

# Kỹ thuật đo lường (7)

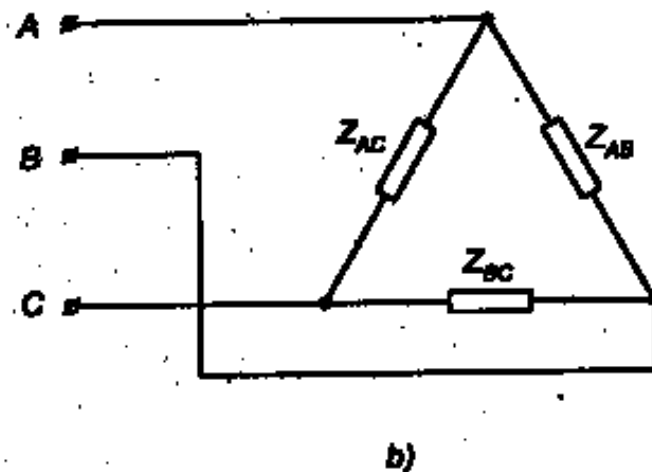
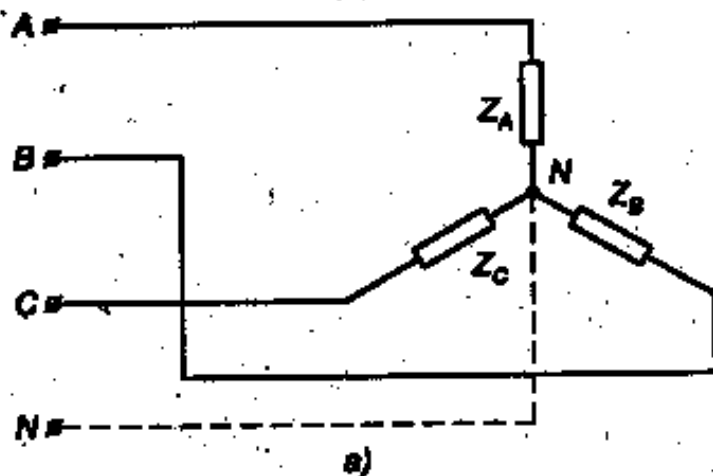
**GV: Hoàng Sĩ Hồng**

# Đo công suất trong mạch 3 pha

Trong mạch điện 3 pha, phụ tải thường được mắc theo hai cách : phụ tải *hình sao* và phụ tải *hình tam giác* :

Đối với phụ tải hình sao có thể không có dây trung tính (nghĩa là mạch chỉ có 3 dây) hoặc có dây trung tính (tức là mạch có 4 dây ) (h.10-9a).

Về nguyên tắc ta có thể biến đổi từ hình sao ra hình tam giác được (sơ đồ tương đương) và ngược lại.



Hình 10-9 :

- a) Phụ tải hình sao trong mạch 3 pha;  
b) Phụ tải hình tam giác trong mạch 3 pha.

# Đo công suất trong mạch 3 pha

Để thực hiện phép đo công suất tổng trong mạch 3 pha, ta hãy xét trường hợp chung:

Mạch 3 pha 3 dây. Ví dụ : tải hình sao không có dây trung tính (h.10-9a) phụ tải bất kì (đối xứng hay không đối xứng).

Các điện áp  $u_{AB}$ ,  $u_{BC}$ ,  $u_{AC}$  là các giá trị tức thời của điện áp dây ;  $u_{AN}$ ,  $u_{BN}$ ,  $u_{CN}$  là các giá trị tức thời của các điện áp pha ;  $i_A$ ,  $i_B$ ,  $i_C$  là các giá trị tức thời của dòng điện pha.

Ta có thể viết các phương trình sau đây :

$$i_A + i_B + i_C = 0 \quad (10-40)$$

$$P_{\Sigma} = u_{AN}i_A + u_{BN}i_B + u_{CN}i_C \quad (10-41)$$

Từ (10-40) ta có  $i_C = -(i_A + i_B)$ , thay vào (10-41) ta có :

$$\begin{aligned} P_{\Sigma} &= u_{AN}i_A + u_{BN}i_B - u_{CN}i_A - u_{CN}i_B \\ &= i_A(u_{AN} - u_{CN}) + i_B(u_{BN} - u_{CN}) \\ &= i_A u_{AC} + i_B u_{BC} \end{aligned}$$

Dựa vào kết quả này ta có thể viết công suất của mạch 3 pha có thể tính theo một trong 3 công thức sau đây :

# Đo công suất trong mạch 3 pha

$$P_{\Sigma} = u_{AC}i_A + u_{BC}i_B$$

$$P_{\Sigma} = u_{AB}i_A + u_{CB}i_C$$

$$P_{\Sigma} = u_{BA}i_B + u_{CA}i_C$$

(10-42)

Như vậy trong mạch 3 pha sử dụng điện áp dây và dòng điện pha ta có thể chỉ sử dụng hai watmet là đủ.

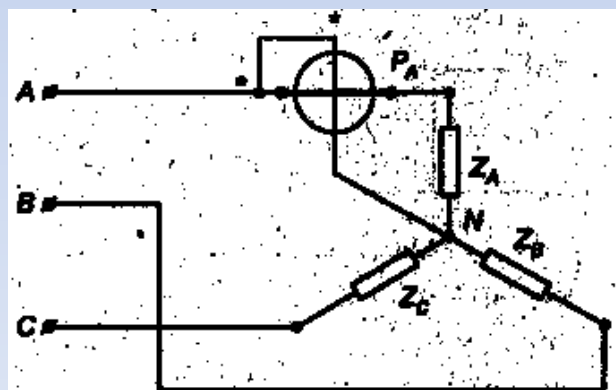
Chứng minh trên đây phù hợp với tải bất kì và mạch chỉ có 3 dây (tải hình sao hay tam giác không có dây trung tính).

Từ đó ta có thể rút ra các phương pháp đo công suất sau đây.

## 1. Đo công suất bằng một watmet

– Nếu như mạch 3 pha có phụ tải *hình sao đối xứng*. Trong trường hợp này ta chỉ cần đo công suất ở một pha của phụ tải sau đó nhân 3 ta nhận được công suất tổng (h.10-10).

$$P_{\Sigma} = 3P_A$$



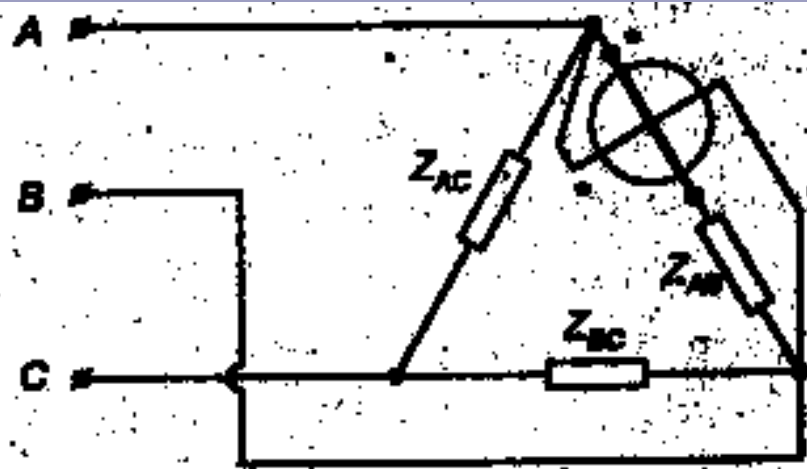
Hình 10-10 : Mạch 3 pha tải hình sao đối xứng.

# Đo công suất trong mạch 3 pha

- Nếu mạch 3 pha có phụ tải là *tam giác đối xứng*, Trong trường hợp này ta chỉ cần đo công suất ở một nhánh của phụ tải sau đó nhân 3 kết quả ta nhận được công suất tổng (h.10-11).

- Trong trường hợp phụ tải nối theo hình *tam giác đối xứng* mà ta muốn đo ở ngoài nhánh phụ tải thì ta phải tạo ra một điểm trung tính giả bằng cách nối với hai pha khác hai pha điện trở bằng đúng điện trở của cuộn áp  $r_u$  của watmet.

Đo công suất trên một pha kết quả công suất tổng bằng 3 lần công suất trên pha đo (h.10-12).



Hình 10-11 : Mạch 3 pha tải hình tam giác, đối xứng.

# Đo công suất trong mạch 3 pha

Ở hình 10-13 là biểu đồ vectơ của các dòng và áp của mạch 3 pha phụ tải hình tam giác. Từ biểu đồ vectơ này ta có :

$$I_A = I_{AB} + I_{AC} \quad (10-43)$$

Công suất chỉ của watmet là

$$P_A = U_{AN} I_A \cos(\widehat{U_{AN} I_A}) = U_{AN} I_A \cos \varphi.$$

Ta biết rằng

$$U_{AN} = \frac{U_{AB}}{\sqrt{3}}; I_A = I_{AB} \sqrt{3}$$

Thay vào ta có

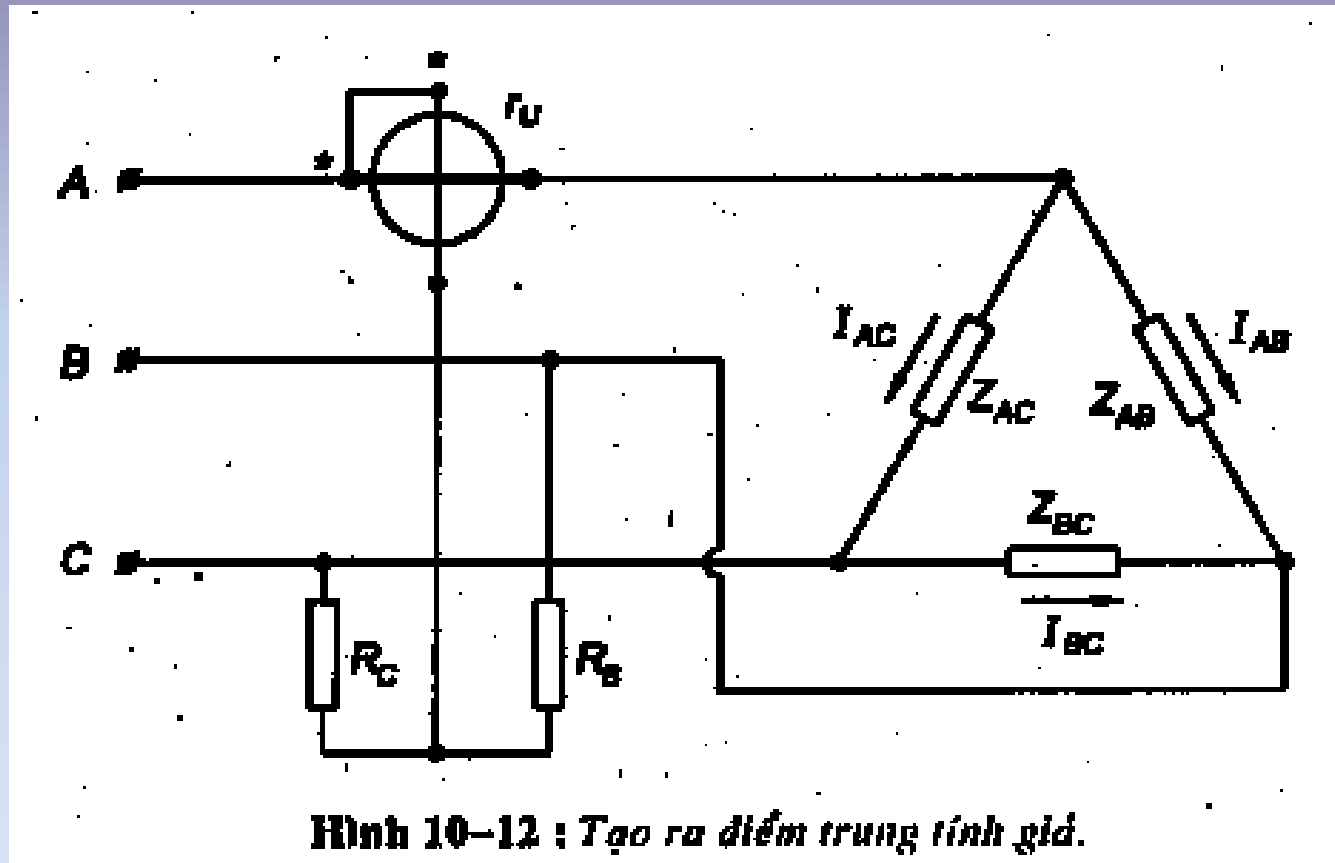
$$P_A = \left( \frac{U_{AB}}{\sqrt{3}} \right) I_{AB} \sqrt{3} \cos \varphi = U_{AB} I_{AB} \cos \varphi \quad (10-44)$$

Vậy công suất tổng của cả mạch sẽ là :

$$P_{\Sigma} = 3P_A = 3U_{AB} I_{AB} \cos \varphi \quad (10-45)$$

Nghĩa là với điểm trung tính giả ta có kết quả đo cũng giống như ta đo ở từng nhánh một.

# Đo công suất trong mạch 3 pha

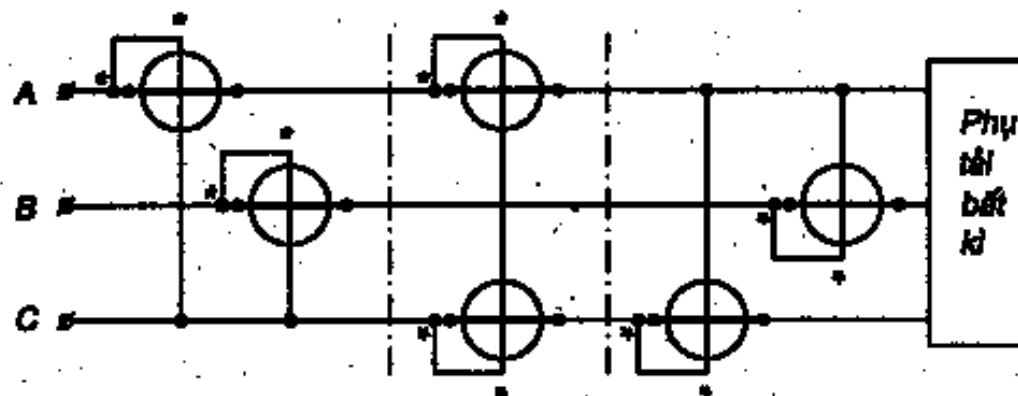


# Đo công suất trong mạch 3 pha

Dựa trên các công thức đã chứng minh ở trên (10-42) ta có thể đo công suất mạch 3 pha bằng 2 watmet duy nhất.

Không phụ thuộc vào phụ tải (đối xứng hay không đối xứng, tam giác hay hình sao không có dây trung tính) ta có thể đo công suất tổng bằng 2 watmet theo một trong 3 cách mắc như ở hình 10-14.

Theo cách thứ nhất ta lấy pha C làm pha chung, cách thứ hai là pha B, còn cách thứ ba là pha A. Công suất tổng sẽ được tính theo công thức (10-42).



Hình 10-14 : Đo công suất bằng hai watmet.



# Đo công suất trong mạch 3 pha

## 3. Đo công suất bằng ba watmet

Trong trường hợp mạch 3 pha có tải hình sao có dây trung tính. Nghĩa là n 4 dây phụ tải không đối xứng. Để đo được công suất tổng ta phải sử dụng 3 watmet. Công suất tổng bằng tổng công suất của cả 3 watmet.

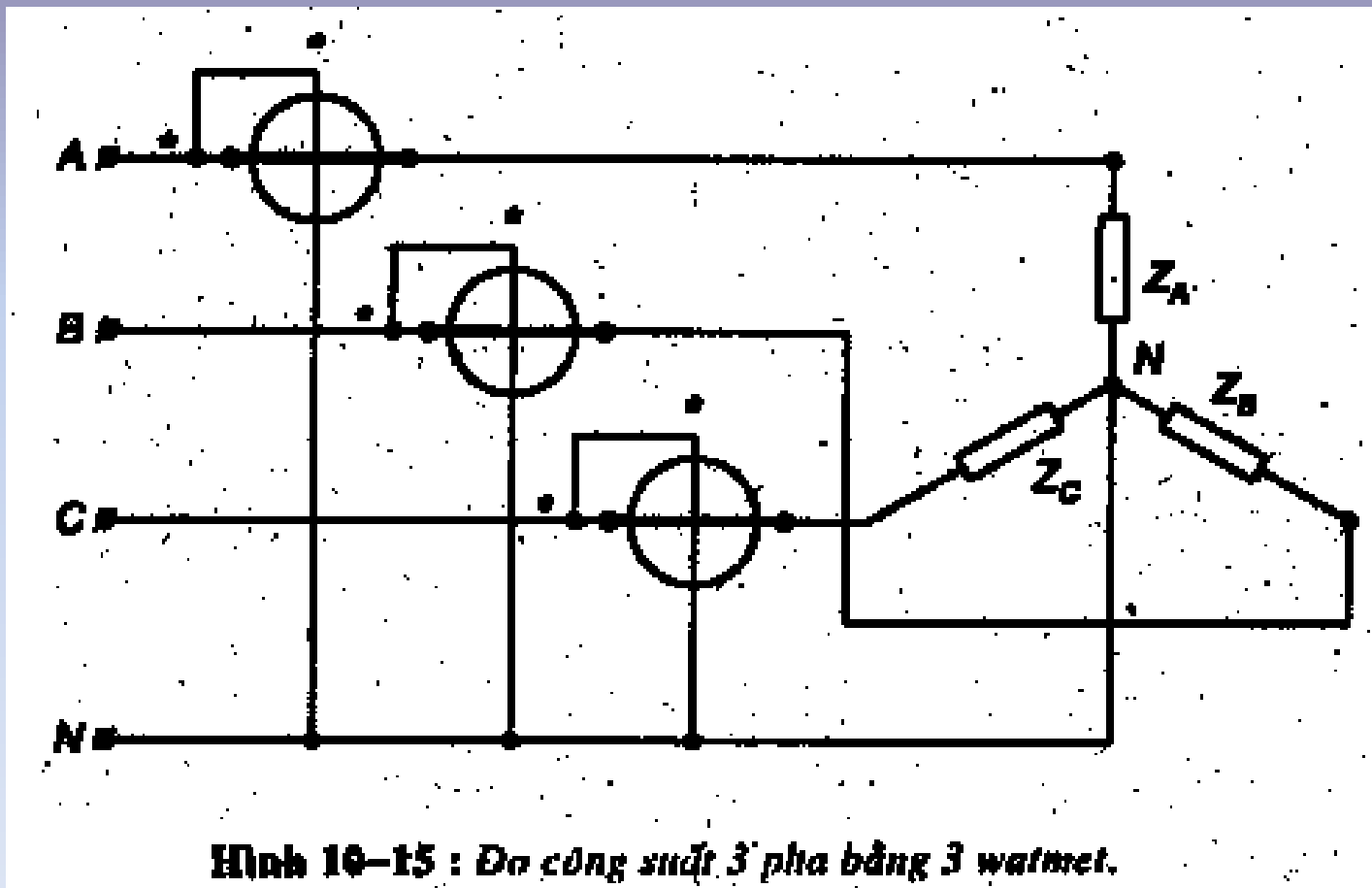
Cách mắc các watmet như hình 10–15. Cuộn áp của watmet được mắc với pha  $U_{AN}$ ,  $U_{BN}$ ,  $U_{CN}$  còn cuộn dòng là các dòng điện pha  $I_A$ ,  $I_B$ ,  $I_C$ . Dây trung tính là dây chung cho các pha.

Công suất tổng sẽ là :

$$P_{\Sigma} = P_A + P_B + P_C$$

Các phương pháp trên đây chủ yếu dùng trong phòng thí nghiệm. Trong thực tế người ta sử dụng loại watmet có 2 (hoặc 3) phần tử. Tức là trong một dụng cụ đo có 2 (hoặc 3) phần tử, còn phần động chung. Mômen quay tác động lên phần động bằng tổng các mômen thành phần,

# Đo công suất trong mạch 3 pha



# Đo góc lệch pha và khoảng thời gian

## 1. KHÁI NIỆM CHUNG

Góc pha cùng với tần số và biên độ là một thông số cơ bản của quá trình dao động :  
 $x(t) = X_m \cos(\omega t + \varphi)$ , trong đó  $X_m$  là biên độ của dao động,  $\omega$  - tần số góc của dao động và  $(\omega t + \varphi)$  - là pha của dao động, trong đó  $\varphi$  - góc lệch pha ban đầu là đại lượng không đổi, còn  $\omega t$  - là đại lượng thay đổi.

Thông thường người ta đo góc lệch pha giữa hai dao động  $x_1$  và  $x_2$  có tần số như nhau :

$$x_1 = X_{1m} \cos(\omega t + \varphi_1)$$

$$x_2 = X_{2m} \cos(\omega t + \varphi_2) \quad (11-1)$$

Trong trường hợp này góc lệch pha sẽ bằng hiệu giữa hai thành phần pha ban đầu không đổi của hai tín hiệu.

$$\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 \quad (11-2)$$

Nó không phụ thuộc vào mốc tính thời gian. Nếu như hai tần số  $\omega_1$  và  $\omega_2$  là bội số của nhau thì góc lệch pha sẽ được tính từ một trong hai công thức sau đây :

$$\varphi = \varphi_1 - \frac{\omega_1}{\omega_2} \varphi_2$$

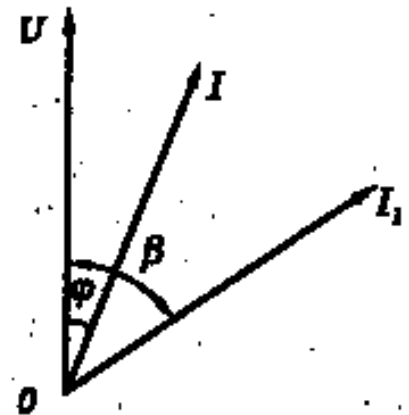
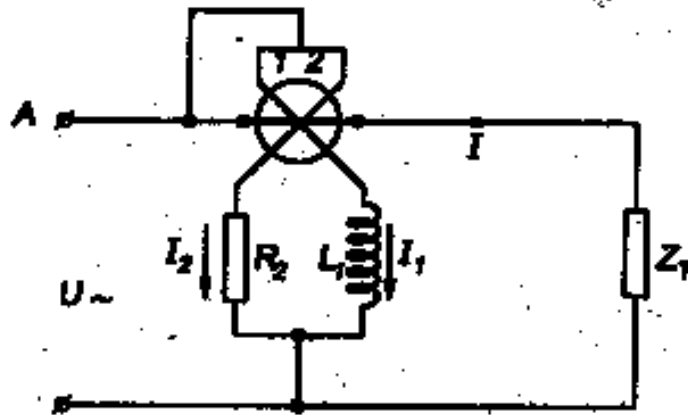
$$\varphi = -\varphi_2 + \frac{\omega_2}{\omega_1} \varphi_1 \quad (11-3)$$

# Fazomet điện động

Dụng cụ để đo góc pha và hệ số  $\cos \varphi$  là fazômet. Thông thường nhất là dụng cụ sử dụng cơ cấu chỉ thị lôgômet điện động (h.11-1a).

Điện áp  $U$  và dòng điện  $I$  qua phụ tải lệch pha với nhau một góc  $\varphi$  cần phải đo.

Ở mạch song song cuộn động 1 được mắc nối tiếp một điện cảm  $L_1$  dòng đi qua cuộn này là  $I_1$  (h.11-1b), cuộn động 2 được mắc nối tiếp một điện trở  $R_2$  (thuần trở) nên dòng  $I_2$  trùng pha với điện áp  $U$ . Theo công thức của cơ cấu chỉ thị lôgômet điện động ta có (xem 5-4-5 tập 1) :



# Fazomet điện động

$$f(\alpha) = F \left( \frac{I_1 \cos(\Pi_1)}{I_2 \cos(\Pi_2)} \right) \quad (11-4)$$

Theo hình 11-1b ta có :

$$f(\alpha) = F \left( \frac{I_1 \cos(\beta - \varphi)}{I_2 \cos \varphi} \right) = F \left( \frac{I_1 \cos(\gamma - \alpha)}{I_2 \cos \alpha} \right) \quad (11-5)$$

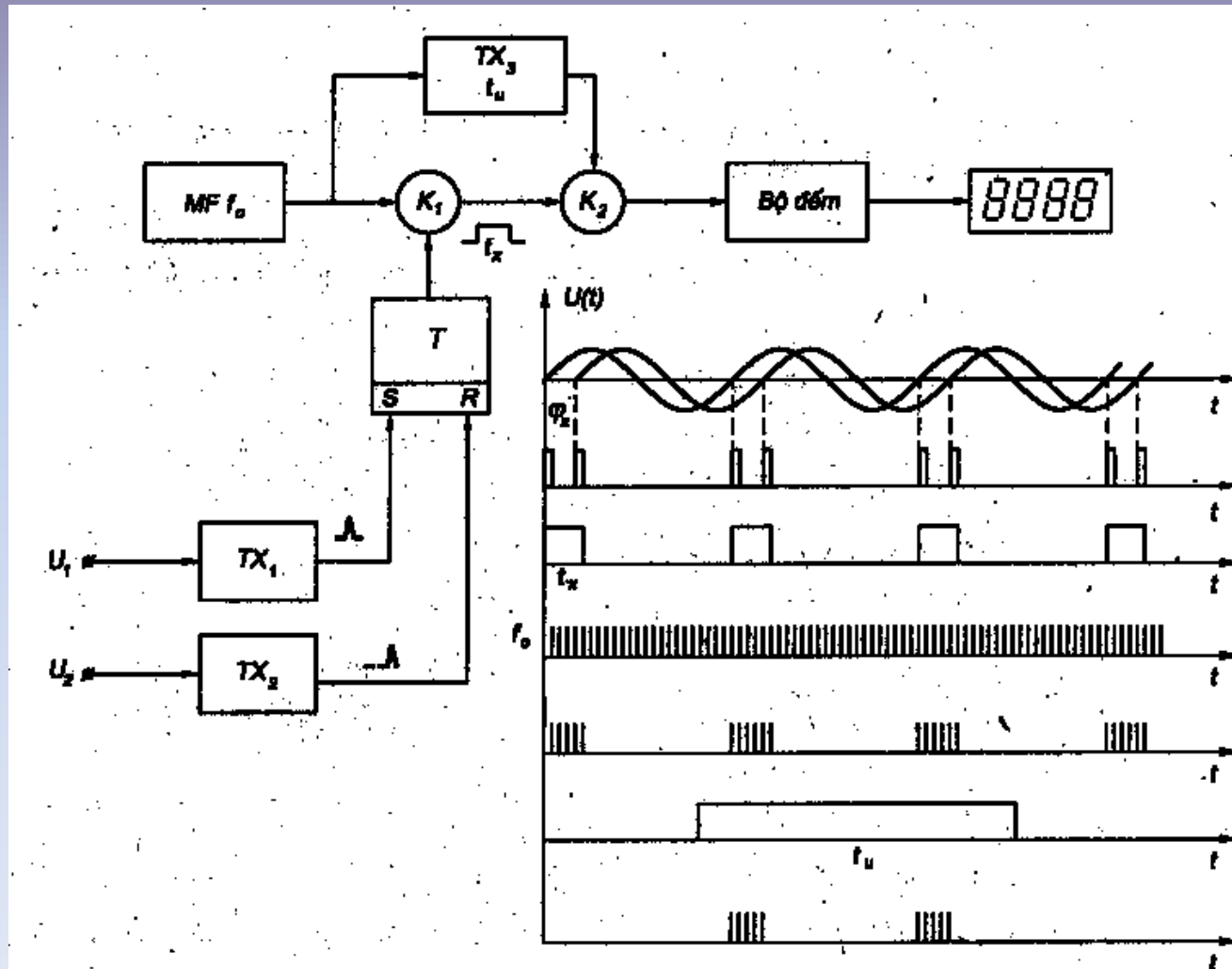
Nếu như ở mạch song song ta làm sao cho  $I_1 = I_2$  ;  $\beta = \gamma$  thì từ (11-5) ta suy ra :

$$\alpha = \varphi \quad (11-6)$$

Như vậy độ lệch góc  $\alpha$  của cơ cấu chỉ thị được xác định bởi góc  $\varphi$ . Bảng khác độ được khác theo đơn vị của góc  $\varphi$  hay hệ số  $\cos \varphi$

\* Nhược điểm của loại fazômet này là nó chỉ được tính cho một cấp điện áp. Nếu thay đổi điện áp thì phải thay đổi điện trở  $R_1$  và điện cảm  $L_2$  do đó mà dẫn đến thay đổi góc  $\beta$ . Ngoài ra sai số còn phụ thuộc vào tần số vì trong mạch có cuộn cảm.

# Fazomet chỉ thị số



# Fazomet chỉ thị số

Số xung đếm được sẽ là :

$$N = \frac{t_u}{T_x} \cdot \frac{t_x}{T_0} = \frac{kT_0}{T_x} \cdot \frac{T_x}{360^\circ T_0} \varphi_x = \frac{k}{360^\circ} \varphi_x \quad (11-10)$$

Như vậy kết quả đo không còn phụ thuộc vào các tần số  $f_0$  và  $f_x$  nữa; tránh được nhược điểm của sơ đồ ở hình 11-4. Vì vậy phép đo sẽ chính xác hơn.

Sai số của mạch này chỉ còn phụ thuộc vào độ biến động của hệ số  $k$  của bộ chia tần để tạo ra khoảng  $t_u$ .

Nếu ta tính toán để hệ số chia  $k = 3,6 \cdot 10^n$  thì kết quả góc pha sẽ được tính bằng độ.

Ta lưu ý rằng nếu tần số của tín hiệu nhỏ thì khoảng đo sẽ bị hạn chế vì số khoảng  $t_x$  chứa trong  $t_u$  nhỏ. Để mở rộng khoảng đo ta phải tăng khoảng thời gian đo  $t_u$ . Ngược lại nếu tần số của tín hiệu lớn thì sai số lượng tử hoá khoảng thời gian  $t_x$  tăng lên và tăng sai số của thiết bị.

# Đo khoảng thời gian

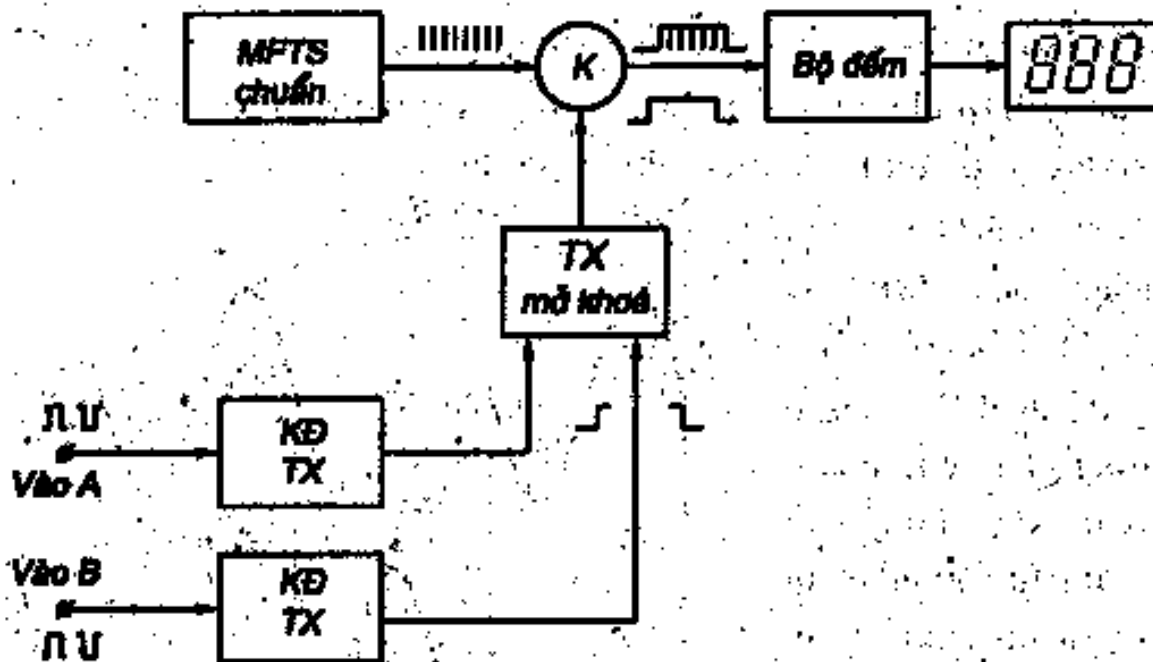
Có nhiều bài toán trong kĩ thuật radio, tự động điều khiển, vật lí thực nghiệm, kĩ thuật tính toán và kĩ thuật xung và các lĩnh vực khác đưa đến việc đo khoảng thời gian trong thời hạn từ 0,1 ns đến 100s. Các khoảng thời gian thường được biểu thị dưới dạng độ dài các xung, độ lệch thời gian giữa các xung, độ dài sườn xung v.v...

Người ta có thể đo trên ôsilôscôp nhờ vào việc đánh dấu khoảng thời gian cần thiết để so sánh. Kĩ thuật đo lường số sử dụng các hệ đếm điện tử để đo khoảng thời gian rộng với độ chính xác cao. Khi đo thời gian cần phải chú ý rằng khoảng thời gian cần đo cho dưới dạng tín hiệu có chu kì, không có chu kì hay tín hiệu đơn chiếc; hoặc dưới dạng tín hiệu xung; hoặc khoảng thời gian giữa hai mức của một xung. Như vậy đối với một máy đếm điện tử để đo thời gian cần phải có hai đầu vào một để tạo ra xung "bắt đầu", (start) và một để tạo ra xung "chấm dứt" (stop) ứng với điểm đầu và điểm cuối của khoảng thời gian cần đo. Trong các bộ tạo xung đầu vào phải cài đặt bộ hiệu chỉnh đặc biệt để có khả năng đo khoảng thời gian giữa hai mức của tín hiệu vào.



# Đo khoảng thời gian

**11-5-1. Đo khoảng thời gian bằng cách biến đổi thành số xung tỉ lệ với nó**  
Việc đo khoảng thời gian giữa hai xung của hai đầu vào A và B vẽ ở hình 11-9.



Hình 11-9: Sơ đồ khối dụng cụ chỉ thị số đo khoảng thời gian bằng biến đổi xung.

# Đo khoảng thời gian

Các xung sau khi qua bộ khuếch đại tạo xung tạo ra xung đưa vào hai đầu vào của bộ điều khiển để tạo ra xung mở (và đóng) khoá K. Khoảng thời gian khoá K mở bằng khoảng thời gian cần đo  $t_x$  xung từ máy phát chuẩn  $f_0 = \frac{1}{T_0}$  được đưa vào máy đếm qua

khoá K trong khoảng thời gian  $t_x$ ; Số xung mà máy đếm được sẽ được tính như sau:

$$N = \frac{t_x}{T_0} = f_0 t_x \quad (11-22)$$

Từ đó ta có  $t_x = NT_0 \quad (11-23)$

Từ (11-23) ta có thể tính được sai số tương đối của phép đo thời gian như sau :

$$\gamma_1 = \pm \left( \gamma_{f0} + \frac{T_0}{t_x} \right) 100 \quad (11-24)$$

Trong đó :  $\gamma_{f0}$  – sai số tương đối của máy phát chuẩn thạch anh (hay là một nguồn tần số chuẩn bên ngoài);

$T_0$  – chu kì của tín hiệu từ máy phát chuẩn;

$t_x$  – khoảng thời gian cần đo.

# Đo khoảng thời gian

\* Để đo độ dài của một xung  $t_u$  ta đưa xung đó một lúc vào cả hai đầu vào A và B của bộ khuếch đại tạo xung. Cả hai sườn xung trước và sau của xung sẽ tạo ra các xung start và stop. Đưa vào bộ điều khiển để tạo ra xung mở và đóng khoá K. Tiếp theo quá trình diễn ra giống như ở trên.

Sai số của phép đo sẽ là

$$\gamma_{tu} = \pm \left( \gamma_{f0} + \frac{T_0}{t_u} \right) 100 \quad (11-25)$$

Trong đó  $t_u$  là độ dài xung cần phải đo.

# Đo tần số

## 12-1. KHÁI NIỆM CHUNG

**Tần số:** là một trong các thông số quan trọng nhất của quá trình dao động có chu kỳ. Tần số được xác định bởi số các chu kỳ lặp lại của sự thay đổi tín hiệu trong một đơn vị thời gian.

**Chu kỳ:** – là khoảng thời gian nhỏ nhất mà giá trị của tín hiệu lặp lại độ lớn của nó. Tức là thoả mãn phương trình  $u(t) = u(t + T)$ .

**Tần số góc tức thời** được xác định như là vi phân theo thời gian của pha của điện áp tín hiệu, tức là  $\omega(t) = d\psi/dt$ . Vì pha của tín hiệu đa hài sẽ tăng theo thời gian theo quy luật tuyến tính, cho nên tần số  $f$  là một đại lượng không đổi. Nghĩa là :

$$f = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{d\psi}{dt} = \frac{\omega}{2\pi} \quad (12-1)$$

Khoảng tần số được sử dụng trong các lĩnh vực khác nhau như : vô tuyến điện tử, tự động hoá, vật lý thực nghiệm, thông tin liên lạc v.v... từ một phần Hz đến hàng nghìn GHz.

Việc lựa chọn phương pháp đo tần số được xác định theo khoảng đo, theo độ chính xác yêu cầu, theo dạng đường cong và công suất nguồn tín hiệu có tần số cần đo và một số yếu tố khác.

# Đo tần số

– Để đo tần số của tín hiệu điện ta cũng có hai phương pháp đó là phương pháp biến đổi thẳng và phương pháp so sánh.

**Tần số kế** – là dụng cụ để đo tần số. Đo tần số bằng phương pháp biến đổi thẳng được tiến hành bằng các loại tần số kế cộng hưởng tần số kế cơ điện, tần số kế tự điện, tần số kế chỉ thị số.

Còn đo tần số bằng phương pháp so sánh được thực hiện nhờ ôsilôscôp, cầu xoay chiều phụ thuộc tần số, tần số kế đối tần, tần số kế cộng hưởng v.v...

\* Đo tần số bằng **phương pháp biến đổi thẳng** bao gồm :

- **Các tần số kế cơ điện tương tự** (tần số kế điện từ, điện động, sắt điện động). Sử dụng để đo tần số trong khoảng từ 20 + 2.500Hz trong các mạch nguồn với cấp chính xác không cao (cấp chính xác 0,2; 0,5; 1,5; 2,5).

Các loại tần số kế này nói chung hạn chế sử dụng vì tiêu thụ công suất khá lớn và bị rung.

- **Các tần số kế điện dung tương tự** để đo tần số trong dải tần từ 10Hz + 500 kHz, được sử dụng khi hiệu chỉnh, lắp ráp các thiết bị ghi âm và radio v.v...

# Đo tần số

• **Tần số kế chỉ thị** sử dụng để đo chính xác tần số của tín hiệu xung và tín hiệu đa hài trong dải tần từ 10Hz + 50GHz. Còn sử dụng để đo tỉ số các tần số, chu kì, độ dài các xung, và khoảng thời gian.

\* Đo tần số bằng **phương pháp so sánh** bao gồm :

• **Sử dụng ôsilôscôp** được thực hiện bằng cách so sánh tần số cần đo với tần số của một máy phát chuẩn ổn định. Phương pháp này dùng để đo tần số các tín hiệu xoay chiều, tín hiệu xung trong dải tần từ 10Hz đến 20MHz.

• **Tần số kế trộn tần** sử dụng để đo tần số của các tín hiệu xoay chiều, tín hiệu điều chế biên độ trong khoảng từ 100 kHz + 20GHz trong kĩ thuật vô tuyến điện tử.

• **Cầu xoay chiều phụ thuộc tần số** để đo tần số trong khoảng từ 20Hz - 20kHz.

• **Tần số kế cộng hưởng** để đo tần số xoay chiều tần số tín hiệu điều chế biên độ, điều chế xung trong khoảng từ 50kHz + 10GHz; thường sử dụng khi lắp thiết bị thu phát vô tuyến.

Trong những năm gần đây tần số kế chỉ số được sử dụng rộng rãi và còn cải đạt thêm  $\mu P$  để điều khiển và xử lí kết quả đo nữa...

# Tần số kế chỉ thị số

Nguyên lý của một tần số kế chỉ thị số là đếm số xung  $N$  tương ứng với số chu kỳ của tần số cần đo  $f_x$  trong khoảng thời gian gọi là *thời gian đo*  $T_{đo}$ .

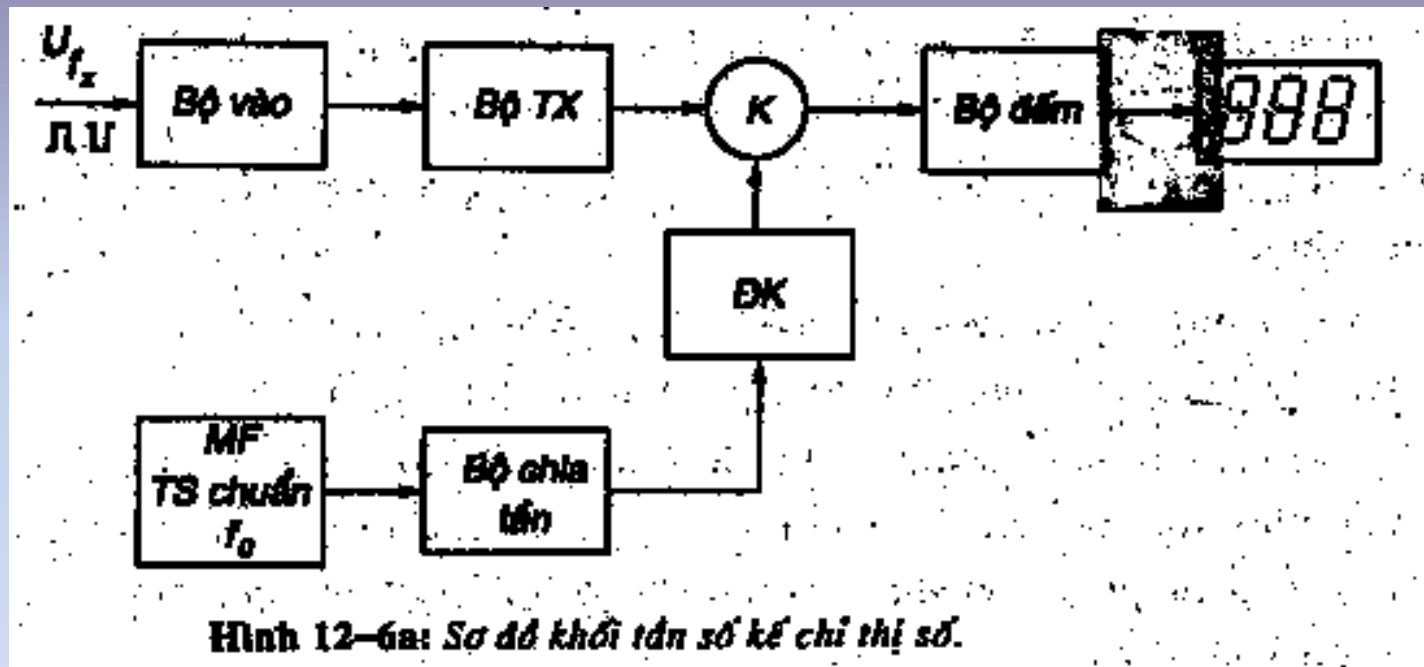
Trong khoảng  $T_{đo}$  ta đếm được  $N$  xung tỉ lệ với tần số cần đo  $f_x$ . Ở hình 12-6a là sơ đồ khối của một tần số kế chỉ thị số..

Ở đầu vào là "bộ vào" bao gồm một bộ khuếch đại dải rộng với dải tần từ  $10\text{Hz} + 3,5\text{MHz}$  và một bộ suy giảm tín hiệu mục đích để hoà hợp tần số kế với nguồn tín hiệu có tần số cần đo.

Đồng thời để khuếch đại hay hạn chế điện áp vào đến giá trị đủ để kích mạch tạo xung làm việc.

Mạch tạo xung có nhiệm vụ biến tín hiệu hình sin hoặc tín hiệu xung có chu kỳ thành một dãy xung có biên độ không đổi (không phụ thuộc vào biên độ của tín hiệu vào) nhưng tần số của nó bằng tần số của tín hiệu vào (h.12-6b).

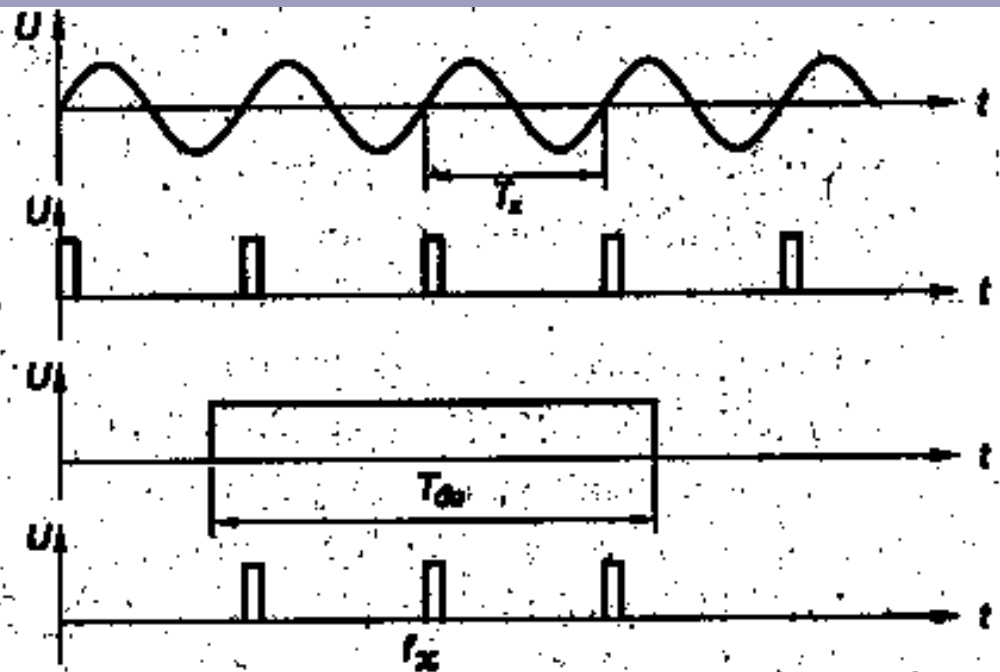
# Tần số kế chỉ thị số





# Tần số kế chỉ thị số

Máy phát chuẩn được ổn định bằng thạch anh có tần số là  $f_0 = 1\text{MHz}$ . Tín hiệu có tần số  $f_0$  được đưa qua bộ chia tần số theo các nấc với hệ số chia là  $10^n$ . Tần số chuẩn  $f_0 = 1\text{MHz}$  được chia đến  $0,01\text{Hz}$ . Nghĩa là ở đầu ra của mạch điều khiển theo  $10^n$  ( $n = 1, 2, \dots, 8$ ) ta có thể nhận được khoảng thời gian  $T_{\text{đo}} = 10^{-6}; 10^{-3}; 10^{-4}; 10^{-2}; 10^{-1}; 1; 10; 100\text{s}$ .



Hình 12-6b: Biểu đồ thời gian.

# Tần số kế chỉ thị số

Thời gian này sẽ điều khiển để mở khoá K (khoá có hai đầu vào). Tín hiệu  $f_x$  theo đầu vào thứ hai sẽ đi vào bộ đếm ra cơ cấu chỉ thị.

Số xung mà máy đếm đếm được sẽ là :

$$N = \frac{T_{đo}}{T_x} = \frac{KT_0}{T_x} = K \frac{f_x}{f_0} \quad (12-8)$$

Nếu thời gian đo các giá trị là 1s thì số xung N (tức là số các chu kì) sẽ chính là tần số cần đo  $f_x$ , nghĩa là :

$$f_x = N \quad (12-9)$$

Mạch điều khiển phụ trách việc điều khiển quá trình đo; bảo đảm thời gian biểu thị kết quả đo cỡ từ 0,3 + 5s trên chỉ thị số; xoá kết quả đo đưa về trạng thái 0 ban đầu trước mỗi lần đo; điều khiển chế độ làm việc: tự động, bằng tay, hay khởi động bên ngoài; chọn dải đo tần số (cho ra xung mở khoá K) và cho ra xung điều khiển máy in số v.v...

Bộ hiện số thường có nhiều digit (hàng đơn vị, hàng chục, hàng trăm v.v...) bảo đảm chỉ thị toàn bộ dải tần số cần đo (xem phần chỉ thị số ở mục 5-9 + 5-14).

Sai số cơ bản của phép đo tần số là sai số lượng tử theo thời gian. Sai số này sẽ tăng khi tần số cần đo giảm.

Sai số tương đối của phép đo tần số được tính như sau :

$$\gamma_t = \frac{\Delta f_x}{f_x} = \frac{\Delta N}{N} + \frac{\Delta T_{đo}}{T_{đo}} \quad (12-10)$$

# Tần số kế chỉ thị số

Thành phần  $\frac{\Delta N}{N}$  phụ thuộc vào tỉ số giữa thời gian đo và chu kì của tín hiệu cần đo

$$T_x = \frac{1}{f_x}$$

Sai số lượng tử theo thời gian là do quá trình không trùng nhau giữa thời điểm bắt đầu thời gian đo  $T_{đo}$  và thời điểm bắt đầu chu kì  $T_x$ . Nếu  $T_{đo}$  và  $T_x$  là bội số của nhau (tức là trùng nhau các điểm đầu của hai khoảng thời gian) thì sai số  $\Delta N = 0$ ; còn nếu như  $T_{đo}$  và  $T_x$  không phải là bội số của nhau thì sai số lớn nhất của quá trình lượng tử hoá là  $\Delta N = \pm 1$  xung thuộc dãy bé nhất của bộ đếm.

Thành phần thứ hai của sai số là  $\frac{\Delta T_{đo}}{T_{đo}}$  được xác định bởi độ biến động của tần số chuẩn  $f_0$  từ máy phát thạch anh để cho ra của số  $T_{đo}$ . Sai số này cỡ  $10^{-7}$  và được tính là :

$$\frac{\Delta T_{đo}}{T_{đo}} = \frac{\Delta f_0}{f_0} = \gamma f_0 \quad (12-11)$$

Vậy sai số của phép đo tần số sẽ là :

$$\frac{\Delta f_x}{f_x} = \frac{\Delta N}{N} + \frac{\Delta T_{đo}}{T_{đo}} = \frac{1}{N} + \gamma f_0 = \frac{1}{f_x T_{đo}} + \gamma f_0 \quad (12-12)$$

Nếu  $\gamma f_0 = 10^{-7}$  thì

# Tần số kế chỉ thị số

$$\gamma f_x = \frac{\Delta f_x}{f_x} 100 = \pm \left( \frac{1}{f_x T_{do}} + 10^{-7} \right) 100 \quad (12-13)$$

$f_x$  – là tần số cần đo (Hz)

Từ biểu thức (12-13) ta thấy ngay rằng sai số của phép đo tần số tỉ lệ, nghịch với độ lớn của tần số cần đo. Tức là sai số này nhỏ khi ta đo tần số cao, và sai số này sẽ lớn khi ta đo tần số thấp.

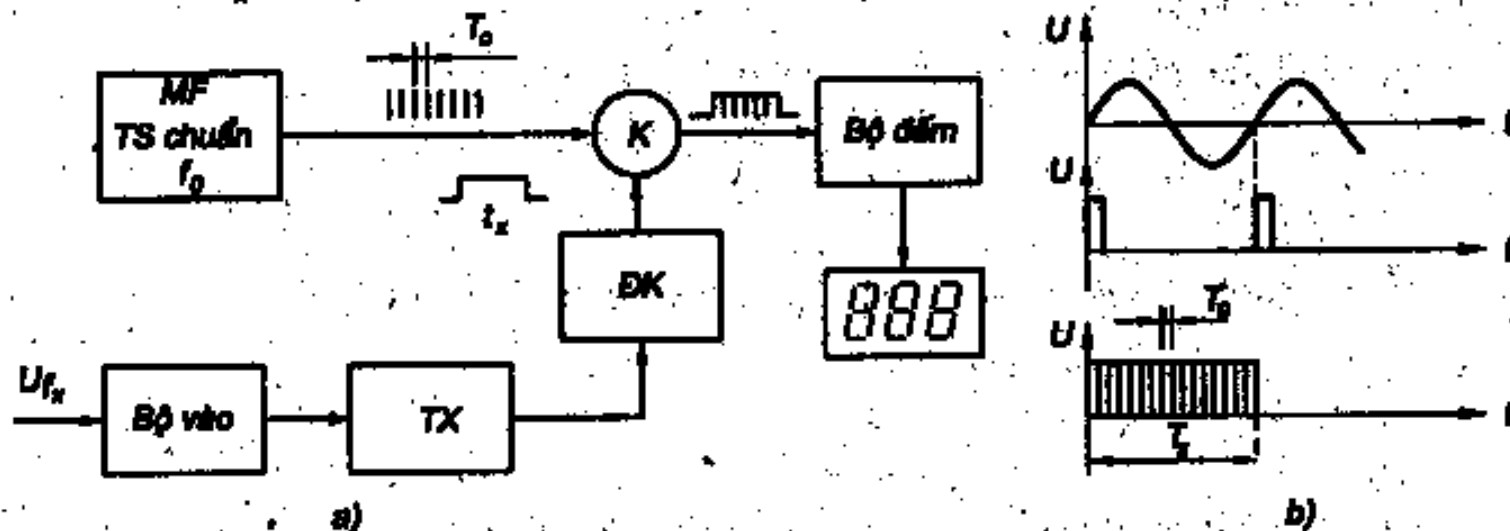
Ví dụ : Nếu đo tần số  $f_x = 10\text{MHz}$ ,  $T_{do} = 1\text{s}$ , thì  $\gamma f_x = 2 \cdot 10^{-5}\%$  còn nếu  $f_x = 10\text{Hz}$ ,  $T_{do} = 1\text{s}$  thì  $\gamma f_x = 10\%$ .

Như vậy, khi đo tần số cao sai số của phép đo chủ yếu là do bộ không ổn định của tần số máy phát chuẩn  $f_0$ . Còn khi đo tần số thấp sai số chủ yếu là sai số lượng tử.

# Tần số kế chỉ thị số

\* Để giảm sai số khi đo tần số thấp, nhất thiết phải tăng thời gian đo  $T_d$ , nhưng điều này không phải khi nào cũng thực hiện được. Vì vậy trong tần số kế chỉ thị số hoặc là người ta sử dụng bộ nhân để nhân tần số cần đo lên  $10^n$  lần hoặc là ta không đo tần số nữa mà chuyển phép đo tần số sang đo thời gian một chu kì  $T_x$  của tín hiệu cần đo, vì  $f_x = \frac{1}{T_x}$

Khi đo chu kì  $T_x$  ta thực hiện theo sơ đồ sau (h.12-7).



Hình 12-7: Sơ đồ khối tần số kế chỉ thị số đo tần số thấp.

# Tần số kế chỉ thị số

Tín hiệu có tần số cần đo  $f_x$  qua bộ vào và qua bộ tạo xung sẽ tạo ra tín hiệu  $T_x$  chính là chu kì của tín hiệu có tần số cần đo. Qua bộ điều khiển đưa tín hiệu  $T_x$  vào mở khoá K, như vậy thời gian  $T_x$  chính bằng  $T_{đo}$ . Khi khoá K mở thì tín hiệu  $f_0$  từ máy phát chuẩn đi vào bộ đếm và ra cơ cấu chỉ thị số. Số xung đếm được sẽ là :

$$N = \frac{T_x}{T_0} = \frac{f_0}{f_x} \quad (12-14)$$

Để cho số xung tỉ lệ với tần số cần đo ta phải thực hiện một phép biến đổi nghịch đảo sau đây :

$$\frac{1}{N} = \frac{f_x}{f_0} \quad (12-15)$$

hay

$$f_x = \frac{f_0}{N} \quad (12-16)$$

# Kiểm tra công tơ



# Công tơ điện tử

