

## CHƯƠNG 5

# BẢO VỆ NỔ DÂY TRUNG TÍNH

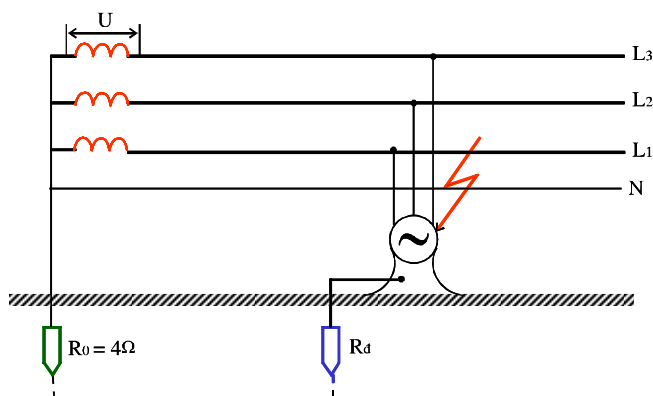
### 5.1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khi có sự cố do cách điện của thiết bị bị hư hỏng thì xảy ra ngắn mạch giữa pha có sự cố với dây trung tính của lưới điện. Để tránh sự cố loại này xảy ra, phải nối vỏ thiết bị điện đến dây trung tính bảo vệ, tức là thực hiện bảo vệ nối dây trung tính.

### 5.2. BẢO VỆ NỔ DÂY TRUNG TÍNH TRONG CÁC MẠNG ĐIỆN

#### 1. Mạng điện hạ áp ba pha bốn dây, trung tính trực tiếp nối đất

Đối với mạng điện hạ áp ba pha bốn dây trung tính trực tiếp nối đất 380/220V và 220/127V, biện pháp bảo vệ nối đất cho từng thiết bị điện sẽ không an toàn (Hình 5.1). Điều này có thể giải thích như sau:



Hình 5.1. Bảo vệ nối đất trong mạng 3 pha 4 dây trung tính trực tiếp nối đất

Khi cách điện bị hư hỏng (chạm vỏ) thì dòng điện ngắn mạch xác định theo biểu thức:

$$I_d = \frac{U}{R_d + R_o} \quad (5.1)$$

Ở đây:  $R_o$ ,  $R_d$  lần lượt là điện trở nối đất trung tính và điện trở nối đất vỏ thiết bị;  $U$  là điện áp pha chạm vỏ.

Do quá tải và mất cân bằng của lưới điện có thể sự cố chạm vỏ có điện áp  $U$  nhỏ hơn giá trị định mức khiến dòng điện ngắn mạch không lớn, không làm khí cụ điện bảo vệ (cầu chì, máy cắt...) tác động. Điều này làm cho tình trạng ngắn mạch chạm đất kéo dài và trên vỏ thiết bị điện sẽ tồn tại lâu dài điện áp so với đất  $U_d$  được xác định theo biểu thức:

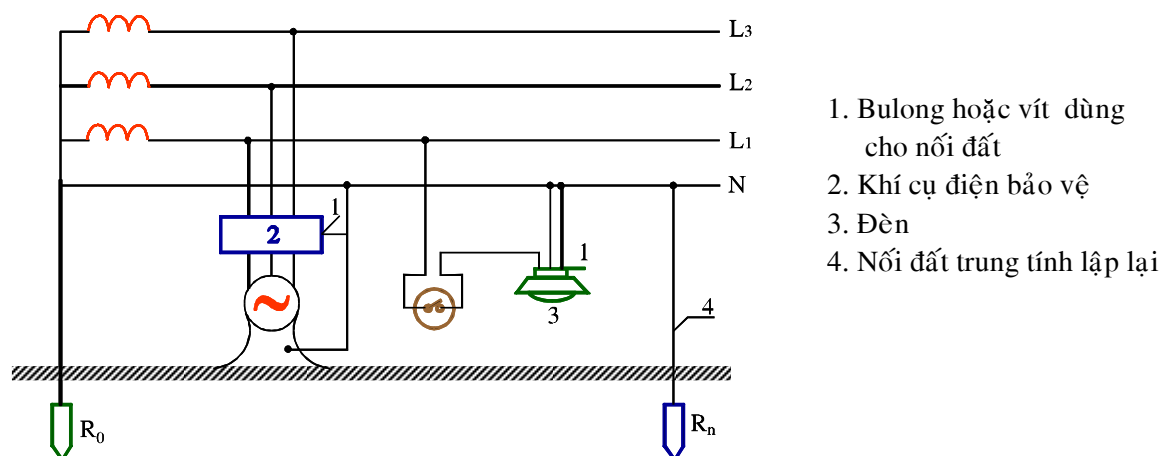
$$U_d = I_d R_d = \frac{U R_d}{R_d + R_o} \quad (5.2)$$

Giá trị điện áp  $U_d$  này có thể gây nguy hiểm cho người khi tiếp xúc với vỏ thiết bị điện. Vì vậy, muốn bảo vệ đạt được mục đích khi có sự cố chạm vỏ thiết bị điện để cắt được mạch điện thì phải tăng dòng điện ngắn mạch  $I_{nm}$  ( $I_{nm} \geq 3 I_{dm}$ ) bằng cách nối vỏ thiết bị điện với dây trung tính và giá trị điện trở nối đất trung tính  $R_o$  càng nhỏ thì khí cụ điện bảo vệ sẽ tác động càng nhanh khi xuất hiện sự cố chạm đất. Như vậy, mục đích của bảo vệ nối dây trung tính là làm cho

dòng điện chạm vỏ đạt trị số đủ lớn làm cho các khí cụ điện bảo vệ tác động cắt điện cho thiết bị điện bị chạm vỏ.

Thông thường, trong mạng điện hạ áp ba pha bốn dây trung tính trực tiếp nối đất, vỏ kim loại của thiết bị phải được nối với dây trung tính và dây trung tính cũng là dây bảo vệ.

Sơ đồ nối dây trung tính cho các trang thiết bị có điện áp  $U \leq 1000V$  có trung tính trực tiếp nối đất được trình bày ở Hình 5.2.

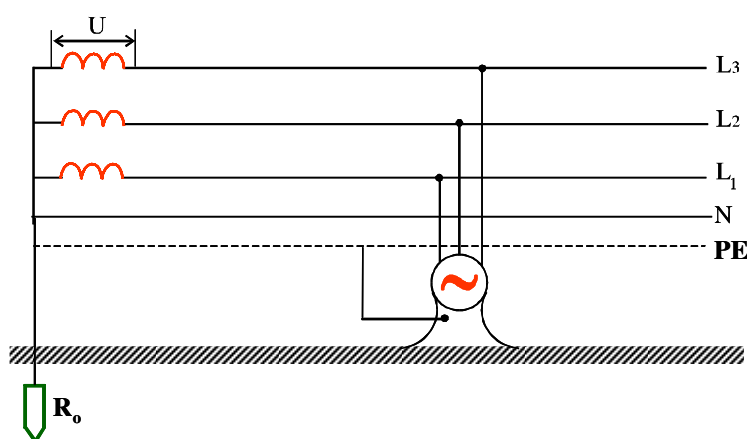


Hình 5.2. Bảo vệ nối dây trung tính trong mạng điện 3 pha 4 dây trung tính trực tiếp nối đất

## 2. Mạch điện hạ áp ba pha năm dây

Với mạng điện ba pha bốn dây tải không cân bằng sẽ có điện trên dây trung tính. Do đó, khi thao tác vận hành trên lưới điện rất nguy hiểm. Để khắc phục, có thể áp dụng mạng điện ba pha năm dây (Hình 5.3).

Ở mạng điện ba pha năm dây, dây trung tính N chỉ làm nhiệm vụ dẫn điện, còn dây PE là dây bảo vệ, dây này chỉ dẫn điện khi có sự cố điện chạm vỏ.



Hình 5.3. Bảo vệ nối dây trung tính trong mạng điện 3 pha 5 dây

## 5.3. NỐI ĐẤT LẶP LẠI DÂY TRUNG TÍNH

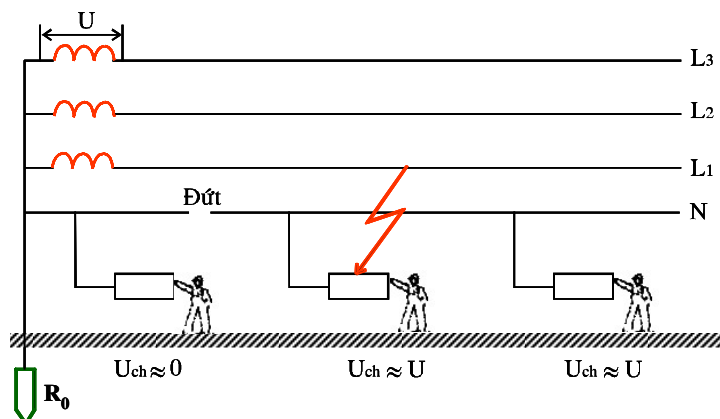
Khi sử dụng biện pháp bảo vệ nối dây trung tính, nhất thiết không được để cho dây trung tính vì một nguyên nhân nào đó mà cách điện đối với đất. Vì khi ngắn mạch chạm vỏ, điện áp dây trung tính có thể tăng đến trị số điện áp pha. Vì vậy, dây trung tính không chỉ được nối đất ở nguồn cung cấp có trị số  $R_0 = 4\Omega$  mà còn được nối đất lặp lại tại các nơi khác trong mạng điện.

Các nối đất lặp lại này nhằm mục đích giảm thấp trị số điện áp trên dây trung tính và đề phòng trường hợp đứt dây trung tính. Nối đất lặp lại cần có trị số điện trở nối đất  $R_0 \leq 10\Omega$ .

### 1. Mạng điện ba pha bốn dây

Trong mạng điện ba pha bốn dây không có nối đất lặp lại dây trung tính, khi ngắn mạch chạm vỏ xảy ra ở sau chỗ dây trung tính bị đứt (Hình 5.4) thì vỏ kim loại của các thiết bị điện bị nối dây trung tính ở sau chỗ bị đứt sẽ chịu một điện áp  $U_{ch}$  bằng điện áp pha  $U$ .

$$U_{ch} = U \quad (5.3)$$



Hình 5.4. Đứt dây trung tính trong mạng điện 3 pha 4 dây khi không có nối đất lặp lại

Trong mạng điện ba pha bốn dây có nối đất lặp lại dây trung tính, việc nối đất lặp lại cho dây trung tính không đảm bảo an toàn tuyệt đối nhưng nó cũng làm giảm điện áp trên vỏ máy từ giá trị điện áp pha xuống giá trị nhỏ hơn (Hình 5.5).

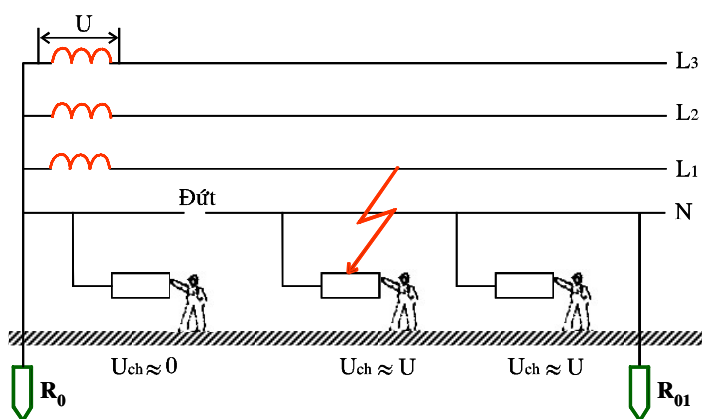
$$U_{ch} = I_d R_n = \frac{UR_n}{R_n + R_0} \quad (5.4)$$

Vỏ các thiết bị điện nối vào dây trung tính ở chỗ trước dây trung tính bị đứt khi không có nối đất lặp lại dây trung tính sẽ có điện áp:

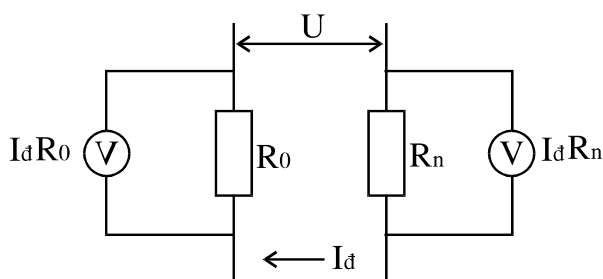
$$U_{ch} = 0 \quad (5.5)$$

Vỏ các thiết bị điện nối vào dây trung tính ở chỗ trước dây trung tính bị đứt khi có nối đất lặp lại dây trung tính sẽ có điện áp:

$$U_{ch} = I_d R_0 = \frac{UR_0}{R_n + R_0} \quad (5.6)$$



Hình 5.5. Đứt dây trung tính trong mạng điện 3 pha 4 dây khi có nối đất lặp lại



Hình 5.6. Sơ đồ tương đương đứt dây trung tính khi có nối đất lặp lại dây trung tính.

Như vậy nối đất lặp lại dây trung tính đã phần nào làm cân bằng sự phân bố điện áp giữa các thiết bị điện đặt ở trước và sau chỗ đứt dây trung tính.

Khi thực hiện nối đất lặp lại dây trung tính cần chú ý các điểm sau:

- Chỗ nối đất lặp lại cần thực hiện ở cuối các đường dây trên không, các chỗ rẽ nhánh và trên các đoạn không có rẽ nhánh (cách khoảng lần lượt 1÷2km )
- Trong các mạng cáp điện, khi dùng ruột đặt biệt của cáp hoặc vỏ kim loại làm dây trung tính chỉ cần nối đất lặp lại ở cuối đường dây.
- Điện trở nối đất ở mỗi chỗ nối đất lặp lại không được vượt quá  $10\Omega$  khi  $R_0 \leq 4\Omega$ . và không vượt không vượt quá  $30\Omega$  khi  $R_0 < 10\Omega$ .

Nên sử dụng nối đất tự nhiên có các trị số điện trở nối đất phù hợp với các trị số nêu trên làm bộ phận nối đất làm việc lặp lại. Khi bảo vệ các thiết bị điện bằng cách nối trung tính sử dụng dây nối là các dây bằng kim loại đặt hở, các kết cấu kim loại khác nhau có nối đất, các vỏ bằng nhôm của cáp điện (không dùng vỏ thép).

Tiết diện tối thiểu của dây dẫn bảo vệ theo điều kiện độ bền cơ được trình bày ở Bảng 5.1 và Bảng 5.2.

**Bảng 5.1. Tiết diện nhỏ nhất của dây dẫn bảo vệ bằng thép**

| Dây dẫn                                 | Trong nhà | Ngoài nhà      | Trong đất      |
|---|-----------|----------------|----------------|
| - Thép tròn đường kính [mm]             | 5         | 6              | 10             |
| - Thép chữ nhật                         |           |                |                |
| . Tiết diện [mm <sup>2</sup> ]          | 24        | 48             | 48             |
| . Chiều dày [mm]                        | 3         | 4              | 4              |
| - Thép góc chiều dày bản [mm].          | 2         | 2,5            | 4              |
| - Ống nước chiều dày thành ống [mm].    | 2,5       | 2,5            | 3,5            |
| - Ống sắt mỏng chiều dày thành ống [mm] | 1,5       | không cho phép | không cho phép |

Sơ đồ nối dây trung tính lặp lại trong mạng điện hạ áp ba pha bốn dây trung tính trực tiếp nối đất được trình bày ở Hình 5.2.

Việc kiểm tra và đo đạt thử nghiệm khi dùng bảo vệ nối dây trung tính được tiến hành ở các nơi như:

- Bộ phận nối đất làm việc
- Bộ phận nối đất lặp lại
- Mạng dây bảo vệ nối với dây trung tính

- Cầu chì và máy cắt

**Bảng 5.2. Tiết diện nhỏ nhất của dây dẫn bảo vệ bằng đồng và nhôm trong các trang thiết bị có điện áp  $U \leq 1000V$**

| Dây dẫn   | Đồng    | Nhôm |
|---|---------|------|
| - Dây dẫn trần đặt hở [ $mm^2$ ].   | 4       | 6    |
| - Dây dẫn có cách điện [ $mm^2$ ].  | 1,5 (*) | 2,5  |
| - Ruột nối đất có cáp điện hoặc của dây dẫn chiều ruột đặt trong một vỏ chung [ $mm^2$ ]. | 1       | 2,5  |

(\*) Khi đặt các dây dẫn trong ống, cho phép giảm ruột dây bằng đồng xuống  $1,2mm^2$  (nếu các dây dẫn pha có cùng tiết diện).

Bộ phận nối đất làm việc và nối đất lặp lại cũng như các bộ phận nối đất bảo vệ được kiểm tra theo định kỳ, ít nhất một năm một lần (thường là vào mùa khô) và giá trị điện trở của nó không được vượt quá các qui định. Việc kiểm tra các thanh dẫn, dây dẫn nối với dây trung tính cùng tiến hành như đối với mạng nối đất.

## 2. Mạng điện ba pha năm dây.

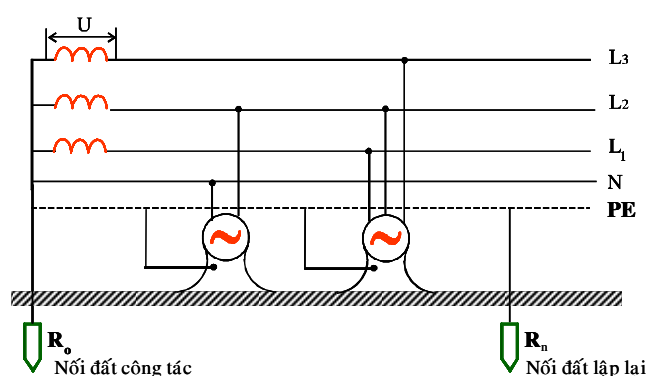
Để đảm bảo an toàn cho biện pháp bảo vệ nối dây trung tính, mạng điện ba pha nên dùng mạng điện ba pha năm dây (Hình 5.7).

Ở mạng điện này dây trung tính N để dẫn điện cho thiết bị một pha, còn dây bảo vệ PE chỉ dẫn điện khi có ngắn mạch hay chạm vỏ.

Khi cấp điện một pha cho các gia đình, phải dẫn vào ba dây: dây pha L, dây trung tính N và dây bảo vệ PE, trong đó cầu chì, máy cắt một cực chỉ đặt ở dây pha L.

Ở các mạng điện dân dụng thường có hai loại sự cố: sự cố đứt dây trung tính và sự cố chập dây pha vào dây trung tính.

Thường các dây trần đi bên ngoài nhà bị sự cố dây pha chập vào dây trung tính. Khi đó, những hộ dùng điện ở pha đó thì mất điện, nhưng những hộ sử dụng điện ở hai pha khác có thể chịu điện áp dây (từ điện áp pha 220V nay lên điện áp dây 380V), gây hư hỏng các thiết bị điện.



Hình 5.7. Biện pháp bảo vệ nối dây trung tính trong mạng 3 pha 5 dây

Theo tiêu chuẩn nối đất dây trung tính thiết bị điện, để phòng ngừa điện áp ở trên dây trung tính tăng cao do sự cố ngắn mạch một pha, phải nối đất lặp lại cho dây trung tính ở cuối đường dây cung cấp điện có chiều dài lớn hơn 200m, cũng như ở đầu vào các đường dây dẫn đến thiết bị điện. Ở mỗi hộ hình thành một hộ tiêu thụ điện thì nên có nối đất lặp lại dây trung tính.

## 5.4. PHẠM VI ỨNG DỤNG BẢO VỆ NỔ DÂY TRUNG TÍNH

Mục đích của bảo vệ nổ dây trung tính là làm cho dòng điện chạm vỏ đạt trị số đủ lớn làm cho các thiết bị điện bảo vệ tác động cắt điện cho thiết bị điện bị chạm vỏ.

Trong mạng điện ba pha bốn dây 380/220V có trung tính trực tiếp nối đất, tất cả các vỏ kim loại bình thường được cách điện với các phần dẫn điện của thiết bị điện, máy điện, tủ phân phối điện, hộp nối cáp, vỏ kim loại của cáp điện, ống luồn dây, cũng như vỏ kim loại của các thiết bị điện chiếu sáng đều phải nối với dây trung tính.

Trong mạng điện ba pha bốn dây 220/127V có trung tính trực tiếp nối đất, việc nối dây trung tính chỉ thực hiện ở các phòng đặc biệt có nguy hiểm về an toàn điện và các trang thiết bị đặt ngoài trời.

Khi thực hiện bảo vệ nổ dây trung tính, mạng điện cần nối đất ở nguồn điện (nối đất làm việc) và lặp lại ở mạng điện (nối đất lặp lại).

## 5.5. KHÍ CỤ ĐIỆN BẢO VỆ

### 1. Cầu chì

Cầu chì là khí cụ điện bảo vệ thông dụng nhất dùng để đề phòng sự cố do ngắn mạch và do quá tải gây ra. Bộ phận chính của cầu chì có chức năng bảo vệ là dây chảy. Nguyên lý hoạt động là khi có dòng điện lớn chạy qua dây chảy cầu chì, dây chảy sẽ nóng lên đến một trị số giới hạn thì dây chảy sẽ chảy và đứt, dẫn đến cắt mạch điện.

Sử dụng cầu chì để bảo vệ cho mạch điện có ưu điểm là đơn giản, dễ chế tạo, giá thành thấp. Tuy nhiên, cần phải có thời gian thay thế dây chảy khi cầu chì xảy ra sự cố và điều này sẽ trở nên bất tiện khi dùng hộp cầu chì mà không có dây chảy cầu chì dự trữ. Để khắc phục nhược điểm này, một loại cầu chì nhiều dây chảy có thể thay thế liên tục (Multi fuses) đã được chế tạo và áp dụng để bảo vệ cho mạch điện. Loại cầu chì này làm việc theo nguyên tắc: khi dây chảy cầu chì thứ nhất bị chảy đứt thì hộp cầu chì sẽ quay một nấc sang dây chảy cầu chì thứ hai, và tương tự cho đến khi tất cả các dây chảy của cầu chì đã được sử dụng thì bỏ hộp cầu chì cũ và thay bằng hộp cầu chì mới. Tuy nhiên, đây không phải là một thành tựu lớn vì loại cầu chì này có giá thành quá cao và không đáp ứng được nhu cầu của người sử dụng. Từ yêu cầu thực tiễn đó, một bước phát triển nguyên tắc của cầu chì nhiều dây chảy trong bảo vệ mạch điện được ứng dụng, đó là sự ra đời của loại công tắc tự động hay máy cắt (CB -Circuit breaker) ngày nay.

### 2. Công tắc tự động (CB -Circuit Breaker)

CB là công tắc hoặc cầu dao tự động, có nhiệm vụ bảo vệ chống ngắn mạch hay quá tải tức là bảo vệ chống quá nhiệt hay trong trường hợp hỏng hóc thiết bị, nó sẽ bảo vệ chống tiếp xúc trực tiếp với các phần mang điện.

Ưu điểm của CB là khi có sự cố về dòng điện xảy ra thì CB tự động ngắt mạch và khi sự cố về dòng điện được loại trừ, có thể đóng CB lại để trở về chế độ bình thường và có thể cắt mạch điện khi cường độ dòng ngắn mạch cao (từ 3kA đến 10kA).

#### a. Các nguyên tắc hoạt động của CB

Có hai nguyên tắc kỹ thuật chính cho các giải pháp kỹ thuật khi sản xuất CB. Trên thực tế cho thấy hai nguyên tắc này khác nhau trong khả năng chịu dòng điện ngắn mạch:

- Nguyên tắc thứ nhất là dập hồ quang tại điểm O với giới hạn dòng điện không cao trong nửa chu kỳ ngắn mạch của hình sin. Loại CB dập hồ quang tại điểm O có công suất cắt 3000A ở điện áp 220V xoay chiều.

- Nguyên tắc thứ hai là hạn chế dòng điện, với khả năng ngăn chặn dòng điện ngắn mạch cao và hệ thống dập hồ quang cưỡng bức ngay từ nửa đầu của chu kỳ hình sin. Do quy định về đi dây

đòi hỏi có công suất cao hơn, loại CB hạn chế dòng điện có tính vượt trội hơn so với loại CB dập hồ quang tại điểm O.

### b. Cấu tạo và nguyên lý làm việc của CB

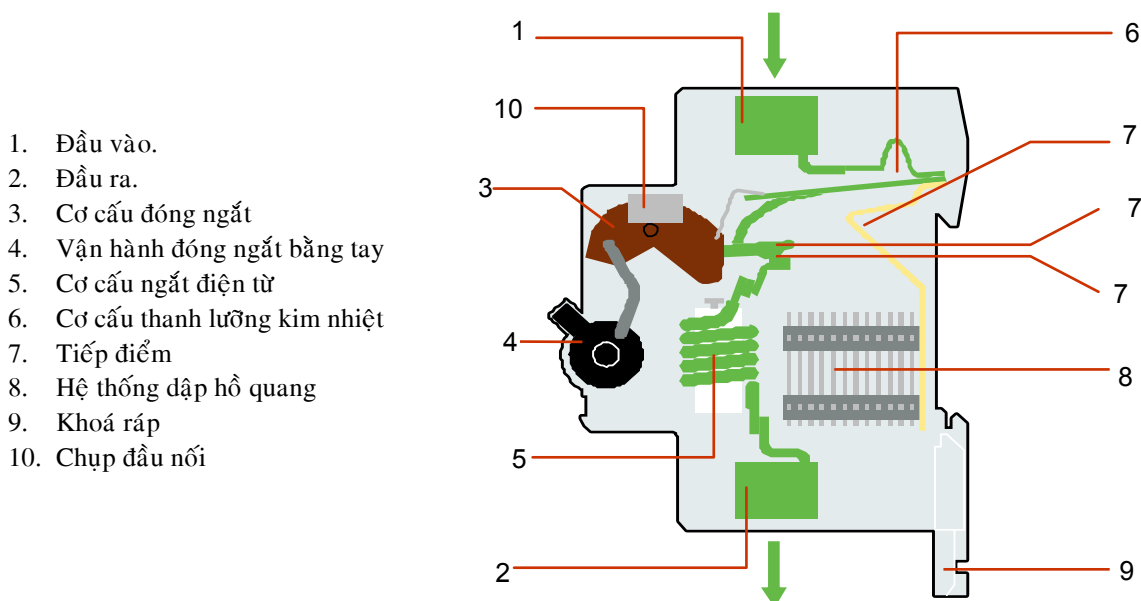
Cấu tạo của CB được chia thành các nhóm chức năng như sau:

#### \* Vỏ

Vỏ của CB có chức năng đảm bảo an toàn cho người khi sử dụng và thao tác đóng cắt trên CB, đảm bảo an toàn chống tiếp xúc vô tình với các phần tử mang điện.

#### \* Cơ cấu đóng ngắt

Cơ cấu đóng ngắt phải được thiết kế tốt nhằm đảm bảo tất cả các cực của CB được đóng ngắt cùng một lúc, chắc chắn và chính xác. Điều đó đảm bảo thao tác tin cậy, thậm chí trong môi trường khắc khe và chế độ làm việc dài hạn.



**Hình 1.1 Cấu tạo của CB**

#### \* Cơ cấu ngắt điện từ

Hệ thống đóng ngắt theo cơ cấu điện từ có một bộ phận cơ bản là cuộn dây mà dòng điện tải sẽ chạy qua. Cuộn dây có một lõi sắt cố định và lõi chuyển động. Nếu dòng điện vượt quá một giá trị xác định trước, cuộn dây sinh ra một lực điện từ đủ mạnh để thắng lực giữ của lò xo và hút phần ứng. Cơ cấu đóng ngắt lúc đó được tác động bằng một cần đóng ngắt làm tiếp điểm của CB nhanh chóng mở ra. Khi sử dụng loại CB cổ điển với cơ cấu đóng ngắt khá chậm, nên có sự chậm trễ nhất định khi vận hành do phải qua rất nhiều khâu như: lực lò xo, đường chuyển động. CB hạn chế dòng điện khắc phục những nhược điểm trên do được chế tạo trên nguyên tắc “lấy cò”. Nguyên tắc “lấy cò” dựa trên hoạt động của một nam châm, sử dụng lực điện từ tích lũy ngay từ khoảng khắc đầu tiên khi dòng ngắn mạch chạy qua để trực tiếp tách các tiếp điểm, các tiếp điểm được nhanh chóng tách ra một cách dứt khoát và tạo ra điện áp hồ quang lớn là tiền đề để hạn chế dòng ngắn mạch một cách cực kỳ hiệu quả.

#### \* Cơ cấu nhiệt bảo vệ quá tải bằng thanh lưỡng kim

Cơ cấu ngắt khi quá tải phụ thuộc vào hoạt động theo nguyên tắc của thanh lưỡng kim gồm hai thanh kim loại xếp chồng lên nhau. Vì có hệ số giãn nở nhiệt khác nhau, hai thanh kim loại này sẽ giãn nở với mức độ khác nhau khi bị đốt nóng và cong lên. Độ cong của nó phụ thuộc trực tiếp vào độ nóng, độ nóng này phụ thuộc vào cường độ dòng điện và thời gian dòng điện chạy

qua. Sau khi cong đến một mức độ xác định (hay nhiệt độ nhất định) thanh lưỡng kim sẽ tác động tới cơ cấu đóng cắt. Thường thì thanh lưỡng kim được nối tiếp với mạch điện chính và được đốt nóng trực tiếp. Trong trường hợp hoạt động với dòng nhảy lớn hơn dòng định mức thì cần một băng đốt nóng phụ trợ cuốn quanh thanh kim loại.

#### **\* Tiếp điểm**

Tiếp điểm gồm có tiếp điểm hồ quang, tiếp điểm động, tiếp điểm tĩnh. Do yêu cầu tiếp điểm phải có điện trở tiếp xúc nhỏ và vật liệu làm tiếp điểm phải chịu nhiệt khi ngắn mạch nên đòi hỏi tiếp điểm phải làm bằng chất liệu đặc biệt. Người ta đã chế tạo ra tiếp điểm làm bằng hợp kim bạc với tỉ lệ bạc nguyên chất cao. Ngoài ra, còn một số tiêu chuẩn về tăng tốc độ tách tiếp điểm và dập hồ quang nhằm hạn chế được hiện tượng cháy tiếp điểm, đảm bảo độ bền tiếp điểm. Nguyên tắc tách tiếp điểm bằng lực của “lấy cò” và thiết kế đặc biệt của hệ thống dập hồ quang có thể giải quyết được vấn đề trên. Từ thiết kế của tiếp điểm, lực đóng của tiếp điểm và việc lựa chọn vật liệu làm tiếp điểm phải phù hợp và cân đối với nhau để đảm bảo thao tác của CB được an toàn trong khoảng điện áp định mức thay đổi từ 12-450V.

#### **\* Hệ thống dập hồ quang**

Hệ thống dập hồ quang gồm hai phần: ngăn dẫn hồ quang và buồng dập hồ quang. Hồ quang khi vừa phát sinh ngay lập tức bị dẫn vào buồng dập hồ quang qua ngăn dẫn hồ quang. Quá trình dập tắt hồ quang xảy ra trong buồng dập hồ quang theo nguyên tắc hạn chế dòng điện.