

Dùng biến dòng

- Đo dòng điện lớn đến vài chục KA
- Tỷ lệ giữa dòng điện sơ cấp và thứ cấp

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{W_2}{W_1} = K_I$$

- Để thuận lợi cho việc sử dụng người ta thống nhất hoá dòng điện I_2 là 5A hoặc 1A.

3

Dùng biến dòng

- Khi dòng quá lớn (trăm KA) thì theo công thức số vòng W_2 sẽ rất lớn làm cho biến dòng điện rất cồng kềnh và tốn kém.
- Trong một số trường hợp biến dòng điện chỉ có mục đích ngăn điện áp cao của lưới cao áp với các thiết bị đo mà thôi.
- Khi cần thiết để đo dòng điện một chiều người ta có thể chế ra biến dòng điện một chiều, dựa trên cơ sở của mạch khuỷch đại từ

Biến dòng phải được chọn có cấp chính xác cao hơn hai cấp dụng cụ chỉ thị để không ảnh hưởng đến sai số của toàn bộ thiết bị

Chú ý: Khi sử dụng biến dòng không được để cuộn thứ cấp hở mạch

4

Bài giảng

Kỹ thuật đo lường

GV: Nguyễn Hoàng Nam
Bộ môn: Kỹ thuật đo và THCN

Hà Nội 09/2010

1

Do dòng điện và điện áp rất lớn

- ✓ Dùng biến dòng hoặc biến áp
- ✓ Phương pháp đo thông qua từ trường của dòng điện
 - Phương pháp cảm ứng
 - Phương pháp cảm ứng Hall
 - Cộng hưởng từ hạt nhân
- ✓ Phương pháp thông qua hiệu ứng nhiệt.

2

Đo dòng điện thông qua từ trường do dòng điện tạo ra

Khi đo dòng điện chạy trong dây dẫn từ trường do nó tạo ra xung quanh dây dẫn sẽ là

$$H = \frac{I}{2\pi d}$$

d- khoảng cách từ điểm khảo sát đến dây dẫn

Đo H có thể suy ra I

7

1. Đối với dòng xoay chiều :

- Dùng cuộn dây đo là cuộn dây cảm ứng
- Dưới tác dụng của từ trường H sức điện động cảm ứng ở cuộn dây đo:

$$E_x = 4,44 f W_d \mu H_x S$$

$$E_x = \frac{4.44.f.W_d \mu SI_x}{2\pi d}$$

f- tần số của dòng điện cần đo

W_d - Số vòng của cuộn dây đo

μ - Từ thẩm của cuộn dây

d - khoảng cách từ cuộn đo đến dây dẫn điện.

Phương pháp này không chính xác vì chịu nhiều ảnh hưởng đặc biệt khoảng cách d

8

Dùng biến áp

- Khi đo điện cao áp (hàng chục KV) nếu dùng điện trở phụ hay phân áp có hai nhược điểm:

- Công suất tiêu thụ trong điện trở phụ là rất lớn
- Không an toàn vì dụng cụ đo nối galvanic với cao áp

- Biến điện áp là một biến áp thông thường công suất nhỏ, sơ cấp nối với điện áp cần đo, thứ cấp nối với cơ cấu đo. Do dụng cụ đo ở thứ cấp có điện trở đầu vào lớn biến áp coi như không tải và ta có

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2} = K_U$$

K_U Hệ số biến áp
 $U_1 = K_U U_2$

5

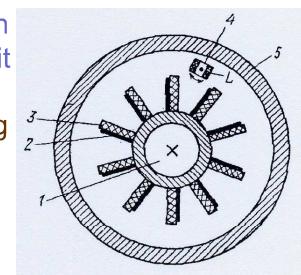
Dùng biến áp

Công suất tiêu thụ trong các dụng cụ đo hoặc thiết bị bảo vệ ở thứ cấp biến điện áp rất nhỏ (không quá 10W) nhưng kích thước của các biến áp không phải là nhỏ do số vòng dây W_1 quá lớn và cách điện rất dày. Các biến áp đo lường (biến dòng và biến áp) ở điện áp cao rất nặng và đắt tiền (Biến áp đo lường ở điện áp 220kV nặng hàng tấn và giá khoảng vài chục ngàn USD)

6

Cảm biến Hall được dán
trên các cánh bằng Ferit

Sức điện động ra là tổng
của các sức điện
động của từng cảm
biến Hall: $E_{ra} = \sum E_{Hi}$

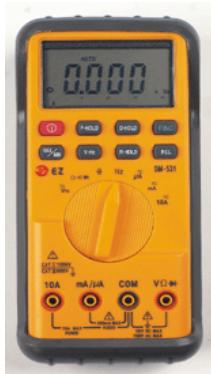


1- Hình trụ xung quanh
đường dây
2-Cảm biến Hall
3- Tấm sắt từ
4-Cuộn dây cảm ứng
5- Vỏ bên ngoài

- Do sự bố trí của cảm biến xung quanh dây dẫn, sự thay đổi của khoảng cách d và tính không vuông góc giữa từ trường với dòng điện trong từng cảm biến Hall sẽ không gây tác động đến E_{ra} là tổng các sức điện động của từng cảm biến
- Ưu điểm của phương pháp: có thể đo dòng điện ở tần số cao hoặc dòng xung.

11

Ví dụ



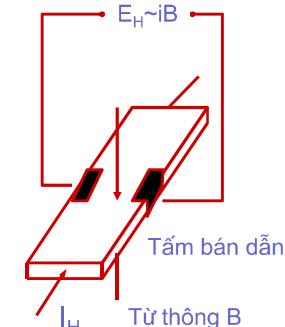
12

Đo từ trường bằng cảm biến Hall

- Cảm biến Hall dùng chủ yếu để đo từ trường

Cảm biến Hall là một mảng 4 cửa được chế tạo bằng một tấm mỏng bán dẫn có dòng điện chạy qua. Khi có từ trường tác dụng lên mặt của mảnh bán dẫn đó xuất hiện sức điện động Hall

$$E_H = K_H \cdot B I_H \sin(B, I_H)$$



$$E_H = \frac{K \mu_0 I_x}{2\pi d} I_H \sin(B, I_H)$$

9

Cảm biến Hall

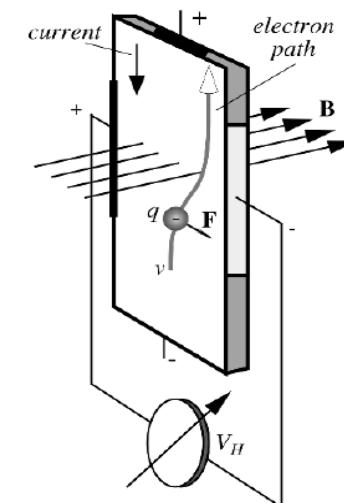


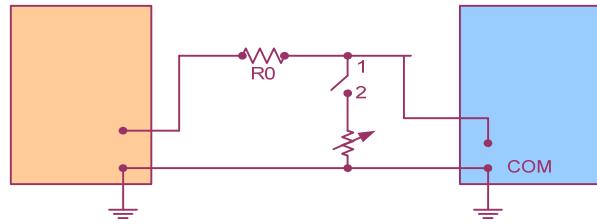
Table 3.2. Typical Characteristics of a Linear Hall Effect Sensor.

Control current	3 mA
Control resistance, R_i	2.2 kΩ
Control resistance versus temperature	+0.8%/°C
Differential output resistance, R_0	4.4 k Ω
Output offset voltage	5.0 mV (at $B = 0$ G)
Sensitivity	60 μV/G
Sensitivity versus temperature	+0.1%/°C
Overall sensitivity	20 V/ΩkG
Maximum magnetic flux density, B	Unlimited

Source: Ref. [27].

10

Đo điện trở của đồng hồ vạn năng dùng làm Ampemét



- Khi khóa K mở ta đọc i_1 trên đồng hồ vạn năng
- Đóng khóa k và điều chỉnh R sao cho đồng hồ vạn năng hiện thị

$$i_2 = \frac{i_1}{2}$$

- Điện trở $R_e = R$

15

Sử dụng đồng hồ đo

Ảnh hưởng điện trở của thiết bị đo đến mạch đo

- Khi đo điện áp: Ảnh hưởng của đồng hồ đo với mạch đo là trở kháng vào của đồng hồ. Thông thường các trở kháng là $10 M\Omega$ với các đồng hồ điện tử vì vậy thường không ảnh hưởng.

- Thường Ampemét điện tử có điện trở không đủ lớn để bỏ qua ảnh hưởng của điện trở treo áp (Xem sơ đồ lý thuyết sử dụng ADC-7107)

13

Ví dụ

- Hãy tính giá trị điện trở tương ứng với thang $200\mu A$ & $20mA$ của đồng hồ vạn năng dùng trong thang Ampemét DC có sụt áp cực đại là $0,2V$

$$R_{m1} = \frac{0.2V}{200 \cdot 10^{-6} A} = 1000\Omega$$



$$R_{m2} = \frac{0.2V}{20 \cdot 10^{-3} A} = 10\Omega$$

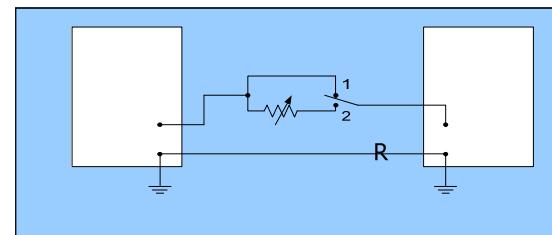


Ở thang đo nhỏ điện trở của Ampemét lớn \rightarrow sai số phương pháp là lớn
ở thang đo lớn thì điện trở của Ampemét lại nhỏ \rightarrow Khó thực hiện

16

Đo điện trở của đồng hồ vạn năng vonmét DC

Sơ đồ mạch



- Chuyển mạch vị trí (1), Đọc được V_1 trên đồng hồ vạn năng
- Chuyển mạch ở vị trí (2) điều chỉnh điện trở R để đọc được $V_2 = \frac{V_1}{2}$
- Khi đó $R = R_e$ là điện trở của vonmét

14

Ômmet nối tiếp

$$R_{\Omega} = R_{CT} + R_p = \frac{U_0}{I_{CT}}$$

$$I_{CT} = \frac{U_0}{R_{\Omega}} = \frac{U_0}{R_{CT} + R_p}$$

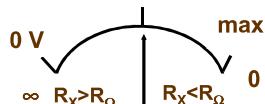
Khi $R_x = 0 \rightarrow I_{CT} = \text{max}$

$$I_{CTX} = \frac{U_0}{R_p + R_{CT} + R_x} \quad (1)$$

Xét thang đo theo biểu thức (1),
thang đo khắc độ theo điện áp.

$$\begin{aligned} R_x = 0 &\leftrightarrow U_V = U_{\max} \text{ vì } I_{CT} = I_{\max} \\ R_x = \infty &\leftrightarrow U_V = 0 \text{ vì } I_{CT} = 0. \end{aligned}$$

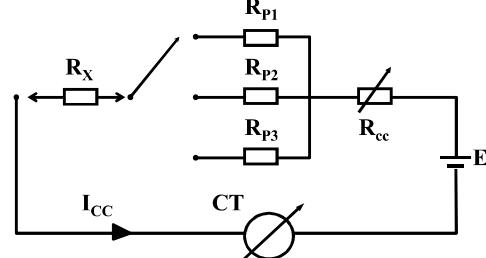
- $R_p = (U_0 / I_{CT}) - R_{CT}$ bảo vệ cơ cấu
khỏi dòng điện cực đại



Thang chia độ ngược

19

Mở rộng thang đo của ommét



20

Đo dòng điện và điện áp rất nhỏ (tự đọc)

- Khuếch đại [1-47]

- Chú ý một số điểm:

- Sai số của bộ khuếch đại
- Chống nhiễu đồng pha
- Khuếch đại vi sai

17

Đo thông số mạch điện

Đo điện trở bằng phương pháp U,I

- Từ định luật ôm : $R=U/I$ chế tạo 2 loại dụng cụ đo điện trở theo hai cách khác nhau:
 - + Cố định điện áp, khảo sát sự biến thiên của dòng điện khi điện trở thay đổi.
 - + Cố định dòng điện, khảo sát sự biến thiên của điện áp khi điện trở thay đổi.
- Tạo ra nguồn dòng cố định thường rất khó nên người ta thường tạo ra nguồn áp cố định.
- Sơ đồ cấu trúc của ôm mét thường có 2 loại :
 - + Ôm met nối tiếp.
 - + Ôm met song song.

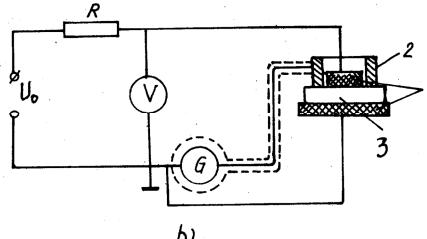
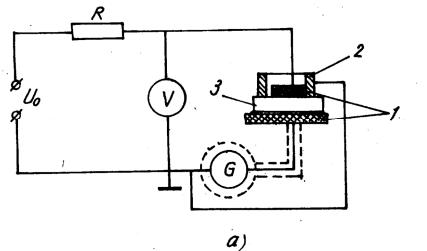
18

Đo điện trở rất lớn

- Cách điện khói là do dòng rò xuyên qua vật liệu, được đo theo sơ đồ a)
- Cách điện mặt là do dòng rò trên bề mặt vật liệu, được đo theo sơ đồ b)

1- hai cực áp sát vật liệu cần đo
2- cực phụ; 3- vật liệu cần đo điện trở khói

Sử dụng màn chắn tĩnh điện, tất cả dòng rò ảnh hưởng đến kết quả đo đều được tập trung lại nối với vỏ nối đất của dụng cụ.

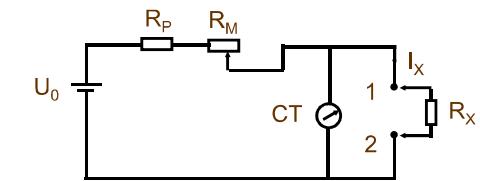


23

Ommét song song

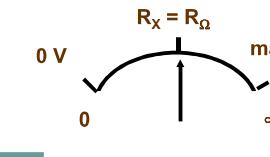
$$R_\Omega = (R_p + R) // R_{CT}$$

$$\rightarrow R_\Omega = \frac{(R_p + R) \times R_{CT}}{R_p + R + R_{CT}}$$



- Khi $R_X = \infty$ (hở mạch 1, 2) toàn bộ dòng nguồn cung cấp qua cơ cấu chỉ thị \rightarrow chỉ thị là volmet đo điện áp nguồn $\rightarrow I_{CT} = \text{max}$.
- Khi $R_X = 0$ (ngắn mạch 1, 2) dòng chỉ thị qua 1, 2 không chạy qua cơ cấu chỉ thị $\rightarrow I_{CT} = 0$.

Thang chia độ của volmet và ôm mét song song trùng nhau



21



24

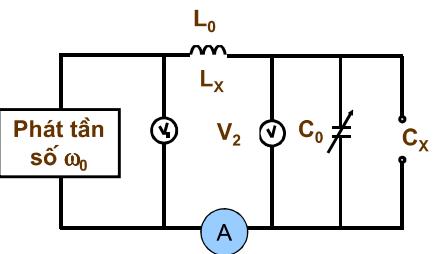
Đo điện trở rất lớn và rất nhỏ

Tiêu chuẩn đo điện trở cách điện

- Điện áp đo điện trở cách điện** $U_{th}=2\sqrt{2} U_{lv}$
 - U_{lv} là điện trở định mức làm việc của thiết bị
 - U_{th} là điện áp thử cách điện
 - VD: Điện áp làm việc 220V thì $U_{th} = 500V$
 - Do đó điện áp thử cách điện được chuẩn hóa 500V, 1000V, 1500V, 2500V
- Meghomet**
 - Tương tự: sử dụng logomet từ điện
 - Meghomet số: sử dụng mạch chia điện tử

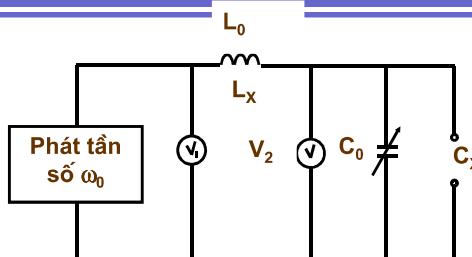
22

e. Đo điện cảm, điện dung bằng Qmét.



Phát tần số ω_0 : Nguồn phát xoay chiều tần số cao.
 L_0 : Cuộn điện cảm mẫu.
 C_0 : Điện dung mẫu biến thiên.
Khi đo điện cảm thì điện cảm cần đo L_x được thay thế vào L_0 .
Khi đo điện dung thì điện cảm mẫu L_0 được giữ nguyên. Điện dung đo C_x mắc song song với C_0 .

27



+ Đo C_X

Bước 1:
- Đặt cuộn mẫu L_0 .
- Chỉnh tụ C_0 ở giá trị C_{01} → vị trí C_{01} được khắc độ là 0 → không có tụ mắc song song với C_0 .
 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_0 C_{01}}}$ (1)

Điều chỉnh tần số máy phát để cho cộng hưởng.

Bước 2:

- Mắc $C_x // C_{01}$
- Giữ nguyên tần số máy phát ω_0 , chỉnh C_{01} tới vị trí cộng hưởng C_{02}

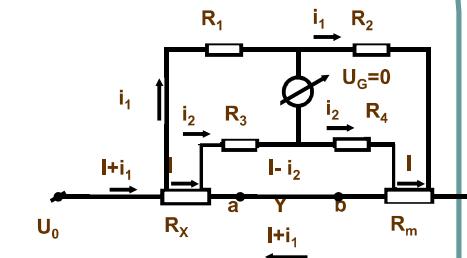
$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_0 (C_{02} + C_x)}} \quad (1)$$

28

Cầu đo điện trở nhỏ

- Điện trở R_x và R_m là điện trở 4 đầu để loại bỏ ảnh hưởng của đầu nối.
- Độ sụt áp trên a,b cũng gây ra sai số lớn nếu ta đo điện trở nhỏ
- Khắc phục bằng cách sử dụng cầu 6 nhánh hoạt động → độ sụt áp trên Y sẽ được bỏ qua
- Điều kiện cân bằng cầu:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$



Tìm quan hệ giữa R_x , R_m với các giá trị điện trở R_1 , R_2 ???

25

Cầu đo điện trở nhỏ

$$i_1 R_2 = i_2 R_4 + I R_m$$

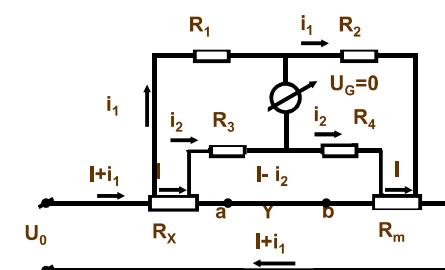
$$\rightarrow I R_m = R_2 \left(i_1 - i_2 \frac{R_4}{R_2} \right)$$

$$i_1 R_1 = i_2 R_3 + I R_x$$

$$\rightarrow I R_x = R_1 \left(i_1 - i_2 \frac{R_3}{R_1} \right)$$

$$\frac{R_m}{R_x} = \frac{R_2 \left(i_1 - i_2 \frac{R_4}{R_2} \right)}{R_1 \left(i_1 - i_2 \frac{R_3}{R_1} \right)} = \frac{R_2}{R_1}$$

$$R_x = R_m \times \frac{R_1}{R_2}$$



- Khoảng đo của cầu Kelvin: $10\mu\Omega \div 1\Omega$.
- Độ chính xác của phép đo: $\pm 0,2\%$.
- R_m : điện trở mẫu có giá trị nhỏ.
- R_1, R_2, R_3, R_4 : điều chỉnh được để cầu cân bằng, phải luôn giữ tỉ số $R_1/R_2=R_3/R_4$.

26

Wattmét điện động

Cấu tạo của cơ cấu

- Phần tĩnh gồm một cuộn dây với số vòng nhỏ (thông thường dòng điện trực tiếp đi qua) chia thành hai phân đoạn.
- Phần động nằm giữa cuộn dây phần tĩnh, gắn với trục, kim chỉ thị và bộ phận cảm biến.
- Dòng điện đi qua cuộn dây phần tĩnh tạo ra một từ trường tác động lên dòng điện trong khung quay tạo ra một lực điện từ và gây ra momen quay



Phần tĩnh: cuộn dây
Phần động: cuộn dây

31

Nguyên lý hoạt động

Đối với cuộn hõ cảm

$$W_e = M_{12} i_1 i_2 .$$

$$\text{Mô men quay : } M_q = \frac{dM_{12}}{d\alpha} i_1 i_2$$

Cân bằng với Mômen phản kháng $M_C = D\alpha$

$$\alpha = \frac{dM_{12}}{Dd\alpha} i_1 i_2$$

32

Đo công suất và năng lượng

- Lý luận chung
- Wattmet điện động
- Wattmet bằng bộ nhân điện tử
- Công tơ đếm năng lượng
- Đo công suất ở tần số cao
- Đo công suất phản kháng
- Giới thiệu về Transducer đo công suất vận năng

29

Các vấn đề chung của đo công suất và năng lượng điện

- Công suất tức thời $p=u(t).i(t)$
- Công suất trung bình trong một chu kỳ:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u.i.dt$$

- Đối với hàm hình sin:

$$p=u.i = U.I [\cos\varphi + \cos(2\omega t+\varphi)]$$
$$P= U.I.\cos\varphi$$

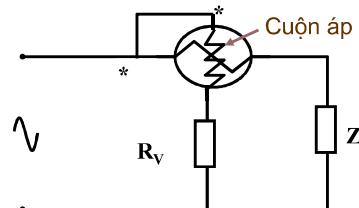
- Năng lượng tiêu thụ được tính theo công thức

$$W = \int_0^T u.i.dt$$

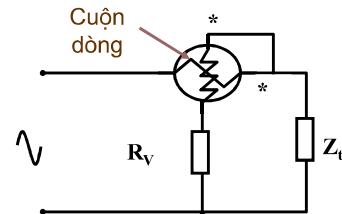
- Kết luận: Phần tử cơ bản là các bộ nhân

30

Sơ đồ mắc trong mạch



a)



b)

- Mạch a) phù hợp cho tải nhỏ còn b) phù hợp cho tải lớn
 - Để xác định được chiều công suất cần đánh dấu đầu cuối của cuộn dây.

35

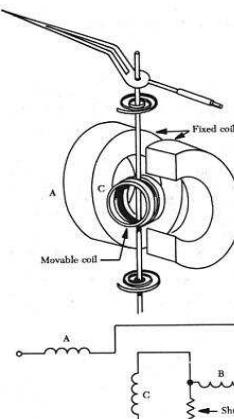


FIGURE 8-254. Simplified diagram of an electrodynamometer movement.

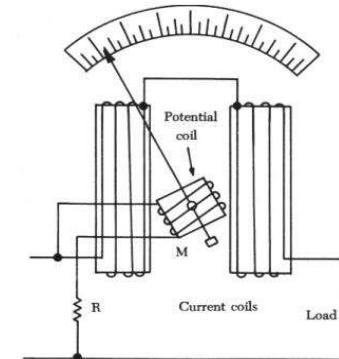


FIGURE 8-260. Simplified electrodynamometer wattmeter circuit.

33

Wattmét bằng bộ nhân điện tử

- Cảm biến Hall
- Nhân bằng logarithm và anti-logarithm
- Nhân bằng các phần tử bình phương
- Nhân bằng điều chế độ rộng xung
- Nhân bằng phần tử D/A và A/D

36

Đặc điểm của cơ cấu điện động

- Là một khâu nhân
- Độ nhạy thấp vì M_{12} thường nhỏ
- Độ chính xác cao vì không có tổn hao trong lõi thép
- Chịu ảnh hưởng nhiều của từ trường ngoài
- ít khả năng chịu quá tải
- Cơ cấu có tính cực tính

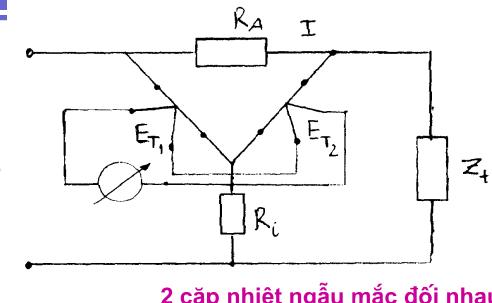
34

Ví dụ

Sức điện động nhiệt ngẫu :
 $E_T = K_T I^2$

K_T □ Hệ số biến đổi của cặp nhiệt ngẫu

I - Dòng điện chạy qua dây đốt nóng của bộ biến đổi

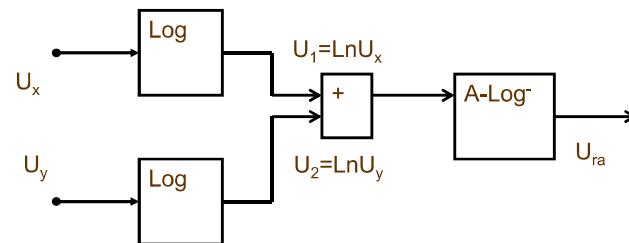


$$E_{ra} = E_{T1} - E_{T2}$$

$$E_{ra} = K_T (I_U + I_I)^2 \square K_T (I_U - I_I)^2 = 4K_T I_U I_I$$

- Do biến đổi nhiệt ngẫu có quán tính nhiệt cao nên thành phần xoay chiều bị loại ra: $E_{ra} = KUI \cos\varphi = KP$
- Người ta chế tạo được Wattmeter loại này với sai số cơ bản là 1%, thang điện áp và dòng điện 10mV..300mV; 100 μA-3mA, $\cos\varphi = 0.1 .. 1$ tần số 20 Hz-100Hz

3. Nhân bằng Logarithm và Anti-logarithm



Hai đại lượng U_x và U_y được đưa vào hai bộ loga:

$$U_1 = \ln U_x ; U_2 = \ln U_y$$

U_1, U_2 được cho vào bộ cộng: $U_3 = U_1 + U_2 = \ln(U_x \cdot U_y)$

$$U_{ra} = \text{antilog}(U_3) = U_x \cdot U_y$$

1. Cảm biến Hall

- Sức điện động Hall:
- $E_H = K_H \cdot B \cdot I \cdot \sin\psi$
- ψ -góc giữa B và I

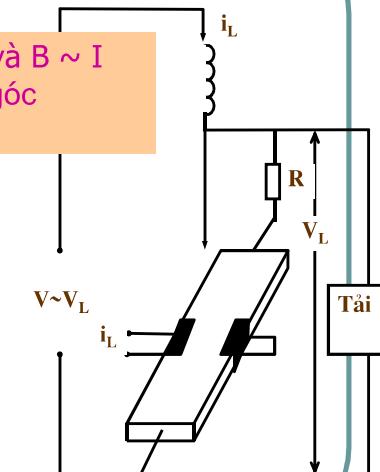
Nếu $I \sim u$ và $B \sim I$
 B, I vuông góc
 $\rightarrow E_H \sim P$

P là công suất tiêu thụ tức thời trên tải

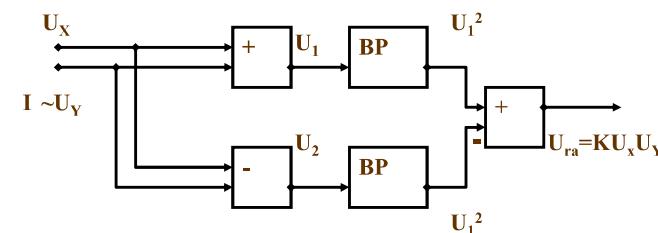
- Nếu u và i là những hàm hình sin thì công suất tức thời gồm thành phần cố định và thành phần biến thiên.

- Nếu dụng cụ ở đầu ra có quán tính nhỏ (đầu rung của giao động ký, thiết bị điện tử) ta có công suất tức thời biến thiên theo thời gian.
- Nếu đầu ra của cảm biến Hall mắc vào cõi cầu cơ điện có quán tính lớn hay một khâu tích phân thì sẽ có công suất trung bình:

$$P = Ul \cos\varphi$$



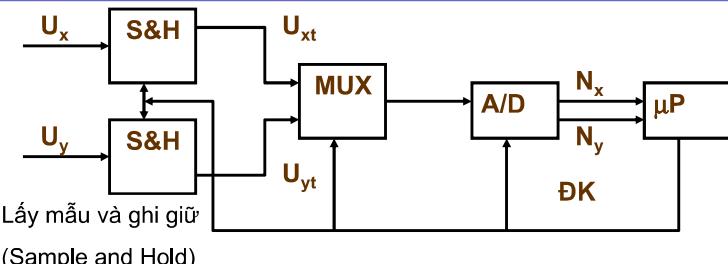
2. Nhân bằng phần tử bình phương



$$U_{ra} = (U_x + U_y)^2 - (U_x - U_y)^2 = 4U_x \cdot U_y$$

Ví dụ thiết bị tạo phần tử bình phương đã
được giới thiệu???

5. Mạch nhân tức thời dùng vi xử lý



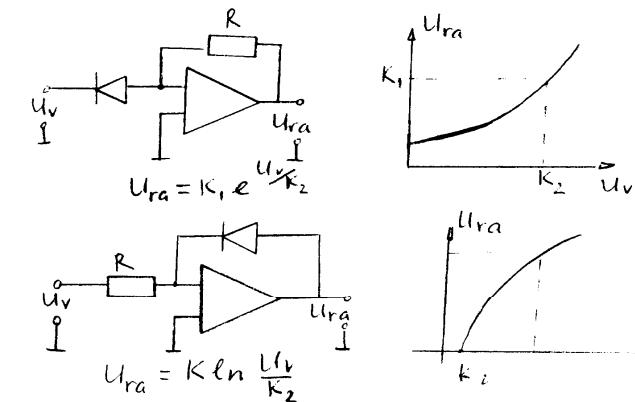
- Vi xử lý thực hiện việc nhân các giá trị tức thời $u_x(t)$ và $u_y(t)$
- Chú ý: Giá trị $u_x(t)$ và $u_y(t)$ phải được lấy cùng thời điểm

U_x được bộ A/D biến thành $N_x = K_1 U_x$
 U_y được bộ A/D biến thành $N_y = K_2 U_y$
 N_x và N_y được đưa vào bộ vi xử lý để làm phép nhân
 $N_z = N_x N_y = K_1 K_2 U_x U_y$
Nếu $U_x = K_X \cdot u$; $U_y = K_Y \cdot i$;
 U_x điện áp tức thời
 i dòng tức thời

N_z là giá trị tức thời của p, có giá trị khác nhau ở các thời điểm khác nhau.

43

3. Nhân bằng Logarithm và Anti-logarithm



41

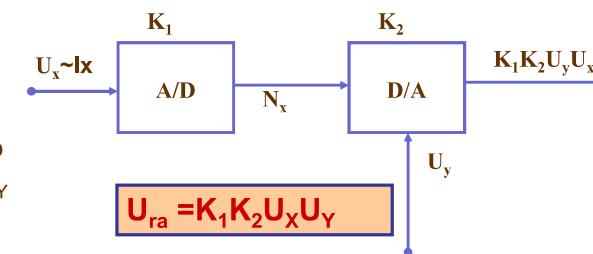
5. Mạch nhân tức thời dùng vi xử lý (2)

- Để xét sự biến thiên của p theo thời gian N_z được lưu giữ lại thành một bảng số liệu về giá trị tức thời ở các thời điểm khác nhau và cũng có thể vẽ trên màn hình ở giá trị biến thiên theo t, hoặc in ra.
- Để công suất tức thời $p=ui$, giá trị tức thời của u và i phải được lấy cùng thời gian. Bộ lấy mẫu S&H được dùng để ghi nhớ giá trị của u và i vào cùng một thời điểm. Cũng có thể sử dụng một A/D cùng cho cả hai biến u và i.
- Để giảm sai số lượng tử hóa của p, số lần lấy mẫu cho một chu kỳ phải đủ lớn, chu kỳ lấy mẫu đủ nhỏ, tốc độ biến thiên của A/D phải đủ lớn. Tốc độ tính toán của bộ xử lý phải đủ nhanh để có thể tính toán theo thời gian thực.

44

4. Nhân bằng phần tử A/D và D/A

U_x đưa vào bộ A/D biến thành N_x : $N_x = K_1 U_x$
 N_x lại đưa vào bộ D/A được chế tạo đặc biệt có điện áp cung cấp nền U_y
 $U_{ra} = K_2 N_x U_y$



- Để đảm bảo bộ biến đổi được công suất tức thời, thì thời gian biến đổi của A/D và D/A phải đủ nhanh (cỡ 100μs)
- Người ta chế tạo D/A đặc biệt cho bộ nhân, bộ phân áp có điều khiển, bộ biến đổi mã dòng - điện. Ví dụ ADC 7107 thuộc họ Intersil.

42

5. Mạch nhân tức thời dùng vi xử lý (3)

- Từ công thức tính công suất tức thời p , công suất trung bình hay năng lượng truyền cho tải:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T uidt \quad W = \int_0^t uidt$$

- Có thể tính năng lượng giờ cao điểm và thấp điểm, tính hệ số $\cos\varphi = P/U/I$ ở thời điểm khác nhau → Bằng cách này công ty ARDETEM Pháp đã chế tạo bộ biến đổi (P,U,I) số PECA-2000 trong đó dùng bộ biến đổi tương tự số 12 bit tốc độ lớn để băm tín hiệu điện, điện áp thành 300 điểm rời rạc hoá trong một chu kỳ. Vi xử lý dùng để xử lý thuật toán là bộ vi xử lý 32 bit tốc độ nhanh