì ta tìm được dây chuyền đơn

$$0 \text{ trong ô } (4, 2) - 0^* \text{ trong ô } (2, 2) - 0 \text{ trong ô } (2, 4)$$

Sau khi đổi 0 thành 0^* và ngược lại , ta nhận được ma trận C_2'' , trong đó đã có $n = 4$ phần tử 0^* : Dừng thuật toán .

$$C_1'' = \begin{bmatrix} 3 & 1 & 0^* & 2 \\ 4 & 0^* & 2 & 0 \\ 0 & 2 & 3 & 0^* \\ 0^* & 0 & 1 & 2 \end{bmatrix}, \quad C_2'' = \begin{bmatrix} 3 & 1 & 0^* & 2 \\ 4 & 0 & 2 & 0^* \\ 0^* & 2 & 3 & 0 \\ 0 & 0^* & 1 & 2 \end{bmatrix}.$$

Ma trận C_1'' cho lời giải : người 1 việc 3 , người 2 việc 2 , người 3 việc 4 , người 4 việc 1 . Tổng chi phí là $7 + 2 + 4 + 2 = 15$.

Ma trận C_2'' cho lời giải : người 1 việc 3 , người 2 việc 4 , người 3 việc 1 , người 4 việc 2 , cũng với tổng chi phí bằng $7 + 2 + 1 + 5 = 15$.

2.4: KẾT LUẬN CHƯƠNG 2

Chương 2 đã giới thiệu tổng quan về phương pháp điều khiển tối ưu từ đó đề xuất phương pháp điều khiển tối ưu và thiết lập bài toán điều khiển tối ưu cho đồ án . Phần đầu giới thiệu tổng quan về lý thuyết điều khiển tối ưu , các định nghĩa , điều kiện hạn chế , phân loại các bài toán điều khiển tối ưu . Phần tiếp theo , tác giả thiết lập bài toán điều khiển tối ưu sử dụng trong bộ tái cấu trúc , đề xuất sử dụng hệ thống điều khiển hở và bài toán điều khiển tối ưu tĩnh . Phần cuối cùng , tác giả trình bày hai bài toán tối ưu , làm cơ sở để đề xuất thuật toán tối ưu cho đồ án là bài toán Subset sum problem và bài toán Munkres ' Assignment Algorithm .

Việc áp dụng điều khiển tối ưu trong bài toán tái cấu trúc kết nối các tấm pin quang điện sẽ giúp tăng hiệu suất làm việc của hệ thống NLMT dưới điều kiện chiếu sáng . Tác giả đề xuất áp dụng bài toán điều khiển tối ưu tĩnh , với hệ thống điều khiển hở để xây dựng bộ tái cấu trúc có khả năng tác động nhanh , áp dụng được cho các hệ thống NLMT lớn.

Chương 3 :

XÂY DỰNG SÁCH LƯỢC TÁI CẤU TRÚC HỆ DỰA TRÊN BÀI TOÁN ĐIỀU KHIỂN TỐI ƯU

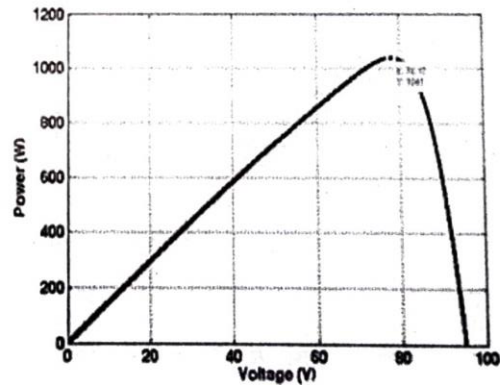
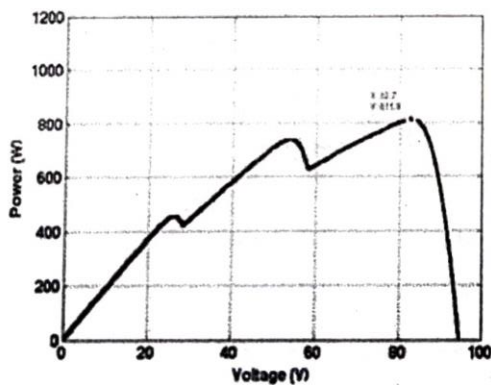
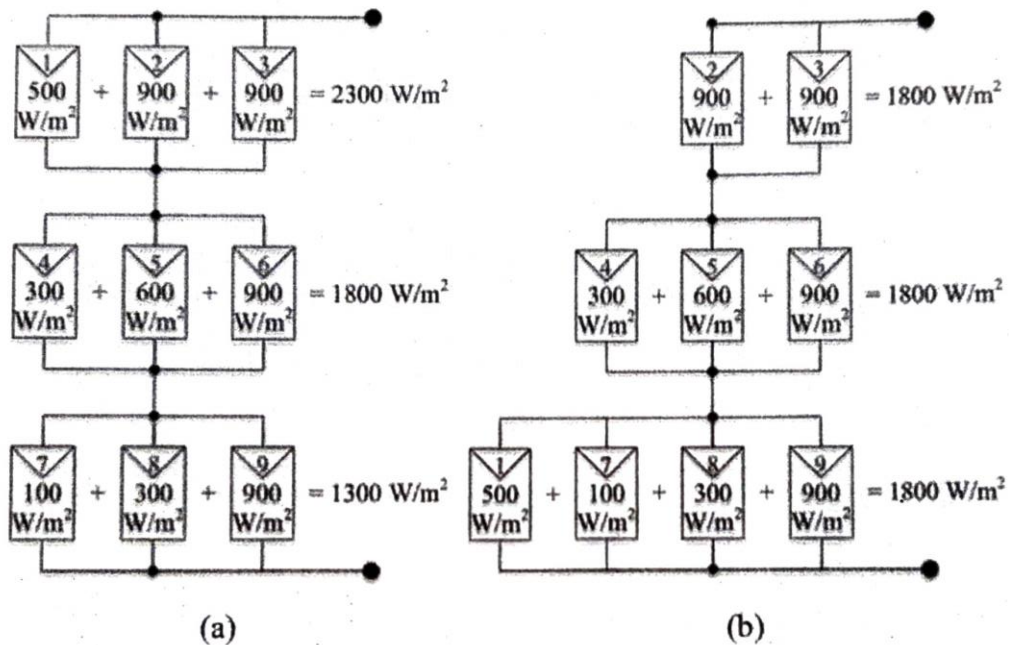
Trong chương 3 , tác giả phân tích chiến lược cân bằng bức xạ với mạch kết nối TCT bao gồm 02 bài toán lựa chọn cấu hình cân bằng bức xạ và lựa chọn phương pháp chuyển mạch tối ưu . Phần tiếp theo , tác giả đề xuất mô hình toán và 02 thuật toán cho bài toán lựa chọn cấu hình cân bằng bức xạ ; đề xuất mô hình toán và 02 thuật toán cho bài toán lựa chọn phương pháp chuyển mạch tối ưu . Mỗi thuật toán đều được chứng minh tính đúng đắn so với mô hình toán đề xuất , so sánh với các thuật toán của tác giả khác đã công bố .

Mô hình toán và các thuật toán tối ưu áp dụng cho bài toán lựa chọn cấu hình cân bằng bức xạ và lựa chọn phương pháp chuyển mạch tối ưu được tác giả công bố tại (CT1,2,3,9,10) .

3.1: CHIẾN LƯỢC CÂN BẰNG BỨC XẠ VỚI MẠCH KẾT NỐI TCT

Mạch kết nối TCT (Hình 1-13d) bao gồm các TPQĐ kết nối song song , các mạch song song được kết nối nối tiếp với nhau . Trong quá trình làm việc , các TPQĐ có thể nhận được bức xạ mặt trời là khác nhau , có thể do bóng của các tòa nhà , mây che phủ , tuyết , bóng của các vật bên cạnh dẫn đến bức xạ mặt trời nhận bởi mỗi TPQĐ khác khác nhau . Phương pháp cân bằng bức xạ cho mạch kết nối TCT chính là sắp xếp lại vị trí kết nối các TPQĐ nhằm mục đích cân bằng tổng mức độ bức xạ mặt trời tại các kết nối song song trong mạch TCT như ví dụ trong Hình 3-1 (CT1) . Trong Hình 3-1 , trước khi cân bằng bức xạ , mạch TCT với tổng bức xạ tại các hàng lần lượt là 2300W/m^2 , 1800W/m^2 , 1300W/m^2 (Hình 3-1a) . Sau khi thay đổi vị trí module như trong

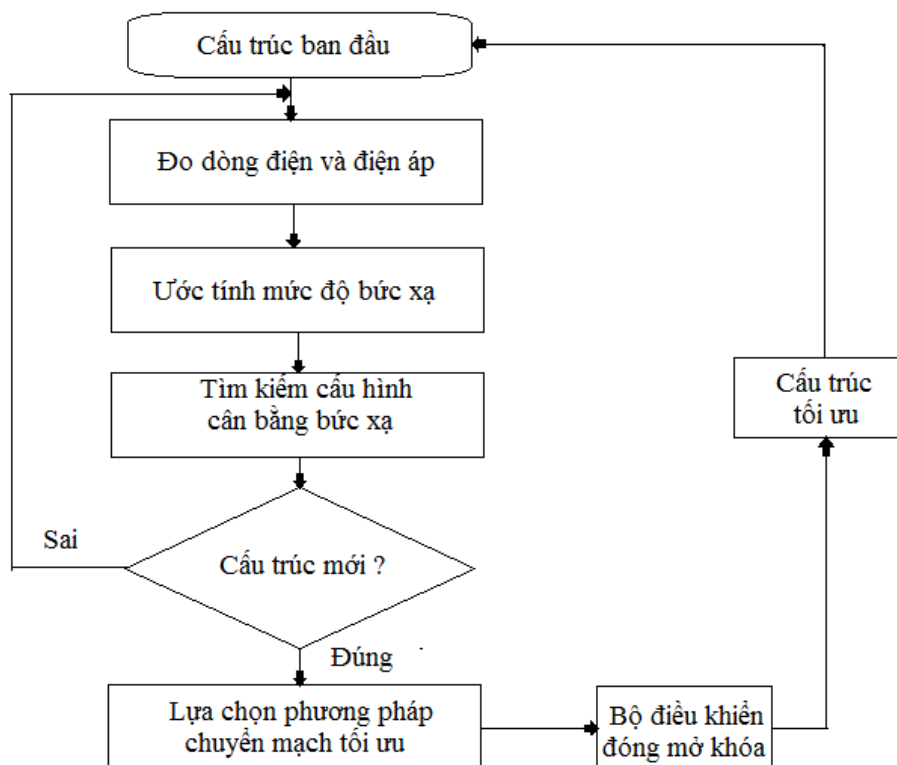
hình (module 1 chuyển từ hàng 1 xuống hàng 3), tổng mức độ chiếu sáng cân bằng là 1800W/m^2 tại các hàng (Hình 3-1b). Công suất cực đại trước khi cân bằng là $811,9\text{W}$ với hiện tượng Misleading (Hình 3-1c), sau khi cân bằng, công suất cực đại của hệ thống tăng lên 1041W với duy nhất một điểm cực đại, tránh được hiện tượng misleading (Hình 3-1d).



Hình 3-1: Ví dụ cân bằng bức xạ: (a) trước khi cân bằng; (b) sau khi cân bằng.

Biểu đồ công suất: (c) trước khi cân bằng với hiện tượng misleading; (d) sau khi cân bằng không còn hiện tượng misleading (CT1)

Phương pháp cân bằng bức xạ, nâng cao hiệu suất làm việc của hệ thống NLMT có thể tổng quát theo lưu đồ tại hình 3-2.



Hình 3-2: Lưu đồ phương pháp cân bằng bức xạ

pháp cân bằng bức xạ được thực hiện nhằm mục đích để hệ thống NLMT luôn luôn hoạt động với hiệu suất là cao nhất, được thực hiện lặp đi lặp lại trong khoảng thời gian nhất định. Trong khuôn khổ đề án, phần thực nghiệm tác giả chọn mỗi phút sẽ thực hiện tái cấu trúc 1 lần. Đối với điều kiện khí hậu ít biến đổi thời tiết đột ngột thì thời gian trên có thể lớn hơn, cho phép chọn vi điều khiển có tốc độ chậm hơn.

Mỗi lần tính toán cân bằng bức xạ bao gồm các bước:

Bước 1: Đo dòng điện và điện áp từng TPQĐ

Bước 2 : Ước tính bức xạ mặt trời nhận được tại từng TPQĐ .

Bước 3 : Áp dụng thuật toán tìm kiếm cấu hình cân bằng bức xạ , tìm cấu hình kết nối tối ưu của các TPQĐ .

Bước 4 : Kiểm tra cấu hình kết nối mới so với cấu hình kết nối ban đầu . Nếu là cấu trúc kết nối ban đầu thì quay lại bước 1 . Nếu là cấu trúc kết nối khác với cấu trúc ban đầu thì sang bước 5 .

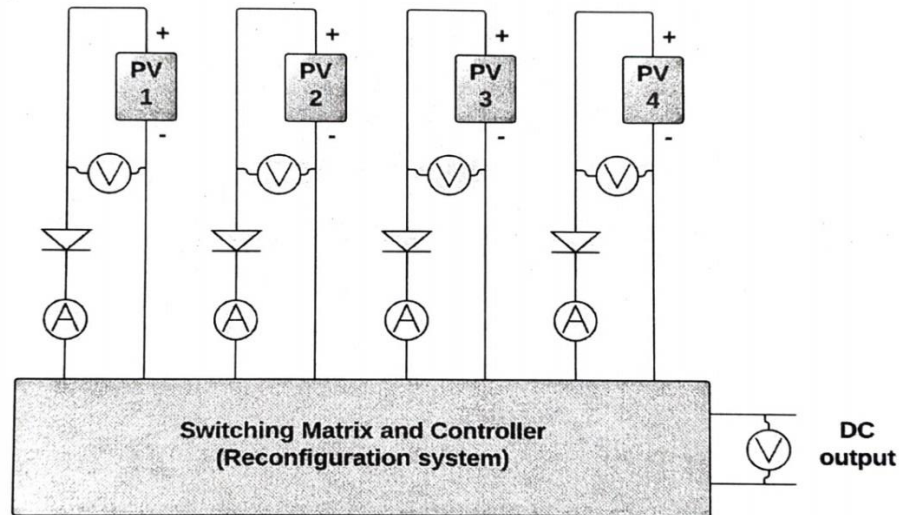
Bước 5 : Áp dụng thuật toán Tìm kiếm phương pháp chuyển mạch tối ưu . Phương pháp chuyển mạch tối ưu là phương pháp sử dụng ít số lần đóng mở khóa nhất , giúp kéo dài tuổi thọ của ma trận chuyển mạch .

Bước 6 : Điều khiển ma trận chuyển mạch đóng mở khóa theo phương pháp đã tìm kiếm ở bước 5 , có được cấu hình kết nối mới cho hiệu suất làm việc của hệ thống là tốt nhất .

Chiến lược cân bằng bức xạ với mạch kết nối TCT bản chất là tìm vị trí kết nối mới của các TPQĐ sao cho tổng bức xạ mặt trời là chênh lệch ít nhất trên các mạch kết nối song song là bài toán khó tìm lời giải tối ưu toàn cục . Ngoài ra các thuật toán đề xuất cân đảm bảo tốc độ xử lý nhanh trong thời gian thực do trong thực tế , bức xạ mặt trời thay đổi do ảnh hưởng bởi các yếu tố như đám mây thường thay đổi rất nhanh . Các thuật toán đã đề xuất tác giả phân tích tại mục 1.2.3 có ưu điểm tốc độ tính toán nhanh thì độ chính xác thấp hoặc ngược lại độ chính xác cao thì tốc độ xử lý chậm , không đáp ứng được trong thời gian thực . Việc đề xuất phương pháp đảm bảo độ chính xác cao , có thể xử lý trong thời gian thực là thách thức khó khăn mà rất nhiều các nhà

ngiên cứu trên thế giới đang hướng đến . Trong phần tiếp theo , tác giả đề xuất các thuật toán mới nhằm đáp ứng 2 yếu tố trên .

3.2: ĐO DÒNG ĐIỆN , ĐIỆN ÁP CÁC TPQĐ



Hình 3-3: Mạch đo dòng điện, điện áp các TPQĐ

Trong quá trình hoạt động , các TPQĐ được kết nối nối tiếp hoặc song song . Do đó dòng điện , điện áp từng TPQĐ bị ảnh hưởng lẫn nhau như phần 1.1.4 đã phân tích . Để có thể đo chính xác dòng điện và điện áp tạo bởi mỗi TPQĐ làm cơ sở ước tính bức xạ mặt trời nhận được bởi mỗi TPQĐ là một thách thức lớn . Trong đề án này , tác giả đề xuất phương pháp đo như Hình 3-3 (ví dụ mạch đo cho 4 TPQĐ) (CT9) .

Trong quá trình hoạt động bình thường của hệ thống , mỗi phút thiết bị đo điện áp đo điện áp mỗi TPQĐ . Việc mắc song song thiết bị đo điện áp với TPQĐ , cùng nối tiếp với diode sẽ giúp thiết bị đo chính xác điện áp mỗi TPQĐ mà không bị ảnh hưởng bởi các TPQĐ khác . So sánh kết quả mới đo được tại mỗi TPQĐ với kết quả đo trước đó .

- Nếu như sai số nhỏ hơn 1 giá trị ϵ cho trước thì coi như bức xạ mặt trời không thay đổi , hệ thống vẫn hoạt động bình thường .

- Nếu sai số lớn hơn giá trị ε , chúng tỏ bức xạ mặt trời đã thay đổi tại mỗi TPQĐ . Trong trường hợp này , ma trận chuyển mạch sẽ ngắt kết nối các TPQĐ , sau đó thiết bị đo sẽ đo dòng điện , điện áp riêng từng TPQĐ , cho độ chính xác cao .

3.3: ƯỚC TÍNH BỨC XẠ MẶT TRỜI

Bức xạ mặt trời được tính dựa trên kết quả đo dòng điện, điện áp và thông số định mức của TPQĐ. Áp dụng công thức tính bức xạ mặt trời (3-1) ước tính độ bức xạ nhận được của mỗi TPQĐ.

$$G = \frac{G_{STC}}{I_{LSTC} + \mu_{1sc}(T_c - T_{CSTC})} \left[I + I_0 \left(e^{\frac{V+IR_S}{N_S A k \frac{T_c}{q}}} - 1 \right) + \frac{V + IR_S}{R_{Sh}} \right] \quad (3.1)$$

Trong đó:

- G : bức xạ mặt trời , đơn vị W/m^2 ,
- I,V : giá trị dòng điện , điện áp đo được tại TPQĐ ,
- G_{STC} : giá trị bức xạ mặt trời ở điều kiện tiêu chuẩn ($1000W/m^2$) ,
- I_{LSTC} : dòng điện tạo ra bởi TBQĐ tại điều kiện tiêu chuẩn ,
- μ_{1sc} : hệ số nhiệt độ dòng ngắn mạch ,
- T_c : nhiệt độ của TBQĐ ,
- T_{CSTC} : nhiệt độ tại điều kiện tiêu chuẩn ($298.15K$) ,
- I_0 : dòng bão hòa ,
- R_S : điện trở nối tiếp ,
- R_{SH} : điện trở song song ,
- N_S : số TBQĐ kết nối nối tiếp trong TPQĐ ,

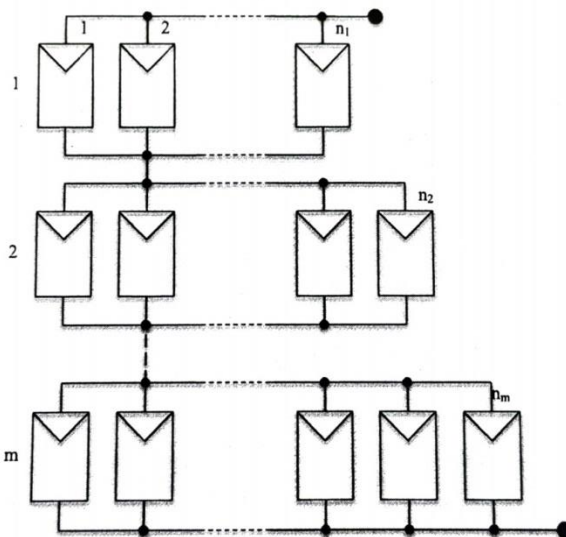
- A : hệ số chất lượng của đi ốt ,
- k : hằng số Boltzmann ,
- q : điện tích electron ,
- T_c : nhiệt độ của TBQĐ .

Khi thực hiện tính toán 1 phút/lần , công thức (3-1) đáp ứng yêu cầu tốc độ xử lý trong thời gian thực . Dữ liệu bức xạ mặt trời được sử dụng làm dữ liệu đầu vào cho 02 bài toán tối ưu tác giả sẽ trình bày tại phần sau .

3.4: ĐỀ XUẤT MÔ HÌNH TOÁN VÀ 02 THUẬT TOÁN CHO BÀI TOÁN TÌM KIẾM CẤU HÌNH CÂN BẰNG BỨC XẠ

Mô hình toán đề xuất được công bố tại (CT8) , thuật toán DP được công bố tại (CT1) , thuật toán SC công bố tại (CT3) .

3.4.1: Xây dựng mô hình toán



Hình 3-4: Mạch kết nối TCT tổng quát

Hình 3-4 là cấu trúc hệ thống NLMT sử dụng mạch TCT tổng quát , bao gồm m hàng kết nối nối tiếp , hàng thứ i bao gồm n_i TPQĐ kết nối : song song .

Nếu ta coi G_{ij} là giá trị chiếu sáng của tấm pin quang điện thuộc hàng i và cột j trong mạch TCT . Tổng mức độ chiếu sáng trong của hàng i là G_i , được xác định theo công thức :

$$G_i = \sum_{j=1}^{n_i} G_{ij} \quad (3.2)$$

Với n_i là số TPQĐ kết nối song song thuộc hàng thứ i. Sau khi tái cấu trúc, chỉ số cân bằng (EI) [63] cho cấu trúc mới được tính theo công thức:

$$EI = \max_{i=1,m}(G_i) - \min_{i=1,n}(G_i) \quad (3.3)$$

Cấu trúc có chỉ số EI nhỏ nhất là cấu trúc kết nối cho công suất hệ thống là tốt nhất. Cấu trúc đó sẽ được lựa chọn.

Tổng quát hàm mục tiêu của phương pháp:

$$EI = \max_{i=1,m} \left(\sum_{j=1}^{n_i} G_{ij} \right) - \min_{i=1,n} \left(\sum_{j=1}^{n_i} G_{ij} \right) \rightarrow 0 \quad (3.4)$$

Ràng buộc:

$$\begin{cases} n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_m = n \\ G_{i1} + G_{i2} + G_{i3} + \dots + G_{in_i} = G_i \\ n_i > 0 \\ G_{ij} \geq 0 \\ i = \overline{1, m} \quad ; \quad j = \overline{1, n_i} \end{cases} \quad (3.5)$$

Trong đó:

- EI : chỉ số cân bằng,
- n : tổng số tấm pin quang điện,
- m : số hàng trong mạch TCT
- n_i : số tấm pin quang điện hàng i ,
- G_{ij} : độ bức xạ tại tấm pin quang điện hàng i , cột j ,
- G_i : tổng bức xạ tại hàng i .

Hàm mục tiêu (3-4) nhằm mục đích lựa chọn cấu hình sao cho sự chênh lệch bức xạ trong các hàng là nhỏ nhất , nghĩa là hàng có tổng bức xạ mặt trời nhiều nhất trừ đi hàng có tổng bức xạ mặt trời ít nhất có độ chênh lệch nhỏ nhất , EI bằng 0 là trường hợp lý tưởng .

Các ràng buộc (3-5) : Tổng số TPQĐ không đổi ; G_i là tổng bức xạ mặt trời tại hàng i; tổng số TPQĐ tại mỗi hàng đều lớn hơn 0 ; Mỗi TPQĐ có bức xạ mặt trời nhận được lớn hơn hoặc bằng 0 .

Phần tiếp theo , tác giả trình bày phương pháp áp dụng và đề xuất 02 thuật toán cho bài toán tìm kiếm cấu hình cân bằng bức xạ (CT1,2,3)

3.4.2 : Thuật toán quy hoạch động (Dynamic programming)

3.4.2.1 : Phương pháp áp dụng

Nội dung bài toán Subset sum problem và giải thuật quy hoạch động (DP) được tác giả trình bày trong phần trước . Trong phần này , tác giả đề xuất phương pháp áp dụng giải thuật DP cho bài toán tìm kiếm cấu hình cân bằng bức xạ , đề xuất này đã được công bố tại CT1 .

Xét mạch kết nối TCT tổng quát Hình 3-4 . Hệ thống gồm m hàng , các hàng kết nối nối tiếp . Hàng thứ i gồm n_i TPQĐ kết nối song song . Bức xạ mặt trời cho bởi mỗi TPQĐ là G_{ij} với i, j tương ứng là chỉ số hàng và chỉ số cột vị trí đặt TPQĐ .

Tổng bức xạ mặt trời nhận được tại hàng i:

$$G_i = \sum_{j=1}^{n_i} G_{ij} \quad (3.6)$$

Tổng số tấm pin quang điện:

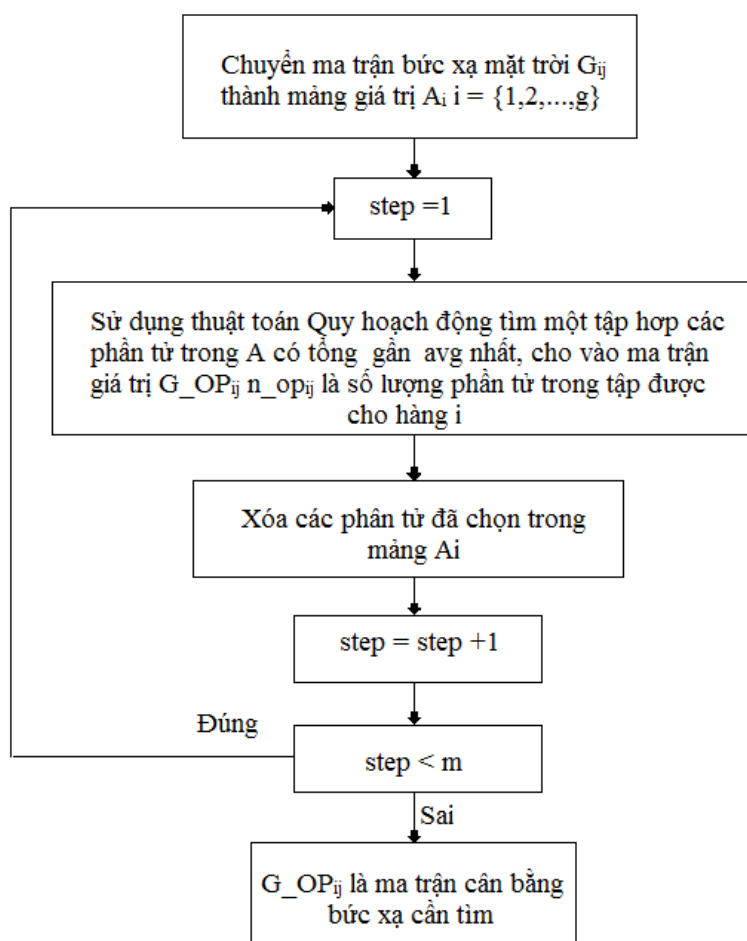
$$g = \sum_{i=1}^m n_i \quad (3.7)$$

Số lượng hàng của hệ thống NLMT là m sau khi tìm cấu hình kết nối tối ưu có thể khác với số hàng k (của cấu trúc ban đầu) , phụ thuộc vào tính toán dải điện áp đầu vào đủ điều kiện đáp ứng cho bộ biến đổi điện .

Tổng bức xạ mặt trời trên mỗi hàng trong cấu hình kết nối tối ưu lý tưởng bằng giá trị trung bình tổng bức xạ mặt trời tại tất cả các TPQĐ chia cho các hàng :

$$avg = \frac{\sum_{i=1}^m G_i}{m} \quad (3.8)$$

Phương pháp áp dụng:



Hình 3-5: Lưu đồ phương pháp áp dụng thuật toán quy hoạch động trong bài toán tìm ma trận cân bằng bức xạ

Phương pháp áp dụng cho mỗi lần chuyển mạch được thực hiện theo lưu đồ thuật toán Hình 3-5 . Bao gồm các bước chính sau:

Bước 1 : Tại cấu hình kết nối ban đầu , ma trận G_{ij} là giá trị bức xạ mặt trời tại mỗi TPQĐ , Chuyển các giá trị của ma trận G_{ij} , thành mảng giá trị A_i , với $i = \{ 1,2 , \dots ,g \}$

Bước 2 : Áp dụng thuật toán Quy hoạch động trong bài toán Subset sum problem chọn ra trong tập A một số phần tử có tổng giá trị bằng hoặc gần với giá trị avg nhất , đặt vào ma trận giá trị G_OP_{ij} . Số lượng phần tử trong hàng i của tập G_OP_{ij} , vừa chọn ra đặt là n_op_i .

Bước 3 : Lặp lại bước 2 cho đến khi chọn hết m hàng trong ma trận G_OP_{ij} ,

Bước 4 : Ma trận G_OP_{ij} chính là ma trận cân bằng bức xạ

Hệ quả sử dụng thuật toán Quy hoạch động , tại mỗi bước :

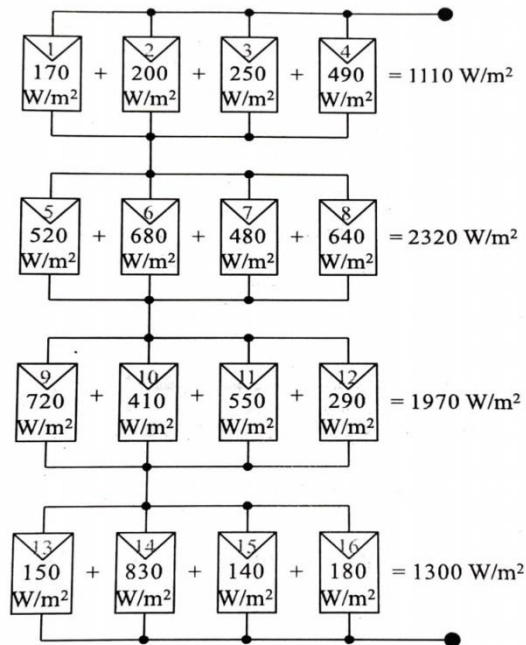
$$G_OP_i = \sum_{j=1}^{j=n_OP_i} G_OP_{ij \rightarrow avg} \quad (3.9)$$

$$\Rightarrow EI = \max_{i=1,m}(G_OP_i) - \min_{i=1,n}(G_OP_i) \rightarrow 0 \quad (3.10)$$

Vậy G_OP là cấu hình kết nối cân bằng bức xạ , thỏa mãn hàm mục tiêu (3-4) đã trình bày tại phần 3.4.1 .

3.4.2.2 : Ví dụ minh họa

Xét hệ thống NLMT gồm 16 TPQĐ , mạch kết nối TCT , dưới điều kiện chiếu sáng không đồng nhất , mỗi TPQĐ nhận được bức xạ mặt trời là khác nhau như Hình 3-6 .



Hình 3-6: Hệ thống NLMT dưới điều kiện thiếu sáng không đồng nhất
Ma trận bức xạ mặt trời (Hình 3-7) ban đầu G , với G_{ij} tương ứng với giá trị bức xạ mặt trời của TPQĐ thuộc hàng i và cột j .

170	200	250	490
520	680	480	640
720	410	550	290
150	830	140	180

Hình 3-7: Ma trận bức xạ mặt trời $G(W/m^2)$

Tính giá trị trung bình bức xạ mặt trời lên các hàng:

$$avg = \frac{\sum_{i=1}^m G_i}{m} = 1675w/m^2 \quad (3.11)$$

Sắp xếp vị trí giá trị bức xạ mặt trời theo chiều giảm dần từ trái qua phải, từ trên xuống dưới, vẫn giữ nguyên phân tử tại các hàng (Hình 3-8).

830	180	150	140
720	550	410	290
680	640	520	480
490	250	200	170

Hình 3-8: Sắp xếp lại ma trận G

Bước 1: Tạo bảng A chứa các giá trị của ma trận G (Hình 3-9)

803	180	150	140	720	550	410	290	680	640	520	480	490	250	200	170
A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉	A ₁₀	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃	A ₁₄	A ₁₅

Hình 3-9 . Mảng giá trị A gồm các phân tử của ma trận G

Bước 2 : Bắt đầu từ mảng các giá trị A , áp dụng thuật toán Quy hoạch động chọn ra các phân tử trong mảng giá trị A có giá trị bằng hoặc gần bằng avg nhất , sắp xếp vào hàng đầu tiên của ma trận G_OP (Hình 3-10) .

550	140	150	830

Hình 3-10: Hàng đầu tiên của ma trận G_OP

Xóa các phân tử đã chọn vào ma trận G_OP từ mảng A (Hình 3-11).

	180			720		410	290	680	640	520	480	490	250	200	170
A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉	A ₁₀	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃	A ₁₄	A ₁₅

Hình 3-11: Mảng giá trị A sau khi xóa 1 số phần tử

Sắp xếp lại vị trí các phần tử của mảng A, đưa phần tử lớn nhất lên đầu (Hình 3-12).

720	410	290	680	640	520	480	490	250	200	170	180
A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉	A ₁₀	A ₁₁

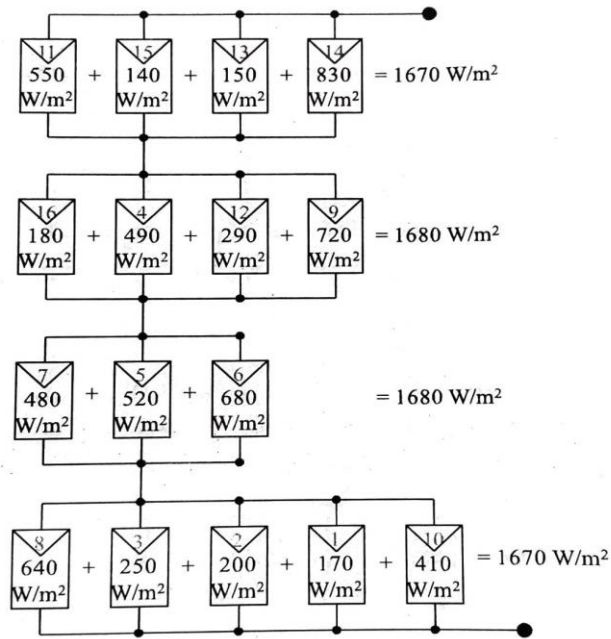
Hình 3-12: Mảng giá trị A sau khi sắp xếp lại

Bước 3: lặp lại bước 2 đến khi sắp xếp hết các phần tử từ mảng giá trị A vào ma trận G_OP . Hình 3-13 là ma trận cân bằng bức xạ G_OP sau khi sắp xếp hết các phần tử của mảng A.

550	140	150	830		=1670
180	490	290	720		=1680
480	520	680			=1680
640	250	200	170	410	=1670

Hình 3-13: Ma trận cân bằng bức xạ G_OP

Tương ứng với cấu hình kết nối các TPQĐ như hình 3-14:



Hình 3-14: Cấu hình kết nối hệ thống NLMT cân bằng bức xạ tương ứng với ma trận G_{OP}

Chỉ số cân bằng tính theo hàm mục tiêu (3-10):

$$EI = \max_{i=1,m} (G_{OP_i}) - \min_{i=1,n} (G_{OP_i}) = 0 \quad (3.12)$$

là phương pháp sắp xếp cân bằng bức xạ với dữ liệu đầu vào là ma trận G (Hình 3-7) .

3.4.2.3 : So sánh và đánh giá

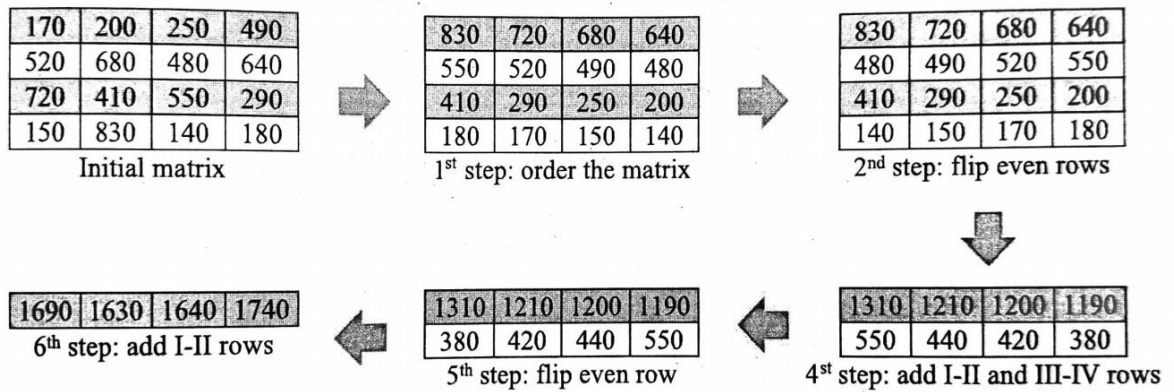
Phần so sánh và đánh giá nội dung thuật toán Dynamic Programming (DP) với các thuật toán các nhà nghiên cứu khác đã được tác giả trình bày tại (CT1)

Vấn đề lớn của hệ thống tái cấu trúc là tốc độ xử lý của thuật toán tái cấu trúc [6]. Như trong [47] việc thay đổi bức xạ mặt trời là liên tục, dẫn đến việc tính toán và thay đổi cấu trúc kết nối của mạch phải được thực hiện trong thời gian thực, yêu cầu thuật toán đề xuất có độ phức tạp thấp.

Velasco - Quesada và các cộng sự năm 2009 [43] đã đề xuất phương pháp cân bằng bức xạ. Trong phương pháp nghiên cứu của họ đã quan tâm đến việc giảm đi sự phức tạp của ma trận chuyển mạch, thời gian cho mỗi lần tái cấu trúc là 200ms cho 6 TPQĐ. Với những hệ thống lớn cần đến hàng giờ để tái cấu trúc.

Storey và các cộng sự năm 2013 [47] đề xuất thuật toán BWSA - một thuật toán sắp xếp lặp, thuật toán với tốc độ xử lý rất nhanh, số vòng lặp ít nhưng không cho kết quả tốt trong phần lớn các trường hợp. Một ví dụ trong Hình 3-15, nhận thấy thuật toán BWSA xử lý với rất ít bước lặp, tốc độ xử lý cao, nhưng kết quả không tốt so với thuật toán DP ($EI_{DP} = 10$) với cùng một dữ liệu đầu vào.

$$\begin{aligned} EI_{BWSA} &= \max_{i=1,m}(G_{OP_i}) - \min_{i=1,n}(G_{OP_i}) \\ &= 1740 - 1630 = 110 \end{aligned} \tag{3.13}$$



Hình 3-15: Ví dụ thuật toán BWSA [47]

Romano và các cộng sự [46] đã đề xuất 2 thuật toán khác nhau trong việc tìm cấu hình kết nối tối ưu dựa trên phương pháp cân bằng bức xạ là : Tìm kiếm ngẫu nhiên và thuật toán tìm kiếm xác định (đã phân tích mục 1.2.3a) , giải thuật này hỗ trợ việc tạo ra các hàng với số lượng TPQĐ là khác nhau , dẫn đến số lượng các cấu trúc kết nối tăng dẫn đến thời gian xử lý của thuật toán lâu , ngoài ra kết quả của thuật toán phụ thuộc nhiều vào số vòng lặp . Số vòng lặp càng nhiều thì kết quả càng tốt .

Thuật toán PP tác giả đề xuất với nhiều ưu điểm về tính chính xác đã được chứng minh, Về tốc độ xử lý, áp dụng cho hệ thống gồm g TPQĐ , m hàng và P là tổng bức xạ mặt trời thì độ phức tạp tính toán của thuật toán là $O(mgP)$, mất tối đa 30.72ms thời gian xử lý với CPU cấu hình Intel Core i5 2.5 Ghz để tái cấu trúc cho 16 TPQĐ với 4 hàng . Tốc độ xử lý này là phù hợp cho các hệ thống NLMT thực tế , ví dụ như ở Palermo (Italia) tốc độ gió tối đa là 6.4m/s , có nghĩa với các hệ thống NLMT 10-20m² thì việc che phủ của đám mây diễn ra trong một vào giây là trường hợp tồi tệ nhất đối với hệ thống NLMT , yêu cầu tốc độ chuyển mạch nhanh , so với tốc độ xử lý của DP thì việc áp dụng DP vào thực tế là khả quan .

Thuật toán DP đã được công trình công bố của Krishna [56] (SCI - Q1-2019) phân tích , đánh giá là một trong số ít các phương pháp " State of the art " (Bảng 1-9) đã chứng minh tính thời sự của thuật toán đã đề xuất .

3.4.3 : Thuật toán SmartChoice

Thuật toán SmartChoice là thuật toán lựa chọn thông minh tác giả đề xuất (CT2 , CT3) mục đích khắc phục các trường hợp đặc biệt của thuật toán DP . Trong một vài trường hợp đặc biệt , thuật toán DP không cho kết quả tốt , việc bổ sung thuật toán SC giúp khắc phục những trường hợp đó của thuật toán DP . Kết quả nào tốt hơn trong 02 thuật toán DP và SC được lựa chọn để làm cấu hình cân bằng bức xạ .

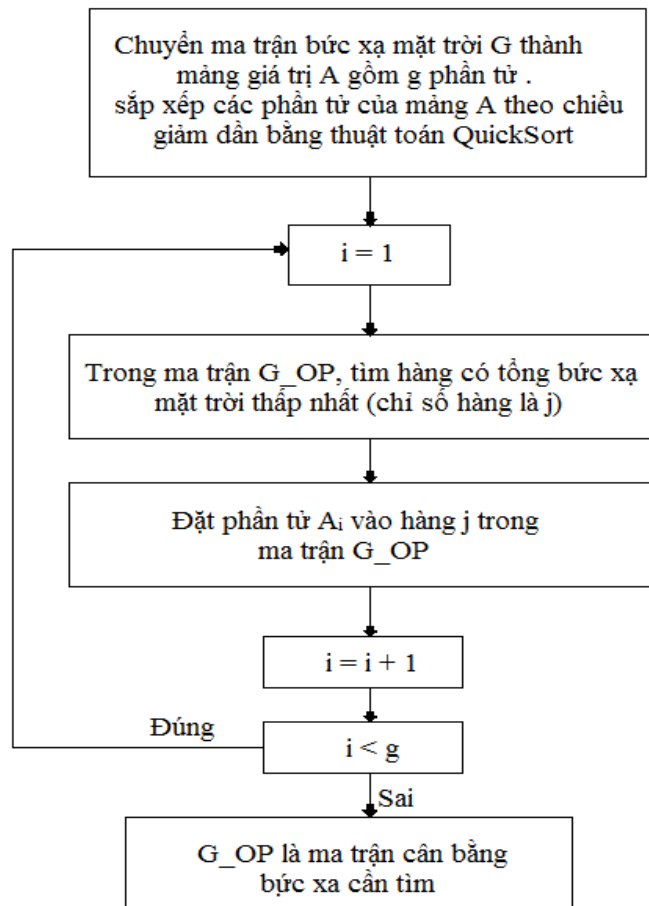
3.4.3.1 : Đề xuất thuật toán

Thuật toán lựa chọn thông minh (SC) nhằm mục đích tìm kiếm cấu hình cân bằng bức xạ , dựa trên thuật toán sắp xếp nhanh QuickSort . Giá trị bức xạ mặt trời tại tất cả các TPQĐ được sắp xếp thành mảng A , sử dụng thuật toán QuickSort để sắp xếp mảng A theo chiều giảm dần , sau đó :

- Lần lượt chọn TPQĐ có bức xạ mặt trời nhận được cao nhất , xếp vào hàng có tổng giá trị bức xạ mặt trời là thấp nhất .
- Trong trường hợp nhiều hàng có tổng giá trị bức xạ mặt trời thấp nhất như nhau , thì đặt TPQĐ đó vào hàng có chỉ số thấp nhất .

Sau khi sắp xếp xong toàn bộ các TPQĐ thì sẽ có được cấu hình cân bằng bức xạ .

3.4.3.2 : Phương pháp áp dụng



Hình 3-16: Lưu đồ phương pháp áp dụng thuật toán SC trong bài toán tìm cấu hình cân bằng bức xạ

Phương pháp áp dụng theo lưu đồ thuật toán Hình 3-16 , gồm các bước chính sau :

Bước 1 : Tại cấu hình kết nối ban đầu , ma trận G thể hiện giá trị bức xạ mặt trời tại mỗi TPQĐ . Chuyển các giá trị của ma trận G thành mảng giá trị A với g phần tử .

Sắp xếp mảng A theo giá trị giảm dần sử dụng thuật toán sắp xếp nhanh QuickSort .

Tạo giá trị $i = 1$ ứng với phần tử đầu tiên trong mảng giá trị A .

Bước 2 : Tìm hàng có tổng bức xạ mặt trời thấp nhất trong ma trận G_{OP} , trong trường hợp có nhiều hàng có tổng giá trị bức xạ thấp như nhau thì chọn hàng có chỉ số nhỏ nhất . Đặt mã hàng chọn là j .

Đặt giá trị A_j vào hàng j ở trong ma trận G_{OP} .

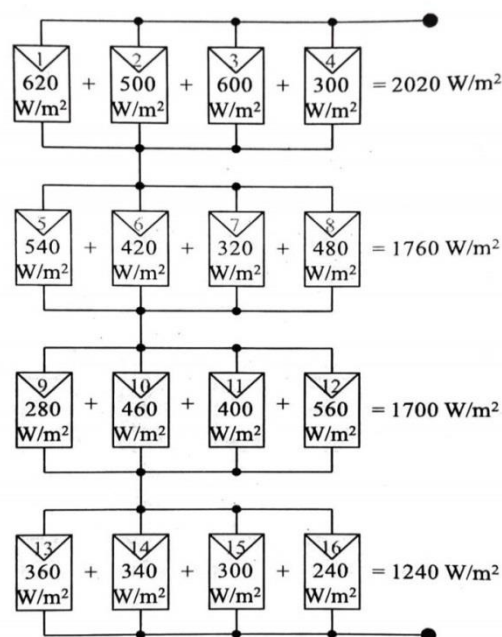
Tăng i lên 1 đơn vị .

Bước 3 : Lặp lại bước 2 cho đến khi đặt hết các phần tử trong mảng A vào ma trận G_{OP}

Bước 4 : Ma trận G_{OP} chính là ma trận cân bằng bức xạ

3.4.3.3 : Ví dụ minh họa

Xét hệ thống NLMT gồm 16 TPQĐ , sử dụng mạch kết nối TCT , dưới điều kiện chiếu sáng không đồng nhất, mỗi TPQĐ nhận được bức xạ mặt trời là khác nhau như hình 3-17:



Hình 3-17: hệ thống NLMT dưới điều kiện chiếu sáng không đồng nhất

Ma trận bức xạ mặt trời (Hình 3-18) ban đầu G , với G_{ij} tương ứng với giá trị bức xạ mặt trời của TPQĐ thuộc hàng i và cột j .

620	500	600	300
540	42	320	480
280	460	400	560
360	340	300	240

Hình 3-18: Ma trận bức xạ mặt trời $G(W/m^2)$

Bước 1 : Tạo mảng A chứa các giá trị của ma trận G (Hình 3-19)

620	500	600	300	540	420	320	480	280	460	400	560	360	340	300	240
A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{14}	A_{15}	A_{16}

Hình 3-19: Mảng giá trị A gồm các phần tử ma trận G

Sử dụng thuật toán QuickSort [64] sắp xếp các phần tử của mảng A theo chiều giảm dần (Hình 3-20)

620	600	650	540	500	480	460	420	400	360	340	320	300	300	280	240
A_0	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{14}	A_{15}

Hình 3-20: Mảng giá trị A gồm các phần tử ma trận G sau khi sắp xếp

Bước 2 : Lần lượt sắp xếp các phần tử từ mảng A (từ $i=1$ đến 16) vào ma trận G_{OP} , chi tiết tại hình 3-21.

Bước a					Bước b					Bước c				
620				= 620	620				= 620	620				= 620
				= 0	600				= 600	600				= 600
				= 0	560				= 560	560				= 560
				= 0	540				= 540	540	500			= 1040
Bước d					Bước e					Bước f				
620	420			= 1040	620	420	400		= 1440	620	420	400		= 1440
600	460			= 1060	600	460			= 1060	600	460			= 1060
560	480			= 1040	560	480			= 1040	560	480	360		= 1400
540	500			= 1040	540	500			= 1040	540	500			= 1040
Bước g					Bước h					Bước i				
620	420	400		= 1440	620	420	400		= 1440	620	420	400	240	= 1680
600	460	320		= 1380	600	460	320		= 1380	600	460	320	300	= 1680
560	480	360		= 1400	560	480	360		= 1400	560	480	360	280	= 1680
540	500	340		= 1380	540	500	340	300	= 1680	540	500	340	300	= 1680

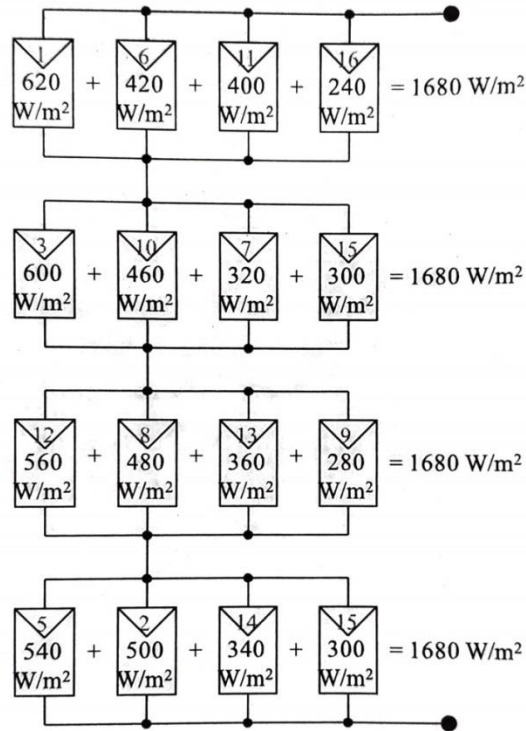
Hình 3-21: Từng bước sắp xếp phần tử từ mảng giá trị A vào ma trận G_OP

Hình 3-22: Là ma trận cân bằng bức xạ G_OP cần tìm

620	420	400	240	=1680
600	460	320	300	=1680
560	480	360	280	=1680
540	500	340	300	=1680

Hình 3-22: Ma trận cân bằng bức xạ G_OP

Ứng với cấu hình kết nối Hình 3-23:



Hình 3-23: Cấu hình kết nối hệ thống NLMT cân bằng bức xạ tương ứng với ma trận G_{OP}

Chỉ số cân bằng tính theo hàm mục tiêu (3-10):

$$EI = \max_{i=1,m} (G_{OP_i}) - \min_{i=1,n} (G_{OP_i}) = 0 \quad (3.14)$$

Là phương pháp sắp xếp cân bằng bức xạ với dữ liệu đầu vào là ma trận G (Hình 3-18).

3.4.3.4 So sánh và đánh giá quả tốt .

Thuật toán SC được tác giả đề xuất để khắc phục những trường hợp đặc biệt của thuật toán DP (CT3). Trong phần lớn các trường hợp , thuật toán DP cho kết ngược lại ở một vài trường hợp đặc biệt , thuật toán DP cho kết quả không tốt bằng thuật toán SC , ví dụ như trường hợp trong Hình 3-24 và Hình 3-25 : $EI_{DP} = 1000$ trong khi $Esc = 850$:

150	150	1000			
1000	1000	1000			
1000	1000	1000			
Ma trận G					

1000	1000	150	150	= 2300
1000	1000			= 2000
1000	1000	1000		= 3000
Ma trận G_OP sử dụng DP				

Hình 3-24: Ví dụ về thuật toán cân bằng bức xạ DP

150	150	1000			
1000	1000	1000			
1000	1000	1000			
Ma trận G					

1000	1000	150		= 2150
1000	1000	150		= 2150
1000	1000	1000		= 3000
Ma trận G_OP sử dụng SC				

Hình 3-25: Ví dụ về thuật toán cân bằng bức xạ SC

Thuật toán SC có ưu điểm số vòng lặp ít, độ phức tạp của quá trình tính toán là $O(n \log n)$. Việc kết hợp thuật toán SC và DP thành thuật toán lai (CT5), lựa chọn kết quả tốt hơn trong 2 thuật toán làm kết quả cuối cùng sẽ giúp tìm được kết quả tối cho bài toán cân bằng bức xạ.

Thuật toán SC đã được công trình công bố của Krishna [56] (SCI - Q1-2019) phân tích, đánh giá là một trong số ít các phương pháp "State of the art" (Bảng 1-9) đã chứng minh tính thời sự của thuật toán đã đề xuất.

3.5 : ĐỀ XUẤT MÔ HÌNH TOÁN VÀ 02 THUẬT TOÁN BÀI TOÁN LỰA CHỌN PHƯƠNG PHÁP CHUYỂN MẠCH TỐI ƯU

Trong quá trình nghiên cứu, nhận thấy việc lựa chọn phương pháp chuyển mạch từ cấu hình ban đầu đến cấu hình cân bằng bức xạ có ảnh hưởng rất lớn đến tuổi thọ của ma trận chuyển mạch. Mục đích kéo dài tuổi thọ của ma trận chuyển mạch, tác giả đề xuất bài toán lựa chọn phương pháp chuyển mạch tối ưu (CT1). Mô hình toán được công bố tại CT8, phương pháp áp dụng thuật

toán MAA công bố tại CT1 , đề xuất thuật toán MAA cải tiến công bố tại CT3

3.5.1 : Giới thiệu ma trận chuyển mạch Dynamic Electrical Scheme

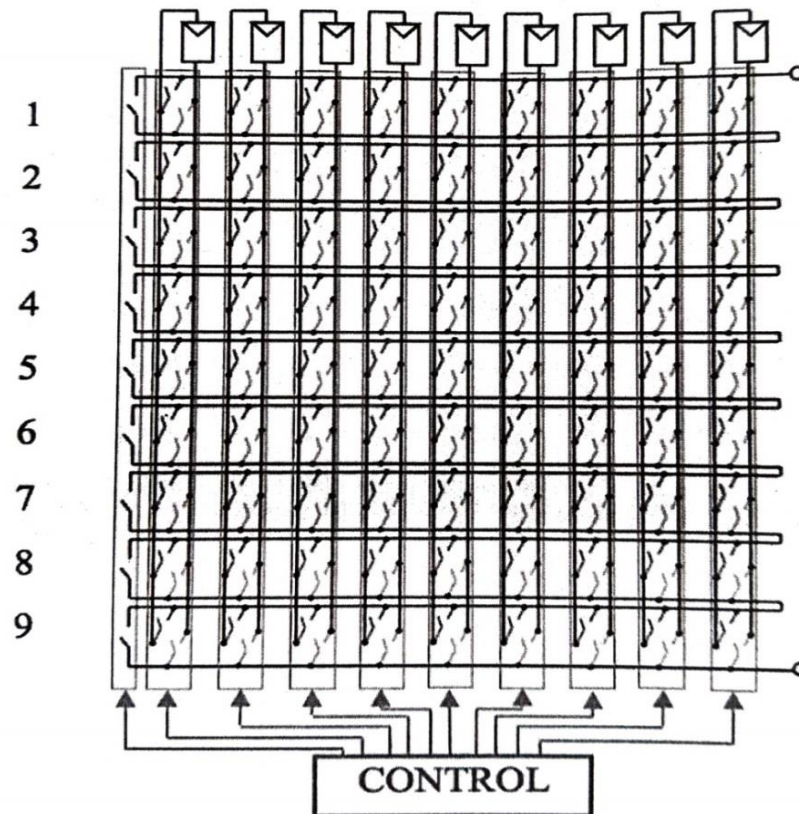
Trên thực tế , trong các hệ thống NLMT hiện nay , các TPQĐ được kết nối tĩnh , kết nối tĩnh tức là các TPQĐ được kết nối vật lý với số lượng các tấm pin nối tiếp hoặc song cố định theo thiết kế ban đầu , trong quá trình làm việc không thể thay đổi kết nối . Trong chiến lược tái cấu trúc kết nối , các TPQĐ trong hệ thống NLMT có thể thay đổi cấu trúc kết nối một cách tự động nhờ ma trận chuyển mạch DES .

Ma trận chuyển mạch DES (Hình 3-26) đã được đề xuất trong [46] nhằm mục đích thay đổi tùy biến kết nối của hệ thống NLMT , từ một cấu hình mạch kết nối ban đầu , thông qua các thao tác đóng mở khóa sẽ có được mạch kết nối mới với cấu trúc TCT bất kỳ .

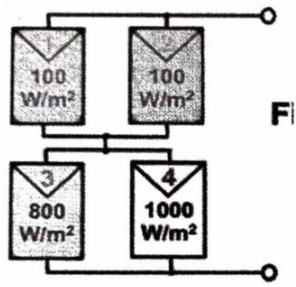
Ma trận chuyển mạch bao gồm các khóa đóng mở mạch . Tùy từng điều kiện thực tế , dòng điện , điện áp mà mỗi khóa phải chịu tải để lựa chọn khóa cho phù hợp . Với các hệ thống NLMT nhỏ (1kW) có thể sử dụng module Relay , đối với hệ thống lớn hơn phải sử dụng các Transistor chịu dòng , áp cao như :

- MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effective Transistor) : là transistor có cực công cách điện , bao gồm kênh dẫn điện DS được kiểm soát bởi cực cổng G cách điện bằng lớp oxide kim loại . Mosfet chịu dòng điện cực đại 1kA , điện áp cực đại 0,3kV .
- IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) : là transistor có cực điều khiển bởi điện áp , có khả năng đóng cắt nhanh và chịu tải lớn . IGBT điện áp cao (HVIGBT) khả năng chịu dòng cực đại 1,2 kA , áp cực đại 3,3kV .

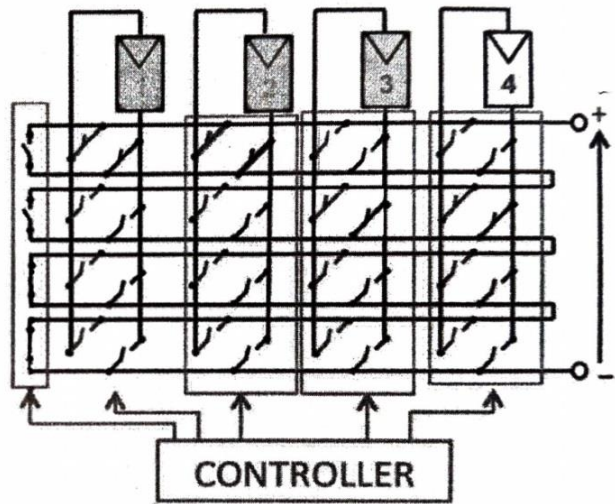
- IGCT (Insulated Gate Control Transistor) : IGCT là thiết bị điện tử công suất có khả năng kéo xung dòng điện lớn bằng dòng định mức dẫn qua cathode về mạch công G để đảm bảo ngắt nhanh dòng điện . Khả năng chịu áp khóa cao đến 6kV với độ tin cậy cao .



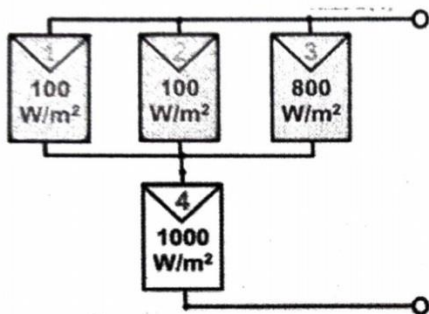
Hình 3-26: Ma trận chuyển mạch Dynamic Electrical Scheme (DES) [46]
 Ví dụ về hoạt động của ma trận chuyển mạch DES trong hình 3-27.



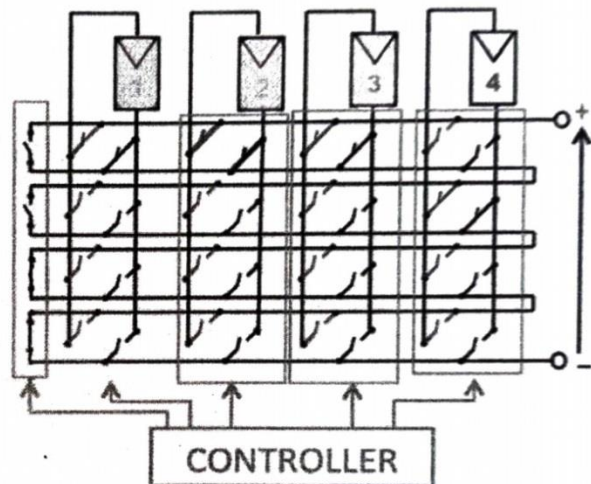
(a)



(b)



(c)

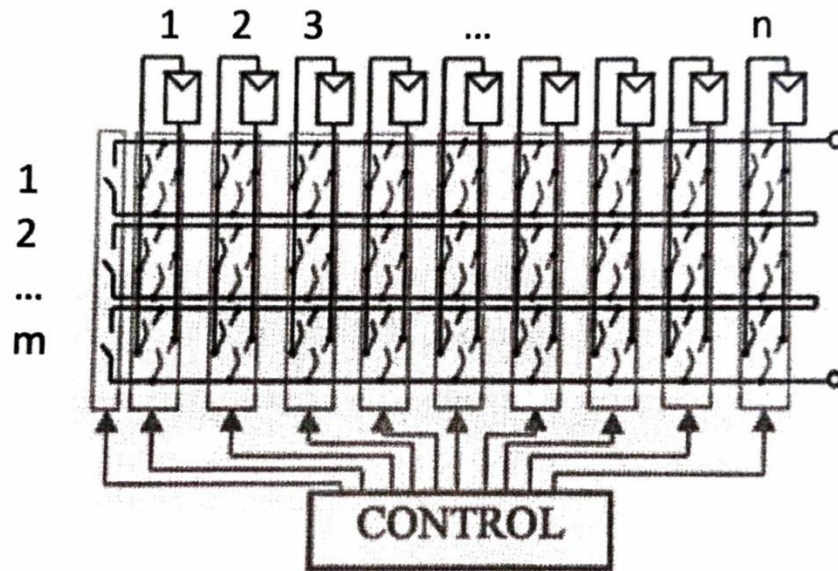


(d)

Hình 3-27: Ma trận chuyển mạch Dynamic Electrical Scheme (b-d) tương ứng với cấu trúc kết nối (a-c)

Thông qua ma trận chuyển mạch DES, từ mạch kết nối TCT ban đầu có thể thay đổi kết nối thành mạch TCT tổng quát như hình 3-4.

Hình 3-28 là ma trận chuyển mạch tổng quát DES cho n TPQĐ, nhờ ma trận chuyển mạch các TPQĐ trong mạch kết nối TCT có thể thay đổi vị trí trong tối đa m mạch song song.



Hình 3-28: Ma trận chuyển mạch DES tổng quát cho n tấm pin quang điện, m mạch song song

Ma trận chuyển mạch DES được thiết kế gồm các khóa đóng mở mạch, gồm 2 phần chính:

- Phần thứ nhất bao gồm m khóa đơn ngoài cùng bên trái có tác dụng phân tách từng hàng trong mạch TCT. Gọi mảng giá trị Q gồm m phần tử tương ứng với số lần đóng mở khóa của các khóa đơn.
- Phần thứ 2 bao gồm $m \times n$ khóa kép nằm ở giữa ma trận chuyển mạch DES có tác dụng chuyển vị trí kết nối các TPQĐ trong mạch TCT. Gọi ma trận giá trị S gồm m hàng và n cột tương ứng với số lần đóng mở khóa của các khóa kép.

Tổng quát số lần đóng mở khóa của ma trận chuyển mạch thể hiện trong Hình 3-29 :

Chỉ số hàng	Chỉ số cột				
		1	2	...	n
1	Q_1	S_{11}	S_{12}	...	S_{1n}
2	Q_2	S_{21}	S_{22}	...	S_{2n}
...
m	Q_m	S_{m1}	S_{m2}	...	S_{mn}

Hình 3-29: Mảng Q và ma trận S thể hiện số lần đóng mở khóa của ma trận chuyển mạch

Trong quá trình hệ thống NLMT và bộ tái cấu trúc hoạt động , sau mỗi lần tái cấu trúc , số lần đóng mở khóa của ma trận chuyển mạch thay đổi.

Quy ước về số lần đóng mở khóa:

- Tại thời điểm ban đầu

$$S_{ij} = 0 \quad \forall i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \quad (3.15)$$

- Trong quá trình hoạt động , khi thay đổi vị trí một TPQĐ p từ hàng I chuyển sang hàng j, số lần đóng mở khóa của ma trận S thay đổi như sau:

$$\begin{aligned} S_{ip} &= S_{ip} + 1 \\ S_{jp} &= S_{jp} + 1 \end{aligned} \quad (3.16)$$

Gọi z là số các TPQĐ đổi vị trí trong 1 lần tái cấu trúc thì số lần đóng mở khóa của ma trận chuyển mạch là $2 \times z$.

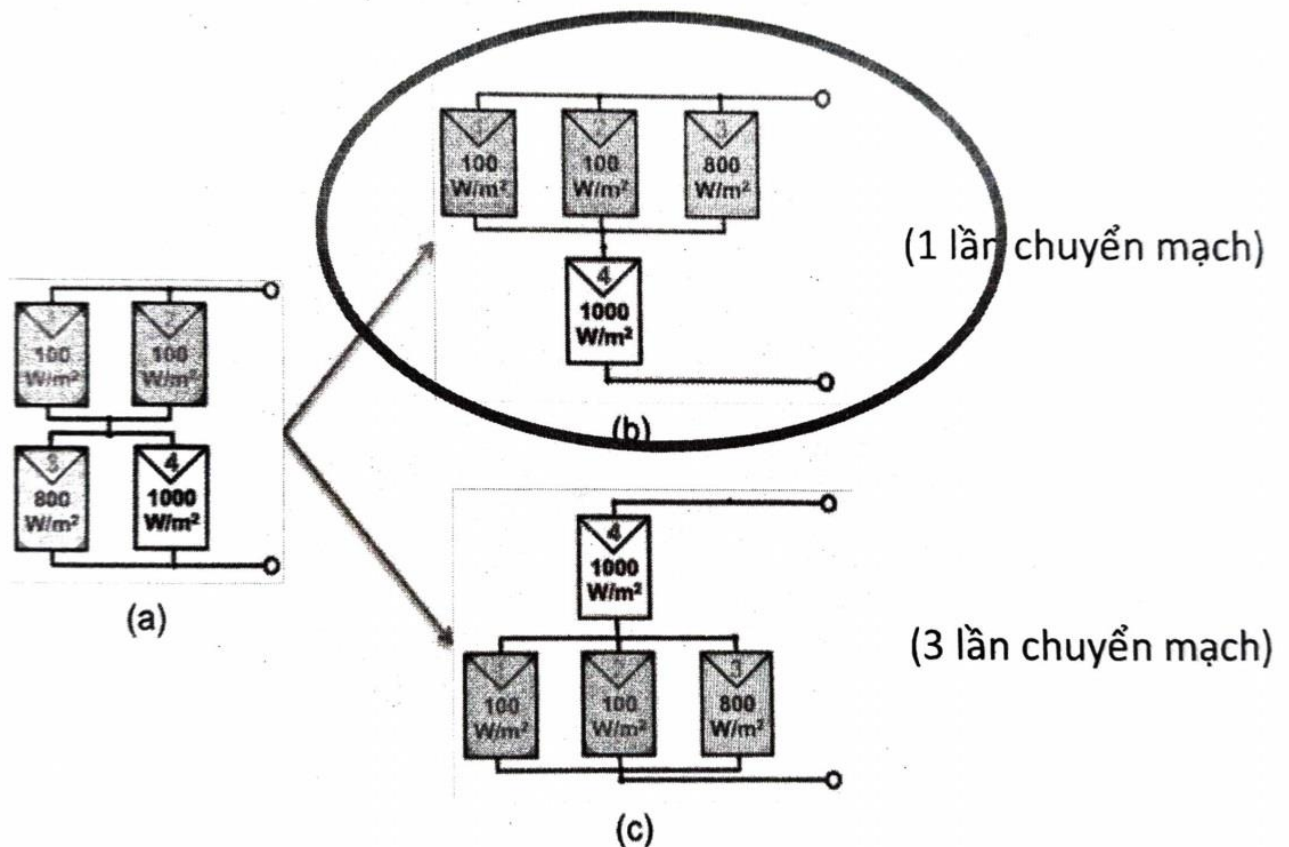
- Gọi MI là số lần đóng mở khóa tại lần tái cấu trúc thứ k , ta có :

$$MI_{step\ k} = \sum_{\substack{i=1 \\ j=1}}^{\substack{i=m \\ j=m}} (S_{ij})_{step\ k} - \sum_{\substack{i=1 \\ j=1}}^{\substack{i=m \\ j=m}} (S_{ij})_{step\ k-1} \quad (3.17)$$

- Gọi SI là chỉ số cân bằng của ma trận S , ta có :

$$\max_{\substack{i=\overline{1,m} \\ j=\overline{1,n}}} (S_{ij}) - \min_{\substack{i=\overline{1,m} \\ j=\overline{1,n}}} (S_{ij}) \quad (3.18)$$

3.5.2 : Đề xuất mô hình toán



Hình 3-30 . Ví dụ về cùng cấu hình cân bằng bức xạ nhưng có số lần chuyển mạch khác nhau

Bài toán lựa chọn phương pháp chuyển mạch tối ưu được áp dụng sau khi có kết quả của bài toán cân bằng bức xạ , nghĩa là khi có ma trận bức xạ mặt trời G ban đầu và ma trận cân bằng bức xạ G_{OP} . Mục đích điều khiển ma trận chuyển mạch chuyển từ cấu hình ban đầu G đến cấu hình cân bằng bức xạ G_{OP} sao cho số lần đóng mở khóa của ma trận chuyển mạch S là ít nhất .

Các nghiên cứu của tác giả Quesada [43] , Romano [46] , Wilson [47] , Matam [48] , Jazayeri [50] và Mahmoud [51] đã đề xuất các thuật toán tìm kiếm cấu hình cân bằng bức xạ , song đều chưa đề cập đến việc tìm phương pháp chuyển mạch tối ưu mà phương pháp chuyển mạch được sử dụng hoàn toàn dựa trên hệ quả của bài toán tìm kiếm cấu hình cân bằng bức

xạ , dẫn đến số lần chuyển mạch lớn , chưa quan tâm đến tuổi thọ của ma trận chuyển mạch .

Hình 3-30 là ví dụ về việc phương pháp chuyển mạch tối ưu . Hình 3-30a là cấu trúc kết nối ban đầu của hệ thống . Hình 3-30b và hình Hình 3-30c là 2 cấu trúc khác nhau của cùng 1 ma trận G_{OP} (kết quả của bài toán tìm cấu trúc cân bằng bức xạ) . Để chuyển mạch từ cấu trúc ban đầu (Hình 3-30a) đến cấu trúc cân bằng bức xạ 1 (Hình 3-30b) chỉ mất 1 lần chuyển vị trí TPQĐ (chuyển tám pin 3 từng hàng 2 lên hàng 1) , số lần đóng mở khóa bằng 2. Mặt khác , từ cấu trúc ban đầu đến cấu trúc cân bằng bức xạ 2 . (Hình 3-30c) mất 3 lần chuyển vị trí TPQĐ (chuyển tám pin 1 , 2 từ hàng 1 xuống hàng 2 ; chuyển tám pin 4 từ hàng 2 lên hàng 1) , trong trường hợp này số lần đóng mở khóa bằng 6. Vậy cấu hình kết nối nào với số lần đóng mở khóa ít nhất sẽ được lựa chọn .

3.5.2.1 : Bài toán tìm kiếm cấu hình với số lần đóng mở khóa sau mỗi lần tái cấu trúc là ít nhất .

MI là số lần đóng mở khóa trong 1 lần tái cấu trúc , S_{ij} là số lần đóng mở khóa của khóa có chỉ số hàng i và cột j trong Ma trận chuyển mạch . Hàm mục tiêu đặt ra số lần đóng mở khóa cho 1 lần tái cấu trúc là ít nhất .

Hàm mục tiêu :

$$(MI_{min})_{step\ k} = \sum_{\substack{i=1 \\ j=1}}^{i=m \\ j=m} (S_{ij})_{step\ k} - \sum_{\substack{i=1 \\ j=1}}^{i=m \\ j=m} (S_{ij})_{step\ k-1} \rightarrow 0 \quad (3.19)$$

Ràng buộc :

$$\begin{cases} S_{ij} \geq 0 \\ i=m \\ j=m \\ \sum_{\substack{i=1 \\ j=1}} (S_{ij})_{step\ 0} = 0 \end{cases} \quad (3.20)$$

Trong đó :

- m : số hàng trong mạch TCT,
- n : số tấm pin quang điện,
- $(MI_{min})_{step\ k}$: số lần đóng mở khoá ít nhất cho lần tái cấu trúc thứ k .

3.5.2.2 Bài toán cân bằng số lần đóng mở khóa của Ma trận chuyển mạch

Trong quá trình tái cấu trúc , TPQĐ thường xuyên bị che phủ sẽ thay đổi vị trí nhiều nhất , dẫn đến sự mất cân bằng trong số lần đóng mở của các khóa khác nhau trong ma trận chuyển mạch . Do đó , tuổi thọ của ma trận sẽ phụ thuộc vào tuổi thọ của khóa đóng mở nhiều nhất . Vậy trong nhiều trường hợp , phương pháp chuyển mạch với số lần đóng mở khóa ít nhất (gọi số lần đóng mở khóa ít nhất là Mimin) chưa chắc đã tối ưu , phải lựa chọn phương pháp

chuyển mạch khác , sao cho khóa có số lần đóng mở khóa lớn nhất là nhỏ nhất .

Hàm mục tiêu :

$$\left\{ \begin{array}{l} \max_{\substack{i=1,m \\ j=1,n}} (S_{ij})_{step\ k} - \max_{\substack{i=1,m \\ j=1,n}} (S_{ij})_{step\ k-1} \rightarrow 0 \\ MI_{step\ k} = \sum_{\substack{i=1 \\ j=1}}^{\substack{i=m \\ j=m}} (S_{ij})_{step\ k} - \sum_{\substack{i=1 \\ j=1}}^{\substack{i=m \\ j=m}} (S_{ij})_{step\ k-1} \rightarrow (MI_{min})_{step\ k} \end{array} \right. \quad (3.21)$$

Ràng buộc :

$$\left\{ \begin{array}{l} S_{ij} \geq 0 \\ \sum_{\substack{i=1 \\ j=1}}^{\substack{i=m \\ j=m}} (S_{ij})_{step\ 0} = 0 \end{array} \right. \quad (3.22)$$

Trong đó :

- m : số hàng trong mạch TCT,
- n : số tấm pin quang điện,
- $MI_{step\ k}$: số lần đóng mở khóa cho lần tái cấu trúc thứ k,
- $(MI_{min})_{step\ k}$: số lần đóng mở khóa ít nhất cho lần tái cấu trúc thứ k (theo hàm mục tiêu (3-19))

Sau khi lựa chọn được cấu hình cân bằng bức xạ và phương pháp chuyển mạch tối bộ điều khiển ra tín hiệu điều khiển các Khóa trong Ma trận chuyển

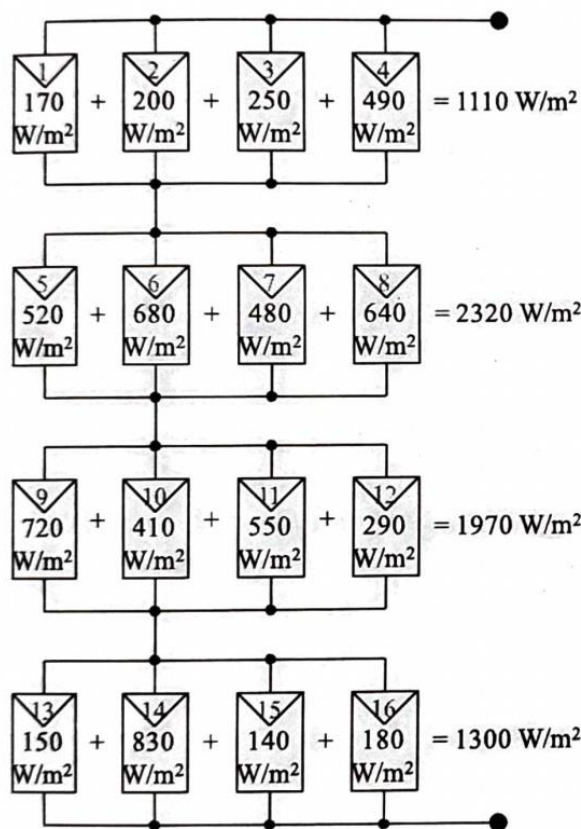
mạch đóng ở một cách hợp lý chuyển từ cấu hình kết nối ban đầu đến cấu hình kết nối cân bằng bức xạ .

Phần tiếp theo , tác giả trình bày 02 thuật toán cho bài toán lựa chọn phương pháp chuyển mạch tối ưu (CT1,3) .

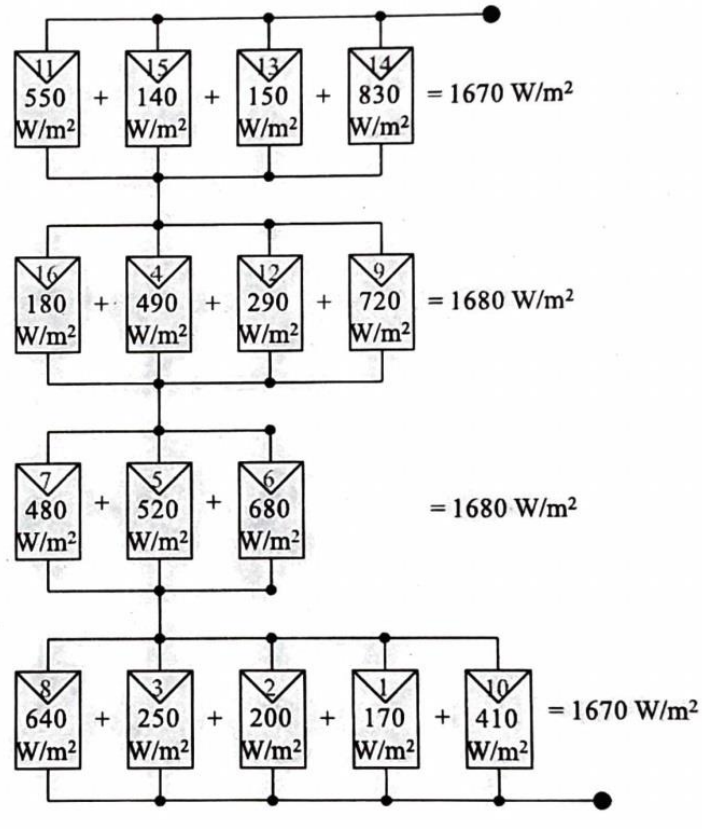
3.5.3 : Phương pháp tìm kiếm cấu hình với số lần chuyển mạch là ít nhất sử dụng MAA

Tại nghiên cứu được xuất bản năm 2015 (CT1) , tác giả đã áp dụng thuật toán MAA trong việc tìm kiếm cấu hình sao cho số lần đóng mở khóa từ cấu hình kết nối ban đầu đến cấu hình kết nối cân bằng bức xạ trong mỗi lần tái cấu trúc là ít nhất (mục 3.5.2a) .

Sau khi áp dụng giải thuật DP vào ví dụ mục 3.4.2b về tìm cấu hình cân bằng bức xạ có được kết quả như Hình 3-31 .



(a) Cấu hình kết nối ban đầu



(b) Cấu hình cân bằng bức xạ

Hình 3-31 : Ví dụ về tìm kiếm cấu hình kết nối cân bằng bức xạ

Trong ví dụ trên, để chuyển đổi cấu hình kết nối ban đầu về cấu hình cân bằng bức xạ cần 16 TPQĐ thay đổi vị trí, số lần đóng mở khóa trong ma trận chuyển mạch là $MI = 32$ (Hình 3-32).

Tấm pin	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Vị trí ban đầu	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4
Vị trí thay đổi	4	4	4	2	3	3	3	4	2	4	1	2	1	1	1	2
Số lần đóng mở khóa	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Hình 3-32 : Số liệu thay đổi vị trí kết nối của tấm pin quang điện

3.5.3.1 : Áp dụng thuật toán MAA

Theo phân tích mục 1.2.3a , Hình 1-23a là trường hợp đổi chỗ 2 TPQĐ trong cùng 1 hàng , Hình 1-23b là trường hợp đổi chỗ 2 hàng các TPQĐ Trong cả 2 trường hợp đều không làm thay đổi cấu hình vật lý sản xuất dòng điện DC của hệ thống .

Do đó có thể thay đổi vị trí các hàng , vị trí các phần tử trong một hàng trong cấu hình cân bằng bức xạ (Hình 3-31b) mà không làm thay đổi công suất của hệ thống NLMT

→ Phương pháp lựa chọn cấu hình chuyển mạch tối ưu chính là phương pháp sắp xếp lại vị trí các hàng trong cấu hình cân bằng bức xạ (G_{OP}) tương ứng với các hàng trong cấu hình kết nối ban đầu (G) sao cho số lần đóng mở khóa của ma trận chuyển mạch là ít nhất .

Phương pháp áp dụng MAA theo trình tự các bước :

Bước 1 :

- Coi m hàng trong ma trận G ban đầu tương ứng với m công nhân .
- Coi m hàng trong ma trận G_{OP} tương ứng với m công việc .
- Ma trận chi phí C được xây dựng theo nguyên tắc : C_{ij} , là số phần tử có mặt trong hàng i của ma trận G mà không có mặt trong hàng j của ma trận G_{OP} .

Bước 2 :

Áp dụng thuật toán MAA tìm tổng chi phí nhỏ nhất từ ma trận C.

$$z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m C_{ij}x_{ij} = \text{minimum} \quad (3.23)$$

với x_{ij} 1 khi sắp xếp công nhân i với công việc j .

Bước 3 :

Sắp xếp lại vị trí các hàng ma trận G_{OP} theo kết quả của MAA (hàng trong ma trận G ứng với hàng j trong ma trận G_{OP} khi $x_{ij} = 1$).

Sắp xếp lại thứ tự các phần tử trong từng hàng của ma trận G_{OP} tương ứng với ma trận G .

z là số TPQĐ nhỏ nhất thay đổi vị trí để tái cấu trúc ma trận kết nối ban đầu 6 đến ma trận cân bằng bức xạ GOP . Vậy số lần đóng mở khóa :

$$MI_{min} = 2 \times z = 2 \times \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m C_{ij}x_{ij} = \text{minimum} \quad (3.24)$$

Thỏa mãn hàm mục tiêu (3-19) tại mục 3.5.2a.

3.5.3.2 : Ví dụ minh họa

Xét 2 ma trận G và G_{OP} :

170	200	250	490
520	680	480	640
720	410	550	290
150	830	140	180

Ma trận G

550	140	150	830	
180	490	290	720	
480	520	680		
640	250	200	170	410

Ma trận G_OP

Bước 1 :

Tạo ma trận C là ma trận chi phí giữa các hàng của ma trận G và ma trận G_OP.

VD : $C_{11} = 4$ do cả 4 phần tử hàng 1 ma trận G: 170, 200, 250, 490 đều không xuất hiện trong hàng 1 ma trận G_OP.

4	3	4	1
4	4	1	3
3	2	4	3
1	3	4	4

Ma trận chi phí C

Bước 2 :

Áp dụng thuật toán Munkres tìm tổng chi phí nhỏ nhất từ ma trận C :

4	3	4	1
4	4	1	3
3	2	4	3
1	3	4	4

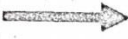
Bước 3 :

Sắp xếp lại các vị trí các hàng trong ma trận G_OP tương ứng với ma trận G :

640	250	200	170	410
480	520	680		
180	490	290	720	
550	140	150	830	

Sắp xếp lại các vị trí phần tử trong từng hàng của ma trận G_OP tương ứng với ma trận G :

170	200	250	490						
520	680	480	640			480	520	680	
720	410	550	290						
150	830	140	180						
Ma trận G									

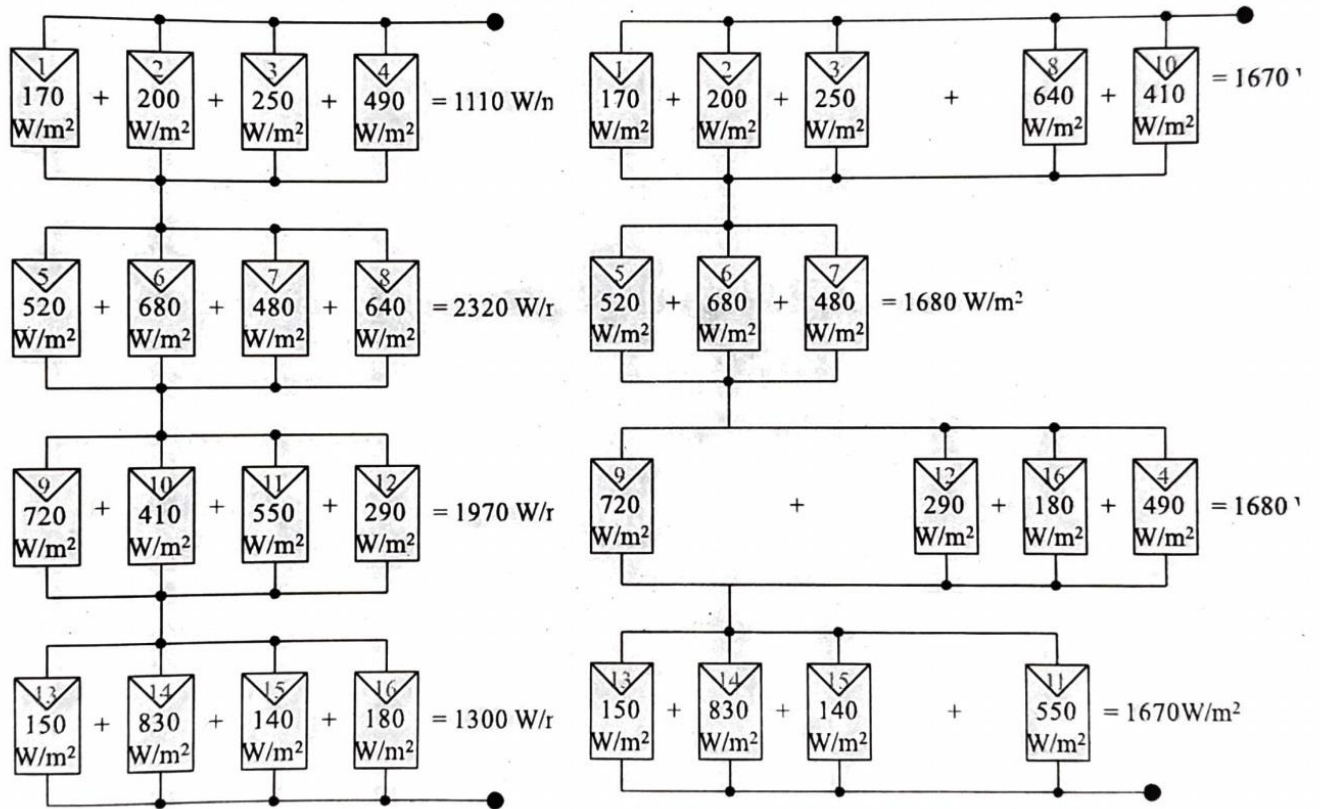


640						250	200	170	410
720			290			180	490		
150	830	140				550			
Ma trận G_OP									

Số TPQĐ thay đổi vị trí : 5

3.5.3.3 : Đánh giá kết quả

Căn cứ vào vị trí các phần tử của ma trận G và ma trận G_OP có được cấu hình kết nối Hình 3-33.



(a) Cấu hình kết nối ban đầu

(b) Cấu hình cân bằng bức xạ

Hình 3-33 : Ví dụ về tìm kiếm cấu hình kết nối cân bằng bức xạ

Sau khi áp dụng thuật toán MAA , tái cấu trúc từ cấu hình kết nối ban đầu đến cấu hình cân bằng bức xạ cần 5 TPQĐ thay đổi vị trí , số lần đóng mở khóa trong ma trận chuyên mạch là $MI_{MAA} = 10$ (Hình 3-34).

Tấm pin	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Vị trí ban đầu	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4
Vị trí thay đổi	1	1	1	3	2	2	2	1	3	1	4	3	4	4	4	3
Số lần đóng mở khóa	0	0	0	2	0	0	0	2	0	2	2	0	0	0	0	2

Hình 3-34 . Số liệu thay đổi vị trí kết nối của tấm pin quang điện

Sau khi áp dụng thuật toán MAA , số lần đóng mở khóa trong lần tái cấu trúc ví dụ đã giảm từ $MI = 32$ xuống $MI_{MAA} = 10$ giúp tăng tuổi thọ của ma trận chuyển mạch . Ngoài ra , phương pháp đề xuất áp dụng thuật toán MAA thỏa mãn hàm mục tiêu (3-19) .

Thuật toán MAA với độ phức tạp $O(m^3)$ với m là số hàng , trong trường hợp sử dụng CPU Intel Core i5 2.5GHz chỉ mất 0.122ms cho việc sắp xếp 16 TPQĐ trong mỗi lần tái cấu trúc (CT1) .

3.5.4 : Phương pháp cân bằng số lần đóng mở khóa của ma trận chuyển mạch sử dụng MAA cải tiến

Như đã phân tích mục 3.5.2b , cân bằng số lần đóng mở khóa của ma trận chuyển mạch là yếu tố rất quan trọng trong việc kéo dài tuổi thọ của ma trận chuyển mạch .

Trong nghiên cứu công bố tại (CT3) , tác giả đã đề xuất phương pháp cải tiến thuật toán MAA nhằm mục tiêu Cân bằng số lần đóng mở khóa của ma trận chuyển mạch , giúp kéo dài tuổi thọ của ma trận chuyển mạch hơn phương pháp cũ (mục 3.5.3) .

3.5.4.1 : Đề xuất phương pháp cải tiến thuật toán MAA

Thuật toán MAA nhằm mục đích tìm kiếm cách phân công công việc với chi phí nhỏ nhất khi cho n công nhân và n công việc.

Trong trường hợp , muốn gán cố định người công nhân thứ u làm việc thứ v , sau đó tìm cách phân công công việc cho $(n - 1)$ công nhân và $(n - 1)$ công việc còn lại , nghiên cứu sinh đề xuất phương pháp như sau :

Xét ma trận chi phí C Hình 3-35 :

Công nhân	Công việc					
	1	2	...	v	...	N
1	C_{11}	C_{12}		C_{1v}		C_{1n}
2	C_{21}	C_{22}		C_{2v}		C_{2n}
...						
u	C_{u1}	C_{u2}		C_{uv}		C_{un}
...						
v	C_{n1}	C_{n2}		C_{nv}		C_{nn}

Hình 3-35 : Ma trận chi phí C dạng tổng quát

Bước 1 : Trong ma trận chi phí C , tạo ma trận C' bằng cách xóa tất cả các giá trị C_{ij} thuộc hàng u và cột v .

Bước 2 : Áp dụng thuật toán MAA (mục 2.3.2) vào tìm tổng chi phí nhỏ nhất với ma trận C' gồm $(n-1) \times (n-1)$ phần tử còn lại.

Sau khi có kết quả của MAA cho ma trận C' . Tạo kết quả của ma trận C từ ma trận C' bổ xung thêm lựa chọn C_{uv} .

Kết quả chi phí nhỏ nhất thay đổi như sau :

$$z_{new} = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq u}}^n \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq v}}^n C_{ij} x_{ij} + C_{uv} \rightarrow \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} x_{ij} \quad (3.25)$$

Với các điều kiện :

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, i = 1, \dots, n \quad (3.26)$$

(mỗi công nhân chỉ làm 1 việc)

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, j = 1, \dots, n \quad (3.27)$$

(mỗi việc chỉ do 1 công nhân làm)

$$x_{ij} = 0 \text{ hay } 1, i = 1, \dots, n ; j = 1, \dots, n \quad (3.28)$$

(biến nhị nguyên)

3.5.4.2 Phương pháp áp dụng thuật toán MAA cải tiến

Bước 1 :

- Coi m hàng trong ma trận G ban đầu tương ứng với m công nhân .

- Coi m hàng trong ma trận G_OP kết quả tương ứng với m công việc .
- Ma trận chi phí C được xây dựng theo nguyên tắc : C_{ij} là số phần tử có mặt trong hàng i của ma trận G mà không có mặt trong hàng j của ma trận G_OP .

Bước 2 :

- Giả sử đang xét đến lần tái cấu trúc thứ k .
- Tìm giá trị S_{ij} lớn nhất trong ma trận đóng mở khóa $S_{\text{step } k-1}$, S_{ij} là khóa thuộc TPQĐj trong ma trận G.
- Tìm vị trí hàng u là vị trí của TPQĐj trong ma trận G.
- Tìm vị trí hàng v là vị trí của TPQĐj trong ma trận G.

Áp dụng thuật toán Munkres cải tiến (mục 3.5.4a) tìm tổng chi phí nhỏ nhất từ ma trận C trong khi gán cố định công nhân u với công việc v.

Ta có :

$$z_{new} = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq u}}^m \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq v}}^m C_{ij} x_{ij} + C_{uv} \rightarrow \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} x_{ij} \quad (3.29)$$

Với:

$x_{ij} = 1$ khi sắp xếp công nhân với công việc j .

$x_{uv} = 1$.

Bước 3 : Sắp xếp lại vị trí các hàng ma trận G_{OP} theo kết quả của Munkres (hàng i trong ma trận G ứng với hàng j ở trong ma trận G_{OP} khi $x_{ij} = 1$).

Sắp xếp lại thứ tự các phần tử trong từng hàng của ma trận G_{OP} tương ứng với ma trận G .

3.5.4.3 : Chứng minh

Xét tại lần tái cấu trúc thứ $k - 1$:

- Khóa có số lần đóng mở nhiều nhất :

$$\max S_{step\ k-1} = \max_{\substack{i=\overline{1,m} \\ j=\overline{1,n}}} (S_{ij})_{step\ k-1} \quad (3.30)$$

Tại lần tái cấu trúc thứ k :

Ưu điểm của thuật toán MAA cải tiến so với thuật toán MAA thông thường trong trường hợp sau: Trong phần lớn trường hợp, với thuật toán MAA thông thường sẽ thay đổi cấu trúc kết nối của TPQĐ bằng các di chuyển vị trí TPQĐ có số lần có số lần đóng mở khóa nhiều nhất dẫn đến:

$$\max S_{step\ k} = \max S_{step\ k-1} + 1 \quad (3.31)$$

Với thuật toán MAA cải tiến , sẽ không thay đổi vị trí của TPQĐ có số lần chuyển đổi nhiều nhất dẫn đến :

$$\max S_{step\ k} = \max S_{step\ k-1} \quad (3.32)$$

→ Thỏa mãn hàm mục tiêu thứ nhất trong công thức (3-21) mục 3.5.2b.

Ngoài ra , ta có z_{new} thể hiện số lần chuyển vị trí TPQĐ nhỏ nhất để chuyển ma trận kết nối ban đầu G đến ma trận bức xạ G_OP.

Số lần đóng mở khóa:

$$MI_{step\ k} = 2 \times z_{new} = 2 \times \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq u}}^m \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq v}}^m C_{ij} x_{ij} + C_{uv} \quad (3.33)$$

$$\rightarrow 2 \times \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} x_{ij} = (MI_{min})_{step\ k}$$

Thỏa mãn hàm mục tiêu thứ 2 trong công thức (3-21) tại mục 3.5.2b.

3.5.4.4 : Ví dụ minh họa

Xét 2 ma trận G và G_OP:

170	200	250	490
520	680	480	640
720	410	550	290
150	830	140	180

Ma trận G

550	140	150	830	
180	490	290	720	
480	520	680		
640	250	200	170	410

Ma trận G_OP

Chạy mô phỏng , xét ma trận số lần đóng mở khóa S tại bước k-1 số liệu để hiện ở Hình 3-36, (công cụ mô phỏng Hình 4-1).

Số hàng	Tấm pin quang điện															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	87	56	55	97	94	65	71	102	52	98	77	98	93	69	83	87
2	53	86	97	69	71	85	87	60	66	56	83	85	99	86	76	53
3	90	74	76	86	74	90	62	73	73	76	94	71	98	97	81	90
4	94	74	63	71	68	92	55	89	92	67	83	63	82	97	87	94

Hình 3-36 : Ma trận S số lần đóng mở khóa tại bước k-1

- Khóa có số lần đóng mở nhiều nhất :

$$\max S_{step\ k-1} = \max_{\substack{i=1,m \\ j=1,n}} (S_{ij})_{step\ k-1} = 102 \quad (3.34)$$

3.5.4.4.1 : Áp dụng phương pháp MAA

Áp dụng kết quả phương pháp MAA thông thường tại mục 3.5.3b . Ta có số liệu thay đổi kết quả số lần đóng mở khóa từ Hình 3-36 thành Hình 3-37 .

Ứng với ma trận đóng mở khóa tại bước k :

Số hàng	Tâm pin quang điện															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	87	56	55	97	94	65	71	103	52	99	77	98	93	69	83	87
2	53	86	97	69	71	85	87	61	66	56	83	85	99	86	76	53
3	90	74	76	86	74	90	62	73	73	77	95	71	98	97	81	91
4	94	74	63	71	68	92	55	89	92	67	83	63	82	97	87	95

Hình 3-37 : Ma trận S số lần đóng mở khóa tại bước k bằng phương pháp

MAA

- Khóa có số lần đóng mở nhiều nhất :

$$(maxS_{step k})_{MAA} = \max_{\substack{i=1,m \\ j=1,n}}(S_{ij})_{step k} = 103 \quad (3.35)$$

3.5.4.4.2 : Áp dụng phương pháp MAA cải tiến

Bước 1 : Ma trận chi phí

4	3	4	1
4	4	1	3
3	2	4	3
1	3	4	4

Bước 2 : TPQĐ 8 là TPQĐ có khóa $S_{1,8}$ có số lần chuyển mạch nhiều nhất → không chuyển mạch với TPQĐ số 8 (Hình 3-33a) . Tương ứng với vị trí hàng trong ma trận G và G_{OP} :

$$u = 2 ;$$

$$v = 4 ;$$

Ma trận chi phí mới :

4	3	4
3	2	4
1	3	4

Áp dụng MAA cho ma trận chi phí mới:

4	3	4
3	2	4
1	3	4

Vậy ma trận chi phí đầy đủ như sau:

4	3	4	1
4	4	1	3
3	2	4	3
1	3	4	4

Bước 3 : Sắp xếp lại vị trí các hàng trong ma trận G_{OP} tương ứng :

480	520	680		
640	250	200	170	410
180	490	290	720	
550	140	150	830	

Sắp xếp lại vị trí các phần tử trong từng hàng của ma trận G_{OP} căn cứ theo ma trận G :

170	200	250	490		640	410
520	680	480	640			
720	410	550	290	290	180	490
150	830	140	180		550	
Ma trận G				Ma trận G _{OP}		

Áp dụng tương tự mục 3.5.2b có được bảng thay đổi vị trí các TPQĐ như sau:

Tám pin	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Vị trí ban đầu	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4
Vị trí thay đổi	2	2	2	3	1	1	1	2	3	2	4	3	4	4	4	3
Số lần đóng mở khóa	2	2	2	2	2	2	2	0	0	2	2	0	0	0	0	2

Số liệu tại ma trận đóng mở khóa ứng với bước k, Hình 3-38:

Số hàng	Tám pin quang điện															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	88	57	56	98	95	66	72	102	52	98	77	98	93	69	83	88
2	54	87	98	69	72	86	88	60	66	57	83	85	99	86	76	54
3	90	74	76	87	74	90	62	73	73	77	95	71	98	97	81	90
4	94	74	63	71	68	92	55	89	92	76	84	63	82	97	87	94

Hình 3-38: Ma trận S số lần đóng mở khóa tại bước k bằng phương pháp

MAA cải tiến

- Khóa có số lần đóng mở nhiều nhất:

$$(\max S_{step k})_{new MAA} = \max_{\substack{i=1,m \\ j=1,n}} (S_{ij})_{step k} = 102 \quad (3.36)$$

3.5.4.5 : Đánh giá kết quả

So sánh kết quả tại (3-35) và (3-36) nhận thấy phương pháp MAA cải tiến kết quả tốt hơn so với phương pháp MAA.

$$(\max S_{step k})_{new MAA} < (\max S_{step k})_{MAA} \quad (3.37)$$

Thỏa mãn hàm mục tiêu (3-21) mục 3.5.2b .

3.6 : KẾT LUẬN CHƯƠNG 3

Trong chương 3 , tác giả đã trình bày chiến lược cân bằng bức xạ với mạch kết nối TCT , xây dựng mô hình toán cho 02 bài toán chính trong chiến lược cân bằng bức xạ là bài toán tìm kiếm cấu hình cân bằng bức xạ và bài toán lựa chọn phương pháp chuyển mạch tối ưu . Tiếp theo , tác giả đã trình bày phương pháp áp dụng thuật toán DP và SC cho bài toán tìm kiếm cấu hình cân bằng bức xạ , thông qua chứng minh toán học và so sánh với thuật toán của tác giả khác đã chứng minh tính đúng đắn của 02 thuật toán đề xuất , Ngoài ra , tác giả đề xuất sử dụng 02 thuật toán MAA và MAA cải tiến cho bài toán lựa chọn phương pháp chuyển mạch tối ưu , mỗi thuật toán đều được chứng minh tính đúng đắn với mô hình toán đề xuất.

KẾT LUẬN

Qua quá trình thực hiện tập luận văn tốt nghiệp đã giúp em hiểu rõ hơn về thực tế đồng thời củng cố lại kiến thức đã học trong suốt thời gian qua. Đề tài này mang nặng về lý thuyết liên quan đến ngành truyền động điện. Dưới sự hướng dẫn của GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn, sinh viên thực hiện đã cố gắng để trình bày khá đầy đủ yêu cầu của đề án tốt nghiệp:

- Nghiên cứu cấu trúc hệ thống ,chiến lược tăng hiệu suất làm việc của hệ thống năng lượng mặt trời.
- Bài toán tối ưu hệ thống năng lượng mặt trời.
- Xây dựng sách lược tái cấu trúc hệ thống.

Với sự quan tâm và nỗ lực không ngừng, đề án tốt nghiệp đã được hoàn thành và có nội dung bám sát yêu cầu đề ra.Mặc dù còn nhiều hạn chế, thiếu sót nhưng qua đề án tốt nghiệp này đã giúp sinh viên thực hiện đánh giá được chính mình. Đây sẽ là một thành quả lớn sau nhiều năm học tập với sự giúp đỡ của quý thầy cô, bạn bè.Một lần nữa em xin chân thành cảm ơn Thầy GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn đã tận tình chỉ bảo để giúp em hoàn thành tập luận văn này.

Hải Phòng, ngày.....tháng.....năm 2020

Sinh viên thực hiện

Nguyễn Văn Ngọc Tú

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trends in photovoltaic applications . Survey report of selected IEA countries between 1992 and 2012. 2013 : International Energy Agency.
2. Electricity from sunlight : an introduction to photovoltaics . Choice : Current Reviews for Academic Libraries , 2011. 48 (5) : p . 933-933 .
3. García , M.C.A. , et al . , Thermal and electrical effects caused by outdoor hot spot testing in associations of photovoltaic cells . Progress in Photovoltaics , 2003. 11 (5) : p . 293-307 .
4. Woytea , A. , J. Nijsa , and R. Belmans , Partial shadowing of photovoltaic arrays with different system configurations : literature review and field test results . Solar Energy , 2003. 74 : p . 17 .
5. El - Dein , M.Z.S. , M. Kazerani , and M.M.A. Salama , Optimal Photovoltaic Array Reconfiguration to Reduce Partial Shading Losses . IEEE TRANSACTIONS ON SUSTAINABLE ENERGY , 2012. 4 (1) : p . 9 .
6. Quesada , G.V. , et al . , Irradiance equalization method for output power optimization in plant oriented grid - connected PV generators . Power Electronics and Applications , 2005 European Conference on , 2005 : p . 10 pp . - P.10 .
7. Chris Delinea , A.D. , Steven Janzoua , Jenya Meydbrayb , Matt Donovanb , A simplified model of uniform shading in large photovoltaic arrays . Solar Energy , 2013. 96 : p . Pages 274–282 .
8. Spagnolo GS , D.V.P. , Makary G , Papalillo D , Martocchia A , A review of IR thermography applied to PV systems . , in Environment and electrical engineering (EEEIC) , 2012 Eleventh international conference . 2012 .

9. Silvestre , S. , A. Boronat , and A. Chouder , Study of bypass diodes configuration on PV modules . *Applied Energy* , 2009.86 (9) : p . 1632-1640 .
- 10.Gokmena , N. , et al . , Voltage band based global MPPT controller for photovoltaic systems . *Solar Energy* , 2013. Volume 98 , Part C : p . 322–334 .
- 11.Quaschnig , V. , The Sun as an Energy Resource . *Renewable Energy World* , 05/2003 : p . 90-93 .
- 12.Năng lượng mặt trời .
- 13.Rooble , S. Chatterji , and S. S.L , Solar maximum power point tracking system and its application to greenhouse . *International Journal of Advanced Research in Electrical , Electronics and Instrumentation Engineering* , 06/2016 . 2 (6) : p . 2162-2168 .
- 14.Spence , J. , Renewable energy in the Australian red meat processing industry & the viability of paunch as a biofuel . 12/2012 , University of Southern Queensland .
- 15.Ltd , W.C. Electropaedia , Solar Power (Technology and Economics) . Jan 2012 ; Available from : <http://www.mpoweruk.com/solarpower.html> .
- 16.Quaschnig and Volker , Understanding renewable energy systems . 2005 , London ; Sterling , VA : Earthscan . xix , 272 p .
- 17.Azevedo , G.M.S. , et al . , Evaluation of Maximum Power Point Tracking Methods for Grid Connected Photovoltaic Systems . 2008 IEEE Power Electronics Specialists Conference , Vols 1-10 , 2008 : p . 1456-1462 .
- 18.Maximum Power Point Tracking (MPPT) . Available from : <https://www.aero.iitb.ac.in/satellite Wiki / index.php ? title = Maximum>

Power_Point_Tracking (MPPT) & mobileaction =
toggle_view_desktop .

19. Bypass Diodes in Solar Panels . Available from : <https://www.electronicstutorials.ws/diode/bypass-diodes.html> .
20. Blocking Diode and Bypass Diode for solar panels .
21. Manna , D.L. , et al . , Reconfigurable Electrical Interconnection Strategies for Photovoltaic Arrays : A Review .
22. D. Picault , et al . , Forecasting photovoltaic array power production subject to mismatch losses . Solar Energy , July 2010. 84 (7) : p . 1301-1309 .
23. Femia , N. , et al . , Power Electronics and Control Techniques for Maximum Energy Harvesting in Photovoltaic systems . 2012 .
24. McCormick , P.G. and H. Suehrcke , The effect of intermittent solar radiation on the performance of PV systems . Solar Energy , 1 September 2018. 171 : p . 667-674 .
25. Omran , W. , Performance analysis of grid - connected photovoltaic systems , in Electrical and Computer Engineering . 2010 , University of Waterloo : Waterloo , Ontario , Canada , 2010 .
26. Rahman , N.B.A. , Inverter Topologies for Photovoltaic Systems , in Dept. Electrical Engineering . 2010 , Aalto University School of Science and Technology , Espoo , Finland .
27. Nguyen , D. and B. Lehman , An adaptive solar photovoltaic array using model based reconfiguration algorithm . Ieee Transactions on Industrial Electronics , 2008. 55 (7) : p . 2644-2654 .
28. Jeffrey , F. , Private communication . Power Film Inc.
29. Weinstock , D. and J. Appelbaum , Shadow Variation on Photovoltaic Collectors in a Solar. Filed . The 23rd IEEE Convention of Electrical and Electronics Engineers in Israel , 2004 .

30. Weinstock , D. and J. Appelbaum , Optimal Design of Solar Field . The 22nd Convention of Electrical and Electronics Engineers in Israel , 2002 .
31. Rauschenbach , H.S. , Electrical output of shadowed solar arrays . IEEE Electron Devices Society , (Aug 1971) : p . 483 - 490 .
32. Quaschnig . V. and R. Hanitsch , Influence of shading on electrical parameters of solar cells . Conference Record of the Twenty Fifth Ieee Photovoltaic Specialists Conference - 1996 , 1996 : p . 1287-1290 .
33. Swaleh , M.S. , Effect of shunt resistance and bypass diodes on the shadow tolerance of solar cell modules . Solar cells . 5 (2) : p . 183 - 198 .
34. Femia , N. , et al . , Distributed maximum power point tracking of photovoltaic arrays : Novel approach and system analysis . IEEE Trans . Ind . Electron . , 2008 . 55 . p . 2610-2621 .
35. E. Roman , et al . , Intelligent PV module for grid - connected PV systems . IEEE Trans . Ind . Electron . , 2006 . 53 : p . 1066-1073 .
36. Gao , L. , et al . , Parallel - connected solar PV system to address partial and rapidly fluctuating shadow conditions . IEEE Trans . Ind . Electron . , May 2009 . 56 : p . 1548-1556 .
37. Busquets - Monge , S. , et al . , Multilevel diode - clamped converter for photovoltaic genera - tors with independent voltage control of each solar array . IEEE Trans . Ind . Electron . , 2008 . 55 (7) : p . 2713-2723 .
38. Bratcu , A.L. , et al . , Cascaded DC - DC converter photovoltaic systems : Power optimization issues . IEEE Trans . Ind . Electron . , 2011 . 58 (2) : p . 403-411 .

39. Salameh , Z.M. and C. Liang , Optimum switching point for array reconfiguration controllers . Proc . IEEE 21st Photovoltaic Specialist Conf . , May 1990. 2 : p . 971-976 .
40. Salameh , Z.M. and F. Dagher , The effect of electrical array reconfiguration on the performance of a PV - powered volumetric water pump . IEEE Trans . Energy Convers . , 1990. 5. p . 653-658 .
41. Auttawaitkul , Y. , et al . , A method of appropriate electric array reconfiguration management for photovoltaic powered car . Proc . 1998 IEEE Asia - Pacific Conf . Circuits and Systems (APCCAS 98) , 1998 : p . 201-204 .
42. Sherif , RA , and K.S. Boutros , Solar Module Array With Reconfigurable Tile . U.S. Patent 6 350 944 B1 , 2002 .
43. Velasco , G. , F. Guinjoan , and R. Pique , Electrical PV Array Reconfiguration Strategy for Energy Extraction Improvement in Grid - Connected PV Systems . IEEE Transactions on Industrial Electronics , 2009.56 (11) : p . 4319-4331 .
44. Velasco , G. , et al . , Energy generation in PV grid - connected systems : A comparative study depending on the PV generator configuration . Proc . IEEE Int . Symp . Industrial Electronics , 2005. 3 : p . 1025-1030 .
45. Velasco , G. , et al . , Grid - connected PV systems energy extraction improvement by means of an electric array reconfiguration (EAR) strategy : Operating principle and experimental results . Proc . IEEE 39th Power Electronics Specialists Conf . , 2008 .
46. Romano , P. , et al . , Optimization of photovoltaic energy production through an efficient switching matrix . Journal of Sustainable Development of Energy , Water and Environment Systems , 2013. 1 (3) : p . 227-236 .

47. Storey , J.P. , P.R. Wilson , and D. Bagnall , Improved Optimization Strategy for Irradiance Equalization in Dynamic Photovoltaic Arrays . Power Electronics , IEEE Transactions on , 2012. 28 (6) : p . 11 .
48. Matam . M. and V.R. Barry , Improved performance of Dynamic Photovoltaic Array under repeating shade conditions . Energy Conversion and Management , 2018. 168 : p . 639-650 .
49. Matam , M. and V.R. Barry , Variable size Dynamic PV array for small and various DC loads . Solar Energy , 2018. 163 .
50. Jazayeri , M. , K. Jazayeri , and S. Uysal , Adaptive photovoltaic array reconfiguration based on real cloud patterns to mitigate effects of non - uniform spatial irradiance profiles . Solar Energy , 2017. 155 : p . 506-516 ,
51. Mahmoud , Y. and E.F. El - Saadany , Enhanced Reconfiguration Method for Reducing Mismatch Losses in PV Systems . IEEE JOURNAL OF PHOTOVOLTAICS , 2017. 7 (6) : p . 1746-1754 .
52. Alahmada , M. , et al . , An adaptive utility interactive photovoltaic system based on a flexible switch matrix to optimize performance in real - time . Solar Energy , 2012. 86 : p . 951-963 .
53. B , P. , et al . , Reconfiguration strategy for optimization of solar photovoltaic array under non - uniform illumination conditions . 2011 Thirty - seventh IEEE photovoltaic specialists conference , 2011 : p . 1859–64 .
54. B , P. , Distributed multi - sensor network for real time monitoring of illumination states for a reconfigurable solar photovoltaic array . Phys . Technol Sens (ISPTS) , 2012
55. B , P. , M. J , and D. SP , Dynamic loss comparison between fixed state and reconfigurable solar photovoltaic array 2012 38th IEEE Photovoltaic Specialists Conference , 2012 .

56. Krishna , G.S. and T. Moger , Reconfiguration strategies for reducing partial shading effects in photovoltaic arrays . State of the art . Solar Energy , 2019. 182 : p . 429-452 .
57. Teodorescu , R. , M. Liserre , and P. Rodriguez , Grid Converters for Photovoltaic and Wind Power Systems . Solar Energy & Photovoltaics . 2011 , Wiley - IEEE Press
58. Thanh , N.N. , N.P. Quang , and P.T. Cat , Improved control algorithm for increase efficiency of photovoltaic system under non - homogeneous solar irradiance . Special issue control and automation , 2016 , 16 : p . 12 .
59. Martello , S. and P. Toth , Subset - sum problem . Ebook - Knapsack Problems - Algorithms and Computer Implementations . 1990. 105-130 .
60. Munkres , J. , Algorithms for the Assignment and Transportation Problems . Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics , 1957. 5 (1) : p . 32-38 .
61. W. , K.H. , The Hungarian Method for the Assignment Problem . Naval Research Logistics Quarterly 2 , 1955 : p . 83-97 .
62. Vigni , V.L. , et al . , Proof of Concept of an Irradiance Estimation System for Reconfigurable Photovoltaic Arrays . Energies , 2015. 8 : p . 6641-6657 .
63. Manna , D.L. , et al . , Reconfigurable electrical interconnection strategies for photovoltaic arrays : A review . Renewable and Sustainable Energy Reviews , 2014 .
64. Hoare , C.A.R. , Algorithm 64 : Quicksort . Communications of the ACM , July 1961 4 (7) : p . 321 .

65. Keles . C. et al . , A Photovoltaic System Model For Matlab / Simulink Simulations , in 4th International Conference on Power Engineering , 2013 .
66. Nguyen , X.H. , Matlab / Simulink Based Modeling to Study Effect of Partial Shadow on Solar Photovoltaic Array . Environmental Systems Research 2015 .
67. Belhaouas , N. , et al . , Matlab - Simulink of photovoltaic system based on a two diode model simulator with shaded solar cells . Revue des Energies Renouvelables , 2013. 16 : p . 65-73 .
68. Bhadoria , U.S. and R. Narvey , Modeling and Simulation of PV Arrays under PSC (Partial Shading Conditions) . International Journal of Electronic and Electrical Engineering , 2014. 7. p . 423-430 .
69. Alsayid , B.A. , et al . , Partial Shading of PV System Simulation with Experimental Results . Smart Grid and Renewable Energy , 2013.4 : p . 429-435 .
70. Said , S. , et al . , A Matlab / Simulink - Based Photovoltaic Array Model Employing SimPower Systems Toolbox . Journal of Energy and Power Engineering , 2012. 6 : p . 1965-1975
71. PV Module Simulink models . ECEN 2060 RENEWABLE SOURCES AND EFFICIENT ELECTRICAL ENERGY SYSTEMS .
72. Math Works . Partial Shading of a PV Module . Available from : http://www.mathworks.com/help/physmod/sps/examples/partial-shading-of-a-pv-module.html#sps_product-power_PVArray_PartialShading .
73. Campoccia , A. , et al . , An analysis of feed'in tariffs for solar PV in six representative countries of the European Union . Solar Energy , 2014. 107 : p . 530-542 .

74. Campoccia , A. , et al . , Comparative analysis of different supporting measures for the production of electrical energy by solar PV and Wind systems : Four representative European cases . Solar Energy , 2008. 83 (3) : p . 287–297 .
75. Viola , F. , et al . , An economic study about the installation of PV plants reconfiguration systems in Italy , in 3rd The International Conference on Renewable Energy Research and Applications . 2014 .