

## Chương 10: **TỰ ĐỘNG HÒA ĐỒNG BỘ**

### I. CÁC PHƯƠNG PHÁP HÒA ĐỒNG BỘ:

Việc đóng các máy phát điện vào làm việc trong mạng có thể tạo nên dòng cân bằng lớn và dao động kéo dài. Tình trạng không mong muốn đó xảy ra là do:

\* Tốc độ góc quay của máy phát được đóng vào khác với tốc độ góc quay đồng bộ của các máy phát đang làm việc trong hệ thống điện.

\* Điện áp ở đầu cực của máy phát được đóng vào khác với điện áp trên thanh góp của nhà máy điện.

Điều kiện để các máy phát điện đồng bộ có thể làm việc song song với nhau trong hệ thống điện là:

- rôto của các máy phát phải quay với một tốc độ gần như nhau.
- điện áp ở đầu cực các máy phát phải gần bằng nhau.
- góc lệch pha tương đối giữa các rôto không được vượt quá giới hạn cho phép.

Vì vậy để đóng máy phát điện đồng bộ vào làm việc song song với các máy phát khác của nhà máy điện hay hệ thống, cần phải sơ bộ làm cho chúng đồng bộ với nhau. *HÒA ĐỒNG BỘ là quá trình làm cân bằng tốc độ góc quay và điện áp của máy phát được đóng vào với tốc độ góc quay của các máy phát đang làm việc và điện áp trên thanh góp nhà máy điện, cũng như chọn thời điểm thích hợp đưa xung đi đóng máy cắt của máy phát.*

Có 2 phương pháp hòa đồng bộ : hòa đồng bộ chính xác và hòa tự đồng bộ.

#### ◆ Hòa đồng bộ chính xác :

Khi đóng máy phát bằng phương pháp hòa chính xác cần phải thực hiện những công việc sau :

- San bằng về trị số của điện áp máy phát được đóng vào  $U_F$  và điện áp mạng  $U_{HT}$  ( $|U_F| \approx |U_{HT}|$ )
- San bằng tốc độ góc quay của máy phát được đóng vào  $\omega_F$  và tốc độ góc quay của các máy phát trong hệ thống  $\omega_{HT}$  ( $\omega_F \approx \omega_{HT}$ ).
- Làm cho góc pha của các véctơ điện áp máy phát và điện áp mạng trùng nhau vào lúc đóng máy cắt (Góc lệch pha giữa các véctơ điện áp máy phát và điện áp mạng  $\delta \approx 0$ )

Như vậy trình tự thực hiện hòa đồng bộ chính xác như sau: *Trước khi đóng một máy phát vào làm việc song song với các máy phát khác thì máy phát đó phải được kích từ trước, khi tốc độ quay và điện áp của máy phát đó xấp xỉ với tốc độ quay và điện áp của các máy phát khác cần chọn thời điểm thuận lợi để đóng máy phát sao cho lúc đó độ lệch điện áp giữa các máy phát gần bằng không, nhờ vậy dòng cân bằng lúc đóng máy sẽ nhỏ nhất.*

#### ◆ Hòa tự đồng bộ:

Khi đóng máy phát bằng phương pháp tự đồng bộ phải tuân theo những điều kiện sau :

- Máy phát không được kích từ (kích từ của máy phát đã được cắt ra bởi aptomat diệt từ).

- Tốc độ góc quay của máy phát đóng vào phải gần bằng tốc độ góc quay của các máy phát đang làm việc trong hệ thống.

Trình tự thực hiện: Trước khi đóng một máy phát vào làm việc song song với các máy phát khác thì máy phát đó chưa được kích từ, khi tốc độ quay của máy phát đó xấp xỉ với tốc độ quay của các máy phát khác thì máy phát đó được đóng vào, ngay sau đó dòng kích từ sẽ được đưa vào rôto và máy phát sẽ được kéo vào làm việc đồng bộ.

## II. PHƯƠNG PHÁP HÒA ĐỒNG BỘ CHÍNH XÁC:

### II.1. Điện áp phách và dòng cân bằng:

#### II.1.1. Điện áp phách:

Giả thiết điện áp ở đầu cực của máy phát và ở thanh góp của hệ thống là:

$$u_F = U \sin \omega_F t \quad \text{và} \quad u_{HT} = U \sin \omega_{HT} t$$

Điện áp phách  $U_S = \Delta U$  là hiệu hình học của điện áp máy phát cần hòa và điện áp hệ thống, điện áp phách xuất hiện khi tốc độ góc quay của các vectơ điện áp này khác nhau (hình 10.1a).

$$u_S = u_F - u_{HT} = 2U \sin \frac{\omega_F - \omega_{HT}}{2} t \cdot \cos \frac{\omega_F + \omega_{HT}}{2} t = 2U \sin \frac{\omega_S}{2} t \cdot \cos \omega_{tb} \cdot t$$

trong đó :

$\omega_S = \omega_F - \omega_{HT}$  : tốc độ góc trượt  $\ll \omega_{db}$

$\omega_{tb} = (\omega_F + \omega_{HT})/2$  : tốc độ góc trung bình  $\approx \omega_{db}$

Đặt  $\delta = \omega_S \cdot t$  : góc lệch pha giữa các vectơ điện áp.

Khi  $\cos \omega_{tb} \cdot t = 1$  thì:

$$u_S = U_S = 2U \sin \frac{\delta}{2} = 2U \sin \frac{\omega_F - \omega_{HT}}{2} \cdot t = 2U \sin \frac{\omega_S}{2} t \quad (10.1)$$

Đường cong  $U_S = 2U \sin(\delta/2)$  là đường bao các giá trị biên độ của điện áp phách, biến thiên theo tần số phách  $f_S$ :

$$f_S = \frac{\omega_S}{2\pi} = \frac{\omega_F - \omega_{HT}}{2\pi} = f_F - f_{HT} = \frac{1}{T_S}$$

trong đó:  $T_S$  là chu kỳ trượt, tức là thời gian của một chu kỳ thay đổi biên độ điện áp phách.

**Hình 10.1: Điện áp phách**

- a) đồ thị vectơ    b) sự thay đổi trị số tức thời của điện áp phách  
c) sự thay đổi biên độ của điện áp phách

Theo dõi sự biến thiên của điện áp phách (hình 10.1), ta nhận thấy:

\*  $T_s$  càng lớn thì tốc độ tương đối giữa hai máy phát càng nhỏ. Trên hình 10.1c là 2 chu kỳ thay đổi biên độ điện áp phách ứng với 2 giá trị tốc độ góc trượt  $\omega_{s1}$  và  $\omega_{s2}$ , trong đó  $\omega_{s1} > \omega_{s2}$ .

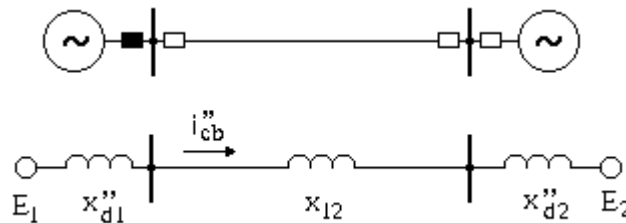
\* Lúc  $U_s = 0$  là thời điểm hai vectơ điện áp  $u_F$  và  $u_{HT}$  chập nhau rất thuận lợi để đóng máy.

**II.1.2. Dòng cân bằng:**

Dòng cân bằng là dòng chạy vòng qua các máy phát làm việc song song với nhau khi vectơ áp của chúng không bằng nhau.

Nếu hòa đồng bộ hai máy phát và khi sức điện động của chúng bằng nhau ( $E_1 = E_2 = E''_0$ ) thì theo sơ đồ thay thế hình 10.2, dòng cân bằng sẽ được xác định bởi biểu thức:

$$i''_{cb} = \frac{\sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 2E''_d}{x''_{d1} + x''_{d2} + x_{l2}} \sin \frac{\delta}{2}$$



**Hình 10.2: Sơ đồ mạng và sơ đồ thay thế tính toán dòng cân bằng khi hòa đồng bộ**

Khi  $\delta = 180^\circ$  thì: 
$$i''_{cb} = \frac{\sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 2E''_0}{x''_{d1} + x''_{d2} + x_{l2}}$$

Nếu hòa máy phát vào hệ thống có công suất vô cùng lớn (tức  $x''_{d1} + x_{l2} \approx 0$ ) thì:

$$i''_{cb} = \frac{1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 2E''_0}{x''_d} = 2i_N^{(3)} \quad (10.2)$$

trong các biểu thức trên:

1,8 : hệ số kể đến thành phần không chu kỳ trong dòng siêu quá độ.

$x''_{d1}, x''_{d2}$  : điện kháng siêu quá độ của các máy phát.

$x_{l2}$  : điện kháng đường dây liên lạc giữa hai máy phát.

$i_N^{(3)}$  : dòng ngắn mạch 3 pha tại đầu cực máy phát.

## II.2. Thiết bị tự động hòa đồng bộ chính xác:

### II.2.1. Nguyên tắc chung:

Các thiết bị hòa đồng bộ tự động bao gồm các bộ phận thực hiện việc tự động điều chỉnh tần số và điện áp của máy phát đúng vào so với tần số và điện áp của hệ thống và bộ phận kiểm tra việc thực hiện tất cả các điều kiện hòa đồng bộ.

Để đóng máy phát đúng vào thời điểm thuận lợi (điểm 1 trên hình 10.1c) cần phải đưa xung đến máy cắt trước thời điểm này, bởi vì máy cắt có thời gian đóng riêng. Thời gian đóng trước  $t_{dt}$  phải bằng thời gian đóng của máy cắt  $t_{DMC}$ . Thời điểm đưa xung đến máy cắt tương ứng với điểm 2 trên hình 10.1c, lúc này điện áp phách khác 0, trị số của nó được xác định bằng vị trí của điểm 2'. Góc giữa các vectơ điện áp máy phát và hệ thống tương ứng với  $t_{dt}$  gọi là góc đóng trước  $\delta_{dt}$ .

$$\delta_{dt} = \omega_s \cdot t_{dt} \quad (10.3)$$

Tùy thuộc vào việc thực hiện bộ phận đóng trước, người ta chia ra 2 loại thiết bị hòa đồng bộ :

\* Thiết bị hòa đồng bộ có góc đóng trước không đổi ( $\delta_{dt} = \text{const.}$ ), đưa xung đi đóng khi góc  $\delta$  đạt được một giá trị xác định không đổi.

\* Thiết bị hòa đồng bộ có thời gian đóng trước không đổi ( $t_{dt} = \text{const.}$ ), đưa xung đi đóng với thời gian đóng trước không đổi, bằng thời gian đóng  $t_{DMC}$  của máy cắt.

Thiết bị hòa đồng bộ chính xác có thời gian đóng trước không đổi được áp dụng rộng rãi hơn.

### II.2.2. Thiết bị hòa đồng bộ có thời gian đóng trước không đổi:

Ta xét một loại thiết bị hòa đồng bộ theo phương pháp hòa chính xác có thời gian đóng trước  $t_{dt} = \text{const.}$ , thiết bị gồm có 6 bộ phận chính (hình 10.3).

- *Bộ phận nguồn*: đảm bảo cung cấp cho các phần tử trong thiết bị hòa, đồng thời tạo nên điện áp phách  $U_s$ .

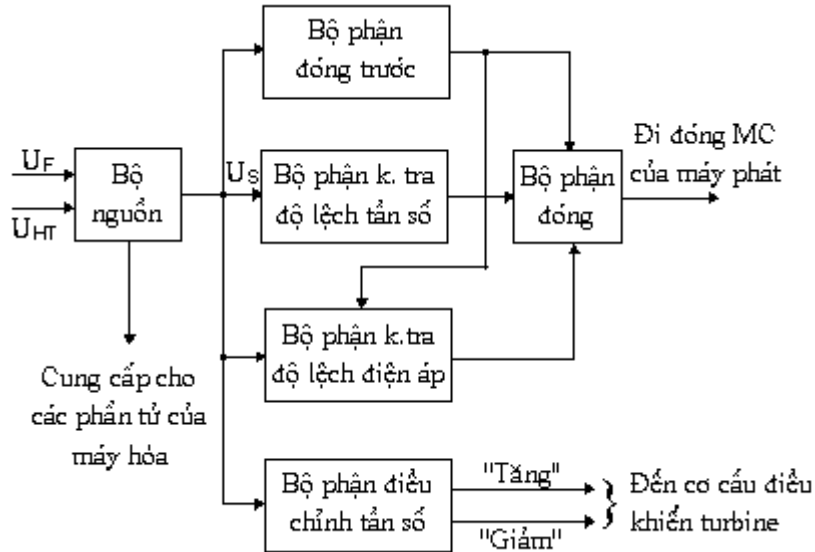
- *Bộ phận đóng trước*: đưa xung đi đóng máy cắt của máy phát trước thời điểm các vectơ  $U_F$  và  $U_{HT}$  chập nhau một khoảng thời gian  $t_{dt} = \text{const.}$

- *Bộ phận kiểm tra độ lệch tần số của máy phát và hệ thống*: đảm bảo cho tín hiệu của bộ phận đóng trước thông qua đi đóng máy cắt khi độ lệch tần số không vượt quá giá trị cho phép.

- *Bộ phận kiểm tra độ lệch điện áp của máy phát và hệ thống*: cho phép tín hiệu đi đóng máy cắt thông qua khi điện áp của máy phát và hệ thống không lệch quá giá trị cho phép.

- *Bộ phận điều chỉnh tần số*: thực hiện việc điều chỉnh tần số của máy phát cần hòa so với tần số của các máy phát đang làm việc bằng cách tác động đến cơ cấu điều khiển turbine.

- *Bộ phận đóng*: tạo nên một độ dài nhất định của xung đi đóng MC.



**Hình 10.3:** Sơ đồ cấu trúc của máy hòa đồng bộ có  $t_{dt} = const$ .

Dưới đây ta sẽ khảo sát chi tiết một số bộ phận của thiết bị:

**a) Bộ phận đóng trước:**

Bộ phận đóng trước (hình 10.4a) bao gồm máy biến áp trung gian B4, phần tử chỉnh lưu, bộ lọc L, phần tử vi phân VP, cơ cấu không P1 và các role trung gian 1RG ÷ 3RG làm nhiệm vụ thay đổi trị số đặt về thời gian đóng trước.

Phần tử chính của bộ phận đóng trước là cơ cấu không P1, tín hiệu ở đầu ra của nó xuất hiện khi dòng điện ở 2 đầu vào đạt được giá trị bằng nhau (tại điểm  $a_1$  và  $a_2$  trên hình 10.4c). Tín hiệu ở đầu ra của bộ phận đóng trước là điện áp  $U_{dt}$  dạng xung chữ nhật tồn tại đến cuối chu kỳ trượt.

Dòng  $i_1$  ở đầu vào thứ nhất của cơ cấu không P1 được xác định bằng giá trị điện áp phách  $U_S$  và điện trở R1 ÷ R3:

$$i_1 = \frac{U_S}{R} = \frac{2U}{R} \sin \frac{\omega_s t}{2} = K_1 2U \sin \frac{\omega_s t}{2} \quad (10.4)$$

trong đó: R bằng R1, R2 hoặc R3.

$K_1$  là hệ số tỷ lệ.

Dòng  $i_2$  ở đầu vào thứ hai của cơ cấu không P1 được xác định bằng điện áp ở đầu ra VP (hình 10.4b). Phần tử vi phân tạo nên điện áp tỷ lệ với đạo hàm điện áp phách. Đầu vào của VP nhận được điện áp phách  $U_S$ .

Điện áp ở đầu ra VP bằng:

$$U_{ra} = RC \frac{dU_{\text{vào}}}{dt} \quad (10.5)$$

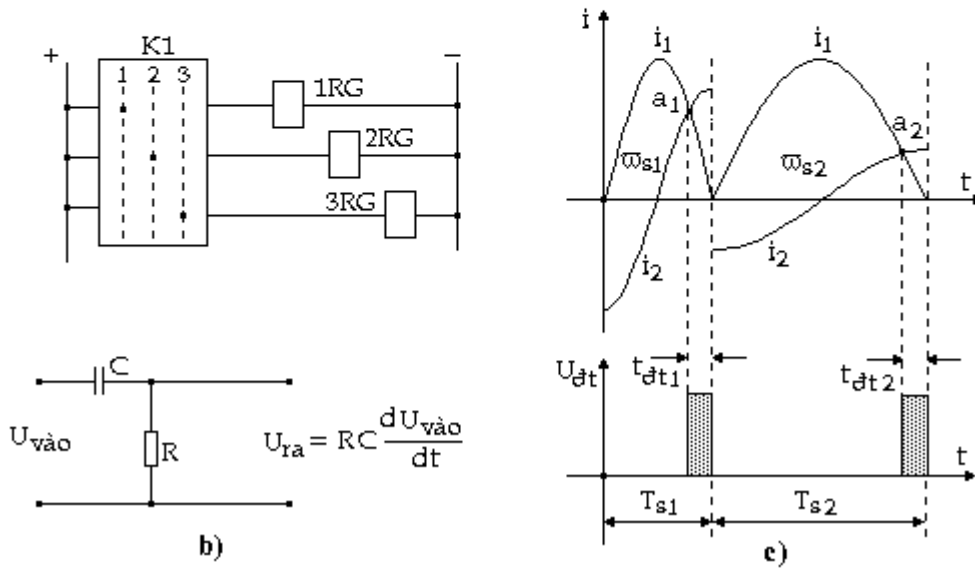
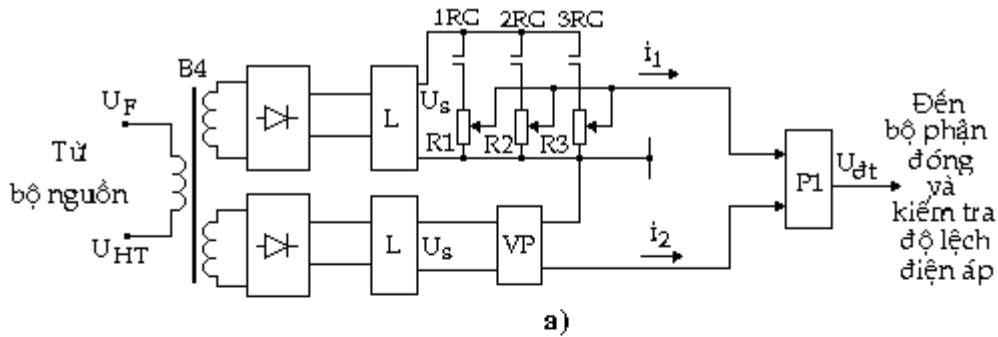
Phần tử vi phân VP được nối như thế nào để dòng  $i_2$  tạo nên bởi điện áp  $U_{ra}$  có dạng:

$$i_2 = -K_2 \frac{dU_{\text{vào}}}{dt} \quad (10.6)$$

trong đó:  $U_{\text{vào}}$  là điện áp đầu vào của phần tử vi phân ( $U_{\text{vào}} = U_S$ )

$K_2$  là hệ số tỷ lệ

Từ hình 10.4c ta thấy, vào thời điểm  $t = T_s - t_{dt}$  thì  $i_1 = i_2$  (vào thời điểm này phần tử không P1 sẽ cho tín hiệu đi đóng máy phát). Do vậy:



**Hình 10.4:** Bộ phận đóng trước của máy hòa đồng bộ  
 a) Sơ đồ khối chức năng ; b) Sơ đồ phần tử vi phân VP;  
 c) Đồ thị thời gian làm việc

$$K_1 2U \sin\left(\frac{\omega_s T_s}{2} - \frac{\omega_s t_{dt}}{2}\right) = -K_2 \omega_s U \cos\left(\frac{\omega_s T_s}{2} - \frac{\omega_s t_{dt}}{2}\right)$$

$$\omega_s T_s = 360^\circ \Rightarrow \operatorname{tg} \frac{\omega_s t_{dt}}{2} = \frac{K_2 \omega_s}{2K_1}$$

$$\omega_s t_{dt} = \delta_{dt} \text{ nhỏ} \Rightarrow \frac{\omega_s t_{dt}}{2} = \frac{K_2 \omega_s}{2K_1}$$

$$\Rightarrow t_{dt} = \frac{K_2}{K_1} = \text{const.}$$

Như vậy, thời gian đóng trước tạo nên bởi cơ cấu không P1 là một đại lượng không đổi không phụ thuộc vào tốc độ góc trượt (trên hình 10.4c, ta thấy rằng  $t_{dt1} = t_{dt2}$ ).

Để hiệu chỉnh cơ cấu không P1 có thời gian đóng trước bằng với thời gian đóng của máy cắt, dùng khóa chuyển mạch K1 điều khiển các rơle trung gian 1RG ÷ 3RG để thay đổi điện trở R1 ÷ R3 (hình 10.4a).

**b) Bộ phận kiểm tra độ lệch tần số:**

Bộ phận kiểm tra độ lệch tần số (hình 10.5a) gồm máy biến áp trung gian B5, phần tử chỉnh lưu, bộ lọc L, phần tử rơle P2, trigơ P3 và P5, phần tử thời gian P4 và P6.

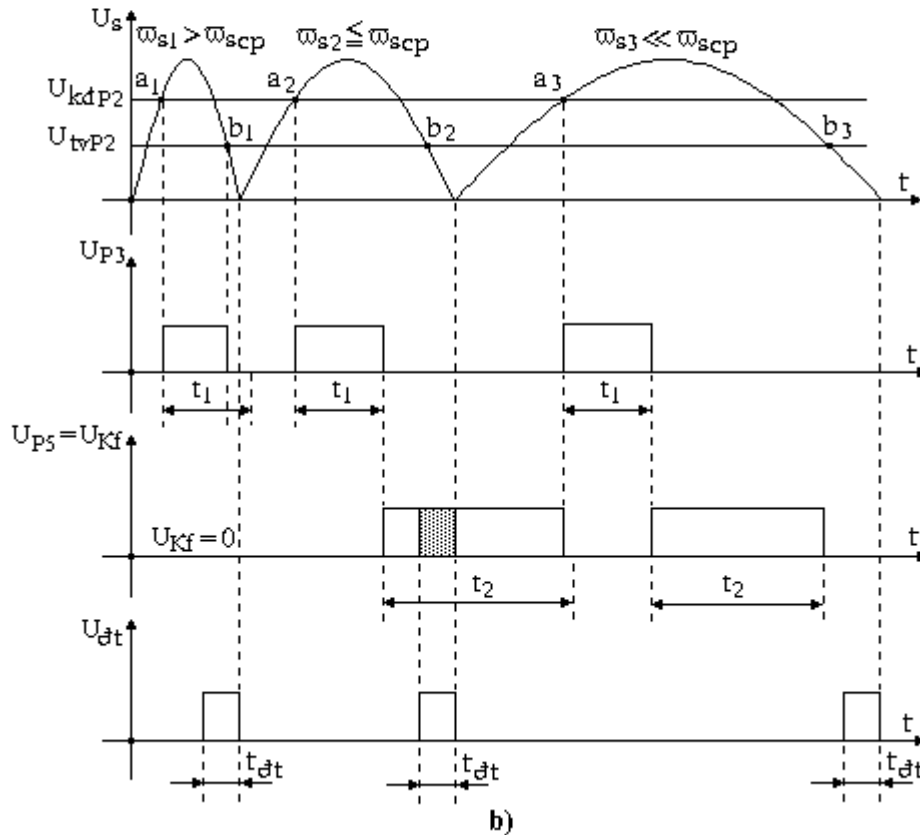
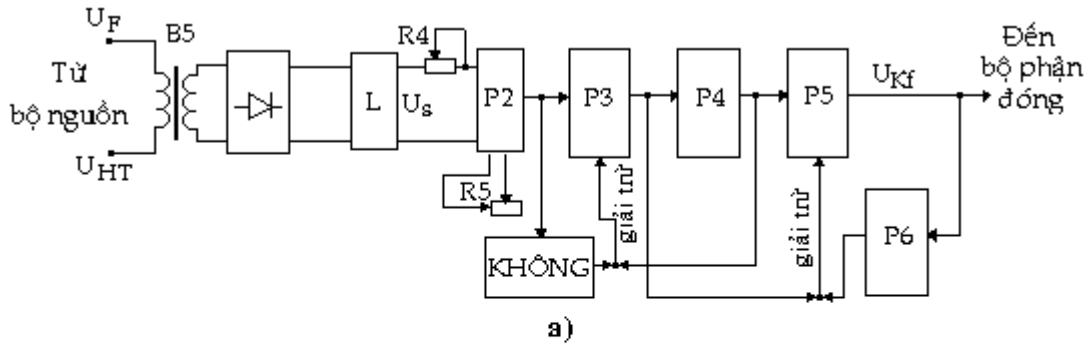
Ở đầu vào của bộ phận kiểm tra độ lệch tần số, cũng như ở đầu vào của bộ phận đóng trước, là điện áp phách  $u_s$ . Điện áp này sau khi chỉnh lưu để có  $U_s$  được đưa vào phần tử rơle P2. Tín hiệu ở đầu ra của phần tử P2 xuất hiện khi điện áp phách  $U_s$  đạt tới trị số điện áp khởi động  $U_{kdp2}$  của phần tử P2. Tín hiệu này tồn tại đến khi nào điện áp phách giảm xuống nhỏ hơn điện áp trở về  $U_{tvp2}$ . Điện áp khởi động và trở về có thể điều chỉnh được nhờ điện trở R4 và R5. Trên đồ thị hình 10.5b, thời điểm khởi động của phần tử P2 tương ứng tại các điểm  $a_1, a_2, a_3$ ; thời điểm trở về - điểm  $b_1, b_2, b_3$ . Độ dài tín hiệu ở đầu ra của phần tử P2 tỷ lệ thuận với chu kỳ trượt. Để kiểm tra độ dài của chu kỳ trượt (hoặc độ lệch tần số), trong sơ đồ dùng 2 phần tử thời gian P4, P6 được điều khiển bởi các trigơ P3, P5.

Trigơ là một phần tử chuyển mạch được đặc trưng bằng 2 trạng thái cân bằng điện ổn định *có* hoặc *không có tín hiệu* ở đầu ra của nó. Trigơ chuyển từ trạng thái này sang trạng thái khác khi có tín hiệu đưa đến một trong những đầu vào của nó. Sau khi mất tín hiệu điều khiển, trigơ vẫn giữ nguyên trạng thái của mình.

Bộ phận kiểm tra độ lệch tần số làm việc như sau :

\* Khi tốc độ góc trượt  $\omega_{s1} > \omega_{scp}$  ( $\omega_{scp}$  là tốc độ góc trượt lớn nhất cho phép lúc hòa đồng bộ): phần tử rơle P2 khởi động (tại điểm  $a_1$ ) chuyển trigơ P3 sang trạng thái *có tín hiệu*, đảm bảo sự khởi động của phần tử thời gian P4. Ứng với tốc độ trượt này phần tử P4 có thời gian duy trì  $t_1$  sẽ không tác động được, vì trước đó tại điểm  $b_1$  phần tử P2 đã trở về và đồng thời phần tử logic KHÔNG đưa tín hiệu đi giải trừ trigơ P3. Điện áp ở đầu ra của bộ phận kiểm tra độ lệch tần số  $U_{kf}$  trong trường hợp này bằng không, làm ngăn cản tác động của thiết bị hòa đồng bộ.

\* Trong phạm vi tốc độ trượt cho phép  $\omega_{s2} \leq \omega_{scp}$ : ví dụ khi  $\omega_{s2} = \omega_{scp}$ , chu kỳ trượt lớn hơn trường hợp thứ nhất. Trong khoảng thời gian giới hạn giữa 2 điểm  $a_2$  và  $b_2$ , phần tử thời gian P4 làm việc thành công. Tín hiệu ở đầu ra của nó chuyển trigơ P3 sang trạng thái *không tín hiệu*, chuyển trigơ P5 sang trạng thái *có tín hiệu*.



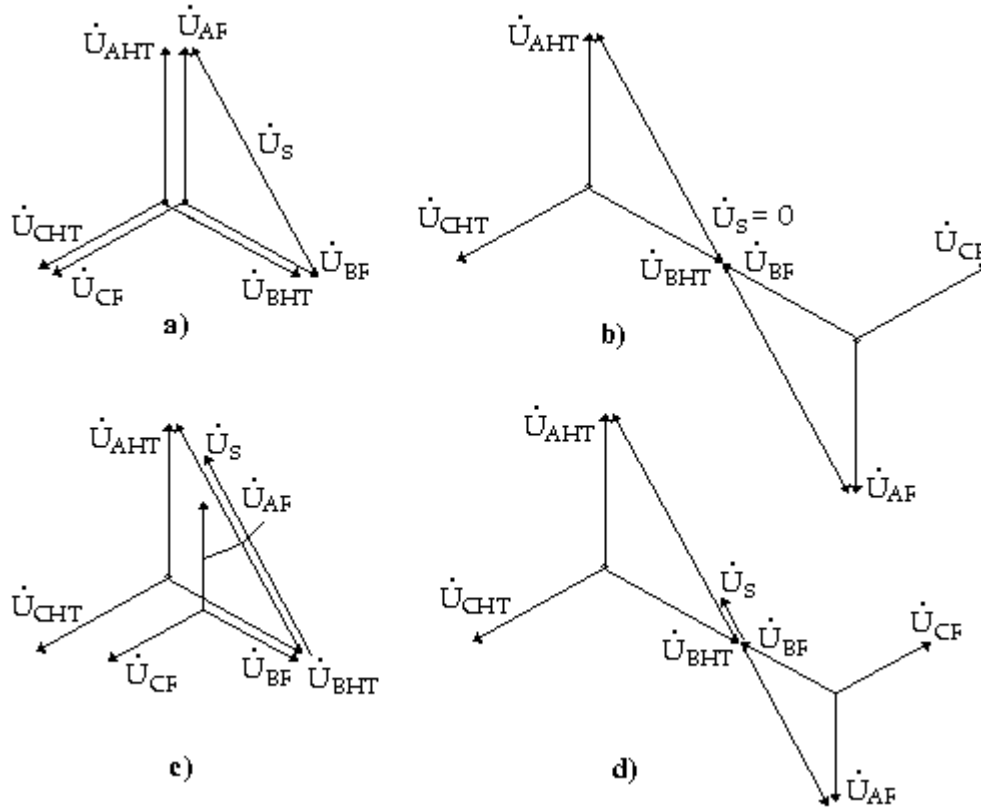
**Hình 10.5:** Bộ phận kiểm tra độ lệch tần số của máy hòa đồng bộ  
 a) Sơ đồ khối chức năng ; b) Đồ thị thời gian làm việc

Trigơ P5 là phân tử đầu ra của bộ phận kiểm tra độ lệch tần số, điện áp  $U_{Kf}$  ở đầu ra của nó được đưa đến bộ phận đóng của thiết bị hòa đồng bộ. Độ dài của tín hiệu đầu ra được xác định bằng thời gian duy trì  $t_2$  của phân tử thời gian P6. Độ dài của tín hiệu đầu ra có thể nhỏ hơn khoảng thời gian  $t_2$  nếu sau khi bộ phận kiểm tra độ lệch tần số làm việc, quá trình trượt tần số vẫn chưa chấm dứt. Tín hiệu đầu ra mất đi khi phân tử role P2 khởi động trong chu kỳ trượt kế tiếp (điểm  $a_3$  trên hình 10.5b).

Trong vùng tốc độ trượt cho phép, điện áp  $U_{Kf}$  ở đầu ra của bộ phận kiểm tra độ lệch tần số và điện áp  $U_{đt}$  ở đầu ra của bộ phận đóng trước có một vùng trùng nhau (vùng gạch chéo), tại vùng đó khi đảm bảo tuân theo đúng những điều kiện hòa đồng bộ còn lại sẽ xuất hiện tín hiệu đi đóng máy cắt.







**Hình 10.7:** Đồ thị vectơ giải thích đặc tính thời gian của bộ phận kiểm tra độ lệch điện áp

- a)  $\delta = 0$  ;  $U_F = U_{HT}$       b)  $\delta = 180^\circ$  ;  $U_F = U_{HT}$   
 c)  $\delta = 0$  ;  $U_F < U_{HT}$       d)  $\delta = 180^\circ$  ;  $U_F < U_{HT}$

\* Khi tốc độ góc trượt  $\omega_{s3} \ll \omega_{sep}$ : Bộ phận kiểm tra độ lệch tần số khóa thiết bị hòa đồng bộ không những khi tần số trượt lớn hơn cho phép mà còn cả khi tốc độ trượt quá bé. Chế độ tốc độ trượt quá bé được đặc trưng bằng hiện tượng "treo" tần số của máy phát. Chế độ này không tốt vì quá trình tiến đến trùng khít vectơ điện áp máy phát và điện áp hệ thống diễn ra chậm chạp làm kéo dài thời gian đóng máy phát. Sự làm việc của các phần tử trong bộ phận này khi tốc độ trượt quá bé được minh họa trên đồ thị thời gian hình 10.5b. Từ đồ thị ta thấy rằng, điện áp  $U_{Kf}$  ở đầu ra của bộ phận kiểm tra độ lệch tần số và điện áp  $U_{dt}$  ở đầu ra của bộ phận đóng trước không trùng nhau về thời gian, điều này làm cho tín hiệu đi đóng máy cắt ở bộ phận đóng không xuất hiện.

### c) Bộ phận kiểm tra độ lệch điện áp:

Bộ phận kiểm tra độ lệch điện áp (hình 10.6a) bao gồm phần tử chỉnh lưu, bộ lọc L, cơ cấu không P7, trigơ P8 và P9, phần tử thời gian P10. Đầu vào của bộ phận kiểm tra độ lệch điện áp là điện áp phách lấy giữa điểm giữa của phân áp R6-R7 với điện áp  $U_B$  (hình 10.6b). Điện áp phách mà bộ phận này sử dụng lệch  $180^\circ$  so với điện áp phách từ pha  $U_{AF}$  và  $U_{AHT}$ . Đường biểu diễn sự thay đổi điện áp phách ở đầu vào như trên hình 10.6c. Đồ thị vectơ giải thích tính chất thay đổi của điện áp phách trên hình 10.7. Từ đó ta thấy rằng, điện áp phách mà bộ phận này sử dụng có trị số cực đại khi  $\delta = 0^\circ$ , cực tiểu khi  $\delta = 180^\circ$ .

Việc kiểm tra độ lệch điện áp máy phát và hệ thống được thực hiện ở vùng có góc  $\delta \approx 180^\circ$ . Vào thời điểm  $\delta = 180^\circ$ , nếu  $U_F = U_{HT}$  thì điện áp phách bằng 0, nếu  $U_F \neq U_{HT}$  thì điện áp phách lớn hơn 0.

Điện áp phách  $U_S$  đưa đến đầu vào thứ nhất của cơ cấu không P7, ở đầu vào thứ hai của nó là điện áp mẫu  $U_{mẫu}$  từ bộ nguồn  $U_{ng}$ . Điện áp mẫu có thể điều chỉnh được nhờ điện trở R8. Điện áp mẫu lấy bằng độ lệch cho phép của điện áp máy phát và hệ thống, vào khoảng  $(10 \div 11)\% U_{dm}$ .

Bộ phận kiểm tra độ lệch điện áp làm việc như sau :

\* Nếu  $U_F = U_{HT}$  hay nếu độ lệch  $U_F$  và  $U_{HT}$  không vượt quá giá trị cho phép, thì cơ cấu không P7 khởi động. Tín hiệu ở đầu ra của P7 xuất hiện trong vùng góc  $\delta \approx 180^\circ$  khi điện áp phách và điện áp mẫu bằng nhau (điểm a trên hình 10.6c), tại điểm b tín hiệu này mất đi. Trigơ P8 ghi nhận sự khởi động của phần tử P7, tín hiệu ở đầu ra của P8 là điện áp  $U_{KU}$  được đưa đến bộ phận đóng. Độ dài của tín hiệu đầu ra được giới hạn bởi phần tử thời gian P10 điều khiển bằng trigơ P9 theo tín hiệu từ bộ phận đóng trước. Thời gian  $t_3$  của P10 được tính toán đủ để đảm bảo cho bộ phận đóng làm việc một cách chắc chắn trong vùng góc  $\delta = 0^\circ$  (hay  $360^\circ$ ).

\* Nếu độ lệch điện áp máy phát  $U_F$  và hệ thống  $U_{HT}$  vượt quá giá trị cho phép, điện áp phách luôn luôn lớn hơn điện áp mẫu  $U_{mẫu}$ , vì vậy cơ cấu không P7 không khởi động, điện áp đầu ra  $U_{KU}$  bằng 0 và bộ phận đóng bị khóa.

#### **d) Bộ phận điều chỉnh tần số:**

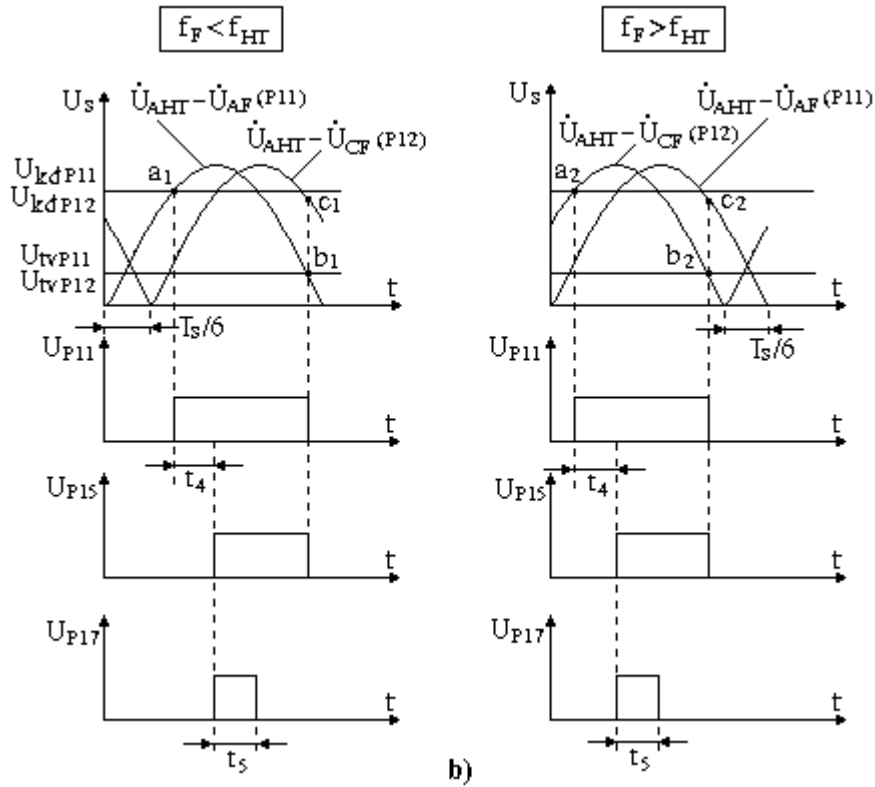
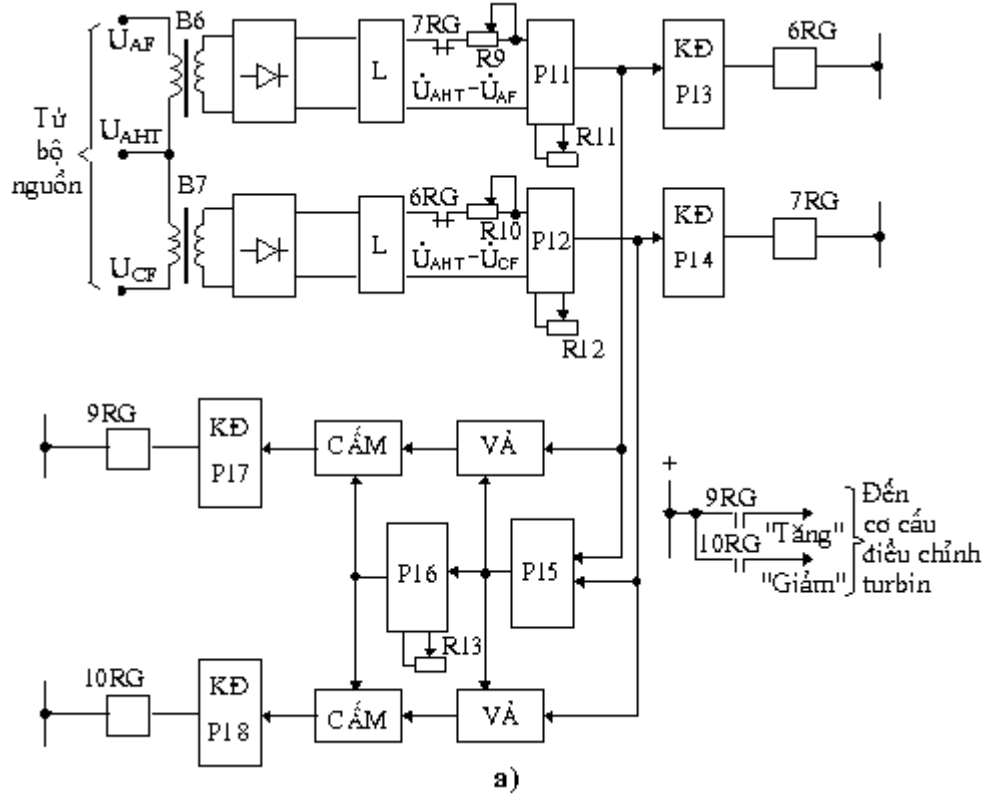
Bộ phận điều chỉnh tần số (hình 10.8a) bao gồm các máy biến áp trung gian B6 và B7, phần tử chỉnh lưu và bộ lọc L, phần tử role P11 và P12, bộ khuếch đại P13, P14, P17, P18, phần tử thời gian P15 và P16, role trung gian 6RG, 7RG và role đầu ra 9RG, 10RG. Bộ phận này có hai phần đối xứng: phần thứ nhất gồm các phần tử B6, P11, P13, 6RG, P17, 9RG có nhiệm vụ làm tăng tần số máy phát, phần thứ hai gồm các phần tử B7, P12, P14, 7RG, P18, 10RG làm giảm tần số máy phát. Phần tử P15 và P16 chung cho cả 2 phần.

Đưa vào máy biến áp B6 là điện áp phách tạo nên bởi  $U_{AHT}$  và  $U_{AF}$ , vào máy biến áp B7 là điện áp phách tạo nên bởi  $U_{AHT}$  và  $U_{CF}$ . Từ đồ thị vectơ trên hình 10.9 ta thấy: khi  $f_F < f_{HT}$  ( $\omega_S = \omega_F - \omega_{HT} < 0$ ), điện áp  $U_{P12}$  trên phần tử P12 chậm  $60^\circ$  sau điện áp  $U_{P11}$  trên phần tử P11; khi  $f_F > f_{HT}$  ( $\omega_S = \omega_F - \omega_{HT} > 0$ ), điện áp  $U_{P12}$  trên phần tử P12 vượt  $60^\circ$  trước điện áp  $U_{P11}$  trên phần tử P11. Tính chất thay đổi điện áp phách như vậy được dùng để xác định dấu của độ lệch tần số máy phát và tần số hệ thống nhằm tạo nên các tác động điều khiển tương ứng.

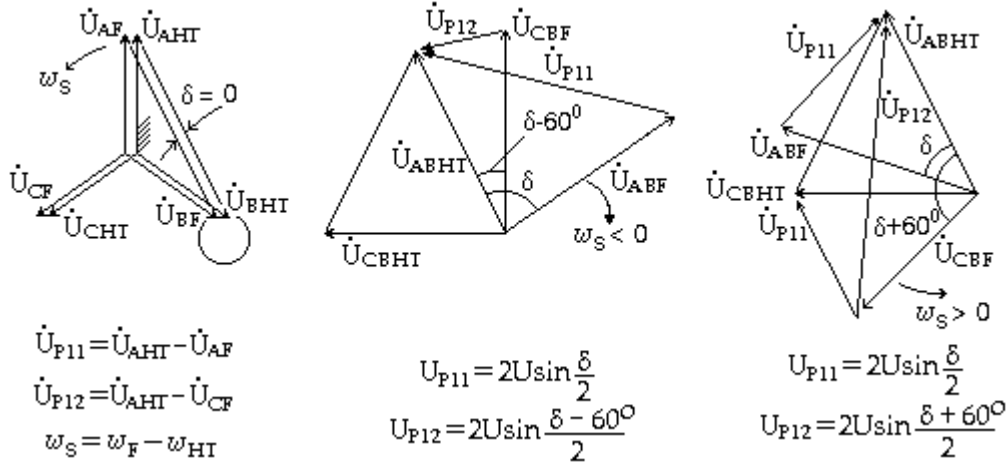
Phần tử role P11, P12 được chỉnh định ở cùng một điện áp khởi động và điện áp trở về như nhau, việc chỉnh định được thực hiện nhờ các điện trở R9 ÷ R12. Điện áp trở về được điều chỉnh khá thấp để vào thời điểm trở về của một phần tử (điểm  $b_1$  hoặc  $b_2$  trên hình 10.8b), điện áp trên phần tử kia sẽ nhỏ hơn điện áp khởi động (điểm  $c_1$  hoặc  $c_2$ ). Nhờ vậy loại trừ được khả năng cùng khởi động 2 phần tử role P11, P12 trong một chu kỳ trượt.

Bộ phận điều chỉnh tần số tác động như sau :

\* Nếu  $f_F < f_{HT}$  thì phần tử role P11 khởi động trước (điểm  $a_1$  trên hình 10.8). Điện áp xuất hiện ở đầu ra của nó và qua bộ khuếch đại P13 làm role trung gian 6RG tác động. Tiếp điểm của 6RG mở ra cắt mạch điện áp đưa đến phần tử P12, khóa phần tác



**Hình 10.8:** Bộ phận điều chỉnh tần số  
 a) Sơ đồ khối chức năng ;      b) Đồ thị thời gian làm việc.

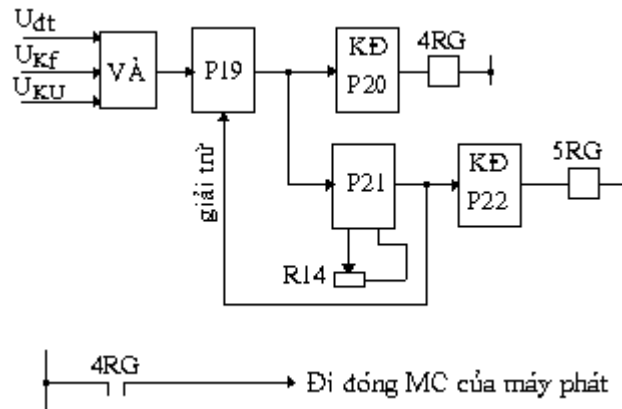


**Hình 10.9:** Đồ thị vectơ giải thích đặc tính của bộ phận điều chỉnh

động đi giảm tần số. Khóa liên động như vậy có tác dụng cho đến khi phân tử P11 trở về (điểm b<sub>1</sub>). Khi P11 tác động, phân tử thời gian P16 sẽ khởi động sau thời gian chậm trễ t<sub>4</sub> của phân tử thời gian P15, qua phân tử P17 và role đầu ra 9RG đưa tín hiệu tác động đến cơ cấu điều khiển turbine theo hướng "tăng tốc độ".

Thời gian t<sub>4</sub> cần thiết để loại trừ khả năng tác động đến turbine khi khởi động ngắn hạn phân tử P11 và P12 vào thời điểm đóng của máy hòa đồng bộ. Độ dài của tín hiệu đưa đến cơ cấu điều khiển turbine được giới hạn bởi thời gian t<sub>5</sub> tạo nên bằng phân tử P16. Trị số đặt của phân tử P16 có thể điều chỉnh được nhờ điện trở R13. Như vậy trong mỗi chu kỳ trượt, bộ phận này tạo nên một xung tác động đưa đến bộ điều chỉnh tần số quay của turbine. Tần số trượt càng lớn thì xung điều chỉnh càng dày, nghĩa là bộ phận điều chỉnh tần số thực hiện một sự điều chỉnh bằng xung tỉ lệ.

\* Bộ phận điều chỉnh tần số cũng tác động tương tự khi  $f_F > f_{HT}$  nhưng theo hướng ngược lại và tạo xung tác động làm "giảm tốc độ" của máy phát.



**Hình 8.10:** Sơ đồ khối chức năng của bộ phận đóng

**e) Bộ phận đóng:**

Bộ phận đóng trên hình 8.10 gồm có phân tử VÀ, trigơ P19, khuếch đại P20 và P22, role đầu ra 4RG, phân tử thời gian P21 và role giới hạn xung đóng 5RG. Tín hiệu đi đóng máy cắt của máy phát được tạo nên bởi phân tử VÀ khi tồn tại đồng thời 3 tín hiệu ở đầu

vào của nó: điện áp ở đầu ra của bộ phận đóng trước  $U_{dt}$ , điện áp ở đầu ra của bộ phận kiểm tra độ lệch tần số  $U_{kf}$  và điện áp ở đầu ra của bộ phận kiểm tra độ lệch điện áp  $U_{ku}$ . Tín hiệu này được ghi nhận bằng trigơ P19 và rơle đầu ra 4RG. Mạch giới hạn tín hiệu đi đóng máy cắt gồm các phần tử P21, P22 và rơle 5RG. Khi tín hiệu đi đóng máy cắt được phát đi thì phần tử thời gian P21 cũng khởi động. Sau thời gian duy trì  $t_0$  của P21, rơle 5RG sẽ tác động, tiếp điểm của 5RG mở mạch cung cấp cho bộ phận nguồn của thiết bị hòa đồng bộ. Như vậy sau khi thực hiện thao tác tự động đóng máy phát, thiết bị hòa đồng bộ cũng sẽ được tự động tách ra.

### III. PHƯƠNG PHÁP HÒA TỰ ĐỒNG BỘ:

#### III.1. Dòng cân bằng:

Điểm đặc biệt của phương pháp hòa tự đồng bộ là vào thời điểm đóng máy phát vào hệ thống sẽ kéo theo sự tăng vọt của dòng điện.

Theo sơ đồ thay thế hình 8.11b, dòng cân bằng xuất hiện khi đóng máy phát được xác định bằng công thức:

$$i_{cb}'' = \frac{\sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot U_{HT}}{x_{dF}'' + x_{ll} + x_{HT}} \quad (10.7)$$

trong đó:

$x_{dF}''$ : điện kháng siêu quá độ dọc trục của máy phát.

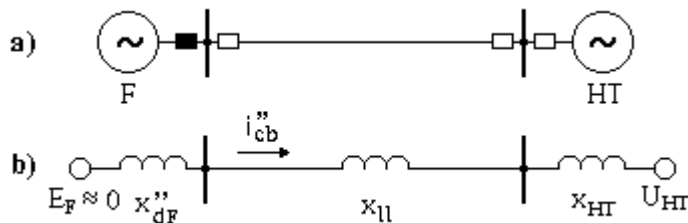
$x_{HT}$ : điện kháng của hệ thống.

$x_{ll}$ : điện kháng của phần tử liên lạc giữa máy phát và hệ thống.

Khi đóng máy phát vào hệ thống có công suất vô cùng lớn ( $x_{HT} = 0$ ;  $x_{ll} = 0$ ) thì:

$$i_{cb}'' = \frac{\sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot U_{HT}}{x_{dF}''} \approx i_N^{(3)} \quad (10.8)$$

Ta thấy dòng cân bằng khi hòa tự đồng bộ xấp xỉ dòng ngắn mạch 3 pha ở đầu cực máy phát và nó nhỏ hơn dòng cân bằng lớn nhất khi hòa đồng bộ chính xác. Đóng máy phát bằng phương pháp tự đồng bộ cũng làm giảm thấp điện áp ở đầu cực của máy phát, ảnh hưởng không tốt đến sự làm việc của các hộ tiêu thụ nối với thanh góp điện áp máy phát của nhà máy điện.



**Hình 8.11:** Sơ đồ hòa tự đồng bộ máy phát điện

a) Sơ đồ nối điện    b) Sơ đồ thay thế



Vào lúc đưa điện áp đến các cuộn dây của rơle Rf, tiếp điểm của rơle có thể đóng ngắn hạn. Để loại trừ tác động không đúng của thiết bị, cuộn dây I và II của Rf được nối vào 1BU và 2BU không cùng một lúc: trước tiên nối cuộn dây II, sau đó một thời gian (khoảng vài sec) được hiệu chỉnh ở tiếp điểm RT1 của rơle thời gian RT, cuộn dây I được nối vào nhờ rơle trung gian 3RG (qua tiếp điểm 3RG<sub>2</sub>). Ngoài ra thời gian duy trì của tiếp điểm RT2 trong mạch gồm các tiếp điểm Rf<sub>1</sub> và Rf<sub>2</sub> cần thiết để loại trừ sự tác động không đúng của rơle vào lúc đưa điện áp đến cuộn I của rơle Rf.

Khi tần số trượt bằng tần số khởi động của rơle Rf, rơle đầu ra 1RG của thiết bị sẽ khởi động và tự duy trì bằng tiếp điểm 1RG<sub>1</sub>. Tiếp điểm 1RG<sub>3</sub> khép mạch đóng máy cắt 1MC của máy phát. Sau khi đóng 1MC, aptomat diệt từ ADT của máy phát đóng lại đưa kích từ đến cuộn dây rôto máy phát (trạng thái đóng của máy phát được kiểm tra bằng tiếp điểm phụ 1MC<sub>1</sub>). Máy phát đã được kích từ và sẽ được kéo vào làm việc đồng bộ.

Rơle 1RG tự giữ để đảm bảo đóng chắc chắn 1MC và ADT của máy phát. Rơle trung gian 2RG khi trở về có thời gian chậm trễ nhằm giới hạn độ dài tín hiệu đi đóng 1MC và ADT. Rơle Rf không được tính toán để chịu đựng lâu dài điện áp định mức từ 1BU của máy phát đã được kích từ. Do vậy để loại trừ tác hại đến cuộn dây I của nó, tiếp điểm 3RG<sub>2</sub> sẽ mở mạch cung cấp cho cuộn dây I sau khi 3RG trở về do 1RG<sub>2</sub> mở ra. Rơle RU nhận điện áp từ 1BU có nhiệm vụ khóa mạch đưa điện áp định mức của máy phát được kích từ đến cuộn I của rơle Rf trong trường hợp xảy ra thao tác nhầm lẫn của nhân viên vận hành (đóng kích từ trước khi đóng máy phát vào hệ thống). Tiếp điểm RU mở mạch cuộn dây RT và nhờ vậy loại trừ khả năng khởi động của 3RG.