

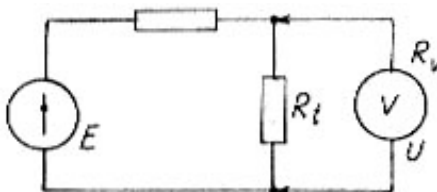
## CHƯƠNG 9.

### ĐO ĐIỆN ÁP (2 LT)

#### 9.1. Cơ sở chung.

Khi đo điện áp, vônmet được nối song song với tải trong mạch đo. Khi sử dụng vônmet để đo điện áp cần lưu ý các sai số sinh ra trong quá trình đo, bao gồm:

- Sai số do ảnh hưởng của vônmet khi mắc vào mạch đo.
- Sai số do tần số.



Hình 9.1. Cách mắc vônmet vào mạch cần đo.

**a. Sai số của phép đo điện áp do ảnh hưởng của vônmet lên mạch cần đo:** khi mắc vào mạch đo, vônmet đã lấy một phần năng lượng của đối tượng đo nên gây sai số:

Khi chưa mắc vônmet vào mạch, điện áp rơi trên tải là:

$$U_t = \frac{E}{R_t + R_{ng}} \cdot R_t$$

với:  $R_{ng}$  là điện trở trong của nguồn cấp cho tải.

Lúc mắc vônmet vào mạch, vônmet sẽ đo điện áp rơi trên tải :

$$U_v = \frac{U_t}{R_e + R_v} \cdot R_v$$

với:  $R_e = (R_{ng} // R_t) = \frac{R_t \cdot R_{ng}}{R_t + R_{ng}}$ ;  $R_v$  : là điện trở trong của vônmet.

$\Rightarrow$  sai số của phép đo điện áp bằng vônmet:

$$\gamma_u = \frac{U_t - U_v}{U_t} = \frac{R_e}{R_e + R_v} \approx \frac{R_e}{R_v}$$

Như vậy muốn sai số nhỏ thì yêu cầu  $R_v$  phải lớn, cụ thể  $R_v$  phải thỏa mãn điều kiện sau :

$$R_v > \frac{R_e}{\gamma} \quad \text{với: } \gamma \text{ là cấp chính xác của vônmet.}$$

Nếu không thỏa mãn yêu cầu này thì sai số hệ thống do vônmet gây ra sẽ lớn hơn sai số của bản thân dụng cụ. Lúc đó muốn kết quả đo chính xác, phải dùng công thức hiệu chỉnh:

$$U_t = (1 + \gamma_u) \cdot U_v$$

Điều này rất quan trọng đối với phép đo điện áp của nguồn có điện trở trong lớn. Vì vậy trên các dụng cụ đo điện áp chính xác hoặc dụng cụ vạn năng thường ghi giá trị điện trở trong của nó.

**b. Sai số của phép đo điện áp do ảnh hưởng của tần số của điện áp cần đo:** trong các mạch xoay chiều, khi đo điện áp cần phải lưu ý đến miền tần số làm việc của vônmet phù hợp với tần số của tín hiệu cần đo. Nếu dùng vônmet xoay chiều có dải tần làm việc không phù hợp với tần số tín hiệu cần đo thì sẽ gây sai số cho phép đo gọi là sai số do tần số.

Sai số này tính đến ảnh hưởng của các mạch và phần tử mạch đo lường như các điện trở phụ, biến dòng, biến áp, chỉnh lưu, khuếch đại...

Trên các vônmet thường ghi dải tần làm việc của vônmet đó.

Trong thực tế, người ta có thể dùng nhiều phương pháp và thiết bị đo điện áp khác nhau.

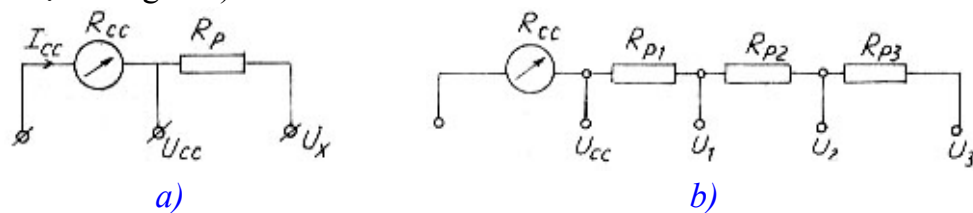
## 9.2. Các dụng cụ tương tự đo điện áp.

### 9.2.1. Vônmet từ điện:

Vônmet từ điện ứng dụng cơ cấu chỉ thị từ điện để đo điện áp, gồm có:

- Vônmet từ điện đo điện áp một chiều
- Vônmet từ điện đo điện áp xoay chiều

**a. Vônmet từ điện đo điện áp một chiều:** cơ cấu từ điện chế tạo sẵn, có điện áp định mức khoảng  $50 \div 75\text{mV}$ . Muốn tạo ra các vônmet đo điện áp lớn hơn phạm vi này cần phải mắc nối tiếp với cơ cấu từ điện những điện trở phụ  $R_P$  (thường làm bằng vật liệu manganin) như hình 9.2:



Hình 9.2. Mắc điện trở phụ để mở rộng thang đo của vônmet từ điện một chiều:

a) Một cấp điện trở phụ: mở rộng thêm 1 thang đo

b) Ba cấp điện trở phụ: mở rộng thêm 3 thang đo

Cách tính giá trị điện trở phụ phù hợp với điện áp  $U_X$  cần đo:

$$I_{CC} = \frac{U_{CC}}{R_{CC}} = \frac{U_X}{R_{CC} + R_P} \Rightarrow R_P = R_{CC} \cdot \left( \frac{U_X}{U_{CC}} - 1 \right)$$

với:  $\frac{U_X}{U_{CC}} = m$ : gọi là hệ số mở rộng thang đo về áp

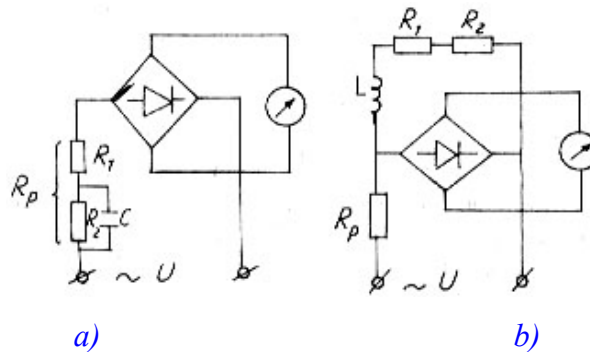
$\Rightarrow$  điện trở phụ được chọn theo công thức:

$$R_P = R_{CC} \cdot (m - 1)$$

Bằng phương pháp này có thể tạo ra các vônmet từ điện nhiều thang đo khi mắc nối tiếp vào cơ cấu từ điện các điện trở phụ khác nhau. Ví dụ sơ đồ vônmet từ điện có 3 thang đo như hình 9.2a.

Các vônmet từ điện đo trực tiếp tín hiệu một chiều có sai số do nhiệt độ không đáng kể vì hệ số nhiệt độ của mạch vônmet được xác định không chỉ là hệ số nhiệt độ dây đồng của cơ cấu từ điện mà còn tính cả hệ số nhiệt độ của điện trở phụ trong khi điện trở phụ có điện trở ít thay đổi theo nhiệt độ do được chế tạo bằng manganin.

**b. Vônmet từ điện đo điện áp xoay chiều:** đo điện áp xoay chiều bằng cách phối hợp mạch chỉnh lưu với cơ cấu từ điện để tạo ra các vônmet từ điện đo điện áp xoay chiều (H. 9.3):



Hình 9.3. Sơ đồ nguyên lý của vônmet từ điện đo điện áp xoay chiều:

a) sơ đồ milivônmet chỉnh lưu

b) sơ đồ vônmet chỉnh lưu

**Sơ đồ milivônmet chỉnh lưu:** như hình 9.3a, trong đó  $R_p$  vừa để mở rộng giới hạn đo vừa để bù nhiệt độ nên  $R_1$  bằng đồng;  $R_2$  bằng Manganin còn tụ điện  $C$  để bù sai số do tần số.

**Sơ đồ vônmet chỉnh lưu:** như hình 9.3b, trong đó điện cảm  $L$  dùng để bù sai số do tần số; điện trở  $R_1$  bằng đồng; điện trở  $R_2$  bằng manganin tạo mạch bù nhiệt độ.

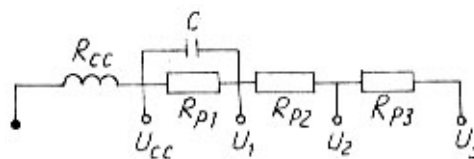
### 9.2.2. Vônmet điện từ:

Vônmet điện từ ứng dụng cơ cấu chỉ thị điện từ để đo điện áp. Trong thực tế vônmet điện từ thường được dùng để đo điện áp xoay chiều ở tần số công nghiệp.

Vì yêu cầu điện trở trong của vônmet lớn nên dòng điện chạy trong cuộn dây nhỏ, số lượng vòng dây quấn trên cuộn tĩnh rất lớn, cỡ 1000 đến 6000 vòng.

Để mở rộng và tạo ra vônmet nhiều thang đo thường mắc nối tiếp với cuộn dây các điện trở phụ giống như trong vônmet từ điện.

Khi đo điện áp xoay chiều ở miền tần số cao hơn tần số công nghiệp sẽ xuất hiện sai số do tần số. Để khắc phục sai số này người ta mắc các tụ điện song song với các điện trở phụ (H. 9.4):



Hình 9.4. Khắc phục sai số do tần số của vônmet điện từ

### 9.2.3. Vônmet điện động:

Vônmet điện động có cấu tạo phần động giống như trong ampemét điện động, còn số lượng vòng dây ở phần tĩnh nhiều hơn so với phần tĩnh của ampemét và tiết diện dây phần tĩnh nhỏ vì vônmet yêu cầu điện trở trong lớn.

Trong vônmet điện động, cuộn dây động và cuộn dây tĩnh luôn mắc nối tiếp nhau, tức là:

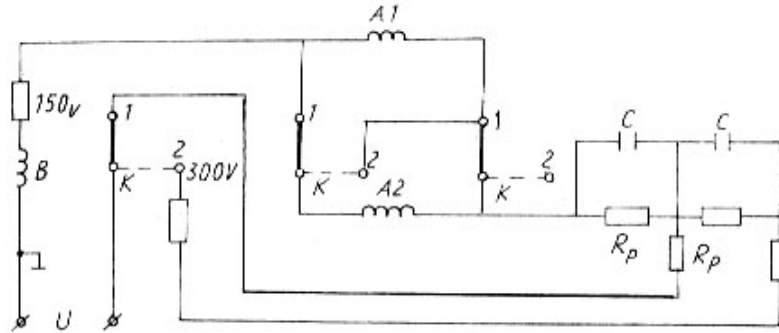
$$I_1 = I_2 = I = \frac{U}{Z_v}$$

Phương trình đặc tính thang đo của cơ cấu điện động cho vônmet có thể viết:

$$\alpha = \frac{U^2}{D.Z_V^2} \cdot \frac{dM_{1,2}}{d\alpha}$$

với:  $Z_V$  : tổng trở toàn mạch của vônmet

Có thể chế tạo vônmet điện động nhiều thang đo bằng cách thay đổi cách mắc song song hoặc nối tiếp hai đoạn cuộn dây tĩnh và nối tiếp các điện trở phụ. Ví dụ sơ đồ vônmet điện động có hai thang đo như hình 9.5:



Hình 9.5. Mở rộng thang đo của vônmet điện động.

trong đó:  $A_1, A_2$  là hai phần của cuộn dây tĩnh.

$B$  cuộn dây động.

Trong vônmet này cuộn dây tĩnh và động luôn luôn nối tiếp với nhau và nối tiếp với các điện trở phụ  $R_p$ .

Bộ đổi nối  $K$  làm nhiệm vụ thay đổi giới hạn đo:

- Khóa  $K$  ở vị trí 1: hai phân đoạn  $A_1, A_2$  của cuộn dây tĩnh mắc song song nhau tương ứng với giới hạn đo 150V.
- Khóa  $K$  ở vị trí 2: hai phân đoạn  $A_1, A_2$  của cuộn dây tĩnh mắc nối tiếp nhau tương ứng với giới hạn đo 300V.

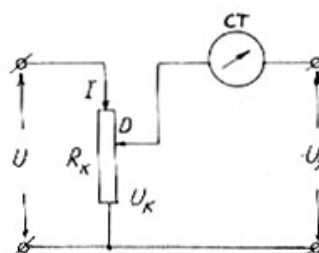
Các tụ điện  $C$  tạo mạch bù tần số cho vônmet.

### 9.3. Các dụng cụ đo điện áp bằng phương pháp so sánh.

#### 9.3.1. Cơ sở của phương pháp so sánh:

Các dụng cụ đo điện áp đã được xét ở mục 9.2 sử dụng cơ cấu cơ điện để biểu hiện kết quả đo theo phương pháp biến đổi thẳng, vì vậy cấp chính xác của dụng cụ không thể vượt qua cấp chính xác của cơ cấu chỉ thị.

Muốn đo điện áp chính xác hơn phải dùng phương pháp so sánh với mẫu (tức là so sánh điện áp cần đo với điện áp rơi trên điện trở mẫu), phương pháp này còn gọi là phương pháp bù. Nguyên lý cơ bản của phương pháp được mô tả trên sơ đồ hình 9.6:



Hình 9.6. Nguyên lý cơ bản của dụng cụ đo điện áp bằng phương pháp so sánh.

trong đó:

$$U_k = I.R_k$$

với:

-  $U_k$ : là điện áp mẫu chính xác cao (được tạo bởi dòng điện  $I$  ổn định chạy qua điện trở mẫu  $R_k$  khá chính xác).

- CT: là thiết bị tự động phát hiện sự chênh lệch điện áp  $\Delta U = U_X - U_k$ , còn gọi là cơ cấu chỉ thị không.

Khi đo điện áp cần đo  $U_X$  sẽ được so sánh với điện áp mẫu  $U_k$ . Quá trình so sánh có thể được tiến hành bằng tay hoặc hoàn toàn tự động theo nguyên tắc:

- Nếu  $\Delta U \neq 0$ : điều chỉnh con trượt D của điện trở mẫu  $R_k$  cho đến khi  $\Delta U = 0$ .

- Khi  $\Delta U = 0$ : đọc kết quả trên điện trở mẫu  $R_k$  đã được khắc độ theo thứ nguyên điện áp, từ đó suy ra điện áp cần đo  $U_X = U_k$ .

Có nhiều loại dụng cụ bù điện áp khác nhau, nhưng nguyên lý chung giống nhau, chỉ khác nhau ở cách tạo điện áp mẫu  $U_k$ .

### 9.3.2. Điện thế kế một chiều điện trở lớn:

Điện thế kế một chiều điện trở lớn được chế tạo dựa trên nguyên tắc giữ dòng điện ổn định ( $I = \text{const}$ ), thay đổi điện trở  $R_k$  để thay đổi  $U_k$  bù với điện áp  $U_X$  cần đo.

Để bảo đảm độ chính xác cao cho điện thế kế cần phải bảo đảm các điều kiện sau:

- Điện trở mẫu chính xác cao: do vật liệu, quy trình công nghệ chế tạo thiết bị mẫu quyết định.

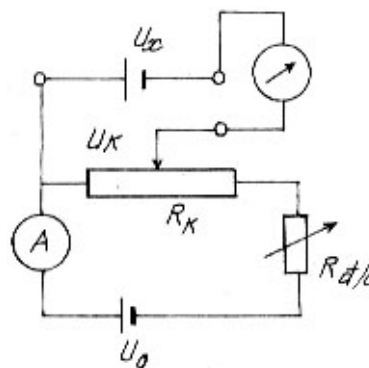
- Dòng qua điện trở mẫu chính xác cao: cần có mạch hợp lý và nguồn ổn định.

- Chỉ thị cân bằng đủ nhạy để phát hiện sự chênh lệch giữa tín hiệu đo và mẫu.

Để cụ thể hơn, sau đây sẽ xét ví dụ về mạch điện thế kế một chiều cổ điển. Mạch điện thế kế một chiều cổ điển gồm hai bộ phận (H. 9.7):

- Bộ phận tạo dòng công tác  $I_p$

- Bộ phận mạch đo



Hình 9.7. Mạch điện thế kế một chiều cổ điển

Bộ phận tạo dòng công tác  $I_p$ : gồm nguồn cung cấp  $U_0$ ; điện trở điều chỉnh  $R_{đ/c}$ ; ampe mét để đo dòng công tác  $I_p$  và điện trở mẫu  $R_k$ .

Bộ phận mạch đo: gồm điện áp cần đo  $U_X$ ; điện kế chỉ sự cân bằng giữa  $U_X$  và  $U_k$ ; một điện trở mẫu  $R_k$ .

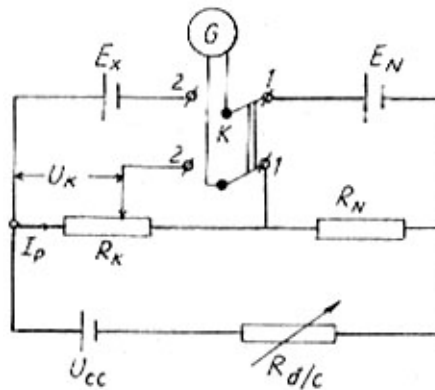
a. Hoạt động của điện thế kế: đầu tiên phải xác định giá trị dòng công tác  $I_p$  nhờ

nguồn  $U_0$ , điện trở điều chỉnh  $R_{đ/c}$  và ampe mét và phải giữ giá trị  $I_p$  cố định trong suốt thời gian đo. Tiếp theo quá trình đo được tiến hành bằng cách điều chỉnh con trượt của điện trở mẫu  $R_k$  cho đến khi điện kế chỉ zêrô, đọc kết quả đo trên điện trở mẫu  $R_k$ ; khi đó có giá trị điện áp cần đo là:

$$U_X = U_k = I \cdot R_k$$

Trong điện kế này còn tồn tại ampe mét để xác định  $I_p$  nên cấp chính xác của điện kế thế không thể cao hơn cấp chính xác của ampe mét.

**b. Nâng cao độ chính xác của điện thế kế bằng cách dùng pin mẫu:** có thể loại trừ ampe mét ra khỏi mạch của điện thế kế bằng cách dùng pin mẫu để xác định dòng công tác. Sơ đồ điện thế kế một chiều dùng pin mẫu như hình 9.8:



Hình 9.8. Điện thế kế dùng pin mẫu

**Cấu tạo:** sơ đồ này cũng gồm hai bộ phận: bộ phận tạo dòng công tác  $I_p$  và bộ phận mạch đo.

**Quá trình đo được tiến hành như sau:** đặt công tắc K nối với điện kế G ở vị trí 1-1 để xác định dòng công tác, điều chỉnh  $R_{đ/c}$  để điện kế G chỉ zêrô, tức là:

$$E_N = U_{RN} = I_p \cdot R_N \Rightarrow I_p = \frac{E_N}{R_N}$$

sau đó giữ nguyên vị trí  $R_{đ/c}$ , bật công tắc K sang vị trí 2-2 để đo sức điện động  $E_X$ , điều chỉnh con trượt trên  $R_k$  cho đến khi điện kế G chỉ zêrô, lúc đó có giá trị điện áp cần đo là:

$$E_X = U(R_k) = U_k = I_p \cdot R_k = \frac{E_N}{R_N} \cdot R_k$$

**Lưu ý khi sử dụng pin mẫu:**

- **Tính giá trị chuẩn của pin mẫu theo nhiệt độ đo:** pin mẫu  $E_N$  thường được chế tạo với hệ số nhất định (thường  $E_N = 1,01863V$ ), có độ chính xác khá cao (cỡ  $0,001\% \div 0,01\%$ ) nhưng trị số của pin mẫu thường thay đổi do bị ảnh hưởng của nhiệt độ môi trường xung quanh. Giá trị của pin mẫu  $E_N$  phụ thuộc nhiệt độ được tính theo công thức sau:

$$E_{Nt} = E_{N20} - 40 \cdot 10^{-6} \cdot (t - 20) - 10^{-6} \cdot (t - 20)^2$$

với:  $E_{N20}$  là giá trị của pin mẫu ở nhiệt độ chuẩn  $20^\circ C$  (thường  $E_{N20}$  có giá trị là  $1,0186V$ ).

$t$  : là nhiệt độ tại nơi sử dụng điện thế kế.

Vì vậy khi sử dụng điện thế kế thế, trước tiên phải tính giá trị  $E_N$  theo nhiệt độ tại nơi



đặt điện thế kế theo công thức trên và đặt pin mẫu đúng giá trị đã tính.

- *Sai số khi làm tròn giá trị của pin mẫu:* giá trị của pin mẫu thường không tròn do vậy khi tính toán sẽ gặp sai số đáng kể. Để khắc phục điều này thì cần phải làm tròn dòng công tác  $I_P$  bằng cách chế tạo  $R_N$  sao cho tỉ số  $E_N/R_N$  là một con số tròn. Do đó thường mắc vào mạch  $R_N$  một  $R_{đ/c}$  nối tiếp với nguồn cung cấp để điều chỉnh dòng công tác.

Để đạt độ chính xác cao cho điện thế kế, trong mạch tạo dòng công tác và mạch đo, các điện trở  $R_N$  và  $R_k$  cũng phải chính xác cao (thường đạt tới độ chính xác 0,02%).

***Các bước sử dụng điện thế kế để đo điện áp và các đại lượng điện khác:***

- *Bước 1 : Điều chỉnh dòng công tác:*

- Mắc đúng mạch điện thế kế (như H. 9.8): nguồn cung cấp, pin mẫu, điện kế.
- Tính toán giá trị pin mẫu  $E_{Nt}$  và đặt đúng giá trị đã tính vào điện thế kế.
- Đặt khoá K ở vị trí điều chỉnh dòng công tác (1-1) ; điều chỉnh điện trở  $R_{đ/c}$  cho đến khi điện kế (G) chỉ zêrô ( $E_N$  và  $U_{RN}$  mắc xung đối nên chúng bằng nhau thì không có dòng qua điện kế) khi đó có:

$$I_P = \frac{E_{Nt}}{R_N}; \quad (\text{ví dụ: } I_P = \frac{E_{Nt}}{R_N} = \frac{1,0186V}{10186\Omega} = 0,1mA)$$

- *Bước 2 : Tiến hành đo:*

- Đặt công tắc K ở vị trí đo (2-2).
- Giữ nguyên giá trị của  $R_{đ/c}$ , điều chỉnh con trượt của  $R_k$  cho đến khi điện kế chỉ zêrô, khi đó có:

$$E_X = R_k \cdot I_P$$

- Đọc kết quả đo  $E_X$  trên  $R_k$  theo vạch khắc độ trên điện trở  $R_k$ .

***Lưu ý khi đo điện áp nhỏ:*** sơ đồ điện thế kế một chiều loại này giá trị điện trở  $R_k$  tương đối lớn, các đại lượng cần đo không nhỏ (cỡ vôn) nên ảnh hưởng của điện trở tiếp xúc (giữa các decac) và sức điện động tiếp xúc không đáng kể. Tuy nhiên khi đo điện áp nhỏ và rất nhỏ thì điện trở tiếp xúc và sức điện động tiếp xúc ảnh hưởng đáng kể đến kết quả phép đo và gây sai số lớn, khi đó phải dùng điện thế kế một chiều điện trở nhỏ.

***Ứng dụng đo điện áp lớn (hàng chục, hàng trăm vôn):*** phải dùng mạch phân áp kết hợp với điện thế kế một chiều điện trở lớn.

**9.3.3. Điện thế kế một chiều điện trở nhỏ:**

**a. Cấu tạo:** điện thế kế một chiều điện trở nhỏ được chế tạo trên nguyên tắc giữ nguyên giá trị điện trở mẫu  $R_k$ ; thay đổi dòng công tác  $I_P$  qua  $R_k$  để thay đổi giá trị điện áp mẫu  $U_k$  ( $U_k = I_P \cdot R_k$ ) bù lại với điện áp cần đo  $U_X(E_X)$ . Sơ đồ nguyên lý chung như hình 9.9a.

Nguồn dòng mẫu I qua điện trở mẫu  $R_k$  có thể được tạo ra bằng khuếch đại thuật toán (hình 9.9b).

**b. Nguyên lý làm việc:** đặt ở đầu vào khuếch đại thuật toán một pin mẫu  $E_N$  để bù với điện áp rơi trên các điện trở mắc song song ở đầu vào khuếch đại thuật toán. Nếu  $E_N$  và điện áp rơi trên các điện trở song song  $U_g$  bù hoàn toàn nhau, ta có:

$$E_N - U_g = \Delta U = 0 \Leftrightarrow E_N = U_g$$

Mặt khác từ đầu ra của khuếch đại thuật toán có:

$$U_g = I_{ra} \cdot R_g = I_{ra} \cdot \frac{1}{G_g}$$

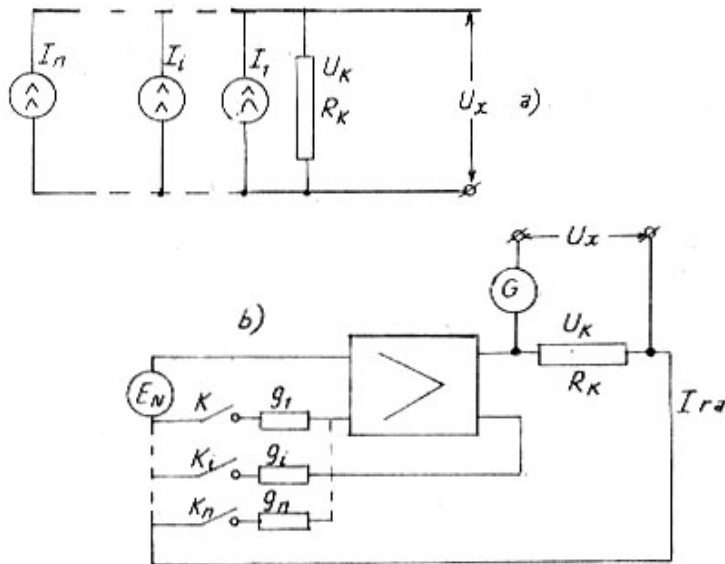
trong đó  $G_g = \sum_{i=1}^n g_i$ ; với  $g_i$  là điện dẫn của các điện trở mạch mắc song song ở đầu vào KĐTT.

Từ đó xác định được  $I_{ra}$  ( $I_P$ ) là dòng công tác trong mạch điện thế kế một chiều điện trở nhỏ:

$$I_{ra} = U_g \cdot \sum_{i=1}^n g_i = E_N \cdot \sum_{i=1}^n g_i$$

Điều chỉnh các công tắc K để thay đổi các giá trị dòng công tác cho kim điện kế chỉ zêrô, khi đó có:

$$U_X = U_k = R_k \cdot I_{ra} = R_k \cdot (E_N \cdot \sum_{i=1}^n g_i)$$



Hình 9.9. Điện thế kế một chiều điện trở nhỏ:

a) Sơ đồ nguyên lý chung

b) Tạo nguồn dòng mẫu  $I$  bằng KĐTT

Đối với mạch này sai số do sức điện động tiếp xúc và điện trở tiếp xúc bị loại trừ do trong mạch tạo điện áp bù  $U_k$  không có đầu tiếp xúc. Sai số chủ yếu là do ngưỡng vào và hệ số khuếch đại quyết định.

### 9.3.4. Điện thế kế một chiều tự động cân bằng:

**a. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động:** điện thế kế một chiều tự động cân bằng giống như các điện thế kế một chiều điện trở lớn khác nhưng ở đây việc cân bằng điện áp cần đo và điện áp mẫu được thực hiện tự động (hình 9.10).

Mạch chính của điện thế kế này là mạch cầu được cung cấp bởi nguồn  $U_0$  qua điện trở điều chỉnh ( $R_{đ/c}$ ) để điều chỉnh dòng công tác. Các nhánh cầu gồm:

- $R_P$ : biến trở trượt
- $R_N$ : điện trở mẫu, chính xác cao



- Các điện trở  $R_1, R_2, R_3$

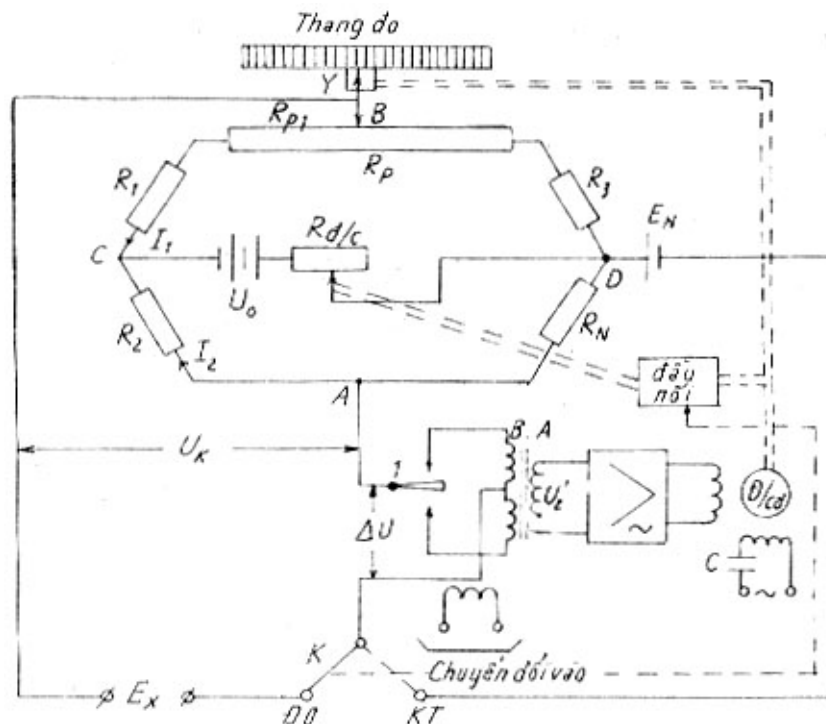
Đầu con chạy trên biến trở trượt  $R_P$  được nối với thang đo và bút ghi để ghi lại giá trị điện áp cần đo.

Dòng điện  $I_1, I_2$  là hai dòng công tác chạy trong mạch cầu. Điện áp mẫu  $U_k$  được lấy từ đường chéo AB của cầu:

$$U_k = I_1.(R_1 + R_{P1}) - I_2.R_2$$

$U_k$  được mắc xung đối với sức điện động cần đo  $E_X$ :

$$E_X - U_k = \Delta U$$



Hình 9.10. Sơ đồ nguyên lý của điện thế kế một chiều tự động cân bằng

**b. Quá trình hoạt động của điện thế kế một chiều tự động cân bằng như sau:**

- Nếu  $E_X > U_k \Leftrightarrow (\Delta U > 0)$ :  $\Delta U$  được đưa vào bộ chuyển đổi vào (bộ chuyển đổi này được kích bằng tín hiệu điện xoay chiều lấy từ nam châm điện phân cực) sao cho tấm tiếp xúc 1 bị hút lên trên hoặc đẩy xuống dưới một cách tuần hoàn với tần số phù hợp với tần số của dòng kích thích để gắn một phần cuộn sơ cấp với mạch đo điện áp  $\rightarrow$  trong cuộn dây thứ cấp của biến áp (B-A) xuất hiện điện áp xoay chiều ( $U_2$ ) tần số kích thích tỉ lệ thuận với  $\Delta U$ .  $U_2$  qua khuếch đại xoay chiều đến cung cấp cho cuộn dây điều khiển của động cơ thuận nghịch. Cuộn dây thứ hai của động cơ thuận nghịch được cung cấp bằng điện xoay chiều lấy từ lưới điện (C là tụ ngăn thành phần một chiều). Nhờ mối liên hệ cơ khí (ký hiệu bằng đường  $=$ ), khi động cơ quay sẽ kéo con trượt trên biến trở trượt  $R_P$  và cái chỉ Y trên thang đo theo chiều tăng  $U_k$  cho đến khi  $E_X = U_k$  (tức là  $\Delta U = 0$ ) (thực tế  $\Delta U \neq 0$  bằng một giá trị nào đó được xác định nhờ hệ số khuếch đại xoay chiều và ngưỡng làm việc của động cơ).

- Nếu  $E_X < U_k \Leftrightarrow (\Delta U < 0)$ : pha của điện áp cung cấp cho cuộn dây điều khiển động cơ ngược với trường hợp  $\Delta U > 0$  là  $180^\circ$ . Động cơ sẽ quay theo chiều ngược lại tức là  $U_k$  sẽ giảm cho đến khi  $E_X = U_k$  (tức là  $\Delta U \approx 0$ ).

Khi cần hiệu chỉnh dòng công tác cho điện thế kế một chiều tự động cân bằng thì thay đổi khoá K sang vị trí KT (kiểm tra). Khi đó  $\Delta U' = E_N - I_2 R_N$  qua hệ thống biến áp đến khuếch đại xoay chiều cung cấp cho động cơ thuận nghịch. Động cơ này sẽ kéo con trượt của điện trở điều chỉnh ( $R_{đ/c}$ ) trong mạch, cung cấp trên đường chéo cầu thay đổi dòng công tác  $I_2$  cho đến khi  $\Delta U' \approx 0$ . Lúc đó  $I_1$  cũng sẽ đạt đến một giá trị nhất định nào đó.

Nếu điện thế kế một chiều tự động cân bằng không được cung cấp bằng nguồn một chiều mà cung cấp bằng nguồn ổn định đặc biệt thì chỉ hiệu chỉnh dòng  $I_1$ ;  $I_2$  một lần ở nhà máy và không thay đổi trong suốt quá trình sử dụng vì vậy trong mạch điện thế kế một chiều này không cần nguồn pin mẫu và các phần tử điều chỉnh  $I_1$ ;  $I_2$ .

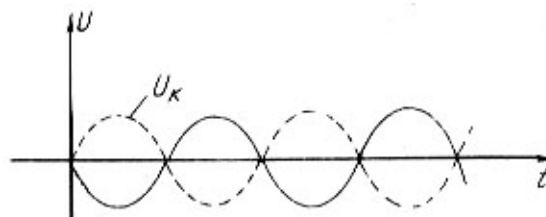
**c. Ứng dụng:** điện thế kế một chiều tự động cân bằng được sử dụng rộng rãi để đo các đại lượng không điện, thường gặp nhất là đo nhiệt độ thông qua cặp nhiệt ngẫu.

### 9.3.5. Điện thế kế xoay chiều:

**a. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động chung:** điện thế kế xoay chiều có nguyên lý hoạt động chung giống như điện thế kế một chiều, tức là cũng so sánh điện áp cần đo với điện áp rơi trên điện trở mẫu khi có dòng công tác chạy qua. Song đối với tín hiệu xoay chiều việc tạo mẫu và điều chỉnh cân bằng khó khăn và phức tạp hơn.

Để hiệu chỉnh dòng công tác trong mạch xoay chiều không thể dùng pin mẫu (do không có pin mẫu xoay chiều) mà phải chỉnh định nhờ ampemét chính xác cao, do đó cấp chính xác của điện thế kế xoay chiều không thể cao hơn cấp chính xác của ampemét. Mặt khác muốn cho  $U_X$  và  $U_k$  cân bằng phải điều chỉnh cân bằng cả về môđun và pha. Muốn vậy phải thỏa mãn ba điều kiện sau (H. 9.11):

- Điện áp cần đo  $U_X$  và áp mẫu  $U_k$  phải cùng tần số: thực hiện bằng cách mắc điện áp  $U_X$  và  $U_k$  vào nguồn cùng tần số
- $U_X$  và  $U_k$  phải bằng nhau về trị số: thực hiện bằng cách dùng bộ chỉ thị không điều chỉnh  $U_k$
- $U_X$  và  $U_k$  phải ngược pha nhau ( $180^\circ$ ): thực hiện bằng cách tách  $U_k$  thành hai phần lệch nhau  $90^\circ$  tạo  $U_X$  ngược  $U_k$



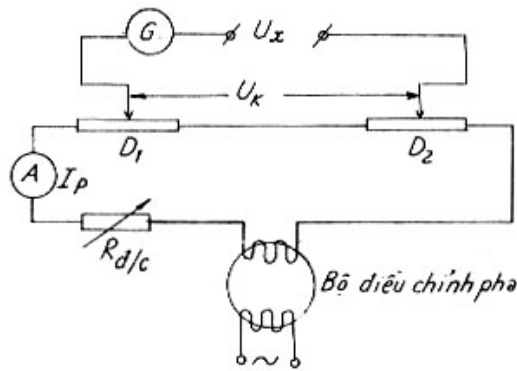
Hình 9.11. Điều kiện của điện áp mẫu trong điện thế kế xoay chiều.

**b. Phân loại:** có hai loại điện thế kế xoay chiều:

- Điện thế kế xoay chiều tọa độ cực
- Điện thế kế xoay chiều tọa độ decac

**c. Điện thế kế xoay chiều tọa độ cực (H. 9.12):** điện áp cần đo  $U_X$  được cân bằng với điện áp rơi trên điện trở R (xác định bởi các con trượt  $D_1$ ;  $D_2$ ).

Môđun:  $U_X = I_p \cdot R$ .



Hình 9.12. Sơ đồ nguyên lý điện thế kế xoay chiều tạo độ cực

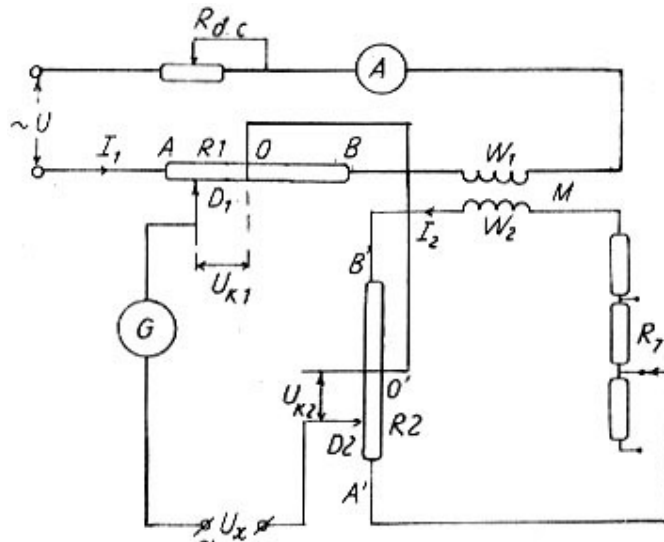
Dòng công tác  $I_p$  được xác định nhờ ampe mét chính xác cao và điện trở điều chỉnh  $R_{d/c}$ . Bộ điều chỉnh pha dùng để cân bằng về pha, đồng thời cũng dùng làm nguồn cung cấp cho mạch tạo dòng công tác  $I_p$ .

*Nhược điểm của điện thế kế xoay chiều tạo độ cực:*

- Cần phải có bộ điều chỉnh pha cung cấp cho mạch
- Khó xác định chính xác vị trí ổn định của phần quay ứng với góc pha
- Việc điều chỉnh cân bằng khó khăn do khi quay rô tô điều chỉnh pha thì dòng  $I_p$  cũng thay đổi theo.

**d. Điện thế kế xoay chiều tạo độ vuông góc (H. 9.13):** trong điện thế kế này dùng hai cuộn dây đặt gần nhau, dùng hồ cảm  $M$  của chúng tạo  $U_K$  thành hai phần lệch nhau  $90^\circ$  và  $U_X$  sẽ cân bằng với tổng hai véc tơ thành phần này.

Sơ đồ gồm hai mạch công tác và một mạch đo:



Hình 9.13. Sơ đồ nguyên lý điện thế kế xoay chiều tạo độ vuông góc

- **Mạch công tác thứ nhất gồm:** biến trở dây quấn được chuẩn hóa  $AB$ ; cuộn sơ cấp  $W_1$  của biến áp không lõi (để tạo hồ cảm); ampe mét và điện trở điều chỉnh ( $R_{d/c}$ ). Dòng điện  $I_1$  từ nguồn cung cấp xoay chiều được xác định nhờ ampe mét tạo trên biến trở  $AB$  một điện áp  $U_{AB}$ .

Điện áp  $U_{K1}$  được xác định bởi dòng  $I_1$  và vị trí con trượt  $D_1$  trên biến trở  $AB$ . Vì dòng  $I_1$  không thay đổi trong quá trình đo nên thang chia độ được khắc theo giá trị điện áp trên biến trở  $AB$ .

- **Mạch công tác thứ hai gồm:** biến trở dây quấn đã được chuẩn hoá A'B' có điểm giữa O' nối với điểm giữa O của biến trở AB; cuộn thứ cấp W<sub>2</sub> của biến áp không lõi và hộp điện trở bù tần số R<sub>f</sub>.

Dòng điện I<sub>2</sub> trong mạch công tác lệch pha I<sub>1</sub> góc 90° (vì điện cảm L<sub>2</sub> không lớn lắm nên có thể coi như I<sub>2</sub> trùng pha với E<sub>2</sub> mà E<sub>2</sub> lệch pha với E<sub>1</sub> góc 90°). Trong mạch thứ nhất I<sub>1</sub> có giá trị xác định nên I<sub>2</sub> cũng có giá trị xác định:

$$I_2 = \frac{E_2}{R_1 + R_f + \omega L_2} \approx \frac{\omega M I_1}{R_2 + R_f}$$

với: M là hệ cảm của W<sub>1</sub> và W<sub>2</sub>. Khi tần số f thay đổi sẽ làm I<sub>2</sub> thay đổi và giá trị khắc độ trên A'B' cũng thay đổi, khắc phục điều này bằng cách dùng hộp điện trở bù tần số R<sub>f</sub> để giữ cho I<sub>2</sub> không thay đổi khi tần số f thay đổi (tức là R<sub>f</sub> thay đổi phụ thuộc vào sự thay đổi tần số nguồn cung cấp).

Từ đây xác định được:

$$U_{k2} = I_2 \cdot R_2$$

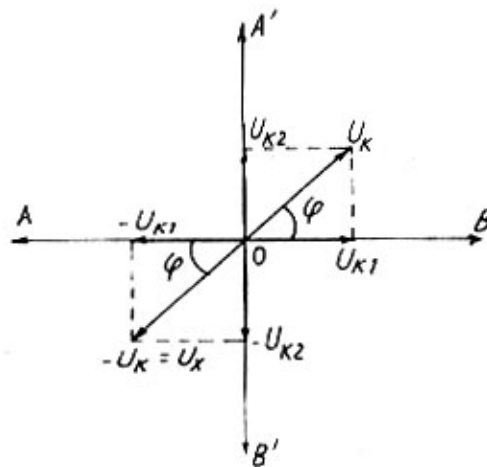
với R<sub>2</sub> là phần điện trở của A'B' được xác định nhờ vị trí con trượt D<sub>2</sub> trên A'B'.

Vì U<sub>k1</sub> = I<sub>1</sub> · R<sub>1</sub> và U<sub>k2</sub> = I<sub>2</sub> · R<sub>2</sub> mà I<sub>1</sub> và I<sub>2</sub> lệch nhau một góc 90° nên U<sub>k1</sub> và U<sub>k2</sub> cũng lệch pha nhau 90°.

Mạch đo là mạch vào chủ yếu của điện thế kế bao gồm:

- Nguồn tín hiệu đo U<sub>x</sub>(E<sub>x</sub>).
- Điện thế kế chỉ thị "0" (G).
- Các phần của biến trở dây quấn chuẩn D<sub>1</sub>O; D<sub>2</sub>O'.

Đồ thị biểu diễn các giá trị U<sub>k</sub> hình 9.14:



Hình 9.14. Đồ thị biểu diễn các giá trị điện áp mẫu U<sub>k</sub>

Điều chỉnh các con trượt D<sub>1</sub> và D<sub>2</sub> để cân bằng điện thế kế tức là điện kế chỉ "0". Đọc các giá trị U<sub>k1</sub> và U<sub>k2</sub> trên các dây quấn AB và A'B' và thông qua tính toán ta sẽ được điện áp U<sub>x</sub> cần đo và góc lệch pha phi giữa vectơ U<sub>k</sub> và U<sub>k1</sub>.

$$U_x = \sqrt{U_{k1}^2 + U_{k2}^2} \quad ; \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{U_{k2}}{U_{k1}}$$

Sai số chủ yếu của điện thế kế xoay chiều là sai số của ampemét.

**Nhược điểm của điện thế kế xoay chiều là:**

- Độ chính xác không cao vì cho đến nay chưa tạo được nguồn mẫu chính xác, ổn định.
- Độ chính xác phụ thuộc độ chính xác của ampemét.

### 9.4. Các dụng cụ đo điện áp chỉ thị số.

Phụ thuộc các bộ chuyển đổi A/D, thường gặp các vônmet chỉ thị số sau:

- Vônmet số chuyển đổi thời gian
- Vônmet số chuyển đổi tần số
- Vônmet số chuyển đổi trực tiếp (chuyển đổi bù)

#### 9.4.1. Các vônmet số chuyển đổi thời gian:

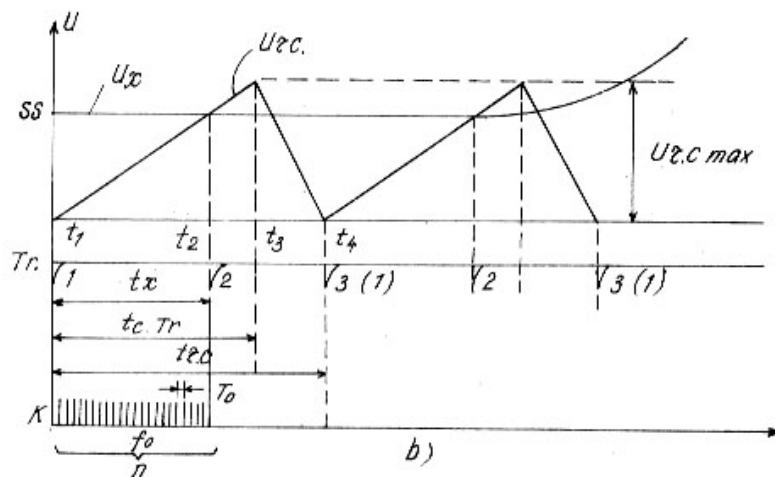
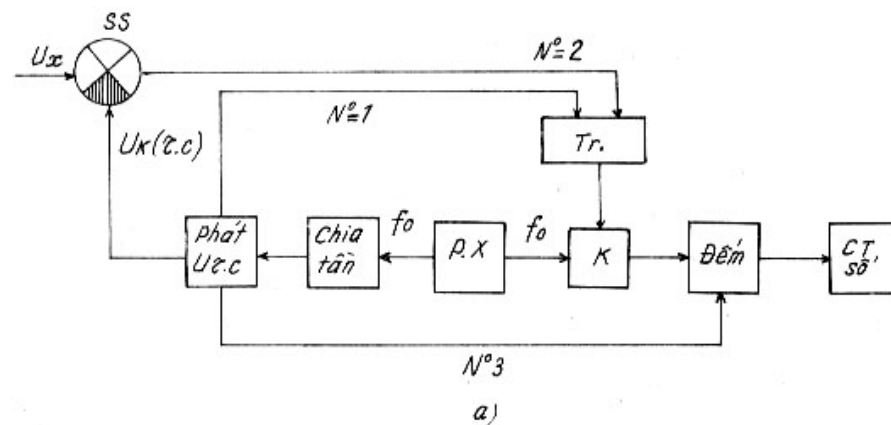
**a. Nguyên lý chung:** nguyên lý hoạt động chung của các vônmet số chuyển đổi thời gian là biến đổi sơ bộ điện áp cần đo ( $U_x$ ) thành khoảng thời gian ( $t$ ) sau đó lấp đầy khoảng thời gian  $t$  bằng các xung mang tần số chuẩn ( $f_0$ ); dùng bộ đếm để đếm số lượng xung ( $N$ ) tỉ lệ với  $U_x$  để suy ra  $U_x$ .

**b. Phân loại:** có các loại vônmet chuyển đổi thời gian sau:

- Vônmet chuyển đổi thời gian một nhịp
- Vônmet chỉ thị số tích phân hai nhịp

**c. Vônmet chuyển đổi thời gian một nhịp:**

Cấu tạo, nguyên lý hoạt động: như hình 9.15:



Hình 9.15. Vônmet chuyển đổi thời gian một nhịp:

a) Sơ đồ khối nguyên lý;

b) Biểu đồ thời gian

Trên sơ đồ N°1, N°2, N°3 là các xung có chức năng như sau:

- N°1 làm nhiệm vụ khởi động vônmet
- N°2 tác động vào trigger để khoá (K)
- N°3 xoá kết quả

*Quá trình hoạt động của vônmet:* mở máy, máy phát xung chuẩn qua bộ chia tần khởi động máy phát điện áp răng cưa tại thời điểm  $t_1$ . Từ đầu ra máy phát điện áp răng cưa có  $U_{rc}$  (tức là điện áp mẫu  $U_k$ ) đi đến bộ so sánh để so với điện áp cần đo  $U_x$  cần đo ở đầu vào. Đồng thời cũng từ đầu ra của máy phát điện áp răng cưa ta có xung thứ nhất đến trigơ, đặt trigơ ở vị trí thích hợp thông khoá (K) cho phép các xung mang tần số chuẩn ( $f_0$ ) từ phát xung qua khoá (K) đến bộ đếm và chỉ thị số.

Tại thời điểm  $t_2$  khi  $U_x = U_{rc}$ ; thiết bị so sánh phát xung thứ 2 ( $N^0_2$ ) tác động trigơ khoá (K). Thời gian từ  $t_1$  đến  $t_2$  tương ứng với  $t_x$ .

Từ đây có mối quan hệ:

$$\frac{t_x}{t_{ct,r}} = \frac{U_x}{U_{rc \max}} \Rightarrow t_x = \frac{t_{c,tr}}{U_{r,c \max}} \cdot U_x$$

Với một máy phát áp răng cưa nhất định thì  $t_{c,tr}$  và  $t_{r,c}$  là hằng số. Vì vậy  $U_x$  tỉ lệ với số lượng xung  $n$  đến bộ đếm trong thời gian  $t_x$ :

$$n = \frac{t_x}{t_{ct,r}} = f_0 \cdot t_x = \frac{t_{c,tr}}{U_{r,c \max}} \cdot f_0 \cdot U_x \quad \text{với } f_0 = \text{const}$$

Như vậy số lượng xung  $n$  được khắc độ theo giá trị điện áp.

*Nguồn sai số chính của vônmet chỉ thị số một nhịp:* gồm hai nguồn chủ yếu là:

- Do máy phát điện áp răng cưa gây ra, tức là do  $t_{c,tr}$  và  $t_{r,c}$  không ổn định; độ dốc của răng cưa thay đổi vì vậy với cùng một  $U_x$  nhưng  $t_x$  có thể khác nhau.
- Sai số lượng tử.

*Độ tác động nhanh của vônmet:* như biểu đồ thời gian làm việc của vônmet cho thấy: khi  $U_x$  biến thiên với tốc độ nào đó thì không thể đo được vì đường cong áp răng cưa không cắt  $U_x$ . Do vậy muốn đo được điện áp bằng phương pháp này thì tốc độ biến thiên của áp cần đo phải thỏa mãn điều kiện sau :

$$\left( \frac{dU_x}{dt} \right)_{\max} = \frac{U_{r,c \max}}{t_{c,tr}}$$

Độ tác động nhanh của vônmet phụ thuộc độ tác động nhanh của bộ đếm được dùng trong vônmet.

**d. Vônmet chỉ thị số tích phân hai nhịp:** vônmet chỉ thị số tích phân hai nhịp có thể khắc phục sai số của vônmet số một nhịp do hệ số chuyển đổi áp thành khoảng thời gian không ổn định.

*Cấu tạo, nguyên lý hoạt động:* như hình 9.16: khi mở máy, xung khởi động điều khiển bộ đếm (đặt số chỉ của bộ đếm tương ứng với số lượng xung  $n_1$ ); đồng thời qua đường dây trễ (để bộ đếm kịp xác lập ở trạng thái cần thiết) điều khiển trigơ sao cho đầu ra của nó ở các mức áp phù hợp để thông  $K_1$ ;  $K_4$  và khoá  $K_2$ ;  $K_3$ .

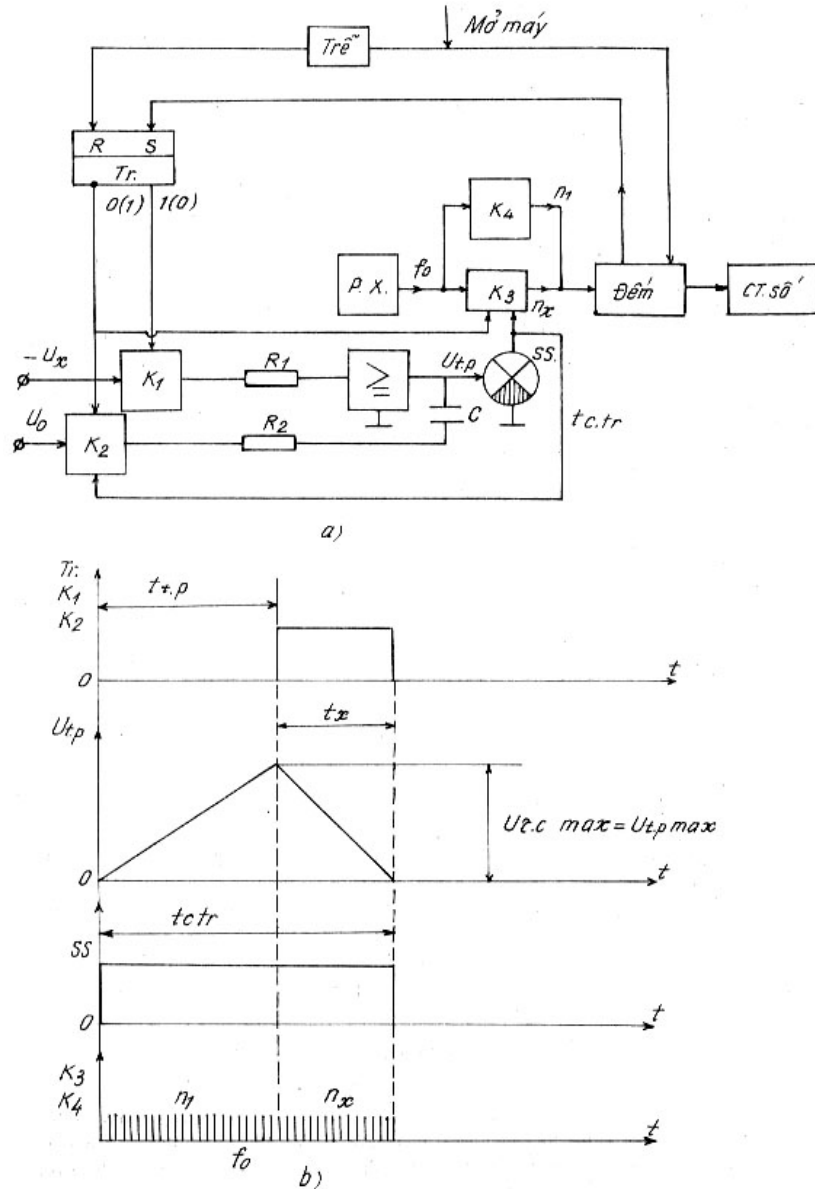
Khi  $K_1$  thông (tương ứng với điểm đầu của  $t_{tp}$ : thời gian bộ tích phân làm việc) điện áp cần đo  $U_x$  có dấu (-) qua  $K_1$  và bộ tích phân (bao gồm  $R_1$ ; khuếch đại thuật toán và tụ C); ở đầu ra được  $U_{tp}$  (là điện áp tích phân của  $U_x$ ).

Đồng thời trong thời gian ( $t_{tp}$ ) này các xung mang tần số  $f_0$  từ bộ phát xung chuẩn (p.x) qua  $K_4$  vào bộ đếm. Bộ đếm làm việc ở chế độ trừ cho đến khi bộ đếm chuyển hoàn toàn về zêrô (trừ hết  $n_1$ ) thì nó sẽ phát xung chuyển trạng thái trigơ, kết thúc nhịp thứ nhất trong khoảng thời gian  $t_{tp}$  và đầu ra của tích phân sẽ có áp cực đại:



$$U_{t.p \max} \frac{1}{\tau_1} \int_0^{t_{t.p}} U_x dt = \frac{1}{R_1 C} U_{xtr.b} t_{t.p}$$

Quá trình chuyển sang nhịp thứ hai: khoá  $K_2$  và  $K_3$  thông,  $U_0$  ngược dấu với  $U_x$  qua  $K_2$  vào bộ tích phân đến bù lại  $U_{t.p \max}$  ở nhịp trước. Cũng trong thời gian này các xung từ bộ phát xung (p.x) qua  $K_3$  đến bộ đếm (đếm thuận). Số lượng xung tương ứng với thời gian  $t_x$  (tức là  $U_0$  bù hoàn toàn  $U_{t.p \max}$  hoặc nói cách khác tụ điện  $C$  đã phóng hoàn toàn và áp lúc này sẽ bằng không). Khi đó thiết bị so sánh phát ra xung khoá  $K_3$  và  $K_3$ , kết thúc quá trình đo, các khoá ở bộ phận điều khiển chỉ thị số cho phép hiện kết quả.



Hình 9.16. Vôn-mét chỉ thị số tích phân hai nhịp:

a) Sơ đồ khối;

b) Biểu đồ thời gian

Quá trình đo của vôn-mét số tích phân hai nhịp được biểu diễn như sau:

$$U_{t.p \max} = \frac{1}{\tau_1} \int_0^{t_{t.p}} U_x dt = \frac{1}{\tau_2} \int_0^{t_x} U_0 dt = \frac{t_{t.p}}{R_1 C} U_{xtr.b} = \frac{t_x}{R_2 C} U_0$$

với: 
$$t_x = \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{t_{t.p}}{U_0} \cdot U_{x.tr.b}$$

biết: 
$$t_{t.p} = n_1 \cdot T_0 \Rightarrow t_x = \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{n_1 T_0}{U_0} \cdot U_{x.tr.b} \Rightarrow n_x = \frac{t_x}{T_0} = \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{n_1}{U_0} \cdot U_{x.tr.b}$$

Từ biểu thức này thấy rằng số lượng xung tỉ lệ với trị trung bình của áp cần đo trong thời gian  $t_{t.p}$ .

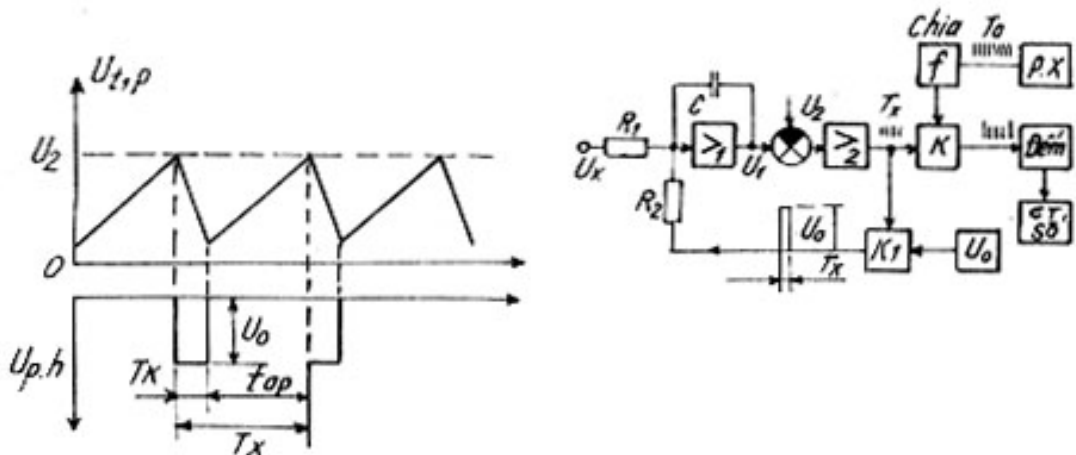
**Ưu điểm của vônmet số tích phân hai nhịp:** tần số  $f_0$  của máy xung phát chuẩn không ảnh hưởng đến độ chỉ của phép đo (vì dùng một bộ tích phân và một bộ đếm trong hai khoảng thời gian  $t_{t.p}$  và  $t_x$ ). Giá trị tụ điện  $C$  không còn tồn tại trong biểu thức cuối cùng. Điện trở thông của khoá  $K_1$  và  $K_2$  nhỏ hơn nhiều so với giá trị điện trở  $R_1$ ;  $R_2$  vì vậy ít ảnh hưởng đến sai số chung.

**Nguồn sai số chủ yếu của vônmet số tích phân hai nhịp:** là sự không ổn định của  $U_0$ ; áp dư của  $K_1$  và  $K_2$ ; khuếch đại thuật toán trôi zêrô và sự không ổn định của so sánh.

#### 9.4.2. Vônmet chỉ thị số chuyển đổi tần số:

**a. Cấu tạo, nguyên lý hoạt động:** vônmet loại này hoạt động dựa trên cơ sở ổn định áp thành tần số rồi dùng các máy đo tần số chỉ thị số khác độ theo điện áp.

Xét ví dụ về vônmet số tích phân biến đổi điện áp  $U$  thành tần số  $f$  bằng phương pháp tích phân (H. 9.17):



Hình 9.17. Vônmet chỉ thị số chuyển đổi tần số  $U-f$

**Khâu chuyển đổi tín hiệu áp sang tín hiệu tần số  $U-f$ :** Điện áp  $U_x$  cần đo được đưa đến đầu vào  $\rightarrow$  qua khâu tích phân được điện áp  $U_1 \rightarrow U_1$  được đưa đến thiết bị so sánh với áp nền  $U_2$  (có độ ổn định cao)  $\rightarrow$  khi  $U_1 = U_2$  thiết bị so sánh phát xung qua khuếch đại 2 (tại thời điểm  $t_1$ ) thông khoá  $K_1$  và khoá  $K$  để đến bộ đếm  $\rightarrow$  đến chỉ thị số.

Đồng thời khi  $K_1$  thông, điện áp  $U_0$  (ngược dấu với  $U_1$ ) sẽ qua  $K_1$  đến bù áp  $U_1$  (đây là mạch phóng điện qua tụ  $C$ ) trong khoảng thời gian  $T_k$  (từ  $t_1$  đến  $t_2$ ). Tại thời điểm  $t_2$  điện áp  $U_0$  bù hoàn toàn  $U_1$ :

Quá trình làm việc được diễn biến như sau:

$$\frac{1}{\tau_1} \int_0^{t_{t.p}} U_x dt = \frac{1}{\tau_2} \int_0^{T_k} U_0 dt - \frac{1}{\tau_1} \int_0^{T_k} U_x dt = U_2$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{\tau_1} U_{X.tr.b} \cdot t_{t.p} = \frac{1}{\tau_1} U_0 T_k - \frac{1}{\tau_1} U_X T_k = U_2$$

với:  $t_{t.p} = \tau_1 = \frac{1}{R_1 \cdot C}$ ;  $\tau_2 = \frac{1}{R_2 \cdot C}$ ;  $T_k = t_2 - t_1$

đặt:  $t_{t.p} + T_k = T_x$

$$\Rightarrow T_x = \frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{U_0 \cdot T_k}{U_X} \Rightarrow f_X = \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1}{U_0 \cdot T_k} \cdot U_X = K \cdot U_X$$

như vậy nếu biết được  $f_x$  sẽ suy ra được giá trị điện áp cần đo  $U_x$ .  $f_x$  không phụ thuộc vào điện dung  $C$ , áp nền  $U_2$  mà được xác định bởi tỉ số  $R_2 / R_1$ ,  $U_0$  và  $T_k$ . Sai số khâu này lớn nhất khoảng 0,2%.

**Khâu chỉ thị số:** tín hiệu tần số  $f$  tỉ lệ với điện áp cần đo  $U_x$  sẽ qua khâu chuyển đổi tiếp để chỉ thị số. Trong khâu này có thêm các phần: tạo gốc thời gian, các khoá, bộ đếm và chỉ thị số giống như một máy đo tần số chỉ thị số nhưng khắc độ số theo điện áp.

Cụ thể bộ tạo gốc thời gian là máy phát xung chuẩn  $T_0$  để tạo thời gian  $T_{ctr} = k \cdot T_0$  điều khiển khoá cho các xung mang tần số  $f_x$  qua nó. Số lượng xung mang  $f_x$  qua khoá  $K$  trong thời gian  $T_{c.tr}$  để đến chỉ thị số được xác định như sau:

$$N = \int_0^{t_{ctr}} f_x dt = \int_0^{T_{ctr}} \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1}{U_0 \cdot T_k} \cdot U_X \cdot dt = \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1}{U_0 \cdot T_k} \cdot U_X \cdot T_{ctr}$$

$$\Leftrightarrow N = T_{ctr} \cdot f_X$$

như vậy số xung  $N$  tỉ lệ với giá trị điện áp cần đo  $U_x$

**Các yếu tố ảnh hưởng đến  $N$  (tức là ảnh hưởng đến kết quả chỉ thị):** có thể thấy từ biểu thức tính số xung  $N$ , gồm:

- Thời gian  $T_{ctr}$  có thể thay đổi, do đó làm thay đổi khả năng chống nhiễu của dụng cụ trong các điều kiện khác nhau và độ nhạy của dụng cụ đo.
- Giá trị  $U_0 T_k$  có thể bị thay đổi: muốn giữ cho  $U_0 T_k$  là hằng số thì nguồn  $U_0$  phải rất ổn định, nguồn  $U_0$  tốt nhất thường cho sai số 0,005%.

**Sai số của vônmet loại này:** thường gồm hai phần chính:

- Do chuyển đổi  $U$ - $f$  khoảng 0,2%
- Sai số lượng tử khoảng 0,01%.

Có thể chọn cấu trúc của vônmet chuyển đổi tần số khác nhau sẽ đạt chính xác cao hơn.

#### 9.4.3. Các vônmet chỉ thị số chuyển đổi trực tiếp điện áp thành con số (kiểu chuyển đổi bù):

Trong các vônmet chỉ thị số loại này, đại lượng cần đo  $U_x$  được so sánh với điện áp chuẩn  $U_k$ . Phụ thuộc vào việc gia công đại lượng bù  $U_k$  và quy trình so sánh  $U_x$  và  $U_k$  chia ra thành:

- Vônmet số bù quét
- Vônmet số bù tùy động

**a. Vônmet chỉ thị số bù quét:** điện áp bù  $U_k$  thay đổi lặp lại theo chu kỳ. Trong mỗi chu kỳ biến thiên của  $U_k$  ta lấy số đo một lần tức là tại thời điểm  $U_x \approx U_k$  ta đọc kết quả của phép đo.

Điện áp  $U_k$  có thể thay đổi tuyến tính hoặc thay đổi theo bậc thang (bậc thang bằng nhau hay không bằng nhau theo một quy luật nhất định), các loại cơ bản gồm:

- Vônmet chỉ thị số bù quét với  $U_k$  thay đổi tuyến tính (thay đổi theo các bậc thang bằng nhau)
- Vônmet chỉ thị số bù quét với đại lượng  $U_k$  thay đổi theo các bậc thang không bằng nhau

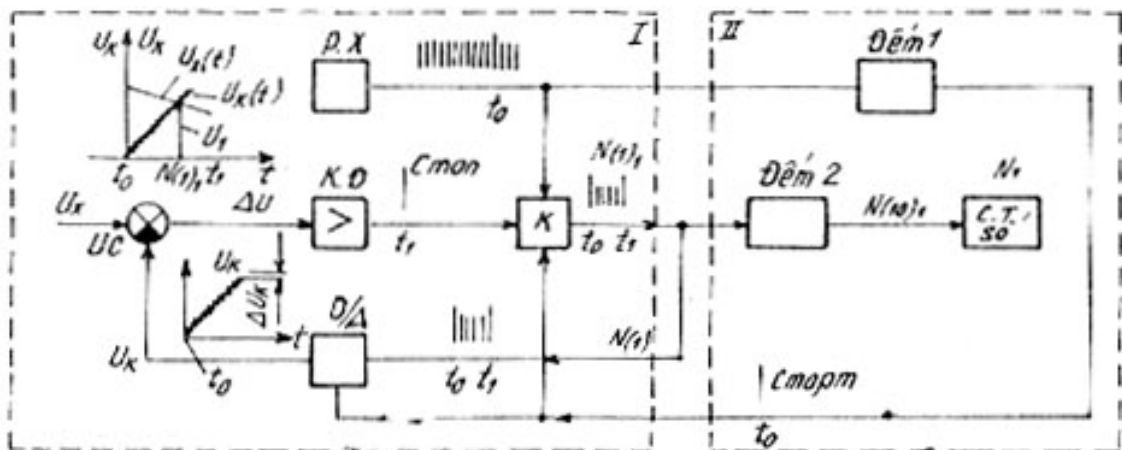
Sau đây sẽ lần lượt xét từng loại:

**Vônmet chỉ thị số bù quét với đại lượng bù  $U_k$  thay đổi tuyến tính:** có sơ đồ cấu trúc thường gồm hai phần :

- Phần chuyển đổi điện áp thành khoảng thời gian  $T_x$  (giống như vônmet chỉ thị số chuyển đổi thời gian).
- Phần đo khoảng thời gian  $T_x$ : gồm các khoá, bộ đếm, máy phát xung chuẩn và bộ phận chỉ thị số.

**Cấu trúc của vônmet:** như hình 9.18, bao gồm các khối:

- Thiết bị so sánh: để so sánh  $U_x$  và  $U_k$
- Khối khuếch đại (KĐ)
- Khoá K
- Bộ đếm: gồm bộ đếm 1 và 2
- Bộ phát xung chuẩn (P.X)
- Bộ chỉ thị số (C.T số)
- Bộ chuyển đổi ngược (D/A).



*Hình 9.18. Sơ đồ cấu trúc của vônmet chỉ thị số bù quét với  $U_k$  thay đổi theo các bậc thang bằng nhau*

Trong cấu trúc này, bộ chuyển đổi ngược (D/A) thực hiện biến đổi mã  $N_{(1)}$  thành  $U_k$  có điều khiển.

**Quá trình làm việc của vônmet:** mở máy  $\rightarrow$  bộ phát xung chuẩn (P.X) bắt đầu làm việc  $\rightarrow$  các xung  $f_0$  đến bộ đếm 1 và khoá (K)  $\rightarrow$  sau một tập xung  $f_0$  (tương ứng với thời điểm  $t_0$ ) thì (Đếm 1) phát xung đến thông khoá (K) và khởi động (D/A). Trong thời gian K thông xảy ra đồng thời các quá trình:

- Các xung mang  $f_0$  qua K đến (Đếm 2)  $\rightarrow$  đến chỉ thị số
- Cứ mỗi xung  $f_0$  đến D/A sẽ tăng áp ra của nó ( $U_k$ ) một mức  $\Delta U$ .

Quá trình tiếp tục cho đến khi  $U_x \approx U_k$  (tại thời điểm  $t_1$ ): khi đó bộ so sánh tác động vào bộ khuếch đại tạo tín hiệu khoá K, quá trình đo kết thúc và bộ phận chỉ thị hiện kết quả.

Nếu tất cả các mức điện áp  $\Delta U$  tạo nên  $U_k$  đều bằng nhau thì số lượng xung  $N_1$

sẽ tỉ lệ với điện áp cần đo  $U_x$  tức là:

$$U_x \approx U_k = N_1 \cdot \Delta U$$

đây là giá trị tức thời của áp cần đo tại thời điểm  $t_1$ . Nếu muốn đo  $U_x$  tại thời điểm khác thì quá trình sẽ lặp lại từ đầu.

**Vônmet chỉ thị số bù quét với đại lượng  $U_k$  thay đổi theo các bậc thang không bằng nhau:** trong vônmet loại này các mức bậc thang  $\Delta U$  không bằng nhau. Có thể tạo các  $\Delta U$  theo từng hàng đếm của các con số ở từng hàng đếm nhất định, vì vậy có thể dựa vào hệ đếm nhị phân và thập phân để gia công điện áp bù  $U_k$ .

Dựa vào cách gia công điện áp bù  $U_k$ , vônmet chỉ thị số bù quét với đại lượng  $U_k$  thay đổi theo các bậc thang không bằng nhau có các loại cơ bản như sau:

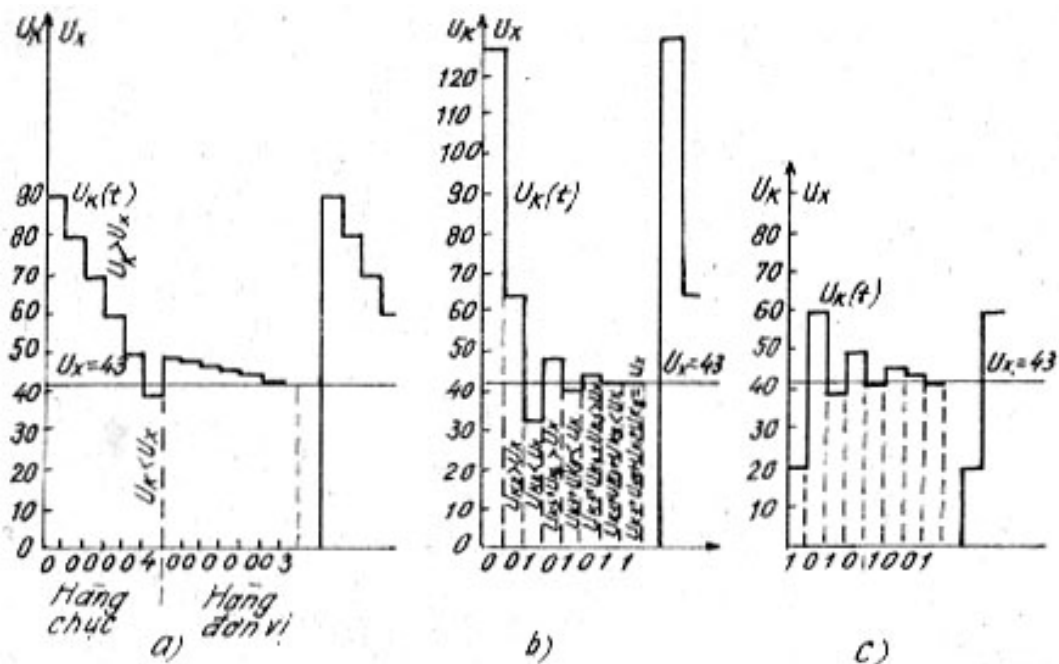
- Gia công điện áp bù  $U_k$  trong hệ đếm thập phân: ở mỗi hàng đếm có các mức  $\Delta U$  đều bằng nhau, các mức  $\Delta U$  ở các hàng đếm khác nhau sẽ khác nhau 10 lần.

*Ví dụ nếu ở hàng đơn vị mức  $\Delta U = 1$  thì ở hàng chục :  $\Delta U = 10$  v.v...*

- Gia công điện áp bù  $U_k$  trong hệ đếm nhị phân: các mức  $\Delta U$  thay đổi theo  $2^n$  (với  $n$ : là dãy số nguyên bất kỳ).

- Gia công điện áp bù  $U_k$  trong hệ đếm nhị thập phân (BCD): biểu diễn chữ số là số nhị phân còn giá trị hàng đếm là hàng thập phân.

Xét ví dụ về các cách gia công điện áp bù  $U_k$ : để đo điện áp  $U_x = 43V$ , quá trình gia công điện áp bù  $U_k$  theo các hệ đếm như hình 9.19a,b,c:



- Nếu  $U_k > U_x$  thì mã sẽ ghi là 0
- Nếu  $U_k \leq U_x$  thì mã sẽ ghi là một số dương tương ứng với hàng đếm của  $U_k$  và khi  $|U_k - U_x| < \Delta U$ , với  $\Delta U$  là mức của hàng đếm tương ứng, thì quá trình so sánh sẽ chuyển sang hàng đếm nhỏ hơn.

Cụ thể ở đây là:

- Bắt đầu so sánh  $U_x$  với  $U_k = 90$ : được mã là 0
- Tiếp theo khi  $U_k = 80$  thì mã cũng là 0
- ...

Cho đến khi  $U_k = 40$  tức là:  $U_k(40) < U_x(43)$ , hoặc  $|U_k - U_x| < \Delta U$  (mức của hàng chục):  $|40 - 43| = 3 < \Delta U = 10$ . Lúc này mã sẽ ra là 4 (ở hàng chục nên ghi là 40).

Tiếp theo quá trình so sánh sẽ diễn ra ở hàng đơn vị với giá trị lớn nhất của hàng là 9 và mỗi mức  $\Delta U = 1$ , cụ thể:

- Khi  $U_k = 9$ ;  $U_x = 3$ ; mã ra: 0
- Khi  $U_k = 8$ ;  $U_x = 3$ ; mã ra: 0
- $\vdots$   $\vdots$   $\vdots$
- Khi  $U_k = 3$ ;  $U_x = 3$ ; mã ra: 3, quá trình gia công  $U_k$  kết thúc.

Khi quá trình gia công kết thúc ta sẽ được tổng giá trị:

$$U_k = U_{k10} + U_{k1} \\ = 40 + 3 = U_x: \text{ là kết quả đo}$$

*Quá trình gia công trong hệ đếm nhị phân:* như sơ đồ hình 9.19b: trước tiên ta phải chuyển con số điện áp cần đo ( $U_x = 43V$ ) thành hệ số nhị phân:  $43 = 101011_{(2)}$

Để đảm bảo độ chính xác yêu cầu, trong quá trình gia công điện áp bù  $U_k$  số lượng hàng đếm định mức của con số được chọn bằng cách lấy số lượng hàng đếm (m) của con số cần đo cộng với 2, tức là:

$$m_{d.m} = m + 2 \\ = 6 + 2 = 8$$

lúc đó  $U_k$  lớn nhất sẽ là:  $U_{k d.m} = 2^7 = 128$

Tiến hành gia công  $U_k$  cũng bắt đầu từ hàng đếm thứ nhất.

- Khi  $U_{k7} = 128 > U_x = 43 \rightarrow$  mã ra: 0
- Khi  $U_{k6} = 64 > U_x = 43 \rightarrow$  mã ra: 0
- Khi  $U_{k5} = 32 < U_x = 43 \rightarrow$  mã ra: 1

Để tiếp tục so sánh được với 43 thì phải tăng giá trị ở hàng đếm thứ 4 một mức  $U_{k4} = 16$  rồi cộng với mức  $U_{k5}$ , tức là ở hàng đếm thứ 4 có giá trị:

$$U_{k4} + U_{k5} = 32 + 16 = 48 > U_x = 43 \rightarrow \text{mã ra: 0}$$

tiếp theo:

- $U_{k3} = 2^3 = 8 \rightarrow U_k = 48 - 8 = 40 < 43 \rightarrow$  mã ra: 1
- $U_{k2} = 2^2 = 4 \rightarrow U_k = 40 + 4 = 44 > 43 \rightarrow$  mã ra: 0
- $U_{k1} = 2^1 = 2 \rightarrow U_k = 44 - 2 = 42 < 43 \rightarrow$  mã ra: 1
- $U_{k0} = 2^0 = 1 \rightarrow U_k = 42 + 1 = 43 = 43 \rightarrow$  mã ra: 1, kết thúc quá trình gia công, ghi lại kết quả.

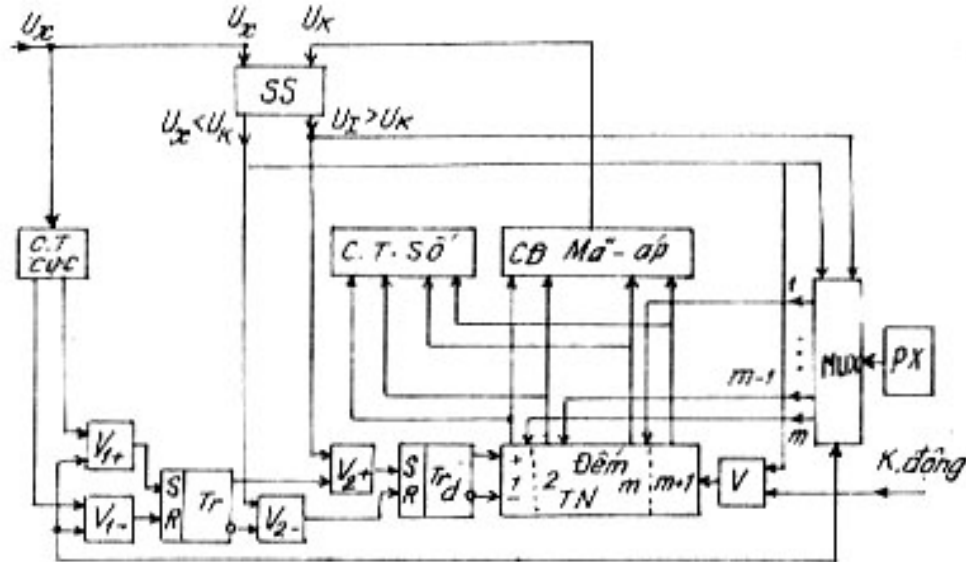
Kết quả ghi lại là: 00101011, con số ở hệ nhị phân này qua bộ giải mã sẽ hiện kết quả bằng số ở hệ thập phân là 43.

*Quá trình gia công ở hệ đếm nhị thập phân (BCD):* như hình 9.19c: cũng tương



tự như trên nhưng lưu ý cấu trúc của mã BCD là mỗi hàng đếm có giá trị thập phân nhưng được biểu diễn bằng chữ số nhị phân. Vì vậy phải gán các trọng số của mã như 2421 cho các hàng đếm rồi mới gía công.

Xét ví dụ sơ đồ cấu trúc của vôn-mét chỉ thị số bù quét theo bậc thang không bằng nhau: như hình 9.20:



Hình 9.20. Sơ đồ cấu trúc của vôn-mét chỉ thị số bù quét theo bậc thang không bằng nhau

Vôn-mét này dùng để đo điện áp một chiều có cực tính khác nhau, vì vậy có bộ phận chỉ thị cực tính (C.T cực).

Quá trình làm việc như sau: mở máy, đưa áp  $U_x$  vào đầu đo  $\rightarrow$  xung khởi động tác dụng vào bộ phận phân phối xung cho phép các xung nhịp từ bộ phát xung (P.X) qua nó, đồng thời khởi động mạch và  $V \rightarrow V_1$  bắt đầu làm việc từ hàng đếm lớn nhất.

- Trường hợp  $U_x > 0$  và  $U_k = 0$  tức là  $U_x > U_k$ : đầu ra phải của bộ so sánh (SS) đến ( $V_2+$ ); đầu ra phải của bộ chỉ thị cực có xung đến ( $V_1+$ ). Đầu ra của ( $V_1+$ ) sẽ có xung lật trigơ (Tr) đến ( $V_2+$ )  $\rightarrow$  điều khiển Trd thiết lập bộ đếm thuận nghịch (ĐTN) làm việc ở chế độ (+)  $\rightarrow$  lúc đó các xung nhịp qua khâu thứ nhất của bộ phân phối xung (MUX) đến hàng đếm lớn nhất ( $m$ ) của bộ đếm và tác động lên bộ chuyển đổi mã – áp cho đầu ra tăng  $U_k$  một mức lớn nhất ( $U_{km}$ ).

- Trường hợp  $U_k > U_x$ : sẽ xuất hiện xung ở đầu ra trái của bộ so sánh (SS)  $\rightarrow$  đến khâu thứ hai của bộ phân phối xung điều khiển xung nhịp chuyển sang hàng đếm thấp hơn ( $m-1$ ) của bộ đếm; đồng thời thông ( $V_2-$ )  $\rightarrow$  trigơ đầu chuyển bộ đếm thuận nghịch sang chế độ trừ. Quá trình làm việc tiếp tục cho đến khi  $U_k \approx U_x$ .

- Trường hợp  $U_x < 0$  (điện áp âm): ở thời điểm khởi động máy, ở đầu ra của (V) có xung tác động vào hàng ( $m+1$ ) của bộ đếm tương ứng với giá trị cực đại của  $U_k \rightarrow$  bộ đếm được nối vào pha ngược lại và quá trình làm việc như trên cho đến khi  $U_k \approx U_x$  (chỉ khác là bắt đầu làm việc theo chế độ trừ, sau đó lại cộng v.v...).

**Nhận xét chung về vôn-mét số bù quét:** qua quá trình gia công điện áp bù  $U_k$  theo các hệ đếm thấy rằng số nhịp gia công trong bộ đếm nhị phân và BCD giảm nhiều so với hệ đếm thập phân. Song nói chung sơ đồ vôn-mét loại này tương đối

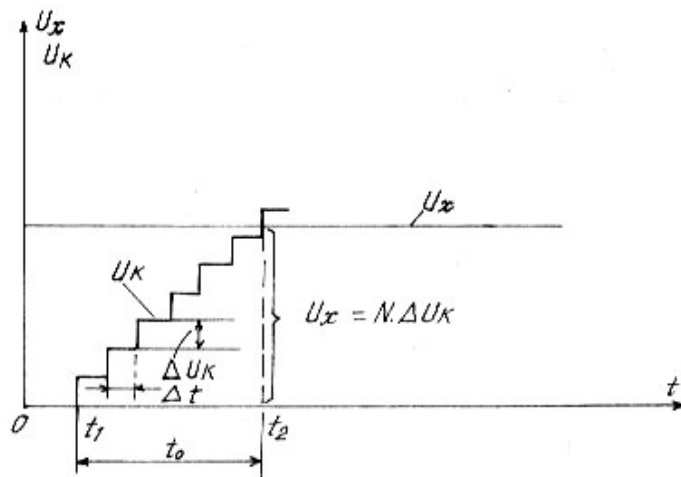
phức tạp, phối hợp hệ thống công kênh, nếu dùng  $\mu P$  thì sẽ cải thiện được các đặc tính đo lường.

**b. Vônmet chỉ thị số bù tùy động:** trong các vônmet này đại lượng bù  $U_k$  thay đổi luôn bám theo sự biến thiên của đại lượng cần đo  $U_x$ . Vì vậy trong cấu trúc của nó có bộ chuyển đổi A/D, D/A tác động theo hai chiều (thuận, nghịch). Do đó dụng cụ làm việc ở chế độ theo dõi sự biến thiên của đại lượng đo.

Đặc điểm cơ bản của dụng cụ là khả năng cho kết quả liên tục ở bất kỳ thời điểm nào. Nó thuộc loại dụng cụ bù không lệch (astaties), vì vậy trong cấu trúc có các khâu tích phân thường là các động cơ thuận nghịch, bộ đếm thuận nghịch hoặc các bộ tìm bước. Tiến hành gia công đại lượng bù  $U_k$  có thể theo các bậc thang bằng nhau hoặc bậc thang không bằng nhau.

Sau đây sẽ xét một số loại vônmet chỉ thị số bù tùy động cụ thể:

**Vônmet chỉ thị số bù tùy động có  $U_k$  thay đổi theo các bậc thang bằng nhau:** có quá trình gia công  $U_k$  như hình 9.21:



Hình 9.21. Quá trình gia công điện áp bù  $U_k$  của vônmet số tùy động có  $U_k$  thay đổi theo các bậc thang bằng nhau

Quá trình gia công diễn ra như sau: bắt đầu từ thời điểm  $t_1$ , điện áp  $U_k$  tăng liên tục, mỗi mức tăng là  $\Delta U_k$  (là những bậc thang bằng nhau).

Đến thời điểm  $t_2$  có:  $U_k \approx U_x \Rightarrow U_k - U_x < \Delta U_k$

thì kết thúc quá trình đo hoặc quá trình gia công  $U_k$  và cho ra kết quả ở chỉ thị số.

Thời gian gia công  $U_k$  là  $t_0$  được xác định bởi số lượng mức lượng tử lớn nhất  $N_{d.m}$  và thời gian  $\Delta t$  của một mức lượng tử:

$$t_0 = N_{d.m} \cdot \Delta t$$

Dựa vào sai số lượng tử yêu cầu để xác định  $N_{d.m}$ :

$$\gamma_k \% = \frac{1}{2N_{d.m}} \cdot 100 \Leftrightarrow N_{d.m} = \frac{100}{2\gamma_k}$$

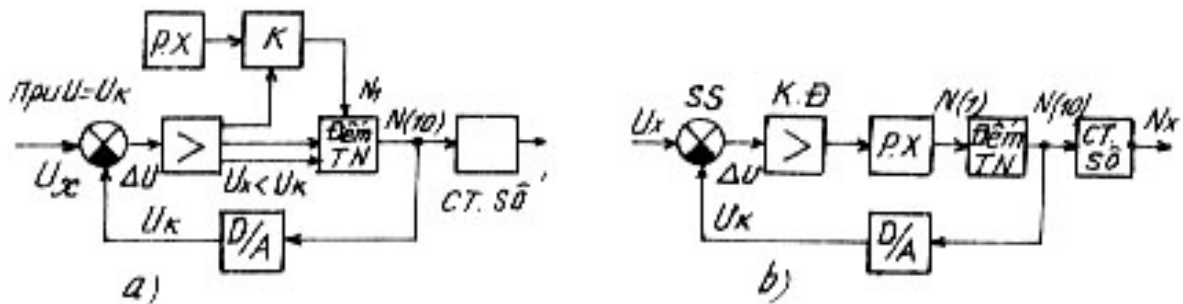
đôi khi có thể lấy  $\gamma_k = \frac{1}{N_{d.m}} \cdot 100$ .

Việc điều khiển quá trình gia công  $U_k$  thực hiện một cách đơn giản: chỉ đóng hoặc ngắt bộ chuyển đổi A/D thuận nghịch.

**Phân loại:** phụ thuộc vào khâu tích phân được dùng trong vônmet, chia vônmet

này ra làm hai loại :

- Vônmet số bù tùy động với bộ đếm thuận nghịch: có sơ đồ khối như hình 9.22a,b
- Vônmet số bù tùy động với động cơ thuận nghịch



Hình 9.22. Sơ đồ khối của một số vônmet chỉ thị số bù tùy động có  $U_k$  thay đổi theo bậc thang bằng nhau, có bộ đếm thuận nghịch:

- a) Khâu tích phân dùng BD thuận nghịch và bộ PX chuẩn không có điều khiển  
 b) Khâu tích phân dùng BD thuận nghịch và bộ PX chuẩn có điều khiển

Vônmet chỉ thị số tùy động với các bậc thang bằng nhau dùng khâu tích phân là bộ đếm thuận nghịch và bộ phát xung chuẩn không có điều khiển: có sơ đồ cấu trúc như hình 9.22a. Khi bắt đầu làm việc bộ phát xung chuẩn phát liên tục đến chờ ở khoá (K).

- Tại thời điểm  $U_x = 0$  hoặc  $U_k = U_x$ : thì khoá (K) khoá  $\rightarrow$  các xung mang tần số  $f_0$  không thể đến bộ đếm thuận nghịch.
- Khi  $U_x > U_k$  tức là  $U_x - U_k = \Delta U > 0$ : tín hiệu  $\Delta U$  qua khuếch đại có lệch đến thông khoá (K) và điều khiển bộ đếm làm việc ở chế độ cộng  $\rightarrow$  mã ra của bộ đếm điều khiển bộ chuyển đổi D/A tăng dần  $U_k$  cho đến khi  $U_k \approx U_x$  thì khoá (K) sẽ khoá, kết thúc quá trình đo  $\rightarrow$  bộ phận chỉ thị số cho kết quả đo.
- Khi  $U_x < U_k$  tức là  $U_x - U_k = \Delta U < 0$ : khuếch đại có lệch tạo xung thông khoá (K), điều khiển bộ đếm làm việc ở chế độ trừ  $\rightarrow$  mã ra của bộ đếm điều khiển bộ chuyển đổi D/A giảm  $U_k$  cho đến khi  $U_k \approx U_x$  thì khoá (K) sẽ khoá  $\rightarrow$  bộ phận chỉ thị số cho kết quả đo.

Vônmet chỉ thị số bù tùy động có bộ đếm thuận nghịch với bộ phát xung chuẩn có điều khiển: có sơ đồ cấu trúc như hình 9.22b. Trong sơ đồ này không cần dùng khoá (K).

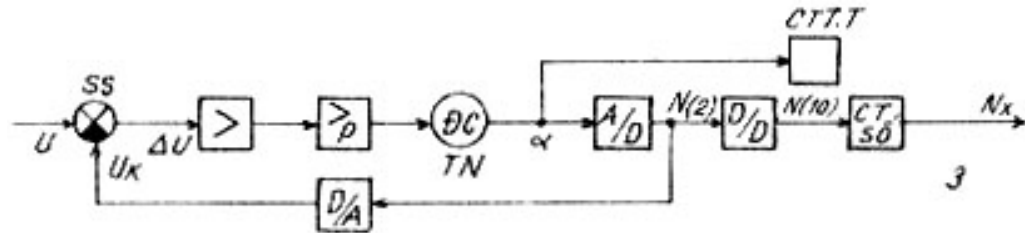
- Khi  $U_x = 0$  và  $U_k \approx U_x$ : bộ phát xung chuẩn không phát xung.
- Khi  $U_x > U_k$  tức là  $U_x - U_k = \Delta U > 0$ : bộ khuếch đại có lệch điều khiển bộ phát xung (P.X) phát ra các xung dương đến bộ đếm thuận nghịch  $\rightarrow$  mã của bộ đếm sẽ điều khiển bộ chuyển đổi D/A tăng  $U_k$  từng mức cho đến khi  $U_k \approx U_x \rightarrow$  bộ phát xung (P.X) ngừng phát và bộ phận chỉ thị số cho kết quả.
- Khi  $U_x < U_k$ : bộ phận khuếch đại có lệch sẽ điều khiển bộ phát xung (P.X) phát xung âm đến bộ đếm thuận nghịch  $\rightarrow$  bộ đếm làm việc ở chế độ trừ, mã ra sẽ điều khiển (D/A) giảm  $U_k$  cho đến khi  $U_k \approx U_x$  thì (P.X) không phát nữa  $\rightarrow$  kết thúc quá trình đo, kết quả sẽ hiện lên ở bộ chỉ thị số.

Vônmet chỉ thị số tùy động bậc thang bằng nhau dùng bộ tích phân là động cơ thuận nghịch (ĐCTN): có sơ đồ cấu trúc như hình 9.23:

Trong các vônmet số loại này, mã hoá được thể hiện qua góc quay  $\alpha$  của động cơ (tức là  $\Delta U$  đã được biến thành góc  $\alpha$  của động cơ).

Đầu ra: dụng cụ loại này thường có hai đầu ra: một đầu là mã số, một đầu khác là tín hiệu tương tự (sau động cơ), có thể ghi hoặc chỉ thị bằng kim trên thang chia độ.

Khâu (A/D) của dụng cụ là chuyển đổi không gian dùng mặt nạ mã hoặc thước mã để biến đổi góc quay  $\alpha$  thành mã Gray rồi từ mã Gray thành mã nhị phân tiếp đến là các khâu giải mã, chỉ thị số.



Hình 9.23. Sơ đồ cấu trúc của vônmet chỉ thị số tùy động bậc thang bằng nhau dùng bộ tích phân là động cơ thuận nghịch (ĐCTN)

Ở đây phần cơ khí đơn giản nhưng làm việc tin cậy hơn các khâu bằng linh kiện điện tử.

**Vônmet chỉ thị số bù tùy động với  $U_k$  thay đổi theo bậc thang không bằng nhau:** trong các vônmet loại này có thể thực hiện gia công  $U_k$  theo hai cách:

- Gia công  $U_k$  từ hàng đếm lớn nhất
- Gia công  $U_k$  từ hàng đếm nhỏ nhất

**Gia công  $U_k$  từ hàng đếm lớn nhất:** phương pháp này dựa trên hệ đếm thập phân. Khi gia công thường dùng góc quay của trục đổi nối hoặc tín hiệu điện theo 10 kênh để điều khiển chuyển đổi mã áp (tạo  $U_k$ ) và điều khiển chỉ thị số.

Quá trình gia công được thực hiện như sau:

- Trạng thái ban đầu: tất cả các hàng đếm (đềcac) đều bằng 0 tức là  $U_k = 0$ .
- Trong mỗi hàng (đềcac) bắt đầu từ số nhỏ nhất của hàng đếm tăng dần  $U_k$  cho đến khi hiệu  $U_x - U_k < \Delta U_k$  của hàng đó thì chuyển sang hàng đếm nhỏ hơn. Quá trình này liên tục lặp lại.

- Quá trình đo (gia công) kết thúc khi:

$$U_x - \sum_{i=1}^m U_{ki} < \Delta U_k \text{ hàng nhỏ nhất.}$$

thiết bị so sánh sẽ thông báo điều này.

Nếu  $U_x = \text{const}$  thì  $U_k$  sẽ tăng liên tục hoặc giảm liên tục, số lượng mức lượng tử không lớn lắm.

Nếu  $U_x$  biến thiên thì  $U_k$  sẽ thay đổi cho phù hợp với sự biến thiên của  $U_x$ , sơ đồ điều khiển sẽ phức tạp hơn. Số lượng nhịp thực hiện gia công  $U_k$  được xác định như sau:

$$n = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + \dots$$

trong đó:  $n$  : số lượng nhịp

$a_1, a_2, a_3, a_4, \dots$ : số mức của các đềcac tạo thành giá trị số của đại lượng cần đo  $U_x$ .

thời gian cực đại gia công theo phương pháp này:

$$T_{\max} = t_0 - k.9.\Delta t$$

với:  $k$  : số decac ;  $9$  : số chữ số trong một decac

Gia công  $U_k$  từ hàng nhỏ nhất: phương pháp này cũng dựa trên hệ đếm thập phân. Trạng thái ban đầu  $U_k = 0$  và bắt đầu từ giá trị nhỏ nhất của hàng nhỏ nhất. Ví dụ hàng đơn vị:  $U_k = 1, 2, 3, \dots, 9$ .

Nếu gia công hết hàng nhỏ nhất mà hiệu  $U_x - U_k > \Delta U_{k1}$  ( $\Delta U_{k1}$  là mức giá trị của hàng nhỏ nhất) thì tiếp tục gia công đến hàng lớn hơn khi cho đến khi xuất hiện  $U_k > U_x$  tức là hiệu  $U_x - U_k$  đổi dấu thì quay về hàng đếm nhỏ nhất và giảm dần từng mức  $\Delta U_{k1}$  để giảm  $U_k$  cho đến khi  $U_k \approx U_x$ , khi đó quá trình đo sẽ kết thúc và đọc kết quả ở chỉ thị số.

Ưu điểm của phương pháp này là sơ đồ điều khiển tương đối đơn giản.

Nhược điểm là thời gian gia công dài. Nhất là trường hợp dùng 4 decac đếm số 9090 phải thực hiện 90 nhịp. Thời gian cực đại để gia công số có 4 chữ số:

$$T_{\max} = t_0 = 90.\Delta t.$$

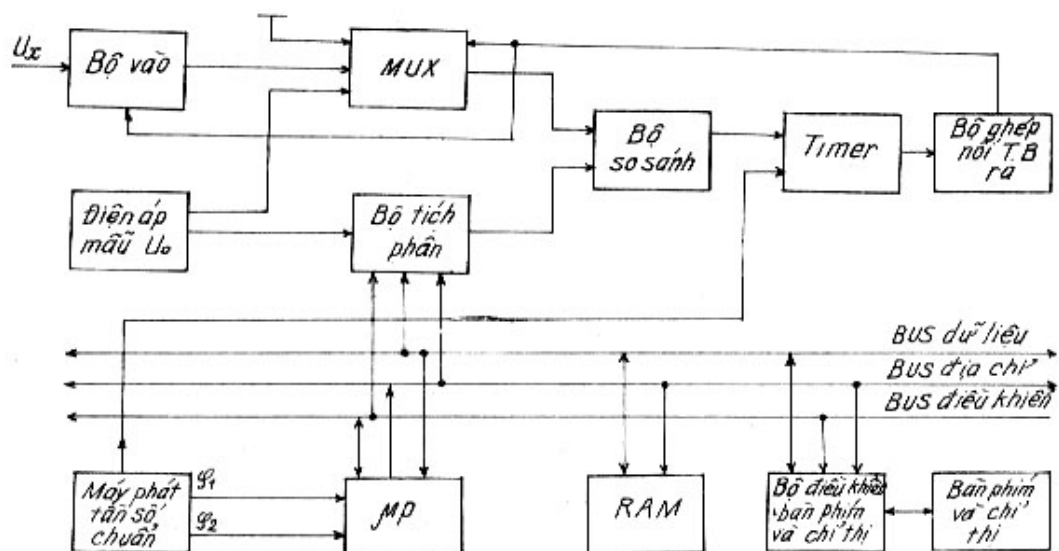
Trong hai trường hợp bù tùy động gia công theo bậc thang không bằng nhau thì gia công từ decac lớn nhất có số lượng nhịp gia công ít nhất, giảm được thời gian gia công, nâng độ tác động nhanh của dụng cụ tuy sơ đồ điều khiển có phức tạp hơn.

## 9.5. Các dụng cụ đo điện áp sử dụng vi xử lý ( $\mu P$ ).

### 9.5.1. Nguyên lý làm việc:

Để nâng cao các tính năng của vônmet chỉ thị số người ta sử dụng  $\mu P$ .

Xét một vônmet có vi xử lý được thực hiện theo phương pháp thời gian xung, có sơ đồ khối như hình 9.24:



Hình 9.24. Sơ đồ khối của vônmet có vi xử lý được thực hiện theo phương pháp thời gian xung

Gồm các phần cơ bản:

- *Bộ vào của vônmet*: có nhiệm vụ biến đổi tín hiệu vào  $U_x(t)$ : có thể suy giảm hay khuếch đại, biến áp xoay chiều thành một chiều...



- *Các đầu vào*: đầu vào 2 của bộ đổi nối MUX (Multiplexcor): điện áp cần đo được đưa đến đầu này; đầu vào 1 được nối với đất; đầu vào 3 được nối với một nguồn điện áp mẫu  $U_0$  có giá trị bằng  $U_{x\max}$  (điện áp cần đo cực đại).

- *Đầu ra của bộ đổi nối*: được nối với đầu vào 1 của bộ so sánh (Comparator). Việc đổi nối được thực hiện bởi hệ thống được xử lý thông qua bộ ghép nối (Interface) với thiết bị ngoài. Tín hiệu từ đầu ra của bộ tích phân được đưa đến đầu vào 2 của hệ so sánh.

- *Bộ tích phân*: làm nhiệm vụ tạo tín hiệu răng cưa. Nó được liên hệ với bộ vi xử lý để cho phép trong bất kỳ thời điểm nào cũng có thể cho ra các xung khởi đầu tạo xung răng cưa.

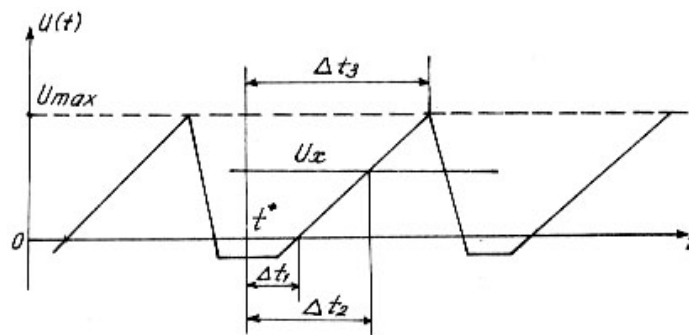
Xung răng cưa sau bộ tích phân sẽ được so sánh với một trong 3 điện áp: điện áp “không”, điện áp cần đo  $U_x$  và điện áp chuẩn cực đại  $U_{x\max}$  (tùy thuộc vào trạng thái của bộ đổi nối MUX đưa tín hiệu vào bộ so sánh). Khi có sự cân bằng điện áp giữa hai đầu vào của bộ so sánh thì đầu ra xuất hiện xung. Xung này sẽ đưa đến mở khoá “timer” cho phép xung ở máy phát chuẩn đi qua. Bộ vi xử lý sẽ điều khiển đếm số xung chuẩn đó.

**Quá trình đo được minh họa như hình 9.25**: khi có xung từ bộ vi xử lý phát lệnh “bắt đầu đo” (thời điểm  $t^*$  ở hình 9.25), bộ vi xử lý cho ra tín hiệu thông qua bộ tích phân. Bộ đổi nối MUX sẽ nối đầu vào 1 của bộ so sánh với cửa vào 1 của nó (tức là nối đất). Như vậy khi đó điện thế của đầu vào 1 của hệ so sánh bằng “không”. Bộ vi xử lý đợi khi bắt đầu xung răng cưa.

Khi xung răng cưa bằng điện áp “không” sẽ có tín hiệu ở đầu ra so sánh. Nhờ có khoá timer tạo khoảng thời gian  $\Delta t_1$  và bộ xử lý đo nó bằng cách đếm số xung chuẩn trong khoảng thời gian đó là  $N_1$ . Kết quả được ghi vào bộ nhớ của hệ thống vi xử lý.

Sau đó theo lệnh của vi xử lý, đầu vào 2 của đổi nối đưa tín hiệu cần đo  $U_x$  vào so sánh với tín hiệu răng cưa. Tại thời điểm bằng nhau hệ so sánh cho ra tín hiệu tạo khoảng thời gian  $\Delta t_2$  và bộ vi xử lý đếm số xung  $N_2$  mà xung chuẩn đi qua timer trong khoảng thời gian  $\Delta t_2$ . Kết quả cũng được nhớ lại.

Tiếp theo vi xử lý nối đầu vào 1 của bộ so sánh với đầu vào 3 của bộ đổi nối, tức điện áp mẫu  $U_0$ , nó xác định giá trị lớn nhất của toàn thang đo. Tại thời điểm bằng nhau với tín hiệu răng cưa của đầu ra của bộ so sánh xuất hiện xung và tạo ra khoảng thời gian  $\Delta t_3$  và tương ứng bộ vi xử lý sẽ đếm số xung  $N_3$ . Kết quả sẽ được nhớ vào bộ nhớ.



Hình 9.25. Quá trình đo điện áp của vônmet có vi xử lý được thực hiện theo phương pháp thời gian xung



Giá trị của điện áp cần đo sẽ được bộ vi xử lý tính là:

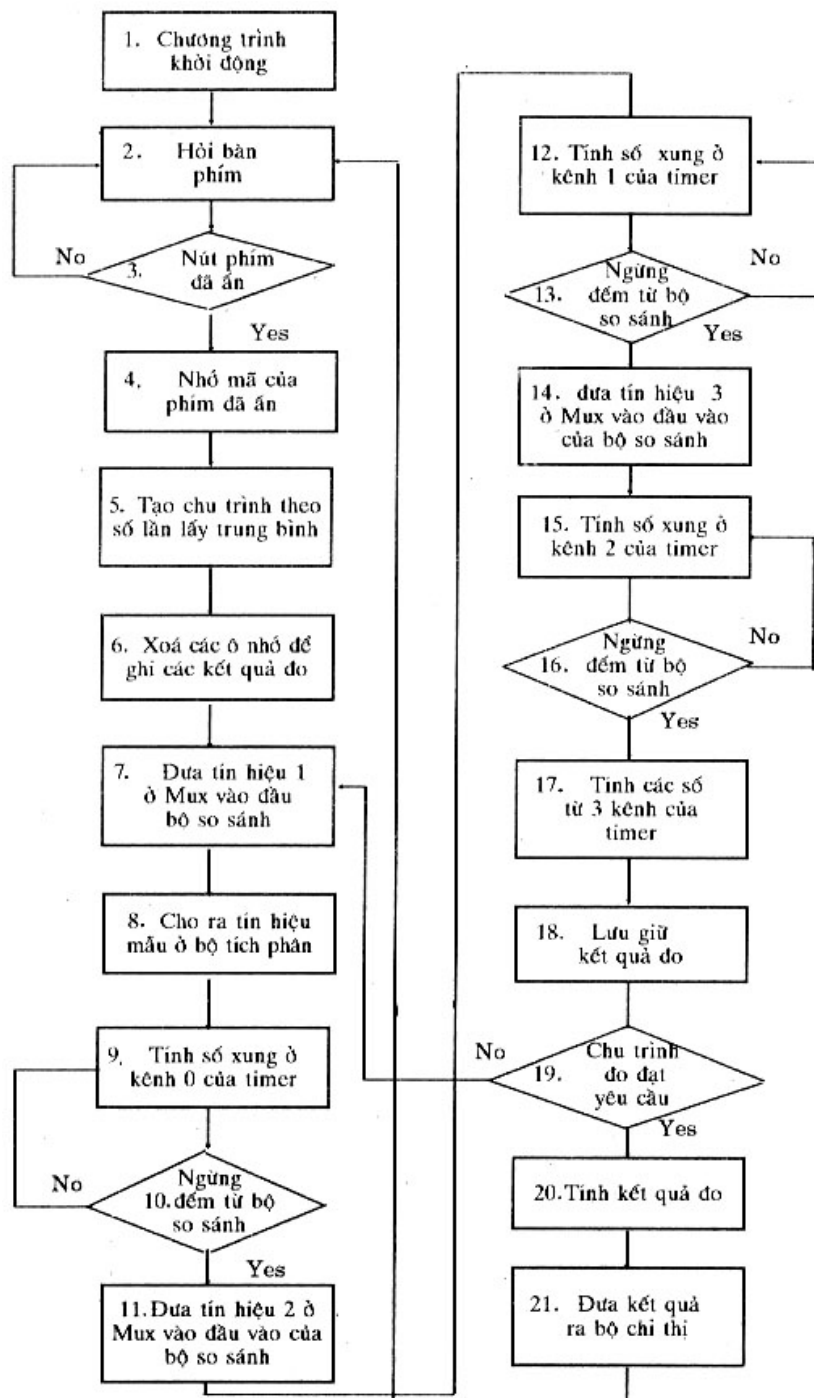
$$U_x = \frac{C.(N_2 - N_1)}{(N_3 - N_1)} (*)$$

với C là hệ số, phụ thuộc vào tính chất của dụng cụ đo và đơn vị đo điện áp.

**Ưu điểm của phương pháp đo điện áp này:**

- Thang đo không đổi, có thể hiệu chỉnh điểm “không” và điểm cực đại của dải đo.
- Sự không ổn định của các thông số các phần tử của mạch (theo thời gian hay nhiệt độ) không ảnh hưởng đến sự chính xác của dụng cụ đo

### 9.5.2. Angôrit chức năng của vônmet dùng vi xử lý:



Hình 9.26. Angôrit chức năng của vônmet dùng vi xử lý

Sau khi bật máy cho ra tín hiệu xoá (ấn nút xoá) bộ vi xử lý cho ra chương trình khởi động. Chương trình này ra lệnh các khâu như: khóa timer, bộ ghép nối thiết bị ngoại vi, bộ kiểm tra bàn phím và chỉ thị... làm việc theo các lệnh đặc biệt của  $\mu P$  điều khiển khoá timer và đếm số xung  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $N_3$  từ máy phát chuẩn  $f_0$ .

Bộ ghép nối thiết bị ngoại vi phụ thuộc vào thông tin từ timer mà điều khiển MUX.

Bộ điều khiển bàn phím và chỉ thị sẽ cho ra chương trình điều khiển bàn phím và đưa thông tin ra chỉ thị. Bàn phím gồm 3 phím “1” và “10” và “100” để thay đổi giới hạn đo.

Sau khi đã hoàn thành chương trình khởi động (ô.1 ở hình 9.26), chương trình điều khiển bàn phím sẽ được thực hiện. Đầu tiên ra câu hỏi phải bấm phím nào (ô số 2 và 3 ở hình 9.26), người thao tác sẽ bấm phím cần thiết (một trong 3 phím).

Khi đã ấn một trong 3 phím thì bắt đầu quá trình đo (dưới phím được ấn đèn sáng). Mã của phím này sẽ được đưa vào bộ nhớ (ô số 4). Sau đó  $\mu P$  chọn chu trình đếm cho bộ đếm (ô số 5) và đưa về “0” (xoá) các ô nhớ để chuẩn bị ghi nhớ kết quả đo (ô số 6). Ở ô số 7 đầu vào 1 của bộ đổi nối (MUX) được đưa đến đầu vào 1 của bộ so sánh, tạo tín hiệu cho phép đếm ở cả 3 kênh và ở bộ tích phân ở tín hiệu mẫu.

Tất cả các kênh của Timer sẽ tính số xung từ máy phát chuẩn cho đến khi ở bộ đầu ra của bộ so sánh cho ra tín hiệu ngừng đếm số xung  $N_1$  tương ứng với  $\Delta t_1$ ,  $N_2$  tương ứng với  $\Delta t_2$ ,  $N_3$  tương ứng với  $\Delta t_3$  ở cả 3 kênh (từ ô số 9 ÷ 16).

Kết quả: ở kênh 0 nhớ  $N_1$ , ở kênh 1 nhớ  $N_2$ , ở kênh 2 nhớ  $N_3$  (ô số 17,18). Các số này được cất giữ để tính.

Nếu chu trình đo không đạt, thì quá trình đo sẽ được lặp lại. Còn nếu đã đạt thì với các số  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $N_3$  kết quả đo sẽ được tính theo biểu thức (\*) và điều khiển chương trình con để kết quả đo được đưa ra (ô số 21). Chương trình con này sẽ biến đổi kết quả đo thành dạng tiện cho việc chỉ thị số, xác định đơn vị đo (V, mV hay  $\mu P$ ). Sau khi thực hiện chương trình con này lệnh sẽ được đưa đến chương trình con chọn phím bấm và Vônmet lại sẵn sàng lần đo tiếp theo sau.

Nhờ có  $\mu P$  đã nâng cao được tính năng của vônmet, quá trình đo được tự động theo một angôrit đã định sẵn được ghi nhớ trong  $\mu P$ .