

Mô Hình Toán Ứng Dụng: Khôi Phục Nguồn Điện Trong Mạng Lưới Phân Phối Bằng Thuật Toán Cây Bao Trùm Nhỏ Nhất

Bùi Thu Hiền
20000476

Nguyễn Thị Khánh Linh
20000488

Bùi Tiến Thành
20000509

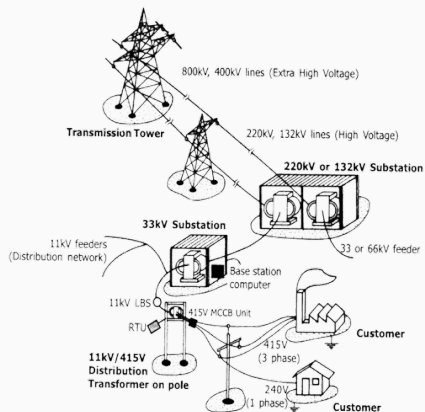
1. Giới thiệu
2. Thuật toán cây bao trùm nhỏ nhất và bài toán khôi phục.
3. Ứng dụng thực tế

Giới thiệu

Hệ thống phân phối điện là hệ thống truyền tải điện từ các trạm điện đến người tiêu dùng. Bao gồm 3 thành phần chính:

- Trạm phát điện
- Đường dây truyền tải
- Mạng lưới phân phối

Hệ Thống Phân Phối Điện



Hình 1: Hệ Thống Cung Cấp Điện Cơ Bản

Mạng lưới phân phối điện có thể bị mất điện do:

Khách Quan	Chủ Quan
Thiên tai, bão lũ, động đất, sạt lở	Sự cố kỹ thuật do thiết bị, đường dây, trạm biến áp
Hoạt động của thiên thạch, sao chổi	Sự cố do con người gây ra
Các sự cố bất ngờ khác như cháy nổ, hỏa hoạn	Hoạt động của các đối tượng phá hoại, trộm cắp

Khôi Phục: Chuyển mạch hợp lý giữa các đường dây điện trong mạng lưới phân phối điện. *(Tùy thuộc vào mức độ ưu tiên khách hàng)*

Các nhánh trong mạng phân phối điện thường được cấu hình theo hướng tỏa tâm để phối hợp hiệu quả các hệ thống nhằm:

- Tăng độ tin cậy
- Tăng khả năng điều khiển
- Tiết kiệm chi phí

Các mạng được chia thành một số hệ thống con, trong đó có thiết bị chuyển mạch đóng và thiết bị chuyển mạch mở.

Hoạt Động Chuyển Mạch

Mục đích chính của hoạt động chuyển mạch là sắp xếp các tải hiệu quả hơn và cải thiện độ tin cậy trong phân phối điện.

Và các công tắc được vận hành trong các điều kiện (bảo trì, điều phối,...)


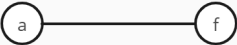
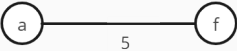
Thực hiện mục tiêu trên bằng cách thay đổi trạng thái các công tắc và các cấu trúc liên kết của mạng phân phối điện.

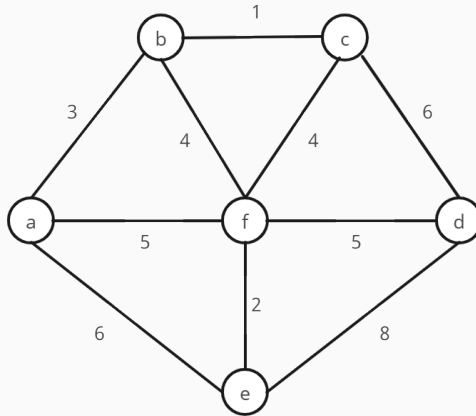
Tối ưu cấu hình cần đáp ứng các yêu cầu cơ bản:

- Khôi phục càng nhiều tải càng tốt
- Không vi phạm các ràng buộc về kỹ thuật hoặc vận hành
- Chuỗi hoạt động khả thi
- Tối ưu trong thời gian ngắn
- Không có thành phần nào bị quá tải

**Thuật toán cây bao trùm nhỏ nhất
và bài toán khôi phục.**

Lý Thuyết Đồ Thị

Ký Hiệu	Định nghĩa
	Đỉnh hoặc nút.
	Đường nối hai đỉnh được gọi là cạnh
	Số hiển thị giữa hai đỉnh là trọng số của cạnh của hai đỉnh đó



Hình 2: Đồ Thị Vô Hướng G

Thuật Toán Cây Bao Trùm Nhỏ Nhất

- Thuật Toán Kruskal.
- Thuật Toán Xóa Ngược (Reverse Delete).
- Thuật Toán Prim.
- Thuật Toán Dijkstra.

Thuật Toán Kruskal

- Bước 1: Sắp xếp các cạnh của đồ thị theo thứ tự trọng số tăng dần.
- Bước 2: Khởi tạo $T := \emptyset$
- Bước 3: Lần lượt lấy từng cạnh thuộc danh sách đã sắp xếp. Nếu $T+e$ không chứa chu trình thì gán $T := T+e$.
- Bước 4: Nếu T đủ $n-1$ phần tử thì dừng, ngược lại làm tiếp bước 3.

Thuật Toán Kruskal

```
algorithm Kruskal(G) is
    T:= empty
    for each v in G.V do
        MAKE-SET(v)
    for each (u, v) in G.E ordered by weight(u, v),
        increasing do
            if FIND-SET(u) != FIND-SET(v) then
                T:= T union {(u, v)} union {(v, u)}
                UNION(FIND-SET(u), FIND-SET(v))
    return T
```

Thuật Toán Xóa Ngược

- Bước 1: Sắp xếp tất cả các cạnh của đồ thị theo thứ tự trọng số cạnh không tăng.
- Bước 2: Khởi tạo MST làm đồ thị gốc và loại bỏ các cạnh thừa bằng bước 3.
- Bước 3: Chọn cạnh có trọng số cao nhất từ các cạnh còn lại và kiểm tra xem việc xóa cạnh có làm đồ thị không còn liên thông nữa hay không.
- Bước 4: Nếu đồ thị không liên thông nữa thì sẽ không xóa cạnh.
- Bước 5: Nếu không, xóa cạnh và tiếp tục.

Thuật Toán Xóa Ngược

```
function ReverseDelete(edges[] E) is
    sort E in decreasing order
    Define an index i  $\leftarrow$  0

    while i < size(E) do
        Define edge  $\leftarrow$  E[i]
        delete E[i]
        if graph is not connected then
            E[i]  $\leftarrow$  edge
            i  $\leftarrow$  i + 1

    return edges[] E
```

Thuật Toán Prim

- Bước 1: Xác định một đỉnh tùy ý làm đỉnh bắt đầu của MST.
- Bước 2: Thực hiện theo các bước từ 3 đến 5 cho đến khi có các đỉnh không nằm trong MST.
- Bước 3: Tìm các cạnh nối bất kỳ đỉnh cây nào với các đỉnh rìa.
- Bước 4: Tìm giá trị nhỏ nhất giữa các cạnh này.
- Bước 5: Thêm cạnh đã chọn vào MST nếu nó không tạo thành bất kỳ chu trình nào.

Thuật Toán Prim

```
function Prim(edges[] E, vertexs[] V) is
    T = empty;
    U = { 1 };
    while (U != V)
        let (u, v) be the lowest cost edge such that
            u in U and v in V - U;
        T = T union {(u, v)}
        U = U union {v}
```

Thuật toán Dijkstra

- Bước 1: Đánh dấu các đỉnh chưa thăm.
- Bước 2: Gán trị cho mỗi nút về khoảng cách. (Tại đỉnh nguồn giá trị bằng 0, các đỉnh còn lại bằng vô cùng)
- Bước 3: Đối với đỉnh hiện tại, xem xét tất cả các nút lân cận chưa được thăm của nó và tính khoảng cách dự kiến của chúng qua nút hiện tại. So sánh khoảng cách dự kiến mới được tính toán với khoảng cách hiện được gán cho hàng xóm và gán khoảng cách nhỏ hơn.
- Bước 4: Khi các đỉnh lân cận của một đỉnh được đi qua hết thì đỉnh đó được đánh dấu là đã thăm.
- Bước 5: Khi tất cả các các cạnh đỉnh đã được thăm. Trả về kết quả.

Thuật toán Dijkstra

```
function Dijkstra(Graph, source):  
  
    for each vertex v in Graph.Vertices:  
        dist[v] ← INFINITY  
        prev[v] ← UNDEFINED  
        add v to Q  
    dist[source] ← 0  
  
    while Q is not empty:  
        u ← vertex in Q with min dist[u]  
        remove u from Q  
  
        for each neighbor v of u still in Q:  
            alt ← dist[u] + Graph.Edges(u, v)  
            if alt < dist[v]:  
                dist[v] ← alt  
                prev[v] ← u  
  
    return dist[], prev[]
```

Hình 3: Thuật Toán kruskal

Hình 4: Thuật toán Xóa Ngược

Hình 5: Thuật Toán Prim

Hình 6: Thuật toán Dijkstra

Bảng Kết quả

Thuật Toán	Tổng Trọng Số
Thuật toán Kruskal	15
Thuật toán Xóa Ngược	15
Thuật toán Prim	15
Thuật toán Dijkstra	20

Vấn Đề Khôi Phục

Hàm mục tiêu: Tìm đường đi tối ưu cho năng lượng (điện).

$$\max f = \sum_{k \in B} L_K X_K. \quad , \quad \min(\sum A_{lost})$$

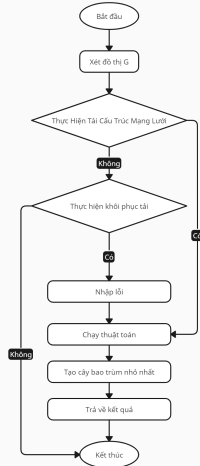
Ràng buộc:

- $|V_{min_j}| \leq |V_j| \leq |V_{max_j}|.$
- $L_i < L_{MP_i}.$

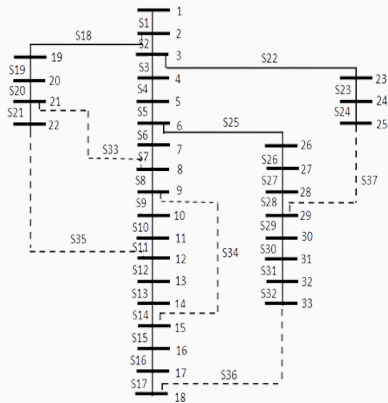
Biến đổi mạng lưới thành đồ thị:

- Đỉnh: các bus.
- Cạnh: đường dây phân phối (điện).
- Trọng số: trở kháng của đường dây phân phối (điện).

Áp dụng Thuật Toán MST Cho Vấn Đề Khôi Phục



Ứng dụng thực tế



Hình 7: Hệ thống IEEE 33 bus single feeder

Kết Quả Ứng Dụng Trong Thực Tế

Thuật Toán	Công Tác Liên Kết					Tổng Trở Kháng		Công Suất Thực Tế Thất Thoát	Công Suất Phản Kháng Thất Thoát	Hiệu Điện Thế Bus Nhỏ Nhất
						R	X			
						Ω	Ω			
BASE CASE	S33	S34	S35	S36	S37	21.8744	18.1456	0.1869	0.1240	1
KRUSKAL'S	S16	S27	S33	S34	S35	20.52	16.49	0.1780	0.1230	0.9222
REVERSE DELETE	S16	S27	S33	S34	S35	20.52	16.49	0.1780	0.1230	0.9222
PRIM'S	S16	S27	S33	S34	S35	20.52	16.49	0.1780	0.1230	0.9222
DIJKSTRA'S	S9	S14	S16	S28	S33	26.15	22.46	0.1671	0.1192	0.928

- Công suất có tác dụng tăng khi đó tổn thất điện năng giảm.
- Chênh lệch điện áp được cải thiện.
- Mạng lưới khu vực out-of-service được giảm thiểu tới mức tối đa.