

TỔNG LIÊN ĐOÀN LAO ĐỘNG VIỆT NAM

TRƯỜNG TRUNG CẤP KINH TẾ - KỸ THUẬT SỐ 2



GIÁO TRÌNH

MÔN HỌC: ĐO LƯỜNG
ĐIỆN NGHỀ: CƠ ĐIỆN TỬ
TRÌNH ĐỘ: TRUNG CẤP

*(Ban hành kèm theo Quyết định số: 123 /QĐ-TC2 ngày 04 tháng 08 năm 2022
của Hiệu trưởng Trường Trung cấp Kinh tế - Kỹ thuật số 2)*

Đồng Nai, năm 2022
(Lưu hành nội bộ)

TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN

Tài liệu này thuộc loại sách giáo trình nên các nguồn thông tin có thể được phép dùng nguyên bản hoặc trích dùng cho các mục đích về đào tạo và tham khảo.

Mọi mục đích khác mang tính lệch lạc hoặc sử dụng với mục đích kinh doanh thiếu lành mạnh sẽ bị nghiêm cấm.

LỜI GIỚI THIỆU

Đo lường điện là môn học không thể thiếu trong nhiều ngành học như Điện công nghiệp, Điện tử, Tự động hóa... Môn học này giúp người học biết cách đo đạc chính xác giá trị các đại lượng điện và sử dụng đúng kỹ thuật các thiết bị đo lường. Ngoài ra trong bất kỳ quy trình điều khiển tự động nào cũng bao gồm thiết bị đo lường nhằm đo đạc và truyền tín hiệu đến các khối tiếp theo để xử lý và điều khiển.

Giáo trình đề cập đến các vấn đề chính của đo lường như sai số, cơ cấu đo, nguyên lý đo các đại lượng điện, mạch đo, thiết bị đo... Giáo trình được biên soạn với những tiêu chí cung cấp cho học sinh trường đào tạo nghề các kiến thức và kỹ năng đo lường.

Chúng tôi đã biên soạn cuốn giáo trình Đo lường điện gồm 6 bài với những nội dung cơ bản sau:

- Bài 1: Khái niệm chung về đo lường điện
- Bài 2: Dụng cụ đo cơ điện
 - 2.1: Đo dòng điện và điện áp
 - 2.2: Đo điện trở
- Bài 3: Dụng cụ đo điện tử
- Bài 4: Đo các đại lượng điện và không điện

Giáo trình **Đo lường điện** được biên soạn phục vụ cho công tác giảng dạy của giáo viên và là tài liệu học tập của học viên. Tuy đã cố gắng nhiều trong việc trình bày và nội dung nhưng chắc rằng giáo trình khó tránh khỏi sai sót vậy nên chúng tôi rất mong những ý kiến đóng góp của quý đồng nghiệp, các em học viên để lần tái bản sau càng hoàn thiện hơn.

Đồng Nai, ngày 12 tháng 10 năm 2022

Biên soạn

Chủ biên ThS. Đặng Quang Tài

MỤC LỤC

BÀI 1: KHÁI NIỆM CHUNG VỀ ĐO LƯỜNG ĐIỆN	8
1.1. KHÁI NIỆM VÀ Ý NGHĨA CỦA ĐO LƯỜNG	14
1.2. PHÂN LOẠI CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐO LƯỜNG	14
1.3. CHỨC NĂNG VÀ ĐẶC TÍNH THIẾT BỊ ĐO LƯỜNG	15
1.4. PHÂN LOẠI CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐO LƯỜNG	15
1.5. SƠ ĐỒ TỔNG QUÁT HỆ THỐNG ĐO LƯỜNG	16
1.6. SỰ CHUẨN HÓA TRONG ĐO LƯỜNG	16
1.7. TÍNH TOÁN SAI SỐ VÀ CẤP CHÍNH XÁC CÁC BIỆN PHÁP AN TOÀN KHI SỬ DỤNG THIẾT BỊ ĐO	17
BÀI 2: DỤNG CỤ ĐO CƠ ĐIỆN	22
2.1. CƠ CẤU TỪ ĐIỆN	23
2.2. CƠ CẤU ĐIỆN TỪ	26
2.3. CƠ CẤU ĐIỆN ĐỘNG	29
2.4. CƠ CẤU CẢM ỨNG	32
2.5. CƠ CẤU ĐO TỈNH ĐIỆN	33
2.6. CƠ CẤU ĐO ĐIỆN TỪ	33
ĐO DÒNG ĐIỆN VÀ ĐIỆN ÁP	35
2.7.ĐO DÒNG ĐIỆN MỘT CHIỀU (DC) VÀ XOAY CHIỀU (AC)	36
2.8.ĐO ĐIỆN ÁP MỘT CHIỀU (DC) VÀ XOAY CHIỀU (AC)	42
ĐO ĐIỆN TRỞ	51
2.10.ĐO ĐIỆN TRỞ DÙNG PHƯƠNG PHÁP ĐO GIÁN TIẾP	52
2.11.MẠCH ĐO ĐIỆN TRỞ BẰNG OHM KẾ	54
2.12.CẦU WHEATSTONE ĐO ĐIỆN TRỞ	58
2.13.MEGOHM KẾ VÀ ỨNG DỤNG ĐO ĐIỆN TRỞ CÁCH ĐIỆN	61
2.14ĐO ĐIỆN TRỞ ĐẤT	63
BÀI 3: DỤNG CỤ ĐO ĐIỆN TỬ	68
3.1.ĐO ĐIỆN DUNG	69
3.2. ĐO ĐIỆN CẢM	72
BÀI 4: ĐO CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐIỆN VÀ KHÔNG ĐIỆN	75
4.1.ĐO CÔNG SUẤT MỘT CHIỀU	76
4.2.ĐO CÔNG SUẤT XOAY CHIỀU	78
4.3.ĐO HỆ SỐ CÔNG SUẤT	89
4.5.ĐO ĐIỆN NĂNG	92
TÀI LIỆU THAM KHẢO	98

GIÁO TRÌNH MÔ ĐUN: ĐO LƯỜNG ĐIỆN

1. Tên mô đun: ĐO LƯỜNG ĐIỆN

2. Mã mô đun: MD10

3.vị trí, tính chất của môn học:

3.1. Vị trí môn học:

- Giáo trình dành cho người học trình độ Trung Cấp tại trường Kinh tế-Kỹ thuật số 2
- Là môn học thuộc môn học cơ sở của Bài trình đào tạo. Môn học này được dạy trước các môn học, mô đun chuyên môn nghề và sau các môn như: An toàn điện, mạch điện

3.2. Tính chất của môn học:

- Môn học này trang bị những kiến thức, kỹ năng cơ bản về đo lường các thông số trong mạch điện ...
- Kết thúc môn học: Thi.

4. Mục tiêu mô đun:

4.1. về kiến thức:

A1.Trình bày được cấu tạo và nguyên lý làm việc của một số dụng cụ đo điện thông dụng.

A2.Hiểu được cách đo các thông số và các đại lượng điện cơ bản của mạch điện.

A3.Được đánh giá bằng bài kiểm tra viết và vấn đáp đạt yêu cầu.

4.2. Kỹ năng:

B1. Đo được các thông số và các đại lượng cơ bản của mạch điện.

B2.Sử dụng được các loại máy đo thông dụng để đo các thông số mạch điện.

4.3 Về năng lực tự chủ và trách nhiệm:

C1 . Rèn luyện thái độ nghiêm túc, cẩn thận trong công việc;

C2 . Tuân thủ nghiêm túc các quy định an toàn.

5. Nội dung của môn học

5.1. Chương trình khung

STT	MÔN HỌC	Số tín chỉ	Thời gian học tập (giờ)			
			Tổng giờ	Lý thuyết	Thực hành/ thực tập/ thí nghiệm/ bài tập/ thảo luận	Thi/ Kiểm tra/ BC
I.	Các môn chung	12	255	94	148	13
MH01	Anh văn căn bản	4	90	30	56	4
MH02	Chính trị	2	30	15	13	2
MH03	Pháp luật	1	15	9	5	1
MH04	Giáo dục thể chất	1	30	4	24	2
MH05	Giáo dục quốc phòng - An ninh	2	45	21	21	3
MH06	Tin học	2	45	15	29	1
II.	Các môn học, mô đun cơ sở	17	270	135	118	17
MH07	Vật liệu công nghiệp	2	30	15	13	2
MH08	An toàn lao động	2	30	15	13	2
MH09	Điện kỹ thuật	3	45	30	13	2
MD10	Đo lường điện	2	30	15	13	2

MĐ11	Khí cụ điện	2	45	15	27	3
MH12	Vẽ kỹ thuật cơ khí	2	30	15	13	2
MH13	Vẽ kỹ thuật điện	2	30	15	13	2
MH14	Dung sai và đo lường kỹ thuật	2	30	15	13	2
III	Các môn học, mô đun chuyên môn nghề	57	1440	347	1012	81
MĐ15	Máy điện	3	60	30	27	3
MĐ16	Điện tử công nghiệp	6	150	30	114	6
MĐ17	Kỹ thuật số	3	75	30	42	3
MH18	Tiếng Anh chuyên nghề Cơ điện tử	3	60	28	28	4
MĐ19	Trang bị điện	6	150	30	114	6
MĐ20	Kỹ thuật cảm biến	2	30	15	13	2
MH21	AUTOCAD	2	45	15	28	2
MĐ22	Tháo lắp các cụm máy công cụ	2	45	15	28	2
MĐ23	Điều khiển khí nén	3	75	15	57	3
MĐ24	Điều khiển thủy lực	3	75	15	57	3
MĐ25	Vận hành máy công cụ	2	45	15	28	2
MĐ26	Vận hành máy CNC	2	45	15	28	2
MĐ27	PLC căn bản	3	75	18	51	6
MĐ28	Điều khiển hệ thống cơ điện tử sử dụng PLC	6	150	30	112	8
MĐ29	Thực tập tốt nghiệp	6	240	16	200	24
MĐ30	Điều khiển hệ thống cơ điện tử sử dụng vi điều khiển	5	120	30	85	5
	Tổng cộng	86	1965	576	1278	111

5.2. Chương trình môn học

STT	Tên các bài trong mô đun	Thời gian (giờ)			
		Tổng số	Lý thuyết	Thực hành	Kiểm tra*
1	Bài 1: Khái niệm chung về đo lường	2	2		
2	2.1: Đo dòng điện và điện áp 2.2: Đo điện trở	6	4	2	
3	Bài 3: Dụng cụ đo điện tử	6	3	2	1
4	Bài 4: Đo các đại lượng điện và không điện	16	6	9	1
	Cộng	30	15	13	2

6. Điều kiện thực hiện môn học:

6.1. Phòng học Lý thuyết/Thực hành: Đáp ứng phòng học chuẩn

6.2. Trang thiết bị dạy học: Projektor, máy vi tính, bảng, phấn

6.3. Học liệu, dụng cụ, mô hình, phương tiện: Giáo trình, mô hình học tập,...

6.4. Các điều kiện khác: Người học tìm hiểu thực tế về công tác xây dựng phương án khắc phục và phòng ngừa rủi ro tại doanh nghiệp.

7. Nội dung và phương pháp đánh giá:

7.1. Nội dung:

- Kiến thức: bài 1 đến bài 2.
- Kỹ năng: Bài 3 đến bài 4.
- Năng lực tự chủ và trách nhiệm:
 - + Rèn luyện thái độ nghiêm túc, cẩn thận trong công việc;
 - + Tuân thủ nghiêm túc các quy định an toàn điện khi sử dụng thiết bị điện và làm việc với các hệ thống điện.

7.2. Phương pháp:

Người học được đánh giá tích lũy môn học như sau:

7.2.1. Cách đánh giá

- Áp dụng quy chế đào tạo Trung cấp hệ chính quy ban hành kèm theo Thông tư số 09/2017/TT-LĐTBXH, ngày 13/3/2017 của Bộ trưởng Bộ Lao động – Thương binh và Xã hội.
- Hướng dẫn thực hiện quy chế đào tạo áp dụng tại Trường Trung cấp Kinh tế - Kỹ thuật số 2 như sau:

Điểm đánh giá	Trọng số
+ Điểm kiểm tra thường xuyên (Hệ số 1)	40%
+ Điểm kiểm tra định kỳ (Hệ số 2)	
+ Điểm thi kết thúc môn học	60%

7.2.2. Phương pháp đánh giá

Phương pháp đánh giá	Phương pháp tổ chức	Hình thức kiểm tra	Chuẩn đầu ra đánh giá	Số cột	Thời điểm kiểm tra
Thường xuyên	Viết/ Thuyết trình	Tự luận/ Trắc nghiệm/ Báo cáo	A1, A2, A3, B1, B2, C1, C2	1	Sau 12 giờ.
Định kỳ	Viết/ Thuyết trình	Tự luận/ Trắc nghiệm/ Báo cáo	A3, B2, C3	1	Sau 10 giờ
Kết thúc môn học	Viết	Tự luận và trắc nghiệm	A1, A2, A3, B1, B2, C1, C2, C3,	1	Sau 30 giờ

7.2.3. Cách tính điểm

- Điểm đánh giá thành phần và điểm thi kết thúc môn học được chấm theo thang điểm 10 (từ 0 đến 10), làm tròn đến một chữ số thập phân.
- Điểm môn học là tổng điểm của tất cả điểm đánh giá thành phần của môn học nhân với

trọng số tương ứng. Điểm môn học theo thang điểm 10 làm tròn đến một chữ số thập phân, sau đó được quy đổi sang điểm chữ và điểm số theo thang điểm 4 theo quy định của Bộ Lao động Thương binh và Xã hội về đào tạo theo tín chỉ.

8. Hướng dẫn thực hiện môn học

8.1. Phạm vi, đối tượng áp dụng: Đối tượng Trung cấp Cơ điện tử

8.2. Phương pháp giảng dạy, học tập môn học

8.2.1. Đối với người dạy

* **Lý thuyết:** Áp dụng phương pháp dạy học tích cực bao gồm: thuyết trình ngắn, nêu vấn đề, hướng dẫn đọc tài liệu, bài tập tình huống, câu hỏi thảo luận....

* **Bài tập:** Phân chia nhóm nhỏ thực hiện bài tập theo nội dung đề ra.

* **Thảo luận:** Phân chia nhóm nhỏ thảo luận theo nội dung đề ra.

* **Hướng dẫn tự học theo nhóm:** Nhóm trưởng phân công các thành viên trong nhóm tìm hiểu, nghiên cứu theo yêu cầu nội dung trong bài học, cả nhóm thảo luận, trình bày nội dung, ghi chép và viết báo cáo nhóm.

8.2.2. Đối với người học: Người học phải thực hiện các nhiệm vụ như sau:

- Nghiên cứu kỹ bài học tại nhà trước khi đến lớp. Các tài liệu tham khảo sẽ được cung cấp nguồn trước khi người học vào học môn học này (trang web, thư viện, tài liệu...)

- Tham dự tối thiểu 70% các buổi giảng lý thuyết. Nếu người học vắng >30% số tiết lý thuyết phải học lại môn học mới được tham dự kì thi lần sau.

- Tự học và thảo luận nhóm: là một phương pháp học tập kết hợp giữa làm việc theo nhóm và làm việc cá nhân. Một nhóm gồm 8-10 người học sẽ được cung cấp chủ đề thảo luận trước khi học lý thuyết, thực hành. Mỗi người học sẽ chịu trách nhiệm về 1 hoặc một số nội dung trong chủ đề mà nhóm đã phân công để phát triển và hoàn thiện tốt nhất toàn bộ chủ đề thảo luận của nhóm.

- Tham dự đủ các bài kiểm tra thường xuyên, định kỳ.

- Tham dự thi kết thúc môn học.

- Chủ động tổ chức thực hiện giờ tự học.

9. Tài liệu tham khảo:

- [1] Nguyễn Văn Hòa, Bùi Đăng Thành, Hoàng Sỹ Hồng , Đo lường điện và cảm biến đo lường, Nhà xuất bản giáo dục, 2005

BÀI 1: KHÁI NIỆM CHUNG VỀ ĐO LƯỜNG

❖ GIỚI THIỆU BÀI 1:

- Bài 1 là bài giới thiệu khái niệm về đo lường, các phương pháp đo

❖ MỤC TIÊU CỦA BÀI 1 LÀ:

Về kiến thức:

- + Trình bày được các phương pháp đo lường;
- + Tính toán, xử lý được các thông số đo lường điện;
- + Lựa chọn được các thiết bị đo lường phù hợp với cấp chính xác;

Về kỹ năng:

- + Trình bày được sai số và các biện pháp làm giảm sai số trong đo lường.

Về năng lực tự chủ và trách nhiệm:

- + Thái độ nghiêm túc trong giờ học.

❖ PHƯƠNG PHÁP GIẢNG DẠY VÀ HỌC TẬP BÀI 1

- Đối với người dạy: sử dụng phương pháp giảng dạy tích cực (diễn giảng, vấn đáp, dạy học theo vấn đề); yêu cầu người học thực hiện câu hỏi thảo luận và bài tập bài 1 (cá nhân hoặc nhóm).
- Đối với người học: chủ động đọc trước giáo trình (bài 1) trước buổi học; hoàn thành đầy đủ câu hỏi thảo luận và bài tập tình huống bài 1 theo cá nhân hoặc nhóm và nộp lại cho người dạy đúng thời gian quy định.

❖ ĐIỀU KIỆN THỰC HIỆN BÀI 1

- Phòng học chuyên môn hóa/nhà xưởng: Thí nghiệm điện
- Trang thiết bị máy móc: Máy chiếu và các thiết bị dạy học khác
- Học liệu, dụng cụ, nguyên vật liệu: Chương trình môn học, giáo trình, tài liệu tham khảo, giáo án, phim ảnh, và các tài liệu liên quan.
- Các điều kiện khác: Không có

❖ KIỂM TRA VÀ ĐÁNH GIÁ BÀI 1

- Nội dung:
 - ✓ Kiến thức: Kiểm tra và đánh giá tất cả nội dung đã nêu trong mục tiêu kiến thức
 - ✓ Kỹ năng: Đánh giá tất cả nội dung đã nêu trong mục tiêu kỹ năng.
 - ✓ Năng lực tự chủ và trách nhiệm: Trong quá trình học tập, người học cần:
 - + Nghiên cứu bài trước khi đến lớp
 - + Chuẩn bị đầy đủ tài liệu học tập.

- + Tham gia đầy đủ thời lượng môn học.
- + Nghiêm túc trong quá trình học tập.
- Phương pháp:
 - ✓ Điểm kiểm tra thường xuyên: 1 điểm kiểm tra (hình thức: hỏi miệng)
 - ✓ Kiểm tra định kỳ thực hành: không có

❖ NỘI DUNG BÀI 1:

1.1. KHÁI NIỆM VÀ Ý NGHĨA CỦA ĐO LƯỜNG

1.1.1. Khái niệm

Đo lường là khái niệm mang ý nghĩa rất rộng trong thực tế vì mọi phương cách nhằm nắm bắt đặc tính của đối tượng đều có thể được xem là đo lường. Đo lường điện là một phần nhỏ trong khái niệm chung đó, nó là một quá trình thu nhận, biến đổi đại lượng cần đo thành tín hiệu điện và xử lý để phù hợp với sự quan sát hoặc điều khiển.

Vì đo lường là khâu đầu tiên trong quá trình điều khiển nên kết quả đo có chính xác thì điều khiển mới chính xác. Do vậy, đo lường không những phải nắm bắt đủ mà còn phải đúng các đặc tính của đối tượng.

Đo lường điện được ứng dụng trong lĩnh vực điều khiển, lĩnh vực này mang những đặc trưng riêng so với các lĩnh vực khác cho nên đo lường điện cũng mang những đặc điểm riêng của nó. Để có được thông số của một đối tượng ta có thể tiến hành đo và đọc trực tiếp giá trị thông số đó trên trên thiết bị đo, cách đo này được gọi là đo trực tiếp nhưng cũng có khi ta không thể đo trực tiếp đối tượng cần đo mà phải đo gián tiếp thông qua các thông số trung gian sau đó dùng công thức hoặc biểu thức toán học để tính ra đại lượng cần tìm.

1.1.2. Ý nghĩa của đo lường:

Đo lường nói chung và đo lường điện nói riêng có một ý nghĩa vô cùng quan trọng trong đời sống con người. Trước khi khống chế và điều khiển bất kỳ đối tượng nào thì con người cần phải nắm bắt được đầy đủ và chính xác những thông số về đối tượng đó, và điều này chỉ thực hiện được nhờ vào quá trình đo lường.

1.2. PHÂN LOẠI CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐO LƯỜNG

Trong lĩnh vực đo lường điện, dựa vào tính chất của đại lượng đo chúng ta phân ra làm hai loại cơ bản là đại lượng điện và đại lượng không điện.

1.2.1. Đại lượng điện:

Gồm hai loại:

Đại lượng điện tác động (active):

Là những đại lượng mang năng lượng điện như điện áp, dòng điện, công suất. Khi đo các đại lượng này, bản thân năng lượng của chúng sẽ cung cấp cho mạch đo. Do vậy ta không cần cung cấp thêm năng lượng từ phía ngoài. Trong trường hợp năng lượng từ đối tượng cần đo quá lớn có thể gây hư hỏng cho mạch đo thì ta phải giảm nhỏ cho phù hợp. Ngược lại, khi năng lượng này quá nhỏ thì cần phải khuếch đại cho đủ lớn trước khi đưa vào mạch đo.

Đại lượng điện thụ động (passive):

Là những đại lượng không mang năng lượng điện như đại lượng điện trở, điện dung, điện cảm, hồ cảm... Khi tiến hành đo các đại lượng này chúng ta phải cung cấp năng

lượng cho mạch đo bằng cách dùng pin hoặc nguồn điện ngoài. Chú ý trong suốt quá trình đo ta phải đảm bảo năng lượng cung cấp ổn định và liên tục.

1.2.2. Đại lượng không điện:

Con người luôn có ham muốn không chế các đối tượng xung quanh theo ý mình trong khi hầu hết các đối tượng này đều ở dạng không điện như nhiệt độ, áp suất, độ ẩm, độ pH, nồng độ, áp suất... Việc điều khiển có thể thực hiện đơn giản bằng tay, nhưng trong xu hướng công nghiệp hóa như hiện nay thì việc điều khiển đều có liên quan đến máy móc và tín hiệu điện. Do vậy muốn điều khiển chúng, ta phải thực hiện việc chuyển đổi các đại lượng từ không điện thành các đại lượng điện sau đó mới đưa vào mạch điện để xử lý tiếp. Việc chuyển đổi này được thực hiện nhờ vào các cảm biến (sensor) hoặc các bộ chuyển đổi (transducer), và nguyên tắc cơ bản phải đảm bảo là phản ánh trung thực sự thay đổi của đại lượng không điện tại ngõ vào.

1.3. CHỨC NĂNG VÀ ĐẶC TÍNH THIẾT BỊ ĐO LƯỜNG

1.3.1. Chức năng thiết bị đo lường:

Hầu hết các thiết bị đo đều có chức năng chỉ thị kết quả đo đại lượng đang khảo sát. Ngoài ra, kết quả có thể được ghi lại trong suốt quá trình đo, hoặc được dùng làm tín hiệu điều khiển các đại lượng khác theo ý muốn (Giám sát quá trình-Process Measurement).

1.3.2. Đặc tính thiết bị đo lường:

Mỗi loại thiết bị đo có các đặc tính riêng nhằm phân biệt với thiết bị đo khác. Một số đặc tính của thiết bị đo như: Nguyên lý đo, cách chỉ thị kết quả, tính chất mạch giao tiếp ngõ vào, khả năng xử lý kết quả...

1.4. PHÂN LOẠI CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐO LƯỜNG

Phương pháp đo lường được hiểu là cách thức nhằm lấy được giá trị của đại lượng cần đo. Một cách tổng quát có thể chia phương pháp đo thành 2 loại:

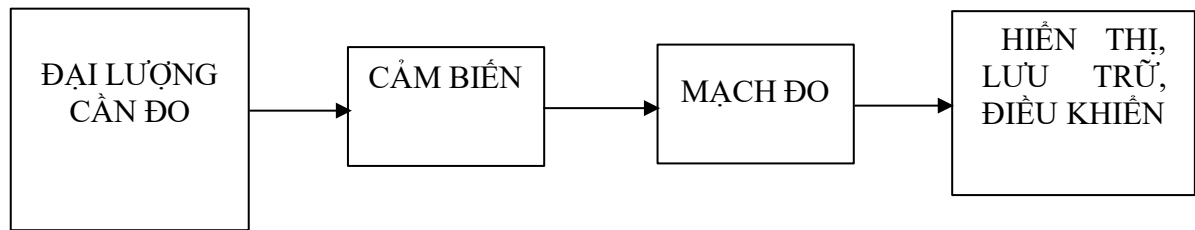
Phương pháp đo gián tiếp: Phải thông qua những đại lượng liên quan đến đại lượng cần đo. Giá trị của đại lượng cần đo được tính bằng công thức liên hệ với các đại lượng có liên quan.

Phương pháp đo trực tiếp: Không cần thông qua những đại lượng khác mà trực tiếp đo đối tượng đó.

Chẳng hạn ta dùng Volt kế và Ampe kế để đo điện áp rơi và dòng điện chạy qua linh kiện điện trở, sau đó sử dụng công thức $R = \frac{U}{I}$ để tính giá trị R, đây là cách đo gián tiếp, hoặc cũng có thể dùng Ohm kế đo giá trị R, gọi là cách đo trực tiếp.

Một điều cần lưu ý là việc phân biệt phương pháp đo trực tiếp và gián tiếp chỉ mang ý nghĩa tương đối. Tức là, nếu xét về khía cạnh nào đó thì có thể xem phương pháp đo đang thực hiện là trực tiếp nhưng nếu xét về mặt khác thì có thể nó không còn là trực tiếp nữa. Chẳng hạn khi dùng đồng hồ điện tử (DMM) đo dòng điện chạy qua điện trở thì việc dùng chức năng đo dòng điện của đồng hồ được xem là cách đo trực tiếp, nhưng nếu xét kỹ hơn về mặt cấu tạo của nó: mọi đại lượng điện ngõ vào đều được chuyển thành tín hiệu điện áp trước khi đưa vào mạch đo của đồng hồ thì dòng điện này rõ ràng đã được đo gián tiếp thông qua đại lượng trung gian là điện áp.

1.5. SƠ ĐỒ TỔNG QUÁT HỆ THỐNG ĐO LƯỜNG:



Hình 1.1: Sơ đồ tổng quát hệ thống đo lường

Đại lượng cần đo: Là các thông số, tính chất của đối tượng cần đo, chúng có thể tồn tại dưới dạng điện hoặc không điện.

Cảm biến: Là linh kiện, thiết bị có nhiệm vụ chuyển đổi đại lượng cần đo thành đại lượng điện trước khi truyền đến các khối xử lý tiếp theo.

Mạch đo: Tập hợp các bộ phận giao tiếp, khuếch đại, chuyển đổi... để biến tín hiệu điện ngõ vào cho phù hợp với khối hiển thị, lưu trữ, điều khiển.

Hiển thị, lưu trữ, điều khiển: Là phần sau cùng trong hệ thống đo lường giúp người vận hành quan sát và nhận biết giá trị của đại lượng đang đo, hoặc lưu trữ lại để xử lý sau, hoặc điều khiển tự động các thiết bị khác.

1.6. SỰ CHUẨN HÓA TRONG ĐO LƯỜNG

1.6.1 Ý nghĩa của sự chuẩn hóa:

Mục đích công việc đo lường nhằm lấy được các thông số thực sự của đối tượng cần đo. Muốn vậy, con người không thể chỉ sử dụng các giác quan của mình mà cần phải dùng đến các thiết bị đo.

Thiết bị đo được cung cấp bởi nhà chế tạo, trước khi xuất xưởng chúng được kiểm tra chất lượng nghiêm ngặt. Nhưng khi đến tay người sử dụng thì thiết bị đo đã phải trải qua quá trình vận chuyển, chính những tác động trong quá trình này có thể ảnh hưởng đến chất lượng thậm chí làm giảm cấp chính xác của thiết bị.

Về phía người sử dụng luôn mong muốn thiết bị có cấp chính xác thật cao. Nhưng thiết bị càng chính xác thì cấu tạo càng phức tạp và giá thành càng đắt. Như vậy người sử dụng phải biết được mức độ công việc đòi hỏi một thiết bị đo với cấp chính xác như thế nào là vừa đủ. Khi phân tích và hiểu rõ yêu cầu của mình, người sử dụng sẽ tiết kiệm đáng kể chi phí, thời gian cũng như tăng hiệu quả sử dụng thiết bị.

Để đánh giá chất lượng thiết bị một cách khách quan và chính xác, các Trung tâm kiểm định được thành lập nhằm cấp giấy chứng nhận chất lượng cho thiết bị. Việc kiểm định chất lượng được thực hiện bằng sự chuẩn hóa (Calibration) là một công việc hết sức cần thiết trước khi đưa thiết bị vào sử dụng.

Như đã trình bày ở trên, tùy theo công việc cụ thể của người sử dụng mà thiết bị phục vụ cần một cấp chính xác tương ứng. Do vậy cần có nhiều cấp chuẩn hóa khác nhau để kiểm định chất lượng của thiết bị ở những mức độ khác nhau. Việc phân cấp như vậy là cần thiết đảm bảo tiết kiệm về kinh tế và thời gian cho các bên liên quan.

1.6.2 Các cấp chuẩn hóa:

Việc chuẩn hóa một thiết bị được xác định theo 1 trong 4 cấp sau:

Cấp 1: Chuẩn quốc tế (International standard)

Các thiết bị đo lường cấp chuẩn quốc tế được định chuẩn tại Trung tâm đo lường quốc tế đặt tại Paris (Pháp). Các thiết bị đo lường chuẩn hóa cấp 1 này theo định kỳ

được đánh giá và kiểm tra lại theo trị số đo tuyệt đối của các đơn vị cơ bản vật lý được hội nghị quốc tế về đo lường giới thiệu và chấp nhận.

Cấp 2: Chuẩn quốc gia (National standard)

Các thiết bị đo lường tại các Viện định chuẩn quốc gia ở các quốc gia khác nhau trên thế giới được chuẩn hóa theo chuẩn quốc tế. Các thiết bị được định chuẩn tại Viện định chuẩn quốc gia thì mang chuẩn quốc gia.

Cấp 3: Chuẩn khu vực (Zone standard)

Trong một quốc gia có thể có nhiều Trung tâm định chuẩn cho từng khu vực (standard zone center). Các thiết bị đo lường tại trung tâm này đương nhiên phải mang chuẩn quốc gia. Những thiết bị đo lường được định chuẩn tại các Trung tâm định chuẩn này sẽ mang chuẩn khu vực.

Cấp 4: Chuẩn phòng thí nghiệm (Lab standard)

Trong từng khu vực chuẩn hóa sẽ có những phòng thí nghiệm được công nhận để chuẩn hóa các thiết bị được dùng trong sản xuất công nghiệp. Như vậy các thiết bị được chuẩn hóa tại các phòng thí nghiệm này sẽ có chuẩn phòng thí nghiệm.

Do đó các thiết bị đo lường khi được sản xuất ra được định chuẩn tại cấp nào thì sẽ mang chất lượng tiêu chuẩn đo lường cấp đó.

Một thiết bị sau khi đã được định chuẩn và đem sử dụng thì sau một khoảng thời gian nhất định phải được kiểm định và cấp giấy chứng nhận chất lượng lại. Nói một cách khác giấy chứng nhận chất lượng chỉ có giá trị trong một thời hạn nhất định.

1.7. TÍNH TOÁN SAI SỐ VÀ CẤP CHÍNH XÁC CÁC BIỆN PHÁP AN TOÀN KHI SỬ DỤNG THIẾT BỊ ĐO

Khi một phép đo không lấy được giá trị thực của đại lượng cần đo, ta nói phép đo đó đã mắc sai số. Có thể khẳng định rằng tất cả các phép đo đều mắc sai số. Thiết bị đo dù có chất lượng cao đến thế nào cũng vẫn mắc sai số, chỉ khác là sai số đó lớn hay bé mà thôi.

1.7.1 Nguyên nhân gây ra sai số:

Nguyên nhân chủ quan: Là nguyên nhân do người thực hiện phép đo gây ra vì không nắm vững nguyên lý đo, không đảm bảo các điều kiện khi đo, hoặc ghi sai kết quả đo...

Nguyên nhân khách quan: Là các nguyên nhân còn lại (không phải do nguyên nhân chủ quan). Sai số do nguyên nhân khách quan gây ra thường rất phức tạp, có thể do chính thiết bị đo hoặc do sự tác động từ phía môi trường ngoài ảnh hưởng lên quá trình đo.

1.7.2 Phân loại sai số:

Sai số thô:

- Khi phép đo cho kết quả có sự chênh lệch một cách rõ rệt và vô lý so với giá trị có thể có của đại lượng cần đo thì sai số đó được gọi là sai số thô. Sai số thô xuất hiện do điều kiện cơ bản của phép đo bị vi phạm, do sự sơ xuất của người làm thí nghiệm, hoặc do sự chần động từ phía ngoài. Ví dụ khi đọc số liệu bị nhầm vị trí dấu phẩy hoặc đọc sai số liệu đã đo được.

- Sai số thô dễ dàng nhận biết khi ta thực hiện phép đo một đại lượng nhiều lần, lần đo nào có giá trị khác biệt rõ rệt với các lần đo khác thì chắc chắn phép đo này đã mắc sai số thô. Khi gặp sai số thô ta mạnh dạn loại bỏ chúng ra khỏi bảng số liệu. Do vậy, trong phần tính toán sai số ta luôn đảm bảo rằng các kết quả đo không chứa sai số thô.

Sai số hệ thống: Sai số hệ thống là loại sai số do chính bản thân dụng cụ đo gây ra. Sai số này ảnh hưởng thường xuyên và có quy luật lên kết quả đo. Do vậy ta có thể loại trừ hoặc giảm nhỏ sai số hệ thống.

Người ta thường chia sai số hệ thống thành hai loại:

- Loại sai số hệ thống mà ta biết được nguyên nhân và độ lớn của nó. Sai số này xuất hiện khi dụng cụ đo đã bị sai lệch. Chẳng hạn, khi chưa có dòng điện chạy qua mà kim của đồng hồ Ampe kế đã chỉ 0,1A, hoặc khi chưa kẹp vật cần đo chiều dài vào thước kẹp mà thước đã cho chiều dài là 0,1mm .v.v. Sai số này có thể khử được bằng cách hiệu chỉnh kết quả (cộng thêm hoặc trừ bớt kết quả với lượng sai số).

- Loại sai số hệ thống mà ta biết được nguyên nhân nhưng không biết được chính xác độ lớn của nó. Sai số này phụ thuộc vào cấp chính xác của dụng cụ đo. Mỗi dụng cụ đo có cấp chính xác nhất định của nó. Ví dụ trên nhiệt kế có ghi 0,5°C, như vậy khi đo nhiệt độ của một vật nào đó mà giả sử nhiệt kế chỉ 20°C thì nhiệt độ chính xác của vật đó sẽ là một giá trị nào đó nằm trong khoảng 19,5°C ÷ 20,5°C.

Cách tính sai số hệ thống:

- Trên một số dụng cụ đo có ghi rõ sai số hệ thống tối đa có thể mắc phải, ví dụ trên thước kẹp có ghi 0,05mm thì đó là sai số hệ thống của thước kẹp.

- Đối với những dụng cụ mà sai số hệ thống không ghi rõ (trừ các dụng cụ điện), khi đó chúng ta có thể đánh giá sai số hệ thống bằng 1/2 độ chia nhỏ nhất trên dụng cụ đo. Nếu độ chia có giá trị quá nhỏ thì ta lấy 1 độ chia làm sai số hệ thống của thiết bị đo.

- Đối với các dụng cụ đo điện (Ampe kế, Volt kế...) thì sai số hệ thống ΔX_h mắc phải khi đo được tính theo công thức:

$$\Delta X_h = k.X_m \quad (1.1)$$

k: Cấp chính xác của dụng cụ đo

X_m : Giá trị cực đại trên thang đo của dụng cụ còn gọi là giá trị định mức X_{dm}

Sai số này được áp dụng cho toàn bộ thang đo. Nghĩa là khi dùng thang đo đó để đo một đại lượng điện có giá trị lớn hay nhỏ thì đều bị sai số này tác động lên. Do vậy khi sử dụng các dụng cụ đo điện, chúng ta cần thiết chọn tầm đo thích hợp sao cho kim của dụng cụ càng gần với giá trị cực đại của thang đo thì độ chính xác của phép đo càng cao, nếu thấy kim lệch ít ta nên chuyển tầm đo để kim nằm trong khoảng 1/3 thang đo tính từ phải sang.

Sai số ngẫu nhiên:

- Sai số của phép đo mắc phải khi ta đã loại trừ nguyên nhân do sai số thô và sai số hệ thống thì được gọi là sai số ngẫu nhiên.

- Sai số ngẫu nhiên do nhiều yếu tố gây ra mà ta không thể tách riêng và tính riêng chúng được. Các yếu tố này thường cùng ảnh hưởng đến kết quả, chúng biến đổi bất thường và không theo quy luật.

- Chẳng hạn do giác quan của người làm thí nghiệm không tinh, không nhạy dẫn đến không phân biệt đúng chỗ trùng nhau của hai vạch chia trên thước kẹp, hoặc khi tính thời gian đã không bấm đồng hồ đúng lúc thời điểm xảy ra hiện tượng, hoặc do điều kiện thí nghiệm thay đổi một cách ngẫu nhiên ta không thể biết được mà dẫn đến kết quả đo mắc sai số. Ví dụ đo cường độ dòng điện trong mạch điện có điện áp luôn tăng

giáng hoặc nhiệt độ, áp suất trong phòng luôn thay đổi mà ta không phát hiện được làm cho kết quả đo bị thăng giáng...

- Sai số ngẫu nhiên có độ lớn và chiều thay đổi hỗn loạn, do vậy chúng ta không thể khử chúng khỏi kết quả vì không biết chúng một cách chắc chắn. Muốn loại trừ chúng ta phải sử dụng phương pháp của lý thuyết xác suất thống kê, chỉ có xác suất mới có thể tính được ảnh hưởng của chúng đến kết quả phép đo từ đó có biện pháp giảm nhỏ sai số.

1.7.3 Cách tính và biểu diễn sai số:

Sau khi đã loại trừ sai số thô, trong phép đo một đại lượng nào đó chỉ còn mắc phải sai số hệ thống và sai số ngẫu nhiên. Sai số tổng hợp của phép đo bằng tổng của hai loại sai số trên:

$$\Delta X_{th} = \Delta X_{ht} + \Delta X_n \quad (1.2)$$

ΔX_{th} : Sai số hệ thống

ΔX_{ht} : Sai số hệ thống

ΔX_n : Sai số ngẫu nhiên

Qua nghiên cứu về sai số trong phép đo, người ta nhận thấy rằng:

- Số lần xuất hiện sai số ngẫu nhiên có cùng độ lớn và trái dấu nhau là bằng nhau.
- Số liệu chứa sai số càng lớn thì có số lần xuất hiện càng ít.
- Trị số tuyệt đối của các sai số ngẫu nhiên không vượt quá một giới hạn xác định.
- Giả sử một đại lượng vật lý có giá trị thực là x . Ta thực hiện phép đo đại lượng đó n lần, và tính toán để lấy giá trị trung bình của n lần đo, ta nhận thấy giá trị này gần đúng với giá trị thực x . Bằng chứng minh toán học, người ta cũng khẳng định rằng nếu số lần đo n đủ lớn thì giá trị thực x sẽ gần đúng giá trị trung bình cộng của tất cả các lần đo đó.

Ngoài các sai số trên, để đánh giá sai số của dụng cụ khi đo một đại lượng nào đó người ta còn phân loại như sau:

Sai số tuyệt đối (ΔX): là độ sai lệch giữa trị số đo được (X) và trị số thực (x) của đại lượng cần đo.

$$\Delta X = X - x \quad (1.3)$$

ΔX : Sai số tuyệt đối

X : Giá trị đo

x : Giá trị thực

Khi đó khoảng $[X - \Delta X, X + \Delta X]$ sẽ bao quanh giá trị chân thực x , nghĩa là:

$$(X - \Delta X) \leq x \leq (X + \Delta X)$$

Lúc đó kết quả đo sẽ được viết: $x = X \pm \Delta X$

Sai số tuyệt đối cho biết độ chính xác của từng phép đo.

Sai số tương đối (ε): là sai số tính theo phần trăm tỷ số giữa sai số tuyệt đối (ΔX) và trị số đo được của vật cần đo (X).

$$\varepsilon = \frac{\Delta X}{X} 100\% \quad (1.4)$$

ε : Sai số tương đối

Sai số tương đối dùng để đánh giá độ chính xác giữa các phép đo cùng loại. Mỗi trị số sai số tương đối cũng chỉ đặc trưng cho mức độ chính xác của đồng hồ đo ở một điểm đã biết trên thang đo, khi cần đặc trưng cho mức độ chính xác trên toàn thang đo người ta dùng khái niệm sai số quy dẫn.

Sai số quy dẫn (γ): là sai số tính theo phần trăm tỷ số giữa sai số tuyệt đối với giới hạn lớn nhất của thang đo:

$$\gamma = \frac{\Delta X}{X_{max}} 100\% \quad (1.5)$$

γ : Sai số quy dẫn

Mỗi dụng cụ đo có một giá trị sai số tuyệt đối cho phép lớn nhất, khi đó sai số quy dẫn cho phép lớn nhất là:

$$\gamma_{max} = \frac{\Delta X_{max}}{X_{max}} 100\% \quad (1.6)$$

γ_{max} : Sai số quy dẫn lớn nhất

Đây cũng chính là cấp chính xác không được dùng để đánh giá tính chính xác của dụng cụ đo. Cấp chính xác không thường gặp là: 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; 4; 5... Như vậy một dụng cụ đo sẽ cho ra kết quả có sai số nhỏ hơn hoặc bằng sai số quy dẫn, nếu vượt quá sai số này thì dụng cụ đo không còn đảm bảo tiêu chuẩn và cần phải được hạ cấp chính xác xuống.

Tuy nhiên sai số tuyệt đối chưa đánh giá được mức độ chính xác của dụng cụ đo.

Để đánh giá được độ chính xác của phép đo, ta cần phải dựa vào cả sai số tuyệt đối và sai số tương đối.

Các bước biểu diễn kết quả tính toán:

- Làm tròn giá trị sai số tuyệt đối ΔX , ta giữ lại một chữ số khác 0 và làm tròn số này lên một đơn vị. Nếu sai số sau khi làm tròn vượt quá 25% sai số ban đầu thì ta giữ lại hai chữ số khác 0.
- Làm tròn giá trị trung bình để sau khi làm tròn thì chữ số nhỏ nhất của nó có bậc lớn hơn hoặc bằng bậc của sai số. Nếu chữ số cần làm tròn nhỏ hơn 5 thì ta có quyền bỏ luôn chữ số đó.
- Ta viết giá trị trung bình dưới dạng chuẩn hóa (chỉ có một chữ số trước dấu phẩy, nhân với cơ số 10 lũy thừa). Cũng làm tương tự cho sai số.
- Biểu diễn kết quả thông qua giá trị trung bình và giá trị sai số.

❖ TÓM TẮT NỘI DUNG BÀI 1 :

- 1.1. Khái niệm và ý nghĩa về đo lường.
- 1.2. Phân loại các đại lượng đo lường.
- 1.3. Chức năng và đặc tính thiết bị đo lường.
- 1.4. Phân loại các phương pháp đo lường.
- 1.5. Sơ đồ tổng quát hệ thống đo lường.
- 1.6. Sự chuẩn hóa trong đo lường.

❖ CÂU HỎI CÙNG CỐ BÀI 1:

Câu 1 Chọn đáp án đúng nhất. Đo lường điện là gì?

- A) Quá trình thu nhận đại lượng cần đo.
- B) Chuyển đổi đại lượng cần đo thành tín hiệu điện.
- C) Xử lý tín hiệu điện đầu vào thành giá trị hoặc tín hiệu điều khiển.
- D) Tất cả các đáp án còn lại đều đúng

Câu 2 Đại lượng đo trong lĩnh vực đo lường điện được phân thành mấy loại?

- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4

Câu 3 Điện dung thuộc đại lượng nào trong các đại lượng dưới đây?

- A) Đại lượng điện thụ động.
- B) Đại lượng điện tác động.
- C) Đại lượng không điện.
- D) Tất cả các đáp án còn lại đều sai.

Câu 4 Dòng điện thuộc đại lượng nào trong các đại lượng dưới đây?

- A) Đại lượng điện thụ động.
- B) Đại lượng điện tác động.
- C) Đại lượng không điện.
- D) Tất cả các đáp án còn lại đều sai.

Câu 5 Khối lượng thuộc đại lượng nào trong các đại lượng dưới đây?

- A) Đại lượng điện thụ động.
- B) Đại lượng điện tác động.
- C) Đại lượng không điện.
- D) Tất cả các đáp án còn lại đều sai.

BÀI 2: DỤNG CỤ ĐO CƠ ĐIỆN

❖ GIỚI THIỆU BÀI 2:

Sau khi học xong bài 2 này học sinh sẽ nắm được những nội dung được các cơ cấu chỉ thị trong đo lường, các ứng dụng của cơ cấu chỉ thị trong đo lường

❖ MỤC TIÊU CỦA BÀI 2 LÀ:

Về kiến thức:

- + Trình bày được các cơ cấu chỉ thị trong đo lường;
- + Trình bày được các ứng dụng của cơ cấu chỉ thị trong đo lường;

Về kỹ năng:

- + Đọc đúng giá trị hiển thị trên cơ cấu chỉ thị;

Về năng lực tự chủ và trách nhiệm:

- + Thái độ nghiêm túc trong giờ học.
- + Cẩn thận, tỉ mỉ trong quá trình đọc thiết bị.

❖ PHƯƠNG PHÁP GIẢNG DẠY VÀ HỌC TẬP BÀI 2

- Đối với người dạy: sử dụng phương pháp giảng dạy tích cực (diễn giảng, vấn đáp, dạy học theo vấn đề); yêu cầu người học thực hiện câu hỏi thảo luận và bài tập bài 2 (cá nhân hoặc nhóm).
- Đối với người học: chủ động đọc trước giáo trình (bài 2) trước buổi học; hoàn thành đầy đủ câu hỏi thảo luận và bài tập tình huống bài 2 theo cá nhân hoặc nhóm và nộp lại cho người dạy đúng thời gian quy định.

❖ ĐIỀU KIỆN THỰC HIỆN BÀI 2

- Phòng học chuyên môn hóa/nhà xưởng: Trang bị điện
- Trang thiết bị máy móc: Máy chiếu và các thiết bị dạy học khác
- Học liệu, dụng cụ, nguyên vật liệu: Chương trình môn học, giáo trình, tài liệu tham khảo, giáo án, phim ảnh, và các tài liệu liên quan.
- Các điều kiện khác: Không có

❖ KIỂM TRA VÀ ĐÁNH GIÁ BÀI 2

- Nội dung:
 - ✓ Kiến thức: Kiểm tra và đánh giá tất cả nội dung đã nêu trong mục tiêu kiến thức
 - ✓ Kỹ năng: Đánh giá tất cả nội dung đã nêu trong mục tiêu kỹ năng.
 - ✓ Năng lực tự chủ và trách nhiệm: Trong quá trình học tập, người học cần:
 - + Nghiên cứu bài trước khi đến lớp

- + Chuẩn bị đầy đủ tài liệu học tập.
- + Tham gia đầy đủ thời lượng môn học.
- + Nghiêm túc trong quá trình học tập.
- Phương pháp:
 - ✓ Điểm kiểm tra thường xuyên: 1 điểm kiểm tra (hình thức: hỏi miệng)
 - ✓ Kiểm tra định kỳ lý thuyết: 01

❖ NỘI DUNG BÀI 2

2.1 CƠ CẤU TỪ ĐIỆN

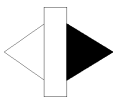
2.1.1 Kí hiệu:



Cơ cấu đo kiểu từ điện, khung dây ở phần động



Cơ cấu đo kiểu từ điện, khung dây ở phần động, dùng chỉnh lưu bán dẫn



Cơ cấu đo kiểu từ điện, nam châm ở phần động

2.1.2 Cấu tạo:

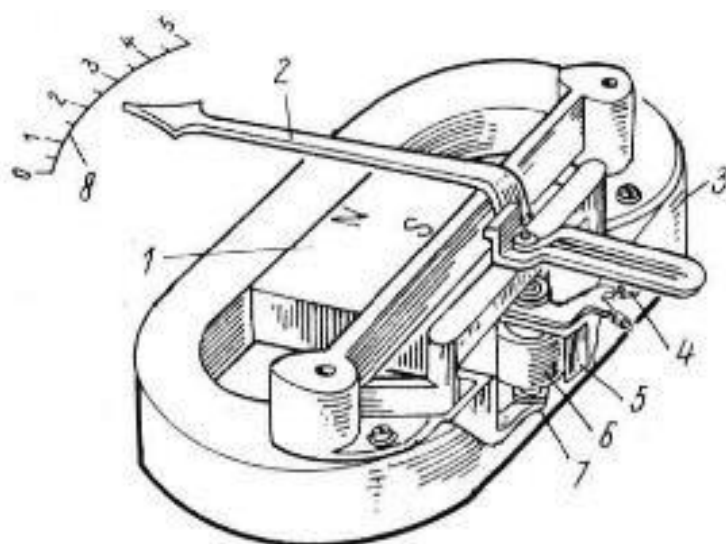
Cơ cấu đo kiểu từ điện có hai phần chính là phần động và phần tĩnh

Phần động:

- 1) Khung dây
- 2) Lõi sắt non
- 3) Lò xo xoắn ốc
- 4) Kim chỉ thị

Phần tĩnh:

- 5) Mạch từ
- 6) Nam châm vĩnh cửu
- 7) Thang đo
- 8) Nút điều chỉnh zero



Hình 2. 1: Cơ cấu đo từ điện

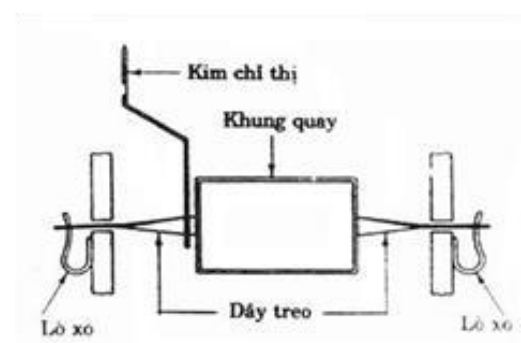
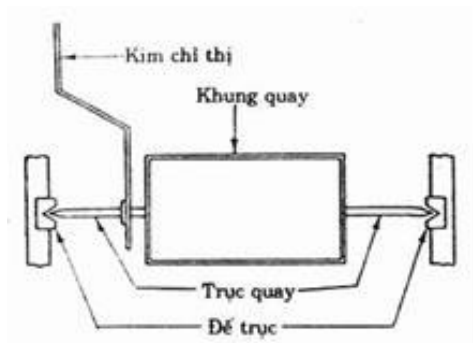
Khung dây:

- Gồm nhiều vòng dây làm bằng đồng cùng quấn trên một khuôn nhôm hình chữ nhật. Dây đồng có tiết diện nhỏ khoảng $(0,02 \div 0,05)$ mm có phủ cách điện bên ngoài.

Khung dây gắn với hai bán trục, đầu bán trục được chế tạo từ vật liệu rất cứng (thép vonfram). Đầu trục được đặt trên ổ đỡ có dạng côn lõm (góc đỉnh $\approx 80^\circ$), bề mặt ổ đỡ được phủ một lớp màng đá cứng thường gọi là chân kính làm từ vật liệu SiO_2 . Khung dây chuyển động trong khe hở không khí nhờ lực tương tác giữa từ trường của khung dây (khi có dòng điện chạy qua) và từ trường của nam châm vĩnh cửu. Toàn bộ khối lượng khung càng nhỏ càng tốt để moment quán tính không ảnh hưởng nhiều đến chuyển động quay của khung quanh hai bán trục

- Loại cơ cấu từ điện có phần quay là khung dây được dùng nhiều trong đồng hồ đo vạn năng. Loại cơ cấu từ điện có phần quay là nam châm vĩnh cửu được dùng nhiều trong các đồng hồ chỉ thị loại nhỏ trong ô tô, máy bay, máy kéo...

- Trong các đồng hồ đo thật nhạy, người ta dùng dây căng hoặc dây treo thay cho bán trục và lò xo xoắn ốc. Khi sử dụng dây treo, ma sát giữa bán trục và chân kính bị loại bỏ từ đó độ chính xác của dụng cụ đo được cải thiện đáng kể. Dây treo có nhiệm vụ treo lơ lửng khung dây thay cho ổ đỡ đồng thời đưa điện vào hai đầu khung. Dây treo được kết hợp với lò xo xoắn để tạo moment cản.



Hình 2. 2: Phần động cơ cấu từ điện

Lỗi sắt non:

- Có hình trụ tròn được đặt giữa hai cực của nam châm vĩnh cửu sao cho khe hở không khí giữa chúng đủ nhỏ và cách đều các cực từ. Nhờ lỗi sắt non mà từ trở giữa các cực từ được giảm nhỏ và do đó làm tăng mật độ từ thông qua khe hở không khí.

- Với lỗi sắt non hình trụ tròn, từ trường qua khe hở không khí là từ trường hướng tâm đều (khoảng 0,2 đến 0,5T). Từ trường có dạng hướng tâm giúp cho lực tác dụng luôn vuông góc với cạnh của khung dây.

Lò xo xoắn ốc: Hai đầu khung dây có hai lò xo xoắn với chiều ngược nhau, một đầu lò xo gắn vào bán trục của khung dây, đầu kia gắn cố định. Lò xo xoắn ốc có nhiệm vụ chủ yếu là tạo ra moment cản M_c cân bằng với lực điện từ, ngoài ra nó được dùng để dẫn dòng điện vào và ra khung dây.

Kim chỉ thị:

- Được gắn liền với khung quay để có thể dịch chuyển theo khung, vị trí kim sẽ chỉ giá trị tương ứng trên mặt thang đo. Kim thường làm bằng nhôm mỏng uốn hình ống, đuôi kim có gắn đối trọng để trọng tâm của kim nằm trên trục quay, điều này giúp giữ thăng bằng cho phần động. Đầu kim dẹt và có chiều dày $\leq$ chiều dày nét vạch trên thang chia độ. Những dụng cụ đo có cấp chính xác thấp (1,5 ÷ 2,5) có kim chỉ thị làm bằng nhôm mỏng có đường gân ở giữa, còn trong những dụng cụ có cấp chính xác cao

hơn có kim hình lưỡi dao rất mảnh, đôi khi kim được làm bằng thủy tinh mà đầu kim là sợi kim loại nhỏ.

- Các loại dụng cụ đo có cấp chính xác cực cao thì thường dùng chỉ thị bằng quang học vì điều kiện sản xuất cơ khí không cho phép chế tạo kim thật nhẹ, thẳng và dài như yêu cầu đặt ra. Trong chỉ thị quang học, trục quay của bộ phận động có gắn một gương nhỏ, một nguồn sáng mạnh luôn rọi vào gương và phản chiếu trên thang chia độ. Do khoảng cách từ gương quay đến thang chia độ khá lớn nên khi gương quay một góc nhỏ cũng làm vết sáng trên thang chia độ di chuyển một khoảng cách lớn.

Bộ phận cản dũa:

- Người ta muốn kim không bị dao động quanh vị trí đo mà phải nhanh chóng ổn định để người thực hiện phép đo có thể quan sát được kết quả. Muốn vậy phải có bộ phận cản dũa dao động của kim.

- Thay vì chế tạo bộ cản dũa riêng, người ta đã lợi dụng ngay hiện tượng tự cảm của khung dây để ngăn cản dao động. Khung dây được làm bằng nhôm nên có thể xem như một vòng ngắn mạch. Khi khung dây chuyển động, từ thông gửi qua khung dây biến thiên làm phát sinh dòng điện cảm ứng. Dòng điện cảm ứng này sẽ có chiều sao cho từ thông mà nó sinh ra chống lại sự biến thiên của từ thông đã sinh ra nó, do vậy nó có tác dụng ngăn cản dao động của khung dây. Phương pháp cản dũa dựa trên nguyên lý cảm ứng điện từ tạo ra lực cản khá mạnh nên được ứng dụng phổ biến. Ngoài ra người ta cũng có thể dùng phương pháp cản dũa bằng không khí nhờ cánh quạt hoặc piston chuyển động trong hộp không khí sinh ra, lực cản tạo ra bằng phương pháp này nhỏ hơn lực cản tạo ra bằng phương pháp cảm ứng.

Nam châm vĩnh cửu: Gồm hai cực N và S gắn liền với bộ phận dẫn từ bằng thép non tạo ra từ trường cố định. Nam châm vĩnh cửu ôm lấy phần động là một lõi thép hình trụ. Khe hở giữa phần tĩnh và phần động đủ nhỏ nhằm tạo ra từ trường đều.

2.1.3 Nguyên lý hoạt động và phương trình đặc tính thang đo:

- Khi có dòng điện chạy qua khung dây thì từ trường cảm ứng của khung dây sẽ tác dụng với từ trường của nam châm vĩnh cửu. Lực tương tác này sẽ tác động lên các cạnh của khung tạo ra moment quay dịch chuyển phần động. Chiều của lực tương tác được xác định theo quy tắc bàn tay trái. Khi dòng điện của đại lượng cần đo càng lớn thì khung dây quay càng nhiều, góc quay càng lớn và khoảng cách di chuyển của kim càng nhiều.

- Lực F tác dụng lên các cạnh khung dây có trị số bằng nhau nhưng ngược chiều. Các lực này đặt cách trục một khoảng bằng nửa chiều rộng khung dây b :

$$F = N.B.I.l \quad (2.1)$$

F : Lực điện từ tác dụng lên một cạnh khung dây $[N]$

B : Độ cảm ứng từ trong khe hở không khí $[T]$

l : Chiều dài tác dụng của khung dây $[m]$

b : Bề rộng khung dây $[m]$

N : Số vòng dây $[vòng]$

I : Cường độ dòng điện chạy qua khung dây $[A]$

$$M_q = 2 \cdot \frac{F \cdot b}{2} = F \cdot b = N.B.I.l.b \quad (2.2)$$

$$M_q = N.B.I.S \quad (2.3)$$

$S = l.b$: Diện tích khung dây

Khi khung dây dịch chuyển, lò xo xoắn ốc tạo ra moment cản M_c .

$$M_c = K_c.\alpha \quad (2.4)$$

K_c : Hệ số cản của lò xo.

K_c : phụ thuộc vào tính chất đàn hồi của vật liệu chế tạo lò xo cũng như kích thước hình dạng của nó.

α : Góc lệch của kim chỉ thị, hay góc xoắn của lò xo.

Khi $M_q = M_c$ thì khung dây đứng yên ở vị trí tương ứng với dòng điện cần đo, ta có:

$$N.B.I.S = K_c.\alpha \quad (2.5)$$

$$\alpha = \frac{N.B.S}{K_c} . I \quad (2.6)$$

Đặt: $\frac{N.B.S}{K_c} = K_I$

K_I : hệ số tỉ lệ dòng điện

$$\alpha = K_I . I \quad (2.7)$$

Nhận xét:

- Góc lệch α tỉ lệ bậc nhất với dòng điện I . Dòng điện chạy qua khung dây càng lớn thì góc lệch α càng tăng.
- Muốn tăng độ nhạy của cơ cấu đo ta có thể tăng độ lớn cảm ứng từ B trong khe hở không khí, hoặc tăng số vòng dây quấn của khung dây.

2.1.4 Đặc điểm của cơ cấu từ điện:

Ưu điểm của cơ cấu đo kiểu từ điện:

- Từ trường của nam châm vĩnh cửu tạo ra mạnh do vậy cơ cấu có độ nhạy cao, ít bị ảnh hưởng bởi từ trường nhiễu bên ngoài.
- Công suất tiêu hao nhỏ tùy theo dòng điện I_{max} , thường từ $25 \div 200 \mu W$.
- Cấp chính xác cao ($k = 0,05$) nên thường dùng làm dụng cụ chuẩn trong PTN.
- Vì góc quay tuyến tính theo dòng điện nên thang đo có khoảng chia đều đặn và đây cũng chính là ưu điểm quan trọng trong cơ cấu đo kiểu từ điện.

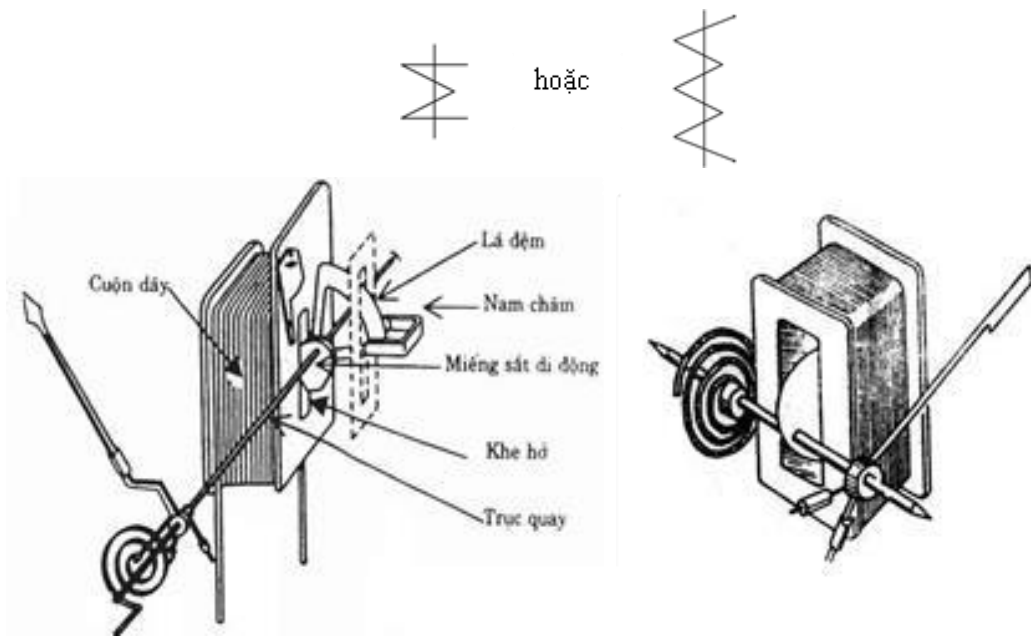
Khuyết điểm:

- Dây quấn có tiết diện bé nên khả năng chịu quá tải kém dễ bị đứt khi dòng điện quá mức chạy qua.
- Cơ cấu không đo trực tiếp được dòng điện xoay chiều (AC) vì kim sẽ bị đảo chiều quay liên tục. Khi tần số của tín hiệu xoay chiều trên khoảng 10 Hz thì do quán tính kim sẽ đứng yên tại một vị trí. Muốn đo dòng điện xoay chiều, cơ cấu phải kết hợp với mạch đo có bộ chỉnh lưu để biến dòng điện xoay chiều thành dòng một chiều (DC) trước khi đo.
- Đối với khung dây có dây xoắn dễ bị hư hỏng khi bị chấn động mạnh hoặc di chuyển quá mức cho phép, do vậy cần có biện pháp phòng tránh.

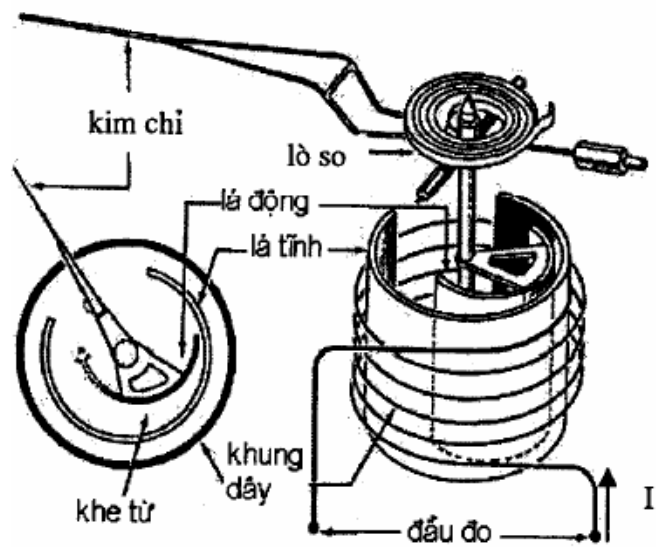
2.2 CƠ CẤU ĐIỆN TỪ

2.2.1 Kí hiệu và cấu tạo:

Kí hiệu:



Hình 2. 3: Cơ cấu điện từ loại dẹt



Hình 2. 4: Cơ cấu điện từ loại tròn

Dụng cụ đo kiểu điện từ gồm hai loại chính là loại cuộn dây dẹt và loại cuộn dây tròn.

- Loại dẹt có phần tĩnh là một cuộn dây dẹt không có lõi thép. Phần động gồm trục quay có gắn lá thép non hình bán nguyệt nằm trong khe hở hẹp của cuộn dây. Trên trục còn gắn thêm một lá đệm làm bằng nhôm để giúp ổn định kim tại vị trí cân bằng nhờ hiện tượng cảm ứng điện từ.

- Loại cuộn dây tròn có phần tĩnh là cuộn dây tròn, trong ruột cuộn dây có gắn một lá thép tĩnh, giữa cuộn dây là phần động có gắn một lá thép non (lá thép động) làm bằng vật liệu sắt từ mềm. Giữa phần động là trục quay, trên trục quay có gắn kim chỉ thị và lò xo xoắn.

2.2.2 Nguyên lí hoạt động và phương trình đặc tính thang đo:

- Một cách đơn giản ta có thể hiểu cơ cấu điện từ như một nam châm điện hút một lõi sắt từ có gắn kim chỉ thị. Khi cho dòng điện một chiều (DC) hoặc xoay chiều (AC) đi vào cuộn dây cố định, trong lòng cuộn dây xuất hiện từ trường. Từ trường này sẽ từ hóa lá thép non và hút nó vào trong lòng khiến cho trục quay và kim chỉ thị quay theo. Khi từ trường càng lớn thì góc quay cũng càng lớn. Như vậy dòng điện của đại lượng cần đo sẽ không đi vào phần quay như trong cơ cấu từ điện mà vào phần đứng yên. Trong cơ cấu điện từ kiểu cuộn dây tròn, từ trường do dòng điện sinh ra sẽ từ hóa hai lá thép tĩnh và động. Do hai lá thép này từ hóa cùng cực tính nên chúng sẽ đẩy nhau, nhưng vì lá thép tĩnh đứng yên nên lá thép động di chuyển và tạo moment làm quay kim chỉ thị.

- Cơ cấu đo kiểu điện từ chịu ảnh hưởng nhiều bởi từ trường ngoài khiến cho kết quả đo kém chính xác, để hạn chế điều này, người ta dùng một màn chắn từ bằng thép permalloy dày khoảng 0,2mm để bao bọc cơ cấu. Ngoài ra người ta còn dùng phương pháp chế tạo cơ cấu đo có phần tĩnh gồm hai cuộn dây giống nhau được bố trí sao cho từ trường của chúng tạo ra moment quay cùng chiều tác dụng lên trục, nhưng đồng thời từ trường ngoài cũng tạo nên hai moment khác có chiều ngược nhau để khử mất nhau. Đây chính là cơ cấu atlatich còn gọi là kiểu vô hướng.

- Người ta sử dụng lá sắt từ mềm nhằm lợi dụng tính chất dễ nhiễm từ và cũng dễ mất từ của nó. Khi không có dòng điện đi vào thì lá sắt phải mất từ tính ngay, lúc đó lò xo sẽ đưa kim chỉ thị về vị trí ban đầu. Lực từ động F tạo ra lực hút hoặc lực đẩy cho miếng sắt di động:

$$F = N \cdot I \quad (2.8)$$

N : số vòng dây [vòng]

I : cường độ dòng điện [A]

Ta có năng lượng từ trường trong lòng cuộn dây:

$$W = \frac{1}{2} L \cdot I^2 \quad (2.9)$$

L : điện cảm, phụ thuộc vào vị trí của lá sắt từ tức là giá trị góc quay

Đối với dòng điện một chiều:

$$M_q = \frac{dw}{d\alpha} = \frac{1}{2} I^2 \cdot \frac{dL}{d\alpha} \quad (2.10)$$

Đối với dòng điện xoay chiều, moment quay trung bình:

$$M_{qtb} = \frac{1}{T} \int_0^T M_{qdt} = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{1}{2} i^2 \frac{dL}{d\alpha} \cdot dt \quad (2.11)$$

$$M_{qtb} = \frac{1}{2} \frac{dL}{d\alpha} \frac{1}{T} \int_0^T i^2 \cdot dt \quad (2.12)$$

$$M_q = \frac{1}{2} I^2 \frac{dL}{d\alpha} \quad (2.13)$$

Khi khung dây dịch chuyển, lò xo xoắn ốc tạo ra moment cản M_c .

$$M_c = K_c \cdot \alpha \quad (2.14)$$

K_c : Hệ số cản của lò xo, phụ thuộc vào tính chất đàn hồi của vật liệu chế tạo lò xo cũng như kích thước hình dạng của nó.

α : Góc lệch của kim chỉ thị, hay góc xoắn của lò xo.

Khi $M_c = M_q$ thì kim chỉ thị đứng yên:

$$\alpha = \frac{1}{2} \frac{dL}{K_c d\alpha} I^2 \quad (2.15)$$

Đặt $\frac{1}{2} \frac{dL}{K_c d\alpha} = K_I$ là hệ số tỉ lệ dòng điện

$$\alpha = K_I \cdot I^2 \quad (2.16)$$

2.2.3 Đặc điểm của cơ cấu điện từ:

Ưu điểm của cơ cấu đo kiểu điện từ:

- Cấu tạo đơn giản, giá thành rẻ, công nghệ chế tạo không phức tạp. Đây cũng chính là ưu điểm nổi bật của cơ cấu này.
- Khả năng chịu quá tải cao hơn cơ cấu từ điện do cuộn dây nằm ở phần tĩnh nên có thể quấn các cỡ dây lớn.
- Đo được cả dòng điện một chiều và xoay chiều mà không cần đến bộ chỉnh lưu như cơ cấu từ điện.

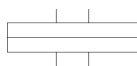
Khuyết điểm:

- Góc quay của kim chỉ thị phụ thuộc phi tuyến vào dòng điện, nên thang đo có vạch chia không đều.
- Từ trường của cuộn dây do chính dòng điện cần đo tạo ra nên thường yếu khiến độ nhạy của chỉ thị kém dễ bị ảnh hưởng bởi từ trường ngoài.
- Năng lượng tiêu hao của cơ cấu điện từ lớn hơn cơ cấu từ điện, công suất này khoảng $0,5 \div 20W$.
- Do có tổn hao sắt từ và hiện tượng từ trễ nên cơ cấu điện từ mắc sai số lớn hơn khiến cho cấp chính xác không cao.
- Điện kháng cuộn dây tăng theo tần số f nên cơ cấu không được dùng để đo dòng điện có tần số thay đổi lớn thường chỉ dưới vài chục Hz. Ngoài ra ảnh hưởng của dòng điện xoáy trên miếng sắt di động tăng khi tần số tín hiệu tăng.
- Được dùng chủ yếu trong lĩnh vực điện công nghiệp với cấp chính xác thấp.

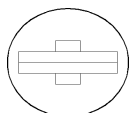
2.3 CƠ CẤU ĐIỆN ĐỘNG

Là sự kết hợp giữa cơ cấu từ điện (khung quay mang kim chỉ thị) và cơ cấu điện từ (cuộn dây cố định tạo từ trường cho khung quay).

2.3.1 Kí hiệu:



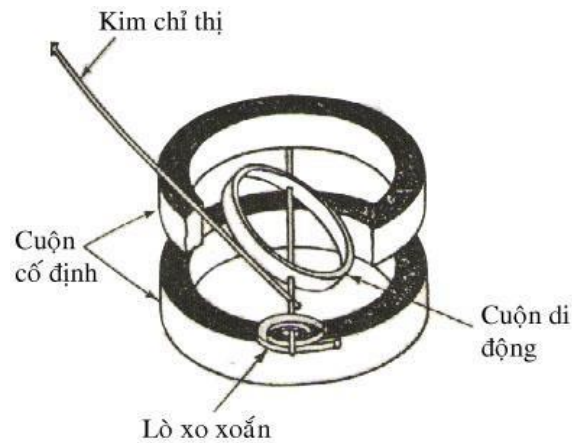
Cơ cấu điện động



Cơ cấu sắt điện động

2.3.2 Cấu tạo:

Cơ cấu điện động gồm cuộn dây cố định và cuộn dây di động (khung quay).



Hình 2. 5: Cơ cấu điện động

- Thông thường cuộn dây di động không có lõi sắt non nên tránh được hiện tượng từ trễ và dòng điện xoáy. Cuộn dây cố định được chia thành hai phần bằng nhau và đặt cách nhau không xa để tạo ra từ trường tương đối đều. Hai nửa cuộn dây này được mắc nối tiếp với nhau. Cuộn dây di động được đặt trong lòng cuộn dây tĩnh nên chịu ảnh hưởng từ trường của cuộn dây cố định.

- Trên trục phần quay có gắn kim chỉ thị và hai lò xo xoắn để tạo moment cản. Trục quay làm nhiệm vụ đỡ và dẫn điện từ ngoài vào phần quay. Đôi khi người ta dùng dây treo thay cho trục và ổ đỡ để tăng độ nhạy cho cơ cấu. Cuộn dây phần tĩnh có thể được quấn với kích cỡ lớn, còn cuộn dây ở phần động có cỡ dây nhỏ.

- Nếu cuộn dây cố định được quấn trên lõi sắt từ thì ta có cơ cấu sắt điện động. Cấu tạo của cơ cấu sắt điện động gồm các cuộn dây phần tĩnh quấn trên lõi thép. Lõi thép có tác dụng tăng từ trường ở phần tĩnh và tạo nên từ trường đều ở khu vực cuộn dây động, đồng thời có tác dụng như một màn chắn từ làm giảm ảnh hưởng của từ trường ngoài. Trong lòng cuộn dây phần động cũng có lõi thép hình trụ. Nguyên lý làm việc của cơ cấu sắt điện động tương tự như cơ cấu điện động. Nhờ có lõi thép mà cơ cấu sắt điện động nhạy hơn, ít ảnh hưởng bởi từ trường ngoài, không cần chế tạo bằng vật liệu quý giá nên giá thành cũng rẻ hơn loại cơ cấu điện động. Nhưng cũng vì có lõi thép mà tổn hao sắt từ và hiện tượng từ trễ xuất hiện khiến cho độ chính xác thấp hơn.

2.3.3 Nguyên lý hoạt động và phương trình đặc tính thang đo:

- Điểm khác biệt cơ bản so với các dụng cụ đo khác là dòng điện của đại lượng cần đo được đưa vào cả phần động và phần tĩnh của cơ cấu điện động để tạo nên hai từ trường đẩy nhau sinh ra moment quay.

- Khi có dòng điện i_1, i_2 (một chiều hoặc xoay chiều) đi vào cuộn dây di động và cố định thì trong lòng cuộn dây cố định xuất hiện từ trường (thay thế cho từ trường nam châm vĩnh cửu) từ trường này tác động lực điện từ lên cuộn dây động.

Moment quay:

$$M_q = i_1 \cdot i_2 \cdot \frac{dM_{12}}{d\alpha} \quad (2.17)$$

Nếu i_1, i_2 là dòng điện một chiều thì:

$$M_q = I_1 \cdot I_2 \cdot \frac{dM_{12}}{d\alpha} \quad (2.18)$$

Nếu i_1, i_2 là dòng điện xoay chiều: $i_1 = I_{1\max} \cdot \sin \omega t$, $i_2 = I_{2\max} \cdot \sin(\omega t - \varphi)$ thì:

$$M_{qtb} = \frac{1}{T} \int_0^T M_q \cdot dt = \frac{1}{T} \int_0^T i_1 \cdot i_2 \frac{dM_{12}}{d\alpha} \cdot dt = \frac{1}{T} \int_0^T I_{1\max} \cdot \sin \omega t \cdot I_{2\max} \cdot \sin(\omega t - \varphi) \frac{dM_{12}}{d\alpha} \cdot dt$$

$$M_{qtb} = \frac{I_{1\max} \cdot I_{2\max}}{2} \cdot \cos \varphi \cdot \frac{dM_{12}}{d\alpha}$$

$$M_{qtb} = \frac{I_1 \cdot I_2}{2} \cdot \cos \varphi \cdot \frac{dM_{12}}{d\alpha} \quad (2.19)$$

I_1, I_2 : Giá trị hiệu dụng của dòng điện xoay chiều [A]

$M_c = K_c \cdot \alpha$

M_c : Moment cản của lò xo

Khi $M_c = M_q$ thì kim chỉ thị đứng yên.

$$K_c \cdot \alpha = I_1 \cdot I_2 \cdot \frac{dM_{12}}{d\alpha}$$

$$\alpha = \frac{I_1 \cdot I_2}{K_c} \cdot \frac{dM_{12}}{d\alpha} = K_I \cdot I_1 \cdot I_2$$

$$K_c \cdot \alpha = \frac{K_c}{I_1 \cdot I_2} \cdot \frac{dM_{12}}{d\alpha} \cdot \alpha$$

$$\alpha = \frac{I_1 \cdot I_2}{K_c} \cdot \cos \varphi \cdot \frac{dM_{12}}{d\alpha} = K_I \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi \quad (2.20)$$

Tóm lại, khi cho dòng điện i_1 đi vào hai nửa cuộn dây tĩnh và i_2 đi vào cuộn dây động thì moment quay sẽ tỉ lệ với dòng điện của cả cuộn dây tĩnh và cuộn dây động. Nếu cho cùng một dòng điện i đi vào cả hai cuộn dây thì moment quay sẽ tỉ lệ với bình phương cường độ dòng điện. Khi dòng điện là một chiều thì góc quay tỉ lệ với bình phương cường độ dòng điện cần đo ($\alpha = K_I \cdot I_1 \cdot I_2$), đối với dòng điện xoay chiều thì cần thêm góc lệch pha giữa hai dòng điện đi vào hai cuộn dây ($\alpha = K_I \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi$).

2.3.4 Đặc điểm của cơ cấu điện động:

Ưu điểm của cơ cấu đo kiểu điện động:

- Cấp chính xác khá cao ($k = 0,05 \div 0,1$) vì không sử dụng lõi sắt từ gây tổn hao sắt từ và hiện tượng từ trễ. Đây cũng chính là ưu điểm nổi bật của cơ cấu này.
- Khả năng quá tải về dòng lớn hơn cơ cấu từ điện vì có tiết diện dây lớn.
- Đo được cả dòng điện một chiều và xoay chiều mà không cần đến bộ chỉnh lưu như cơ cấu từ điện.
- Được sử dụng để chế tạo dụng cụ đo dòng điện, điện áp, đặc biệt là dụng cụ đo công suất.

Khuyết điểm:

- Góc quay của kim chỉ thị phụ thuộc phi tuyến vào dòng điện nên vạch chia của thang đo không đều.
- Từ trường cuộn dây tĩnh yếu nên độ nhạy của cơ cấu kém dễ bị ảnh hưởng bởi từ trường ngoài.

- Moment quay lớn làm đĩa quay nhanh và đủ lực làm chuyển động cơ cấu bánh răng.
- Số vòng quay của phần động tỉ lệ với điện năng tiêu thụ trên tải.
- Khi làm việc dòng điện xoáy trong đĩa nhôm gây tổn hao công suất, ngoài ra điện trở của đĩa thay đổi làm ảnh hưởng moment quay khiến độ chính xác thấp.
- Hoạt động của cơ cấu phụ thuộc vào tần số f.

2.5 CƠ CẤU ĐO TÍNH ĐIỆN:

2.5.1 Kí hiệu:

2.5.2 Cấu tạo:

Phần tĩnh là các lá nhôm cố định, mỗi lá gồm hai nửa vòng tròn đặt cách nhau một khoảng cách hẹp. Phần động là lá nhôm mỏng hình chữ Z có thể chuyển động trong khe hở phần tĩnh. Giữa phần tĩnh và phần động là điện môi không khí hình thành tụ điện có điện dung C. Điện áp đặt vào các lá nhôm tĩnh và động (thông qua lò xo phản kháng), lực tĩnh điện sinh ra sẽ tác dụng tạo moment quay. Khi phần động quay, lò xo bị xoắn lại tạo moment cản. Khi hai moment này cân bằng nhau thì phần động dừng lại và do đó kim chỉ thị cũng đứng yên để chỉ giá trị tương ứng. Người ta cho phần động chuyển động trong từ trường của một nam châm vĩnh cửu, điều này giúp kim nhanh chóng ổn định ở vị trí cân bằng.

2.5.3 Nguyên lí hoạt động:

Khi đặt điện áp lên các bản cực của phần tĩnh và phần động thì tụ điện C sẽ tích lũy năng lượng điện trường $W_E = \frac{1}{2} CU^2$. Lực tác dụng giữa hai bản cực khi đặt điện áp U gây ra moment quay làm phần động quay. Khi moment quay cân bằng với moment cản của lò xo thì cơ cấu dừng lại, kim chỉ thị giá trị trên thang đo.

2.5.4 Đặc điểm của cơ cấu tính điện:

- Góc quay tỉ lệ với bình phương điện áp đặt vào, nên có thể đo điện áp một chiều và xoay chiều. Giới hạn đo từ 10 [V] đến hàng chục kV, tần số từ 10 [Hz] đến 10 [MHz].
- Cơ cấu có độ nhạy cao và tiêu thụ công suất thấp. Cấp chính xác cao ($k = 0,05$).
- Không chịu ảnh hưởng của từ trường ngoài và dạng điện áp.

2.6 CƠ CẤU ĐO ĐIỆN TỬ:

2.6.1 Cấu tạo:

Phần tĩnh là các lá nhôm cố định, mỗi lá gồm hai nửa vòng tròn đặt cách nhau một khoảng cách hẹp. Phần động là lá nhôm mỏng hình chữ Z có thể chuyển động trong khe hở phần tĩnh. Giữa phần tĩnh và phần động là điện môi không khí hình thành tụ điện có điện dung C. Điện áp đặt vào các lá nhôm tĩnh và động (thông qua lò xo phản kháng), lực tĩnh điện sinh ra sẽ tác dụng tạo moment quay. Khi phần động quay, lò xo bị xoắn lại tạo moment cản. Khi hai moment này cân bằng nhau thì phần động dừng lại và do đó kim chỉ thị cũng đứng yên để chỉ giá trị tương ứng. Người ta cho phần động chuyển động trong từ trường của một nam châm vĩnh cửu, điều này giúp kim nhanh chóng ổn định ở vị trí cân bằng.

2.6.2 Nguyên lí hoạt động:

Khi đặt điện áp lên các bản cực của phần tĩnh và phần động thì tụ điện C sẽ tích lũy năng lượng điện trường $W_E = \frac{1}{2} CU^2$. Lực tác dụng giữa hai bản cực khi đặt điện áp U gây ra moment quay làm phần động quay. Khi moment quay cân bằng với moment cản của lò xo thì cơ cấu dừng lại, kim chỉ thị giá trị trên thang đo.

2.6.3 Đặc điểm của cơ cấu tính điện:

- Góc quay tỉ lệ với bình phương điện áp đặt vào, nên có thể đo điện áp một chiều và xoay chiều. Giới hạn đo từ 10 [V] đến hàng chục kV, tần số từ 10 [Hz] đến 10 [MHz].
- Cơ cấu có độ nhạy cao và tiêu thụ công suất thấp. Cấp chính xác cao ($k = 0,05$).
- Không chịu ảnh hưởng của từ trường ngoài và dạng điện áp

❖ TÓM TẮT NỘI DUNG BÀI 2:

- 2.1. Cơ cấu từ điện.
- 2.2. Cơ cấu điện từ.
- 2.3. Cơ cấu điện động.
- 2.4. Cơ cấu cảm ứng.
- 2.5. Cơ cấu đo tĩnh điện.
- 2.6. Cơ cấu đo điện từ.

❖ CÂU HỎI CÙNG CỐ BÀI 2:

- Câu 1 Bộ phận cản dọi trong cơ cấu từ điện là:
- A) Lò xo kiểm soát.
 - B) Nam châm vĩnh cửu.
 - C) Lá thép từ mềm.
 - D) Khung dây.
- Câu 2 Công thức tính góc lệch của kim chỉ thị trong cơ cấu từ điện là:
- A) $\alpha = K \cdot I$
 - B) $\alpha = K \cdot I^2$
 - C) $\alpha = K \cdot I_1 \cdot I_2$
 - D) $\alpha = K \cdot I^3$
- Câu 3 Ưu điểm của cơ cấu từ điện là:
- A) Góc quay tuyến tính theo dòng điện nên khoảng chia đều đặn.
 - B) Đo được cả dòng một chiều và xoay chiều.
 - C) Cấu tạo đơn giản, giá thành rẻ, công nghệ chế tạo không phức tạp.
 - D) Khả năng chịu quá tải cao.
- Câu 4 Nhược điểm của cơ cấu từ điện là:
- A) Thang đo có khoảng chia không đều.
 - B) Không đo trực tiếp được dòng điện xoay chiều.
 - C) Chỉ đo được những dòng điện có giá trị lớn.
 - D) Khả năng chịu quá tải cao.
- Câu 5 Thiết bị đo gây ra sai số vì lý do nào sau đây?
- A) Thiết kế nhiều lỗi.
 - B) Do người vận hành thiết bị đo không chính xác.
 - C) Ảnh hưởng của điều kiện môi trường.
 - D) Tất cả các đáp án còn lại đều đúng.

3.1. ĐO DÒNG ĐIỆN MỘT CHIỀU (DC) VÀ XOAY CHIỀU (AC)

3.1.1 Đo dòng điện một chiều (DC):

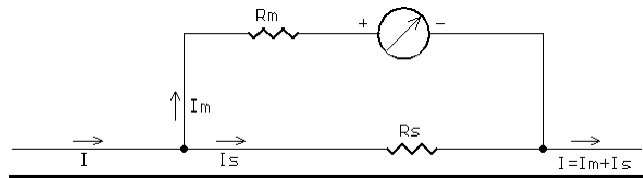
- Cơ cấu đo từ điện thường chỉ được dùng đo dòng điện từ vài chục đến vài trăm μA ($50 \div 500\mu\text{A}$). Nhưng trong thực tế ta cần đo những dòng điện có các trị số lớn hơn nhiều, muốn vậy cần phải mở rộng thang đo dòng điện bằng cách dùng các điện trở shunt.

- Điện trở shunt là điện trở mắc song song với cơ cấu đo được dùng để bảo vệ cơ cấu khi mở rộng phạm vi đo. Nhờ có điện trở shunt mà dòng điện cần đo chạy qua cơ cấu đo một phần nhỏ, còn hầu hết sẽ rẽ mạch qua điện trở shunt. Do vậy, mặc dù dòng điện cho phép qua cơ cấu là nhỏ nhưng ta vẫn có thể dùng cơ cấu đo có mắc thêm điện trở shunt để đo dòng điện lớn tới vài chục Ampe.

I: Dòng điện cần đo [A]

I_m : Dòng điện chạy qua cơ cấu [A]

I_S : Dòng điện chạy qua điện trở shunt [A]



Hình 3.1: Mạch đo dòng điện dùng điện trở Shunt

Chú ý:

Ta thường gọi dòng điện chạy qua cơ cấu là I_m , giá trị lớn nhất của dòng điện này là dòng điện cực đại $I_{\max}$ cũng là dòng điện làm kim lệch hết thang đo I_{FS} (FS: Full Scale)

Ta có:

$$I = I_S + I_m \quad (3.1)$$

$$I_m \cdot R_m = I_S \cdot R_S = I \cdot \frac{R_m \cdot R_S}{R_m + R_S} \quad (3.2)$$

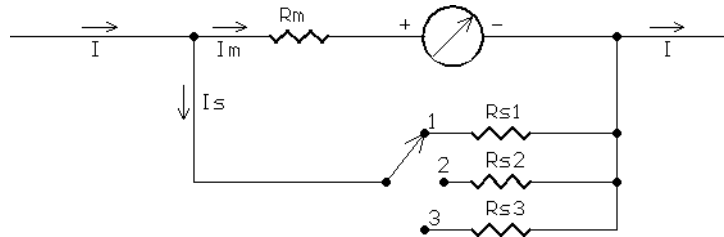
$$n = \frac{I}{I_{\max}} = \frac{R_m \cdot (R_m + R_S)}{R_m \cdot R_S} = 1 + \frac{R_m}{R_S} \quad (3.3)$$

n là hệ số hiệu chỉnh dòng điện:

- Do vậy để mở rộng các thang đo dòng điện ra n lần thì điện trở shunt cần có trị số nhỏ hơn điện trở mạch cơ cấu đo $(n-1)$ lần.
- Mạch đo dòng điện trong đồng hồ đo điện vạn năng:
- Để đo các dòng điện có trị số khác nhau, trong đồng hồ đo điện vạn năng người ta sử dụng hai loại điện trở shunt chủ yếu là điện trở shunt riêng biệt và điện trở shunt vạn năng.

Mạch đo dòng điện dùng điện trở shunt riêng biệt:

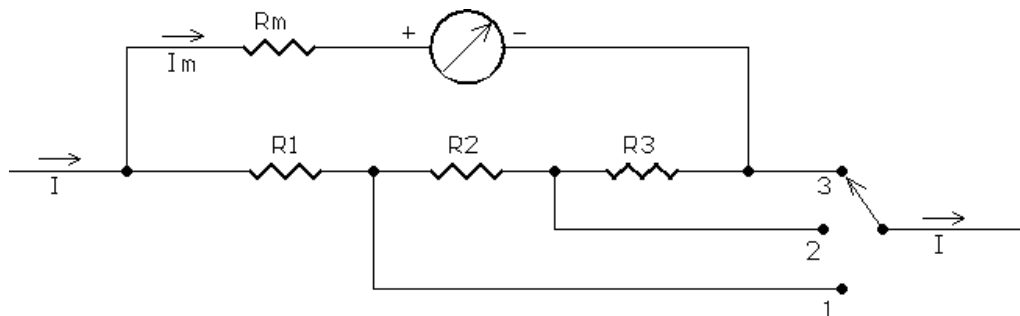
Ứng với mỗi thang đo dòng đều có một điện trở shunt riêng biệt không liên quan với nhau.



Hình 3.2: Cơ cấu đo dùng điện trở shunt riêng biệt

- Do các điện trở shunt tách biệt nhau nên kiểu mạch này thuận lợi cho việc sửa chữa, hiệu chỉnh giá trị các điện trở shunt. Nhưng số điện trở dây quấn sẽ tăng lên, không có lợi về kinh tế. Mặt khác khi chuyển mạch tiếp xúc xấu hoặc không tiếp xúc thì coi như điện trở shunt bị loại khỏi mạch điện. Lúc đó dòng điện cần đo chạy thẳng qua cơ cấu đo gây sự quá tải và đứt khung dây.
- Vì những khuyết điểm trên mà kiểu mạch đo dòng điện dùng điện trở shunt riêng biệt ít được sử dụng trong đồng hồ đo điện vạn năng.

Mạch đo dòng điện dùng điện trở shunt vạn năng (shunt Ayrton):



Hình 3. 3: Cơ cấu đo dùng điện trở Shunt vạn năng

- Shunt vạn năng có đặc điểm là bao gồm tất cả các shunt riêng rẽ của của các thang đo khác nhau, nghĩa là shunt của thang đo trước là một phần của shunt trong thang đo sau, nhờ vậy tiết kiệm điện trở dây hơn. Đặc biệt khi chuyển mạch thay đổi tầm đo thì dù cho tiếp xúc xấu hoặc không tiếp xúc thì cơ cấu đo cũng không bị quá tải vì hai đầu shunt vạn năng đã được hàn cố định với hai đầu cơ cấu đo.
- Do đó các đồng hồ đo điện vạn năng hiện nay phổ biến dùng shunt vạn năng để đo dòng điện. Tuy nhiên việc sửa chữa, hiệu chỉnh mạch đo dùng shunt vạn năng gặp phức tạp hơn và phải theo đúng thứ tự các thang đo.

Các đặc tính của điện trở shunt:

Điện trở shunt được chia làm hai loại: điện trở shunt trong và điện trở shunt ngoài

Đặc điểm chung:

- Phân dòng để mở rộng thang đo dòng điện cho cơ cấu khi dòng cần đo lớn hơn dòng giới hạn của cơ cấu.
- Được mắc song song với cơ cấu đo.
- Được chế tạo bằng vật liệu ổn định với nhiệt độ, có hệ số nhiệt điện trở thấp như: Manganin (Cu 85%, Mn 12%, Ni 3%) hoặc Conxtan để đảm bảo độ chính xác cao.

Ví dụ: Manganin có hệ số nhiệt điện trở $\alpha = (1 \div 3) \cdot 10^{-5} [\Omega/^{\circ}\text{C}]$

Cu có hệ số nhiệt điện trở $\alpha = 4 \cdot 10^{-3} [\Omega/^{\circ}\text{C}]$ gấp ≈ 100 lần α của Manganin.

- Điện trở shunt được chế tạo với độ chính xác cao có thể từ 1% đến 0,1%.
- Điện trở shunt phải chính xác, nên khi tính toán thường phải lấy 3 ÷ 4 số lẻ.

Đặc điểm riêng:

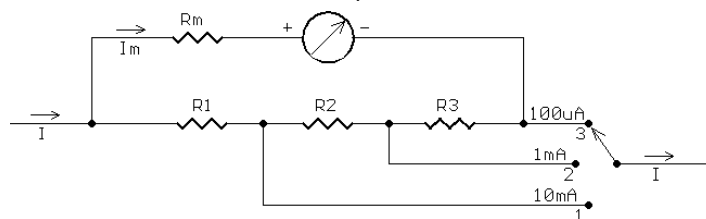
- Điện trở shunt có hình dạng giống như điện trở thường, hoặc có dạng lò xo. Nó có hai cực và thường được nối sẵn bên trong cơ cấu đo.
- Điện trở shunt ngoài có bốn cực, trong đó có hai cực để nối với cơ cấu đo, hai cực để nối với mạch đo.
- Điện trở shunt ngoài thường có giá trị nhỏ hơn điện trở shunt trong để có khả năng phân dòng lớn hơn. Các shunt trong cho dòng qua lớn nhất không quá vài chục Ampe, còn shunt ngoài có thể cho qua dòng hàng trăm thậm chí đến hàng nghìn Ampe.

Phương pháp giải bài tập thiết kế mạch đo dòng điện sử dụng điện trở shunt vạn năng gồm các bước sau:

- Đổi tất cả các đơn vị trong bài tập về đơn vị chuẩn
- Đối với từng tầm đo, ta viết phương trình cân bằng điện áp trên hai nhánh mắc song song. Điện áp trên mỗi nhánh bằng dòng điện chạy trên nhánh nhân với điện trở của nhánh.
- Giải phương trình chứa điện trở shunt lớn nhất.
- Thay kết quả vừa tìm được vào các phương trình còn lại, khi cần có thể kết hợp thêm một phương trình nữa để tìm ra giá trị các điện trở shunt thành phần.

Ví dụ 1:

Cho cơ cấu đo có $R_m = 3 [\text{k}\Omega]$, $I_{\text{max}} = 50 [\mu\text{A}]$.



Tầm đo 3: đo dòng 100 [μA]

Tầm đo 2: đo dòng 1 [mA]

Tầm đo 1: đo dòng 10 [mA]

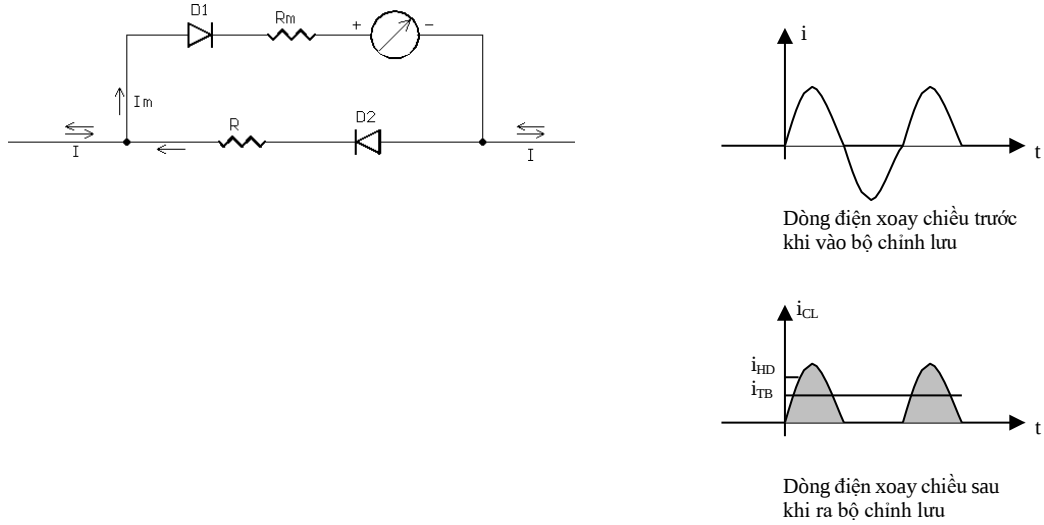
- Tính giá trị điện trở R_1 , R_2 , R_3 ?
- Tính giá trị điện trở shunt của ba tầm đo?

3.1.2 Đo dòng điện xoay chiều (AC):

Các cơ cấu điện từ và điện động đều có thể đo trực tiếp dòng điện xoay chiều, trong khi cơ cấu từ điện không làm được việc này. Muốn sử dụng cơ cấu từ điện để đo dòng

điện xoay chiều ta phải kết hợp với mạch chỉnh lưu để biến đổi dòng điện xoay chiều thành dòng điện một chiều trước khi đưa vào mạch đo, có thể dùng các sơ đồ chỉnh lưu sau để kết hợp với cơ cấu từ điện:

Sơ đồ chỉnh lưu nửa chu kì:



Hình 3.4: Sơ đồ chỉnh lưu nửa chu kì

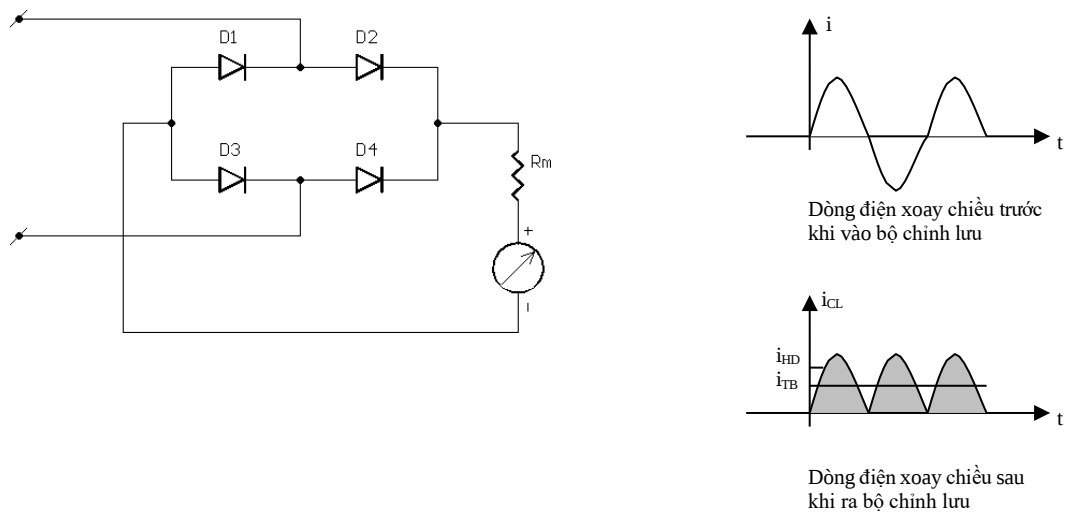
Điện trở R và diode D2 có tác dụng bảo vệ D1 trong bán kì D1 bị phân cực ngược.

Dòng chỉnh lưu trung bình qua mạch đo:

$$I_{cltb} = 0.318 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{hd} \quad (3.4)$$

$I_{cltb} = I_{\max}$ là dòng điện tối đa chạy qua cơ cấu

Sơ đồ chỉnh lưu toàn chu kì kiểu cầu (sử dụng 4 diode):



Hình 3.5: Sơ đồ chỉnh lưu toàn kì

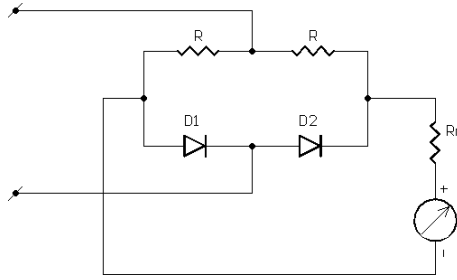
Dòng chỉnh lưu trung bình qua mạch đo:

$$I_{cltb} = 0.636 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{hd} \quad (3.5)$$

$I_{cltb} = I_{\max}$ là dòng điện tối đa chạy qua cơ cấu

Chỉnh lưu toàn chu kì cho phép dòng điện trong cả hai bán kì đều chạy qua cơ cấu nên trị số dòng điện chỉnh lưu trong sơ đồ hai nửa chu kì lớn gấp đôi dòng điện chỉnh lưu trong sơ đồ nửa chu kì.

Sơ đồ mạch chỉnh lưu hai nửa chu kì sử dụng 2 diode và 2 điện trở:



Hình 3.6: Sơ đồ chỉnh lưu 2 nửa chu kì dùng 2 diode và 2 điện trở

Sơ đồ trên đã thay thế hai diode trong mạch chỉnh lưu cầu bằng hai điện trở mà vẫn đảm bảo chỉnh lưu được dòng điện xoay chiều. Nhờ giảm được số diode trong mạch mà sai số do ảnh hưởng của nhiệt đã được giảm nhỏ.

Sơ đồ này phải đảm bảo các điều kiện sau:

- Khi đo dòng điện tải, cơ cấu phải đảm bảo dòng điện chạy qua vẫn là dòng điện xoay chiều để không ảnh hưởng đến mạch tải bên ngoài.
- Trong hai nửa chu kì đều có dòng điện chạy qua cơ cấu theo một chiều nhất định.

Hoạt động:

- Trong mỗi nửa chu kì, dòng điện chỉnh lưu sẽ có một phần (khoảng 30% ÷ 40%) chạy qua cơ cấu, phần còn lại rẽ nhánh qua một trong hai điện trở. Như vậy một trong hai điện trở sẽ đóng vai trò là điện trở shunt chia dòng điện cần đo. Điều này là hữu ích nếu dòng điện cần đo có trị số lớn, nhưng sẽ làm giảm độ nhạy của cơ cấu khi dòng điện cần đo có giá trị nhỏ.

- Trong các sơ đồ chỉnh lưu, độ lệch của phần lớn các cơ cấu đo tỉ lệ với trị số trung bình của dòng điện xoay chiều. Nhưng đối với điện xoay chiều, người ta chỉ cần biết giá trị hiệu dụng. Do vậy, các đồng hồ đo điện thường chia độ thang đo của dụng cụ chỉnh lưu ra trị số hiệu dụng. Mối quan hệ giữa trị số hiệu dụng I và trị số trung bình I_{tb} gọi là hệ số hình dạng của dòng điện xoay chiều.

$$\frac{I}{I_{tb}} = k_H \quad (3.6)$$

- Với dòng điện xoay chiều có dạng hình sin, hệ số hình dạng có giá trị $k_H = 1,11$. Nếu dòng điện xoay chiều có dạng khác hình sin thì hệ số k_H sẽ thay đổi. Như vậy đối với các đồng hồ đo khi sản xuất đã được hiệu chuẩn với các tín hiệu sin thì các trị số chia độ trên thang đo sẽ không có ý nghĩa khi đo dòng điện có dạng không sin.

- Gọi I_m là dòng điện chạy qua cơ cấu đo
- Với sơ đồ chỉnh lưu toàn chu kì sử dụng 4 diode, ta có dòng điện chỉnh lưu chạy qua cơ cấu I_m cũng chính là dòng điện trung bình có giá trị: $I_m = I_{tb} = \frac{I}{k_H}$

- Với sơ đồ chỉnh lưu một nửa chu kì vì dòng điện giảm đi một nửa nên ta có:

$$I_m = I_{tb} = \frac{I}{2.k_H} \quad (3.7)$$

- Với sơ đồ chỉnh lưu toàn chu kỳ sử dụng 2 diode kết hợp 2 điện trở, ta có dòng điện trung bình được tính theo sơ đồ phân tích:

$$I_m = I_{tb} \cdot \frac{R}{2R + R_m} \approx \frac{I}{2} \cdot \frac{R}{R + R_m} \quad (3.8)$$

- Trong một số trường hợp để đo dòng điện xoay chiều tần số cao người ta không dùng chỉnh lưu mà dùng cặp nhiệt ngẫu. Dòng điện xoay chiều đi qua cặp nhiệt ngẫu sẽ đốt nóng đầu nối của nó và tạo ra sức điện động một chiều tỉ lệ với bình phương cường độ dòng điện. Sức điện động một chiều này được đặt vào hai đầu khung dây của cơ cấu đo kiểu từ điện khiến cho kim chỉ thị quay một góc tương ứng.

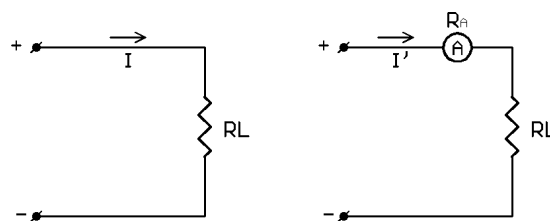
Ưu, khuyết điểm của bộ chỉnh lưu bán dẫn:

Có độ nhạy cao vì chỉ cần điện áp nhỏ để mở thông linh kiện bán dẫn, công suất tiêu thụ thấp nên ảnh hưởng ít đến mạch đo. Nhưng khuyết điểm lớn nhất của chỉnh lưu bán dẫn là dễ bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ môi trường, độ chính xác không cao, đặc tuyến hoạt động không hoàn toàn tuyến tính, khi tần số tính hiệu tăng thì ảnh hưởng của các điện dung ký sinh trở nên đáng kể, điều này cũng lý giải tại sao thang đo xoay chiều không trùng với thang đo một chiều.

3.1.3 Ảnh hưởng của Ampe kế đối với mạch đo:

Ampe kế dùng để đo dòng điện, nó được mắc nối tiếp với mạch cần đo.

Sơ đồ mắc Ampe kế vào mạch:



Hình 3. 7: Sơ đồ mắc Volt kế vào mạch

Khi Ampe kế mắc vào trong mạch khiến cho $I' < I$ do vậy có ảnh hưởng đến mạch đo. Người ta mong muốn sự ảnh hưởng này càng nhỏ càng tốt. Muốn vậy nội trở R_A phải càng nhỏ so với điện trở tải để giảm sai số.

Trong mạch đo dòng điện trong Ampe kế ta có:

$$R_A = \frac{R_{Shunt} \cdot R_m}{R_{Shunt} + R_m} \quad (3.9)$$

R_A : Nội trở của Ampe kế [Ω]

Khi thang đo thay đổi thì điện trở R_{Shunt} thay đổi, do vậy nội trở R_A cũng thay đổi. Đối với thang đo dòng điện lớn thì nội trở càng nhỏ và ngược lại khi thang đo càng nhỏ thì nội trở càng lớn.

Ví dụ 2:

Cho một cơ cấu từ điện có $R_m = 1$ [k Ω], $I_{FS} = 50$ [μ A]. Hãy so sánh nội trở của Ampe kế tại các tầm đo 1 [mA] và 30 [mA]?

Ví dụ 3:

Cho Ampe kế 1 có $R_{A1} = 50$ [Ω] mắc nối tiếp với tải có $R_{tải} = 100$ [Ω]

Ampe kế 2 có $R_{A2} = 10$ [Ω] mắc nối tiếp với tải có $R_{tải} = 100$ [Ω]

Hãy tính sai số mắc phải khi sử dụng Ampe kế 1 và Ampe kế 2?

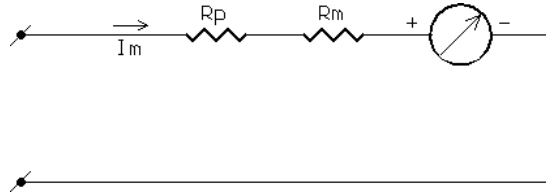
3.2. ĐO ĐIỆN ÁP MỘT CHIỀU (DC) VÀ XOAY CHIỀU (AC)

3.2.1 Đo điện áp một chiều (DC):

Nguyên lý đo:

Điện áp cần đo được chuyển thành dòng điện đi qua cơ cấu chỉ thị. Nghĩa là, đo điện áp thông qua dòng điện chạy qua cơ cấu. Các cơ cấu từ điện, điện từ, điện động đều được dùng làm Volt kế đo điện áp một chiều.

Nếu dùng các cơ cấu chỉ thị trên trực tiếp đo điện áp một chiều thì trị số điện áp đo được sẽ không đáng kể, thường không quá 1 [V] do giới hạn đo của chúng bị hạn chế bởi dòng lệch toàn phần. Để đo được các điện áp lớn hơn, ta phải mở rộng thang đo bằng cách dùng thêm các điện trở phụ R_p mắc nối tiếp với cơ cấu đo.



Hình 3. 8: Sơ đồ mạch đo volt kế

Trị số điện áp cần đo:

$$U = I_m \cdot (R_m + R_p) \quad (3.10)$$

I_m : Dòng điện chạy qua cơ cấu [A]

R_m : Điện trở nội của cơ cấu [Ω]

R_p : Điện trở phụ mắc nối tiếp với cơ cấu [Ω]

Do đó:

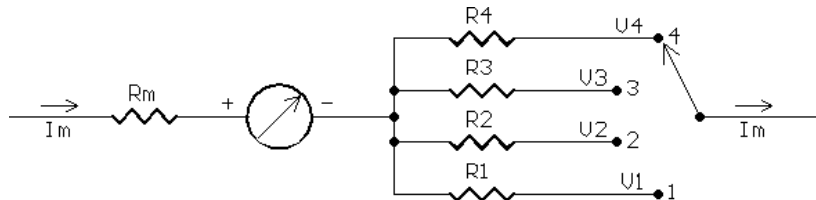
Tổng trở vào của Volt kế:

$$Z_V = R_m + R_p \quad (3.11)$$

Tổng trở vào Volt kế không phải là một giá trị cố định mà sẽ thay đổi theo tầm đo. Tầm đo điện áp càng lớn thì điện trở phụ mắc nối tiếp sẽ càng lớn do vậy tổng trở vào sẽ càng lớn.

Việc mở rộng thang đo điện áp ta có thể sử dụng điện trở phụ mắc riêng biệt hoặc điện trở phụ vạn năng.

Mạch đo điện áp dùng điện trở phụ riêng biệt:

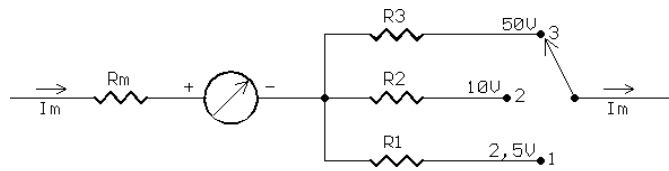


Hình 3. 9: Cơ cấu đo dùng điện trở phụ riêng biệt

Mỗi tầm đo điện áp có một điện trở phụ tương ứng, điện áp càng lớn thì điện trở phụ mắc nối tiếp có giá trị càng lớn. Dạng mạch này thuận tiện cho việc sửa chữa, điều chỉnh song cũng có nhược điểm như mạch dùng điện trở shunt riêng biệt.

Ví dụ 4:

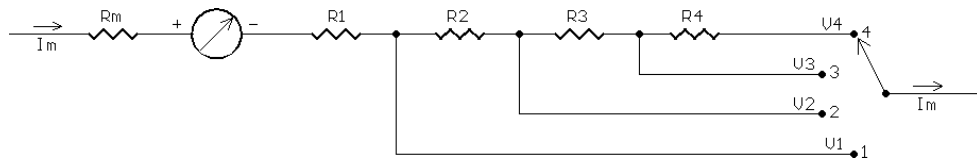
Volt kế dùng cơ cấu từ điện có $R_m = 0,5 \text{ [k}\Omega\text{]}$, $I_{\max} = 100 \text{ [\mu A]}$.



Giả sử mạch đo điện áp của Volt kế sử dụng điện trở phụ riêng biệt.

Hãy tính giá trị điện trở phụ cho ba tầm đo $V_1 = 2,5$ [V], $V_2 = 10$ [V], $V_3 = 50$ [V].

Mạch đo điện áp dùng điện trở phụ vạn năng:



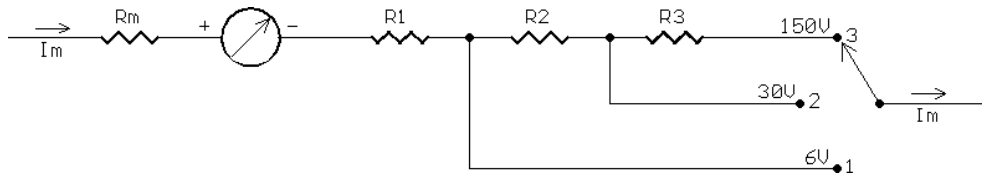
Hình 3. 10: Cơ cấu đo dùng điện trở phụ vạn năng

Trong mạch đo điện áp dùng điện trở phụ vạn năng, ta thấy điện trở phụ của thang đo điện áp nhỏ là một phần trong điện trở phụ của thang đo điện áp lớn hơn. Việc sử dụng điện trở phụ vạn năng sẽ tiết kiệm hơn về kinh tế và được sử dụng nhiều hơn trong các đồng hồ đo điện vạn năng, nhưng việc sửa chữa, điều chỉnh sẽ phức tạp hơn vì điện trở phụ của các thang đo có liên quan với nhau. Khi hư hỏng điện trở phụ của thang đo điện áp nhỏ thì thang đo lớn cũng bị ảnh hưởng vì không đo chính xác điện áp được nữa.

Ví dụ 5:

Volt kế dùng cơ cấu từ điện có $R_m = 300$ [Ω], $I_{FS} = 0,3$ [mA]. Giả sử mạch đo điện áp của Volt kế sử dụng điện trở phụ vạn năng.

Hãy tính giá trị điện trở phụ để thang đo điện áp của đồng hồ vạn năng đo được điện áp: 6 [V], 30 [V], 150 [V].



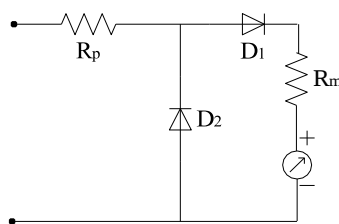
3.2.2 Đo điện áp xoay chiều (AC):

Các cơ cấu đo kiểu điện từ, điện động đều có thể đo trực tiếp điện áp hiệu dụng AC. Phương pháp để mở rộng thang đo điện áp một chiều đã nghiên cứu cũng được áp dụng cho các cơ cấu này khi cần mở rộng thang đo điện áp xoay chiều.

Riêng với cơ cấu từ điện khi cần đo điện áp AC thì phải sử dụng thêm bộ chỉnh lưu.

Mạch đo điện áp xoay chiều sử dụng một diode (Mạch chỉnh lưu bán kỳ):

Sơ đồ:



Hình 3. 11: Sơ đồ mạch đo điện áp xoay chiều sử dụng 1 diode

D1: Diode nắn dòng điện bán kì dương

D2: Diode bảo vệ D1 trong bán kì âm tránh điện áp phân cực ngược gây hư hỏng khi đo điện áp xoay chiều có giá trị lớn

Dòng chỉnh lưu trung bình qua mạch đo:

$$I_{cltb} = 0.318 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{hd} \quad (3.12)$$

$I_{cltb} = I_{max}$ là dòng điện tối đa chạy qua cơ cấu

$V_{AC} = (R + R_m) \cdot I_{hd} + V_D$ (tính theo trị hiệu dụng)

$$(R + R_m) = \frac{V_{AC} - V_D}{I_{hd}} \quad (3.13)$$

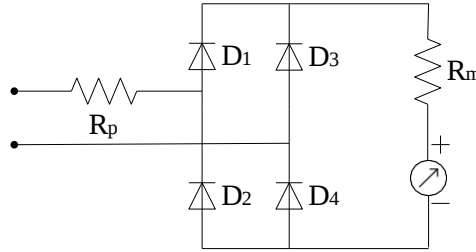
Ví dụ 6:

Cho một cơ cấu có $R_m = 1 \text{ [k}\Omega\text{]}$, $I_{FS} = 50 \text{ [}\mu\text{A]}$ được mắc thành mạch đo điện áp xoay chiều sử dụng một diode.

Hãy xác định giá trị điện trở R_p khi cần đo $V_{AC} = 10 \text{ [V]}$, cho biết $V_D = 0,6 \text{ [V]}$.

Mạch đo điện áp xoay chiều sử dụng 4 diode (Mạch chỉnh lưu toàn kỳ):

Sơ đồ mạch:



Hình 3. 12 Sơ đồ mạch đo điện áp xoay chiều sử dụng 4 diode

Dòng chỉnh lưu trung bình qua mạch đo:

$$I_{cltb} = 0.636 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{hd} \quad (3.14)$$

$I_{cltb} = I_{max}$ là dòng điện tối đa chạy qua cơ cấu

$V_{AC} = (R + R_m) \cdot I_{hd} + 2 \cdot V_D$ (tính theo trị hiệu dụng)

$$(R + R_m) = \frac{V_{AC} - 2 \cdot V_D}{I_{hd}} \quad (3.15)$$

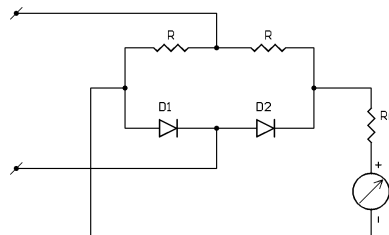
Ví dụ 7:

Cho một cơ cấu có $R_m = 1 \text{ [k}\Omega\text{]}$, $I_{FS} = 50 \text{ [}\mu\text{A]}$ được mắc thành mạch đo điện áp xoay chiều sử dụng mạch chỉnh lưu toàn kỳ.

Hãy xác định giá trị điện trở R_p khi cần đo $V_{AC} = 10 \text{ [V]}$, cho biết $V_D = 0,6 \text{ [V]}$.

Mạch đo điện áp xoay chiều sử dụng 2 diode kết hợp 2 điện trở:

Sơ đồ mạch:



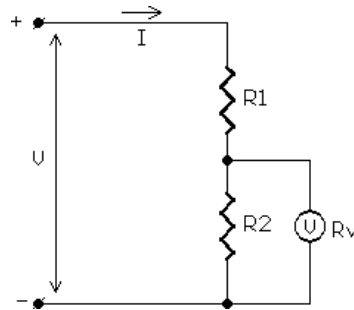
Hình 3. 13: Sơ đồ mạch đo điện áp xoay chiều sử dụng 2 diode kết hợp 2 điện trở

Chọn điện trở $R_1 = R_2 = R$

3.2.3 Ảnh hưởng của Volt kế đối với mạch đo:

Volt kế dùng đo điện áp, được mắc song song với phần tử cần đo điện áp. Vì vậy tổng trở của Volt kế sẽ mắc song song với phần tử cần đo.

Sơ đồ mắc Volt kế vào mạch:



Hình 3. 14: Sơ đồ mắc volt kế vào mạch đo

Khi chưa mắc Volt kế vào mạch thì:

$$I = \frac{V}{R_1 + R_2} \quad (3.16)$$

$$V_2 = I \cdot R_2 = \frac{V}{R_1 + R_2} \cdot R_2 \quad (3.17)$$

Sau khi mắc Volt kế vào mạch thì:

$$I' = \frac{V}{R_1 + \frac{R_2 \cdot R_V}{R_2 + R_V}} \quad (3.18)$$

Volt kế chỉ giá trị:

$$V' = \frac{R_2 \cdot R_V}{R_2 + R_V} \cdot I' = \frac{R_2 \cdot R_V}{R_2 + R_V} \cdot \frac{V}{R_1 + \frac{R_2 \cdot R_V}{R_2 + R_V}} \quad (3.19)$$

Nếu $R_2 \ll R_V$ thì $V' = \frac{V}{R_1 + R_2} \cdot R_2 \approx V$, có thể coi ảnh hưởng của Volt kế không đáng kể đối với mạch đo.

Ví dụ 7:

Cho mạch điện có $R_1 = 6 [\Omega]$, $R_2 = 4 [\Omega]$. Điện áp đặt vào hai đầu mạch: 10 [V].

Volt kế có $R_V = 200 [k\Omega]$. Hãy xác định ảnh hưởng của Volt kế.

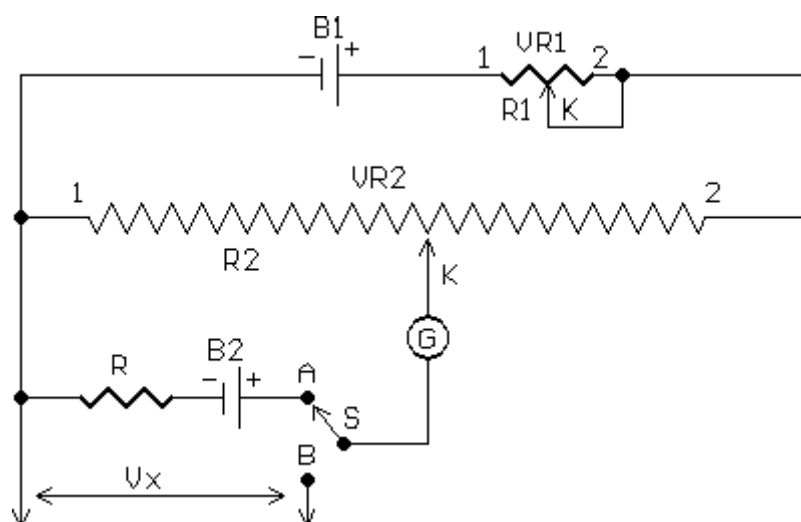
3.2.4 Đo điện áp một chiều bằng phương pháp biến trở

Nguyên lý đo:

Thực hiện phép so sánh giữa điện áp cần đo (chưa biết giá trị) với một điện áp chuẩn (đã biết giá trị). Nếu hai điện áp bằng nhau thì giá trị điện áp cần đo sẽ được suy ra từ giá trị điện áp chuẩn.

Sử dụng một điện kế G (Galvanometer) để phát hiện sự cân bằng của hai điện áp này. Khi hai điện áp bằng nhau thì kim của điện kế G chỉ vị trí 0, lúc này giá trị điện áp cần đo đúng bằng giá trị điện áp chuẩn.

Sơ đồ mạch:



Hình 3. 15: Đo điện áp một chiều bằng phương pháp biến trở

B1: Nguồn điện áp một chiều cấp cho mạch đo [V]

B2: Nguồn điện áp chuẩn [V]

VR1: Biến trở điều chỉnh dòng điện chuẩn I [Ω]

VR2: Biến trở đo lường để đưa ra áp chuẩn [Ω]

G: Điện kế (cơ cấu từ điện)

R: Nội trở của nguồn áp chuẩn ban đầu [Ω]

S: Khóa chuyển hai vị trí A, B

Vị trí A: Dùng để chuẩn đồng hồ đo trước khi thực hiện đo

Vị trí B: Để thực hiện đo điện áp cần đo V_x

Gọi phần điện trở tính từ vị trí 1 đến con trượt K của VR1 là: R1

Gọi phần điện trở tính từ vị trí 1 đến con trượt K của VR2 là: R2

Ta có:

$$I = \frac{B_1}{R_1 + VR_2} \quad (3.20)$$

Hoạt động:

Trong quá trình sử dụng, nguồn điện áp B1 có thay đổi giá trị (pin bị yếu hoặc mạnh quá mức cần thiết) gây ảnh hưởng đến kết quả đo nên người ta phải sử dụng biến trở VR1 để điều chỉnh dòng điện I trong mạch không đổi khi nguồn B1 thay đổi trong phạm vi cho phép. Muốn vậy, trước khi thực hiện đo điện áp V_x , người ta di chuyển con chạy K của VR2 đến vị trí định trước ứng với điện áp ghi trên thang đo bằng điện áp của nguồn chuẩn B2 sau đó chuyển khóa S sang vị trí A để dùng nguồn chuẩn B2 chuẩn hóa cho đồng hồ đo. Nếu kim của G không nằm tại vị trí 0 thì có nghĩa là điện áp chuẩn B2 đã có sự sai lệch với điện áp từ VR2 đưa ra. Người ta điều chỉnh biến trở VR1 để dòng điện I chạy trong mạch đo mang giá trị như ban đầu, lúc đó kim của điện kế G sẽ chỉ về vị trí 0. Kết thúc quá trình kiểm tra đồng hồ đo (định chuẩn đồng hồ đo).

Sau đó khóa S được chuyển sang vị trí B để thực hiện so sánh điện áp trên R2 với điện áp V_x . Điều chỉnh con chạy K của biến trở đo lường VR2 sao cho kim điện kế chỉ về 0.

Thông thường người ta ghi trị số điện áp trên VR_2 để khi con chạy K dịch chuyển đến vị trí nào ta sẽ biết được điện áp chuẩn đang có giá trị bao nhiêu. Tại vị trí dừng của con chạy K ta xem thang đo ghi giá trị điện áp cần đo.

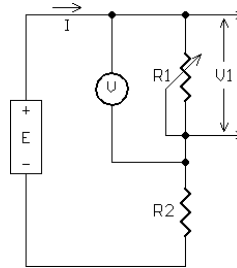
Ta có: $V(R_2) = R_2.I = V_x$

Dòng điện chạy qua điện kế $G = 0$ nên không có điện áp rơi trên điện trở nội của nguồn điện áp V_x cần đo, do vậy phương pháp này có ưu điểm rất chính xác.

Ứng dụng của phương pháp đo điện áp bằng biến trở:

Định chuẩn cho Volt kế, Ampe kế một chiều:

Sơ đồ mạch định chuẩn cho Volt kế một chiều:



Hình 3. 16: Sơ đồ định chuẩn cho Volt kế 1 chiều

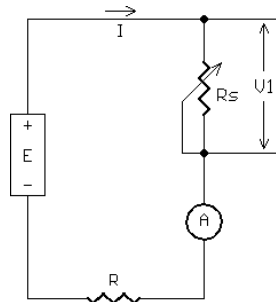
R_1 : Biến trở được kết hợp với R_2 tạo thành mạch phân áp $[\Omega]$

V : Volt kế cần định chuẩn mắc song song với biến trở R_1 $[V]$

Khi ta thay đổi giá trị R_1 thì điện áp rơi trên nó cũng thay đổi theo, điện áp V_1 này được đo bằng phương pháp đo điện áp bằng biến trở như đã nghiên cứu trong phần trên.

Giá trị của Volt kế V sẽ được so sánh với V_1 để xác định độ chính xác của Volt kế cần định chuẩn.

Sơ đồ mạch định chuẩn cho Ampe kế một chiều:



Hình 3. 17: Sơ đồ định chuẩn cho Ampe kế 1 chiều

R_s : Biến trở chính xác mắc nối tiếp với Ampe kế cần định chuẩn và điện trở R $[\Omega]$

Khi ta thay đổi giá trị R_s thì dòng điện chạy qua nó cũng thay đổi theo, dòng điện này chạy qua Ampe kế.

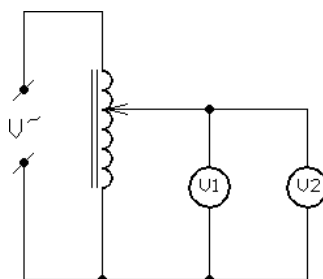
Điện áp rơi trên biến trở R_s được đo bằng phương pháp đo điện áp bằng biến trở như đã nghiên cứu trong phần trên. Ta tính ra dòng điện chạy qua Ampe kế theo công thức:

$$I = \frac{V_1}{R_s} \text{ sau đó so sánh dòng điện này với giá trị do Ampe kế chỉ để có kết luận về độ}$$

chính xác của Ampe kế cần định chuẩn.

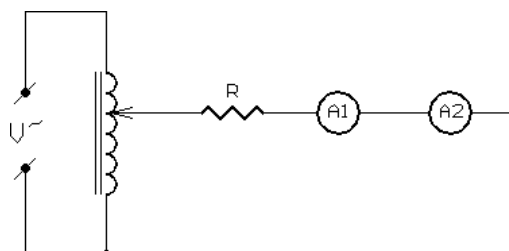
Định chuẩn cho Volt kế, Ampe kế xoay chiều:

Sơ đồ mạch định chuẩn cho Volt kế xoay chiều:



Hình 3. 18: Sơ đồ định chuẩn cho Volt kế xoay chiều

Sơ đồ mạch định chuẩn cho Ampe kế xoay chiều:



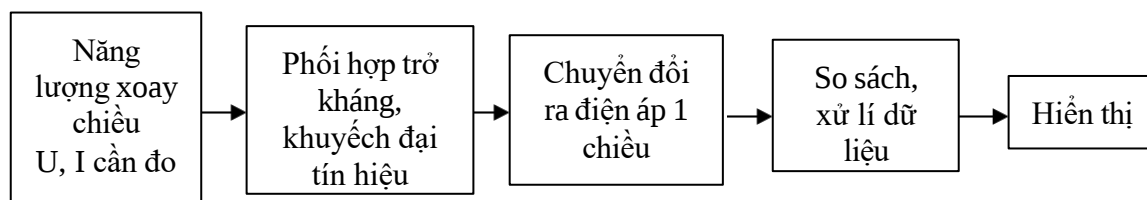
Hình 3. 19: Sơ đồ định chuẩn cho Ampe kế xoay chiều

Phương pháp đo điện áp bằng biến trở không thể đo điện áp xoay chiều được nên ta không định chuẩn trực tiếp các Volt kế và Ampe kế xoay chiều mà phải nhờ đến các thiết bị trung gian. Những thiết bị này đã được định chuẩn bằng phương pháp đo điện áp bằng biến trở.

V_1 , A_1 là Volt kế và Ampe kế cần định chuẩn. V_2 , A_2 là các Volt kế, Ampe kế đã được định chuẩn bằng phương pháp đo điện áp bằng biến trở.

3.2.5 Volt kế điện tử, Ampe kế điện tử

Sơ đồ khối:



Hình 3. 20: Sơ đồ khối

Trong sơ đồ trên, các đại lượng xoay chiều ngõ vào qua mạch phối hợp trở kháng và khuếch đại tín hiệu nhằm giảm nhỏ ảnh hưởng của thiết bị đến mạch đo đồng thời điều chỉnh biên độ tín hiệu phù hợp với các khối kế tiếp. Tín hiệu sau đó được chỉnh lưu để cho ra mức điện áp một chiều, mức điện áp này thể hiện biên độ của tín hiệu ngõ vào sẽ được so sánh với các chuẩn điện áp bên trong thiết bị đo để tạo dữ liệu cho khối xử lý phía sau nhận dạng, giải mã đưa ra tín hiệu điều khiển thích hợp đến bộ hiển thị.

Nguyên lý đo của Volt kế điện tử, Ampe kế điện tử:

Tất cả các đại lượng cần đo đều được chuyển đổi thành tín hiệu điện áp trước khi đưa vào mạch xử lý. Các thiết bị đo lường điện tử đều dựa trên cơ sở của Volt kế điện tử.

So sánh Volt kế thường và Volt kế điện tử:

Volt kế thường:

Hoạt động dựa trên cơ sở dòng điện chạy qua cơ cấu.

- Tổng trở vào Zin thay đổi theo các tầm đo.

- Độ nhạy S hoàn toàn phụ thuộc vào giá trị IFS. Do vậy độ nhạy thường là cố định đối với từng Volt kế.
- Khi thực hiện đo có thể đo giữa hai điểm bất kì trên mạch.
- Volt kế điện tử:
- Hoạt động dựa trên cơ sở điện áp của tín hiệu cần đo.
- Tổng trở vào Zin không thay đổi đối với mọi tầm đo và tối thiểu là $1\text{ [M}\Omega\text{]}$
- Độ nhạy S do mạch khuếch đại của Volt kế quyết định. Do vậy độ nhạy có thể thay đổi được tùy vào tín hiệu cần khuếch đại lên bao nhiêu lần.
- Khi thực hiện đo, điểm mass của Volt kế điện tử phải được nối với mass của mạch cần đo, dùng que đo còn lại để đo giá trị điện áp tại những điểm trên mạch.

Ampe kế điện tử:

Khi đo dòng điện DC, ta phải chuyển đổi dòng điện cần đo thành tín hiệu điện áp.

Khi đo dòng điện AC, ta chuyển đổi thành điện áp AC sau đó chuyển điện áp AC thành điện áp DC bằng các phương pháp chỉnh lưu, phương pháp trị đỉnh hoặc phương pháp trị hiệu dụng thực. Sau cùng mới thực hiện đo điện áp DC này.

❖ TÓM TẮT NỘI DUNG

3.1. Đo dòng điện một chiều DC và xoay chiều AC.

3.2. Đo điện áp một chiều DC và xoay chiều AC.

❖ CÂU HỎI Củng Cố

- Câu 1 Ampe kế 1 có $R_{A1} = 50\text{ (}\Omega\text{)}$ mắc nối tiếp với tải có $R_{\text{tải}} = 100\text{ (}\Omega\text{)}$, ampe kế 2 có $R_{A2} = 10\text{ (}\Omega\text{)}$ mắc nối tiếp với tải có $R_{\text{tải}} = 100\text{ (}\Omega\text{)}$. Sai số mắc phải khi dùng ampe kế 1 như thế nào so với khi dùng ampe kế 2?
- A) Lớn hơn
B) Nhỏ hơn
C) Bằng nhau
D) Không xác định
- Câu 2 Sai số do volt kế gây ra đối với mạch điện tải càng nhỏ khi tổng trở vào của volt kế:
- A) Càng nhỏ.
B) Càng lớn.
C) Giữ nguyên không đổi.
D) Không phụ thuộc vào tổng trở của volt kế
- Câu 3 Ampe kế dùng cơ cấu đo kiểu từ điện có dòng điện tầm đo bằng 10.1 mA , dòng điện cực đại qua cơ cấu đo là $100\text{ }\mu\text{A}$, nội trở cơ cấu đo bằng $100\text{ }\Omega$ thì giá trị điện trở Shunt sẽ là:
- A) $1\text{ }\Omega$
B) $100\text{ }\Omega$
C) $1\text{ K}\Omega$
D) $10\text{ K}\Omega$
- Câu 4 Volt kế dùng cơ cấu từ điện có $R_m = 0.5\text{ (k}\Omega\text{)}$, $I_{\text{max}} = 100\text{ (}\mu\text{A)}$. Giá trị điện trở phụ để volt kế đo được điện áp tầm đo 10 (V) là:
- A) $99.5\text{ (k}\Omega\text{)}$

- B) 100 (k Ω)
- C) 100.5 (k Ω)
- D) 50 (k Ω)

Câu 5 Ampe kế dùng cơ cấu đo kiểu từ điện có hệ số tỉ lệ dòng điện là 100, dòng điện cực đại qua cơ cấu đo là 100 μ A. Dòng điện lớn nhất ampe kế có thể đo là:

- A) 1 (A)
- B) 10 (mA)
- C) 1 (mA)
- D) 1 (μ A)

❖ NỘI DUNG

4.1 ĐO ĐIỆN TRỞ DÙNG PHƯƠNG PHÁP ĐO GIÁN TIẾP:

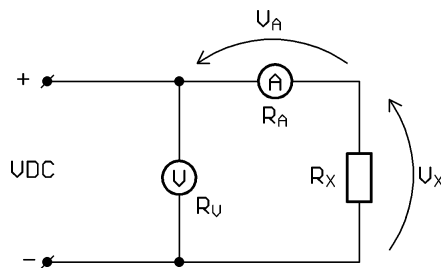
4.1.1 Đo điện trở dùng Volt kế và ampe kế:

Điện trở là linh kiện có tác dụng hạn chế dòng điện trong mạch ở một giá trị thích hợp, hoặc tiêu hao năng lượng điện để chuyển thành nhiệt năng.

Điện trở có thể được đo bằng phương pháp trực tiếp hoặc gián tiếp. Khi ta dùng Volt kế và Ampe kế để đo điện áp và dòng điện chạy qua điện trở sau đó dùng công thức để tính ra điện trở được gọi là phép đo gián tiếp, cách đo này thực hiện khi điện trở đang có điện áp và dòng điện chạy qua nên còn gọi là cách đo nóng.

Sơ đồ mạch:

Cách mắc Volt kế trước Ampe kế:



Hình 4. 1: Cách mắc Volt kế trước Ampe kế

Điện trở cần đo R_x , được tính theo công thức:

$$R_x = \frac{V}{I} \quad (4.1)$$

V: Số chỉ Volt kế [V]

I: Số chỉ Ampe kế [A]

Tuy nhiên, giá trị thực sự của điện trở được tính như sau:

$$R_x = \frac{V_X}{I} \quad (4.2)$$

V_X : Điện áp rơi trên điện trở [V]

V_A : Điện áp rơi trên Ampe kế [V]

Ta có:

$$V = V_A + V_X$$

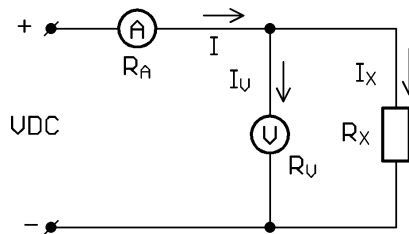
$$\rightarrow V_X = V - V_A$$

$$\rightarrow R_x = \frac{V - V_A}{I} = \frac{V}{I} - \frac{V_A}{I} \quad (4.3)$$

Nhận xét:

Giá trị điện trở tính theo công thức (1) khác với giá trị thực sự của điện trở. Sai số mắc phải do nội trở của Ampe kế gây ra. Ta nhận thấy khi nội trở R_A của Ampe kế càng nhỏ so với R_x (để V_A càng nhỏ) thì điện trở tính theo công thức (1) càng gần với điện trở thực.

Cách mắc Ampe kế trước Volt kế:



Hình 4. 2: Cách mắc Ampe kế trước Volt kế.

Điện trở cần đo R_x được tính theo công thức:

$$R_x = \frac{V}{I} \quad (4.4)$$

V: Số chỉ Volt kế [V]

I: Số chỉ Ampe kế [A]

Tuy nhiên, giá trị thực sự của điện trở được tính như sau:

$$R_x = \frac{V}{I_x} \quad (4.5)$$

I_x : Dòng điện chạy qua điện trở [A]

I_V : Dòng điện chạy qua Volt kế [A]

Ta có: $I = I_V + I_x$

$$\rightarrow I_x = I - I_V$$

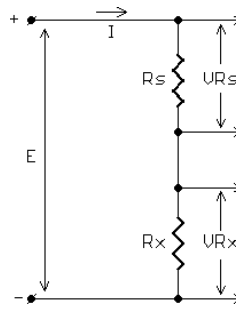
$$\rightarrow R_x = \frac{V}{I - I_V} \quad (4.6)$$

Nhận xét:

Giá trị điện trở tính theo công thức (2) khác với giá trị điện trở thực. Sai số mắc phải do nội trở của Volt kế gây ra. Ta nhận thấy khi nội trở R_V của Volt kế càng lớn so với R_x (để I_V càng nhỏ) thì điện trở tính theo công thức (1) càng gần với điện trở thực.

4.1.2 Đo điện trở dùng phương pháp đo điện áp bằng biến trở

Sơ đồ mạch:



Hình 4. 3: Đo điện trở dùng phương pháp đo điện áp bằng biến trở

Ta có:
$$\frac{V_{RX}}{V_{RS}} = \frac{I.R_x}{I.R_s} = \frac{R_x}{R_s}$$

Do đó:

$$R_x = R_s \cdot \frac{V_{RX}}{V_{RS}} \quad (4.7)$$

Sử dụng phương pháp đo điện áp dùng biến trở để đo V_{RX} , V_{RS} . Sau đó sử dụng công thức (4.7) để tính ra giá trị R_x .

Đo điện trở dùng phương pháp này không phụ thuộc vào dòng điện I cấp cho mạch đo.

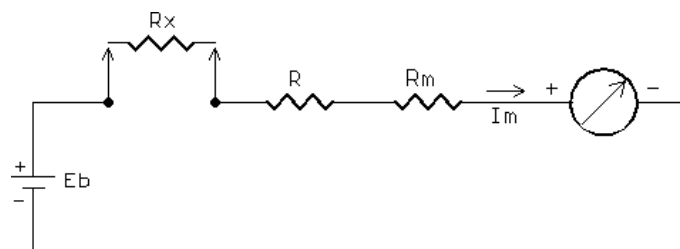
4.2 MẠCH ĐO ĐIỆN TRỞ BẰNG OHM KẾ:

4.2.1 Nguyên lý mạch đo điện trở:

Như vậy điện trở có thể đo bằng cách sử dụng hai phương pháp trên, các phương pháp này đo điện trở thông qua các đại lượng trung gian cho nên được gọi là phương pháp đo gián tiếp. Đồng thời những phương pháp đo điện trở khi thành phần điện trở có dòng điện chạy qua và áp của mạch đo cung cấp nên cũng được gọi là cách đo nóng.

Trong đồng hồ đo vạn năng (Multimeter VOM) có phần đo điện trở (Ohm kế). Khi cần đo điện trở thì do phần tử điện trở không mang năng lượng nên mạch đo sẽ có nguồn năng lượng riêng (pin). Cách đo trực tiếp giá trị điện trở khi nó được loại khỏi mạch điện nên được gọi là cách đo nguội.

Sơ đồ mạch:



Hình 4. 4: Sơ đồ mạch đo điện trở.

Điện trở cần đo R_x được mắc nối tiếp với cơ cấu chỉ thị nên cách đo này gọi là đo nối tiếp.

$$I_m = \frac{E_b}{R_x + R + R_m} \quad (4.8)$$

R_x : Điện trở cần đo [Ω]

R : Điện trở cân bằng thang đo [Ω]

R_m : Điện trở nội của cơ cấu [Ω]

Nhận xét:

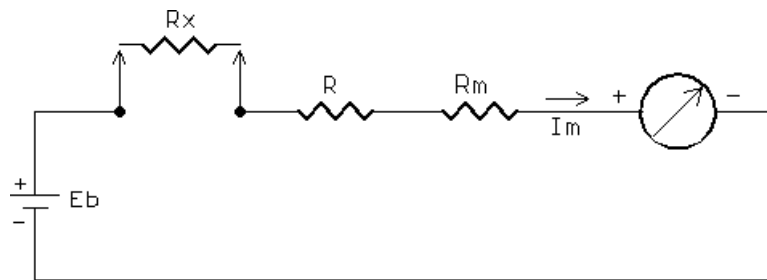
- Cơ cấu có nội trở R_m , được mắc vào mạch có nguồn E_b . Khi đo điện trở R_x , dòng điện đi qua cơ cấu sẽ đạt giá trị cực đại khi $R_x = 0$, nếu dòng điện này vượt quá giới hạn cơ cấu sẽ gây hư hỏng. Để tránh sự cố này người ta dùng thêm điện trở cân bằng thang đo để giới hạn dòng điện chạy qua cơ cấu chỉ bằng IFS khi $R_x = 0$ như vậy R có tác dụng bảo vệ cơ cấu.

- Kim chỉ thị sẽ nằm tận cùng bên phải khi $R_x = 0$ vì dòng điện lúc này là lớn nhất ($I_m = I_{FS}$). Ngược lại kim chỉ thị sẽ nằm tận cùng bên trái khi $R_x = \infty$ vì dòng điện là nhỏ nhất ($I_m = 0$). Khi đo điện trở càng nhỏ thì góc quay của kim càng lớn. Như vậy thang đo điện trở được sắp giá trị ngược với thang đo điện áp, dòng điện.

- Trong công thức (1) ta thấy dòng điện chạy qua cơ cấu không tỉ lệ bậc nhất với điện trở cho nên thang đo điện trở có độ chia không đều.

Ví dụ 1:

Cho một cơ cấu đo kiểu từ điện có $R_m = 1$ [k Ω], $I_{FS} = 100$ [μA], được mắc thành mạch đo điện trở kiểu nối tiếp, nguồn $E_b = 1,5$ [V].

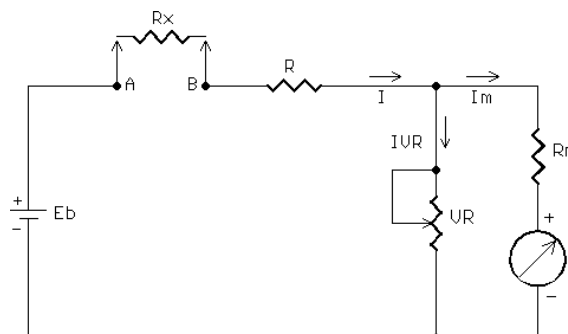


- Hãy vẽ sơ đồ mạch và tìm giá trị điện trở cân bằng thang đo.
- Với giá trị nào của R_x thì dòng điện chạy qua cơ cấu là lớn nhất, nhỏ nhất. Lúc này kim chỉ thị nằm ở vị trí nào. Rút ra nhận xét gì.
- Hãy tính R_x khi kim nằm ở $1/4$, $1/2$, $3/4$ thang đo
- Biểu diễn giá trị R_x vừa tính được lên thang đo và rút ra nhận xét.

4.2.2 Mạch đo điện trở thực tế:

Thực tế nguồn E_b sẽ giảm dần theo thời gian. Do vậy khi $R_x = 0$ thì dòng điện chạy qua cơ cấu sẽ không đạt giá trị IFS. Để có thể điều chỉnh dòng điện chạy qua cơ cấu trở lại giá trị IFS, người ta sử dụng một biến trở VR mắc song song với cơ cấu.

Sơ đồ mạch:



Hình 4. 5: Sơ đồ mạch đo điện trở thực tế

VR: Phần điện trở tham gia vào mạch đo

Trước khi thực hiện đo điện trở, người ta chập hai que đo lại (tương tự khi $R_x = 0$), sau đó điều chỉnh VR sao cho kim của Ohm kế chỉ 0 [Ω].

Ta có:

$$\begin{aligned} I &= \frac{E_b}{R_x + R + \frac{VR \cdot R_m}{VR + R_m}} \\ V_m &= I_m \cdot R_m = I_{VR} \cdot VR = I \cdot \frac{VR \cdot R_m}{VR + R_m} \\ I_m &= \frac{V_m}{R_m} = I \cdot \frac{VR \cdot R_m}{VR + R_m} \cdot \frac{1}{R_m} = I \cdot \frac{VR}{VR + R_m} \\ &= \frac{E_b}{R_x + R + \frac{VR \cdot R_m}{VR + R_m}} \cdot \frac{VR}{VR + R_m} \\ I_m &= \frac{E_b}{R_x + R + \frac{VR \cdot R_m}{VR + R_m}} \cdot \frac{VR}{VR + R_m} \quad (4.9) \end{aligned}$$

Theo công thức (4.9), khi E_b thay đổi ta vẫn có thể giữ $I_m = I_{FS}$ bằng cách điều chỉnh biến trở VR đến một giá trị thích hợp.

Ví dụ 3:

Cho một cơ cấu đo kiểu từ điện có $R_m = 1$ [$k\Omega$], $R = 14,5$ [$k\Omega$], $I_{FS} = 50$ [μA]. Được mắc thành mạch đo điện trở kiểu nối tiếp có biến trở cân chỉnh dòng I_m . Nguồn $E_b = 1,5$ [V].

a. Hãy vẽ sơ đồ mạch và xác định giá trị R_x khi dòng điện chạy qua cơ cấu $I_m = I_{FS}$, $I_m = \frac{1}{2} \cdot I_{FS}$, $I_m = \frac{3}{4} \cdot I_{FS}$.

b. Giả sử sau một thời gian hoạt động, nguồn E_b giảm xuống còn 1,3 [V]. Hãy tính giá trị VR lúc này bằng bao nhiêu để khi $R_x = 0$ ta vẫn có $I_m = I_{FS}$.

c. Sau khi chỉnh VR, hãy tính trị số của R_x khi dòng điện chạy qua cơ cấu $I_m = I_{FS}$, $I_m = \frac{1}{2} \cdot I_{FS}$, $I_m = \frac{3}{4} \cdot I_{FS}$.

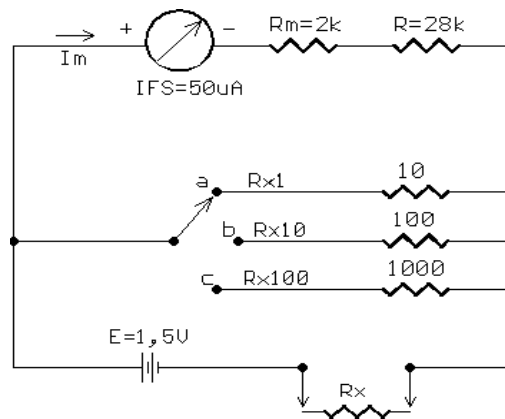
d. Nhận xét trị số R_x đo được khác biệt như thế nào so với lúc nguồn $E_b = 1,5$ [V].

4.2.3 Ohm kế có nhiều tầm đo:

Do thang đo của Ohm kế không tuyến tính và giá trị của độ chia càng tăng khi kim dịch về bên trái thang đo nên sai số sẽ tăng lên. Vì sai số lớn nên mạch nguyên lý đo điện trở không đo được trong phạm vi rộng. Người ta giảm sai số bằng cách mở rộng phạm vi đo điện trở.

Việc mở rộng phạm vi đo điện trở thực hiện bằng cách dùng thêm các điện trở mắc kết hợp với cơ cấu theo dạng thích hợp để tạo ra nhiều phạm vi đo chính xác và dùng chuyển mạch để chuyển đổi qua lại. Tất cả các cách mở rộng phạm vi đo chính xác đều có chung mục đích là làm sao có thể đo được điện trở lớn mà kim vẫn nằm trong vùng ít sai số.

Sơ đồ mạch mở rộng phạm vi đo chính xác sử dụng điện trở riêng biệt mắc song song với cơ cấu:



Hình 4. 6: Sơ đồ mạch mở rộng phạm vi đo chính xác sử dụng điện trở riêng biệt mắc song song với cơ cấu

Khi chuyển mạch nằm ở vị trí a (thang đo X1) thì $R = 10 [\Omega]$ mắc song song với nội trở của Ohm kế $R_{in} = 30 [k\Omega]$

$$\text{Do đó nội trở Ohm kế lúc này là: } R'_{in} = \frac{10 \cdot 30 \cdot 10^3}{10 + 30 \cdot 10^3} \approx 10 [\Omega]$$

Như vậy khi ta đo một điện trở có giá trị $10 [\Omega]$ thì kim sẽ lệch $\frac{1}{2}$ thang đo.

Khi chuyển mạch nằm ở vị trí b (thang đo X10) thì $R = 100 [\Omega]$ mắc song song với nội trở của Ohm kế $R_{in} = 30 [k\Omega]$, do đó nội trở Ohm kế lúc này là:

$$R'_{in} = \frac{100 \cdot 30 \cdot 10^3}{100 + 30 \cdot 10^3} \approx 100 [\Omega]$$

Như vậy khi ta đo một điện trở có giá trị $100 [\Omega]$ thì kim sẽ lệch $\frac{1}{2}$ thang đo.

Khi chuyển mạch nằm ở vị trí c (thang đo X1k) thì $R = 1 [k\Omega]$ mắc song song với nội trở của Ohm kế $R_{in} = 30 [k\Omega]$, do đó nội trở Ohm kế lúc này là:

$$R'_{in} = \frac{10^3 \cdot 30 \cdot 10^3}{10^3 + 30 \cdot 10^3} \approx 1 [k\Omega]$$

Như vậy khi ta đo một điện trở có giá trị $1 [k\Omega]$ thì kim sẽ lệch $\frac{1}{2}$ thang đo.

Ohm kế chỉ có một thang đo duy nhất ($0 \div \infty$). Khi đo điện trở ta sẽ dùng chuyển mạch để thay đổi phạm vi đo sao cho kim nằm ở khoảng $\frac{2}{3}$ thang đo tính từ phải qua. Sau đó đọc giá trị trên thang đo và nhân với hệ số ghi trên chuyển mạch để có được giá trị thực của điện trở.

Sử dụng mạch mở rộng phạm vi đo chính xác trên để tính dòng điện chạy qua cơ cấu khi đo $R_x = 20 [\Omega]$ (chuyển mạch đang nằm tại a). Nếu thay $R_x = 20 [\Omega]$ bằng $R_x = 200 [\Omega]$ (cho chuyển mạch nằm tại b) hoặc thay $R_x = 20 [\Omega]$ bằng $R_x = 2000 [\Omega]$ (cho chuyển mạch nằm tại c) thì dòng điện qua cơ cấu có thay đổi không?

4.2.4 Nguyên lý đo của Ohm kế tuyến tính:

Ta đã biết thang đo của Ohm kế theo nguyên lý dòng điện như đã đề cập ở trên là không tuyến tính theo điện trở đo.

Trong các mạch điện tử đo điện trở, người ta sẽ chuyển đổi giá trị điện trở cần đo R_x thành tín hiệu điện áp V_x bằng cách cung cấp một nguồn dòng hằng (không đổi bất chấp giá trị R_x).

$$V_x = I \cdot R_x \quad (4.10)$$

Do I không đổi nên V_x tuyến tính theo R_x . Như vậy người ta đã thực hiện đo điện trở thông qua điện áp:

$$R_x \rightarrow 0, V_x \rightarrow 0$$

$$R_x \rightarrow \infty, V_x \rightarrow \text{giá trị điện áp lớn nhất của mạch đo}$$

Chẳng hạn mạch đo có điện áp lớn nhất = 1,5 [V], thì khi $R_x \rightarrow \infty, V_x \rightarrow 1,5$ [V]

Như vậy nếu Volt kế có điện trở chỉnh máy trước khi đo thì phải chỉnh $R_x \rightarrow \infty$ cho mạch đo. Không chỉnh $R_x \rightarrow 0$ như ở mạch đo dựa trên cơ sở dòng điện.

4.3 CẦU WHEATSTONE ĐO ĐIỆN TRỞ

4.3.1 Giới thiệu chung:

Cầu đo lần đầu được phát minh bởi SH. Christie năm 1833. Tuy nhiên nó ít được sử dụng, mãi đến năm 1847 khi ông Charles Wheatstone phát hiện ra khả năng của nó có thể đo được điện trở rất chính xác và tên ông đã được đặt cho mạch cầu đo này.

Cầu đo Wheatstone đã được sử dụng lâu hơn bất kì thiết bị đo nào khác. Nó vẫn luôn là thiết bị chính xác và đáng tin cậy được dùng nhiều trong công nghiệp. Cấp chính xác khoảng 0,1 % là phổ biến đối với cầu Wheatstone khác với 3% ÷ 5% sai số của Ohmeter đo trở kháng.

Mạch cầu đo thường dùng trong thiết bị đo lường loại so sánh, được sử dụng rộng rãi để đo trở kháng, điện kháng, dung kháng. Nó hoạt động dựa trên nguyên tắc chỉ thị null. Nghĩa là sự chỉ thị không phụ thuộc vào việc hiệu chuẩn thiết bị hay bất kì đặc tính nào của nó. Vì lí do này, cấp chính xác có thể đạt được rất cao nhờ việc sử dụng cầu đo. Cầu đo cũng được sử dụng trong mạch điều khiển tự động chủ yếu là lĩnh vực đo lường như hệ thống cân (Loadcell), đóng gói bao bì... Khi sử dụng trong các ứng dụng như vậy, một nhánh của cầu đo chứa phần tử có tính trở kháng mà tính chất này lại thay đổi theo các thông số vật lí (nhiệt độ, áp suất...)

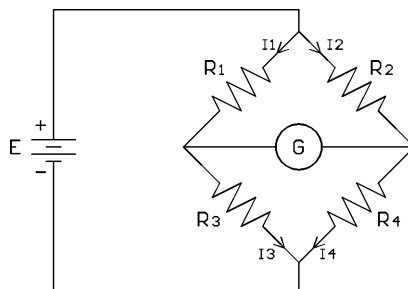
Chúng ta sẽ tìm hiểu các mạch cầu cơ bản và những ứng dụng của nó trong đo lường và điều khiển. Một số khái niệm liên quan cũng được giới thiệu như việc sử dụng nguyên lí kĩ thuật số trong cầu đo.

4.3.2 Đo điện trở dùng cầu Wheatstone cân bằng:

Cầu đo Wheatstone gồm hai nhánh điện trở mắc song song, mỗi nhánh chứa hai phần tử nối tiếp nhau thường là điện trở.

Nguồn điện áp một chiều được kết nối ngang qua mạng điện trở để cấp nguồn dòng cho mạng điện trở. Bộ dò điểm 0, thường dùng là điện kế G (Galvanometer) được kết nối giữa hai nhánh song song để dò trạng thái cân bằng của cầu.

Sơ đồ mạch nguyên lí:



Hình 4. 7: Sơ đồ đo điện trở bằng cầu Wheatston cân bằng

Sử dụng cầu để xác định giá trị của điện trở chưa biết là R_4 . Ta thay đổi giá trị của một trong những điện trở còn lại cho đến khi dòng điện đi ngang qua bộ dò điểm 0 giảm

về zero. Cầu đo lúc đó ở trạng thái cân bằng, điều này có nghĩa là điện áp rơi trên R_3 bằng với điện áp rơi trên R_4 .

Vì vậy chúng ta có thể nói rằng:

$$I_3.R_3 = I_4.R_4 \quad (4.11)$$

Tương tự ta cũng có:

$$I_1.R_1 = I_2.R_2 \quad (4.12)$$

Vì khi cầu cân bằng dòng điện chạy qua G bằng 0 nên ta có:

$$I_1 = I_3$$

$$I_2 = I_4$$

Ta lập tỉ số ~~(4.11)~~
(4.12)

$$\frac{I_3.R_3}{I_1.R_1} = \frac{I_4.R_4}{I_2.R_2}$$

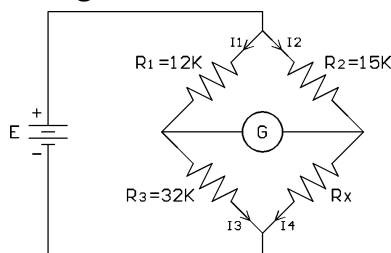
$$\frac{R_3}{R_1} = \frac{R_4}{R_2} \quad (4.13)$$

Nhận xét:

- Công thức (3) miêu tả trạng thái cân bằng của cầu Wheatstone và rất thuận tiện để tính toán giá trị điện trở chưa biết khi cầu đạt trạng thái cân bằng.
- Kết quả đo không phụ thuộc vào nguồn cung cấp
- Độ chính xác của kết quả phụ thuộc vào các điện trở thành phần trong mạch cầu và độ nhạy của điện kế G .
- Kết quả đo có độ chính xác cao hơn các phương pháp đo khác.
- Tầm đo điện trở của cầu Wheatstone: cầu đo Wheatstone chỉ đo chính xác được những điện trở có giá trị lớn hơn nhiều giá trị điện trở tiếp xúc và điện trở dây nối. Trong thực tế trị số của điện trở cần đo phải $\geq 5 [\Omega]$

Ví dụ 4:

Hãy tính giá trị điện trở R_x trong mạch sau. Giả sử dòng điện chạy qua $G = 0$



Độ nhạy của cầu Wheatstone:

Khi cầu đo chưa vào trạng thái cân bằng, dòng điện chạy qua G làm kim lệch khỏi vị trí zero. Ta có thể xem độ nhạy như là độ lệch trên một đơn vị dòng điện. Điều này nghĩa là khi độ nhạy cao sẽ cho một góc lệch lớn đối với cùng một dòng điện. Độ lệch có thể được biểu diễn theo độ dài hoặc góc quay của số đo.

Độ nhạy S được biểu diễn theo đơn vị:

$$S = \frac{\text{millimet}}{\mu A} = \frac{\text{độ}}{\mu A} = \frac{\text{radian}}{\mu A}$$

Do vậy độ lệch tổng cộng: $D = S \times I$

S: Độ nhạy đã biết trước

I: Dòng điện chạy qua cơ cấu [μA]

Nhưng làm thế nào để xác định độ chênh lệch của bộ dò điểm 0, ta có thể sử dụng lý thuyết Thevenil để phân tích vấn đề này. Dòng điện chạy qua G sẽ được xác định nhờ mạch tương đương Thevenil của cầu. Điện áp tương đương Thevenil được tìm ra bằng cách loại bỏ điện kế G trong mạch cầu và tính điện áp “hở mạch” giữa hai điểm a và b.

Áp dụng công thức phân áp cho phép biểu diễn điện áp tại điểm a:

$$V_a = E \frac{R_3}{R_1 + R_3}$$

$$V_b = E \frac{R_4}{R_2 + R_4}$$

$$V_{Th} = V_a - V_b = E \frac{R_3}{R_1 + R_3} - E \frac{R_4}{R_2 + R_4}$$

$$V_{Th} = E \cdot \left(\frac{R_3}{R_1 + R_3} - \frac{R_4}{R_2 + R_4} \right) \quad (4.14)$$

Điện trở tương đương Thevenil được tìm bằng cách thay thế nguồn áp với điện trở nội của nó và tính toán trở kháng nhìn ngược lại cầu tại các điểm nối của G. Từ điện trở nội của nguồn điện áp E được giả sử là rất bé (≈ 0) và vẽ lại cầu để dễ tính toán điện trở tương đương.

Trở kháng tương đương của mạch R_{Th} :

$$R_{Th} = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_3} + \frac{R_2 \cdot R_4}{R_2 + R_4} \quad (4.15)$$

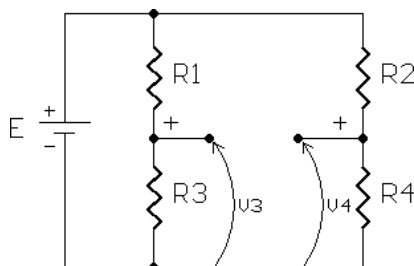
Mạch tương đương Thevenil của cầu, khi nhìn ngược về từ hai đầu nối a, b

Ta có:

$$I_G = \frac{V_{Th}}{R_{Th} + R_G} \quad (4.16)$$

4.3.3 Đo điện trở dùng cầu Wheatstone không cân bằng:

Sơ đồ mạch:



Hình 4. 8: Sơ đồ đo điện trở bằng cầu Wheatston không cân bằng

Trong công nghiệp người ta sử dụng cầu Wheatstone không cân bằng. Nghĩa là sử dụng điện áp ra (hoặc dòng điện ra) ở ngõ ra của cầu để đo điện trở R_x hoặc đo sự thay đổi ΔR của R_x

Phương pháp này cần nguồn E cung cấp ổn định vì điện áp ra phụ thuộc vào điện áp cung cấp E. Độ nhạy của cầu phụ thuộc vào nguồn E và nội trở của bộ chỉ thị (hoặc tổng

trở vào của mạch khuếch đại nếu điện áp ngõ ra của cầu được đưa vào mạch khuếch đại).

$$V_3 - V_4 = \frac{E_b \cdot R_3}{R_1 + R_3} - \frac{E_b \cdot R_4}{R_1 + R_4} \quad (4.17)$$

Tổng trở vào của cầu:

$$R = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_3} + \frac{R_2 \cdot R_4}{R_2 + R_4} \quad (4.18)$$

Dòng điện I_G chạy qua điện kế khi cầu không cân bằng

$$I_G = \frac{V_3 - V_4}{R + R_G} \quad (4.19)$$

R_G : nội trở của điện kế G

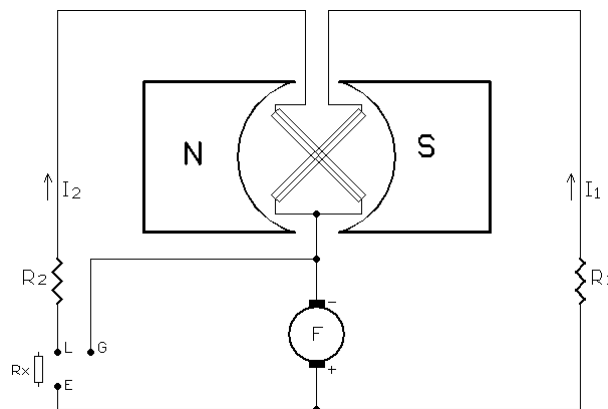
4.4 MEGOHM KẾ VÀ ỨNG DỤNG ĐO ĐIỆN TRỞ CÁCH ĐIỆN

Phương pháp sử dụng Megohm kế:

Megohm kế là loại dụng cụ chuyên dùng để đo điện trở lớn như điện trở cách điện của máy điện, khí cụ điện và đường dây mà Ohm kế bình thường không đo được. Bộ phận chủ yếu của Megohm kế là một tỉ số kế từ điện và một nam châm (máy phát điện một chiều quay tay) dùng làm nguồn điện để đo. Tỉ số kế là một dụng cụ đo kiểu từ điện đặc biệt, cơ cấu đo của nó là nam châm vĩnh cửu và hai cuộn dây:

- Cuộn dây lệch (deflecting coil)
- Cuộn dây kiểm soát (control coil)

Hai cuộn dây xếp vuông góc với nhau và được lắp trên cùng một trục quay có gắn kim chỉ thị và có thể quay được cùng với trục. Dòng điện cấp cho hai cuộn dây nhờ dây dẫn mềm mà không dùng lò xo xoắn vì vậy trên trục không có lò xo tạo moment cản, do đó khi không dùng thì kim có thể dừng lại ở một vị trí bất kì. Nguyên lý đo điện trở cách điện của Megohm kế được trình bày như sau:



Hình 4. 9: Cấu tạo MegOhm kế

Hai cuộn dây của tỉ số kế gồm một cuộn đầu nối tiếp với điện trở phụ R_1 trong đồng hồ, cuộn còn lại đầu nối tiếp với điện trở phụ R_2 (cũng ở trong đồng hồ) và điện trở cần đo R_x , cả hai cuộn dây đều đầu vào nam châm máy phát điện một chiều kích từ bằng nam châm vĩnh cửu.

Khi quay đều nam châm, hai cuộn dây có dòng điện đi qua, sự tác dụng lẫn nhau giữa dòng điện và từ trường khiến hai cuộn dây sản sinh ra moment quay ngược chiều nhau, kim đồng hồ quay theo một góc nhất định tùy theo độ lớn của moment tổng hợp của hai

moment ngược chiều nhau đó. Vì từ trường trong khe hở được chế tạo không đều nên khi phần động quay thì hai moment sẽ thay đổi trị số. Nếu chúng bằng nhau thì phần động sẽ cân bằng và lúc đó ta đọc được góc quay α của kim. Góc quay của kim phụ thuộc vào tỉ số của hai dòng điện, vì các điện trở phụ R_1 , và R_2 không đổi, nên tỉ số giữa hai dòng điện phụ thuộc vào R_x , tức là phụ thuộc vào độ lớn của điện trở cần đo. Như vậy khi biết được góc quay α ta biết được giá trị điện trở cần đo và rõ ràng điện áp của máy phát không ảnh hưởng đến kết quả đo. Việc sử dụng manhê tô có thể tạo ra điện áp lên đến 1000 [V].

Tốc độ quay của máy phát khoảng 80 đến 120 [v/p], khi quay càng nhanh điện áp phát ra càng mạnh. Sự không đều của điện áp sẽ ảnh hưởng đến sai số kết quả đo. Để hạn chế điều này, người ta chế thêm bộ phận điều tốc gắn trong máy phát. Vị trí của phần ứng so với phần cảm sẽ được điều chỉnh dựa theo độ lớn lực li tâm tạo ra bởi chuyển động quay. Khi tốc độ thấp, phần ứng được đưa lại gần phần cảm giúp tăng từ thông gửi qua phần cảm khiến cho điện áp không giảm, khi vận tốc tăng lên quá trình sẽ xảy ra ngược lại.

Các Megohm kế thường dùng tuy có nhiều kiểu khác nhau, nhưng quy cách và tính năng chủ yếu của chúng thường như sau:

Điện áp định mức: 100, 500, 1000 và 2500 [V].

Phạm vi đo: gồm hai cỡ $K\Omega$ ($0 \div 500 \div 1000 K\Omega$) và $M\Omega$ ($0 \div 500 \div 1000 M\Omega$).

Trên Megohm kế thường có ba cọc đầu dây là cọc “đường dây”, cọc “nối đất”, và cọc “bảo vệ”. Tác dụng của cọc bảo vệ là trừ bỏ hiện tượng rò điện giữa cọc đường dây và cọc nối đất và mặt ngoài của vật cách điện được đo. Khi đầu dây phải hiểu rõ công dụng của các cọc này, không được đấu nhầm.

Sử dụng Megohm kế cần chú ý các điểm sau:

- Khi chọn Megohm kế cần căn cứ theo cấp điện áp của thiết bị điện (thường dùng là loại 500 [V], trường hợp cá biệt cũng dùng loại 1000 [V]. Nếu dùng Megohm kế có điện áp định mức cao để đo thiết bị có điện áp thấp, thì nó có thể đánh thủng cách điện của thiết bị.

- Trước khi đo điện trở cách điện, cần phải cắt nguồn điện của thiết bị được đo, cho phóng điện ngắn mạch đối với đất nhằm đảm bảo an toàn và đo chính xác. Sau đó phải thử hở mạch và ngắn mạch.

- Thử hở mạch: cho hai dây đo hở mạch, quay manhê tô, kim phải chỉ ở trị số ∞ .
- Thử ngắn mạch: cho ngắn mạch hai dây, quay manhê tô, kim phải chỉ ở trị số 0.
- Nếu khi thử mà kim không chỉ đúng như vậy thì chứng tỏ Megohm kế đã bị hỏng, cần phải kiểm tra và sửa chữa.

- Khi đo phải đặt Megohm kế thật bằng phẳng, ổn định, để tránh cho khi quay manhê tô kim bị dao động, số đọc không chính xác.

- Các dây đầu với Megohm kế phải dùng loại một sợi và cách điện tốt, không được dùng loại dây cách điện hai ruột. Hai dây dẫn không được quấn vào nhau, cũng không được để dây tiếp xúc với thiết bị điện hoặc mặt đất, làm cho kết quả đo không chính xác. Khi đầu dây cần phân biệt rõ cọc “nối đất” phải đấu vào vỏ thiết bị cần đo hoặc đầu vào dây đất. Khi đo điện trở cách điện của cáp cần phải đấu lớp cách điện của cáp vào vòng bảo vệ của Megohm kế.

- Khi quay manhêrô phải quay từ chậm tăng nhanh dần, rồi giữ ở tốc độ xác định, thường là 120 vòng/phút, cho phép có sự biến động trong khoảng 20%, chờ cho kim chỉ ở trị số ổn định thì đọc kết quả đo.

- Khi đo điện trở cách điện của thiết bị điện có điện dung lớn (như tụ điện, cáp điện...) thì sau khi đo xong cắt dây đầu ở cọc “đường dây” ra, giảm tốc độ và giảm tay quay, để tránh hiện tượng nạp điện ngược trở lại từ thiết bị đo làm hỏng Megohm kế. Sau khi đo xong cần phóng điện bằng cách cho ngắn mạch thiết bị được đo xuống đất.

4.5 ĐO ĐIỆN TRỞ ĐẤT

4.5.1 Giới thiệu chung về nối đất:

- Như ta đã biết hệ thống cung cấp điện làm nhiệm vụ truyền tải và phân phối điện năng đến các hộ sử dụng điện. Do vậy, lưới điện thường phân bố trên diện tích rộng và gần với người sử dụng. Trong quá trình sử dụng, do vận hành quá nhiệt độ hoặc điện áp cao, dòng điện lớn làm lão hóa cách điện khiến cho cách điện của thiết bị điện có thể bị hư hỏng dẫn đến rò điện ra phần vỏ gây nguy hiểm cho người vận hành. Ngoài ra, đường dây điện đi ngoài trời dễ bị sét đánh vào hoặc cảm ứng sét truyền đến các thiết bị sử dụng điện gây hư hỏng.

- Vấn đề đặt ra là phải có biện pháp an toàn chống điện giật và chống sét đánh trên đường dây điện ảnh hưởng đến người sử dụng và thiết bị điện. Một trong những biện pháp có hiệu quả, an toàn và tương đối đơn giản là nối đất. Trang bị nối đất bao gồm các điện cực và dây dẫn nối đất. Khi thiết bị được nối đất, dòng điện do chạm vỏ hoặc hư hỏng cách điện sẽ chạy qua vỏ thiết bị theo dây nối đất xuống các điện cực và tản vào đất do vậy sẽ không gây nguy hiểm cho người sử dụng thiết bị điện.

Có hai loại nối đất tự nhiên và nối đất nhân tạo:

Nối đất tự nhiên: sử dụng các phương tiện sẵn có như ống dẫn nước, ống kim loại đặt trong đất (trừ các ống dẫn nhiên liệu lỏng và khí dễ cháy), các kết cấu bằng kim loại của công trình nhà cửa có nối đất, các vỏ bọc kim loại của cáp đặt trong đất.

Nối đất nhân tạo: thực hiện bằng cách đóng các cọc thép, thanh thép dẹt hình chữ nhật hay hình tròn có chiều dài khoảng 2 đến 3m xuống đất sao cho đầu trên cách mặt đất khoảng 0,5 đến 0,8m. Các ống thép và các thanh thép dẹt nên chọn có chiều dày > 4mm để hạn chế hiện tượng ăn mòn kim loại.

Dây nối đất cần có tiết diện thỏa mãn độ bền cơ khí và ổn định nhiệt, chịu được dòng điện cho phép lâu dài. Dây nối đất không được bé hơn 1/3 tiết diện dây dẫn pha, thường dùng thép có tiết diện 120mm², nhôm 35mm², hoặc đồng 25mm².

Điện trở nối đất của thiết bị nối đất không được lớn hơn các trị số đã quy định. Theo nguyên tắc vận hành an toàn thiết bị điện, điện trở của kết cấu tiếp đất nối vào trung tính máy phát điện hoặc máy biến áp có điện áp đến 1000 [V] và công suất bé hơn 100 [KVA] thì điện trở tiếp đất phải nhỏ hơn 10 [Ω], nếu công suất lớn hơn 100 [KVA] thì điện trở đất phải nhỏ hơn 4 [Ω].

Các khái niệm cơ bản:

Cọc đo điện trở đất (điện cực):

Các điện cực nối đất bao gồm điện cực thẳng đứng được đóng sâu vào trong đất và điện cực ngang được chôn ngầm dưới đất ở một độ sâu nhất định. Các điện cực này được liên kết với nhau bằng các dây nối đất trên đầu điện cực. Điện cực được làm từ vật liệu kim loại như đồng, thép ...

Trong thực tế khi cần xây dựng một hệ thống tiếp đất, người ta không dùng một cọc đất mà sử dụng nhiều cọc đất nối song song chúng lại để tạo thành một cụm cọc đất, điều này giúp giảm nhỏ điện trở tiếp đất. Ngoài ra người ta còn dùng biện pháp cải tạo vùng đất đóng cọc bằng cách đổ muối, than, các chất hóa học... để tăng khả năng tiếp xúc của vùng đất đóng cọc với cọc đất.

Điện trở đất (điện trở tiếp đất):

Tổng điện trở kết cấu nối đất nằm trong đất, điện trở dây dẫn tiếp đất và điện trở xuất hiện trên bề mặt tiếp xúc của cọc đất với vùng đất đóng cọc được gọi là điện trở đất. Điện trở đất được xác định bằng tỉ số giữa điện áp đặt vào kết cấu tiếp đất so với đất và dòng điện đi qua kết cấu nối đất vào đất. Điện trở tiếp đất không ổn định mà biến đổi theo thời gian, nhiệt độ, độ ẩm, tính chất, thành phần đất. Vì vậy, ta nên tiến hành đo điện trở đất vào mùa hanh (khô ráo) khi đó điện trở đất là lớn nhất trong năm.

Sau khi thi công nối đất cho cọc tiếp đất (lưới tiếp đất) hoặc khi cần kiểm tra điện trở tiếp đất của một hệ thống nối đất có đạt yêu cầu hay không người ta phải tiến hành đo điện trở đất.

Khoảng cách giữa các cọc đất:

Theo thực tế khi đo điện trở đất người ta nhận thấy các cọc đất có sự ảnh hưởng lẫn nhau gây ra sai số trong kết quả đo. Khi khoảng cách giữa hai cọc đất $> 20\text{m}$ thì sự ảnh hưởng này trở nên không đáng kể.

Nguồn điện áp cung cấp cho mạch đo:

Trong mọi trường hợp đo điện trở đất, nguồn điện áp cung cấp cho mạch đo phải là nguồn tín hiệu xoay chiều dạng sin hoặc dạng xung vuông, không dùng nguồn điện một chiều cung cấp cho mạch đo vì trong đất luôn tồn tại các Ion dẫn điện, lúc đó hai cọc đất sẽ trở thành hai điện cực điện giải đất, các Ion (+) bám vào cọc âm, các Ion (-) bám vào cọc dương tạo nên điện thế lớn ở lớp tiếp xúc. Điện thế này ngăn cản dòng điện của mạch đo điện trở đất và gây ra sai số trong kết quả đo. Khi ta dùng nguồn xoay chiều thì do cực tính nguồn điện thay đổi liên tục nên các Ion (+) và Ion (-) không thể bám vào các điện cực để hình thành nên các điện áp tiếp xúc.

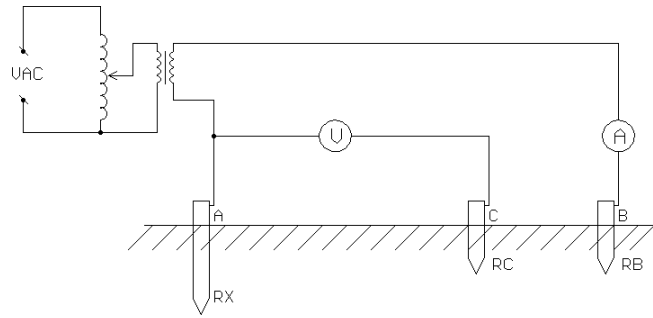
Đôi khi người ta không dùng nguồn điện từ máy đo mà sử dụng ngay nguồn điện lưới để cấp cho mạch đo, nhưng phải có thêm một máy biến áp cách li để hạ điện áp lưới xuống cho phù hợp, đồng thời máy biến áp cách li còn tăng độ an toàn và giúp cho mạch đo điện trở đất không bị ảnh hưởng bởi dòng điện trung tính chạy trong đất khi lưới điện mất đối xứng cũng như ảnh hưởng của điện trở cọc tiếp đất trung tính lưới điện.

Ta không thể dùng Ohm kế để đo điện trở tiếp đất vì điện áp và dòng điện do Ohm kế tạo ra quá nhỏ không đủ làm cho dòng điện chạy trong đất đạt đến một giá trị ổn định để có thể tiến hành đo, tối thiểu dòng điện này phải từ $10 \div 20 \text{ [mA]}$.

4.5.2 Đo điện trở đất dùng Volt kế và Ampe kế:

Phương pháp đo trực tiếp:

Sơ đồ mạch đo:



Hình 4. 10: Đo điện trở trực tiếp

Cọc A: Cọc cần đo điện trở tiếp đất R_X

Cọc B: Cọc tiếp đất phụ

Cọc C: Cọc dò điện áp

R_X : Điện trở tiếp đất của cọc A cần đo

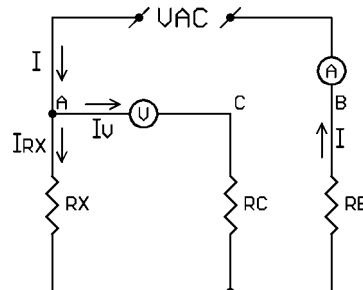
R_B : Điện trở tiếp đất của cọc phụ

R_C : Điện trở tiếp đất của cọc dò

Người ta thường kết hợp một máy biến áp tự ngẫu với một máy biến áp cách li để cho ra một điện áp xoay chiều có thể điều chỉnh được cung cấp cho mạch đo. Máy biến áp tự ngẫu có khả năng thay đổi dễ dàng mức điện áp ra, còn máy biến áp cách li sẽ giúp ngăn cách ảnh hưởng của lưới điện đến mạch đo điện trở đất, sơ cấp máy biến áp cách li được nối vào hai cọc A và B.

Cọc dò C được cắm xuống đất cách kết cấu tiếp đất A một khoảng lớn hơn 20m (nằm trong vùng đất có điện thế không). Sau khi đóng điện, ta đo được dòng điện I bằng Ampe kế và điện áp V bằng Volt kế.

Sơ đồ tương đương:



Hình 4. 11: Sơ đồ mạch đo tương đương

Điện trở tiếp đất của kết cấu tiếp đất A được xác định bằng công thức:

$$R_X = \frac{V}{I} [\Omega]$$

Thực chất nếu xét trên mạch đo chúng ta sẽ thấy:

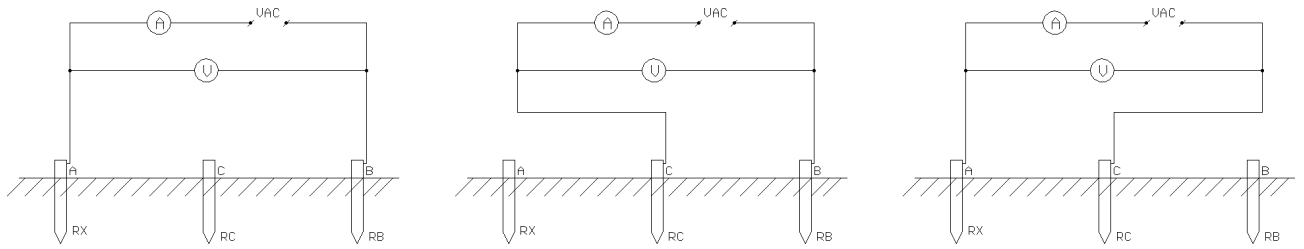
$$R_X = \frac{V_X}{I_{RX}} = \frac{V + V_C}{I - I_V} [\Omega] \quad (4.20)$$

Từ công thức trên ta nhận thấy để giảm nhỏ sai số trong kết quả đo thì Volt kế không những phải có điện trở lớn để dòng điện I_V chạy qua nó có giá trị nhỏ mà điện trở này còn phải lớn hơn nhiều lần so với điện trở của cọc dò C để điện áp rơi trên cọc dò C trở nên không đáng kể. Người ta thường sử dụng loại Volt kế có điện trở nhập lớn như Volt

kế điện tử, Volt kế tĩnh điện... Phương pháp trên dùng để đo điện trở tiếp đất có trị số nhỏ.

Phương pháp đo gián tiếp:

Sơ đồ mạch đo:



Hình 4. 12 Đo điện trở đất gián tiếp

Cọc A: Cọc cần đo điện trở tiếp đất R_X

Cọc B: Cọc tiếp đất phụ

Cọc C: Cọc dò điện áp

R_X : Điện trở tiếp đất của cọc A cần đo

R_B : Điện trở tiếp đất của cọc phụ

R_C : Điện trở tiếp đất của cọc dò

Nguyên tắc của phương pháp này là đo lần lượt ba cặp điện trở mắc nối tiếp với nguồn điện áp.

Việc đo tổng điện trở nối tiếp có thể dùng cầu đo hoặc dùng một Volt kế và một Ampe kế. Sau từng lần đo, tổng điện trở của mỗi cặp là:

$$\frac{V_1}{I_1} = R_X + R_B = R_1 \quad (4.21)$$

$$\frac{V_2}{I_2} = R_B + R_C = R_2 \quad (4.22)$$

$$\frac{V_3}{I_3} = R_X + R_C = R_3 \quad (4.23)$$

Giải hệ 3 phương trình trên để tìm ra các điện trở R_X , R_B , R_C

Do không bị ảnh hưởng bởi điện trở cọc phụ và Volt kế nên phương pháp đo gián tiếp mắc sai số ít hơn phương pháp đo trực tiếp.

❖ TÓM TẮT NỘI DUNG BÀI 4 :

- 4.1. Đo điện trở dùng phương pháp đo gián tiếp.
- 4.2. Đo mạch điện trở bằng OHM kế
- 4.3. Cầu WHEATSTONE đo điện trở.
- 4.4. MEGOHM kế và ứng dụng đo điện trở các điện.
- 4.5. Đo điện trở đất.

❖ CÂU HỎI CÙNG CỐ BÀI 2 :

- Câu 1 Phương pháp đo điện trở dùng volt kế và ampe kế là phương pháp đo:
- A) Trực tiếp
 - B) Gián tiếp
 - C) Đo nguội
 - D) Hỗn hợp
- Câu 2 Đo điện trở dùng Vôn kế và ampe kế theo cách mắc volt kế trước ampe kế khi:
- A) Trị số điện trở đo rất nhỏ so với nội trở ampe kế.
 - B) Trị số điện trở đo rất lớn so với nội trở ampe kế.
 - C) Trị số điện trở đo rất nhỏ so với tổng trở vào của vôn kế.
 - D) Trị số điện trở đo rất lớn so với tổng trở vào của vôn kế.
- Câu 3 Đo điện trở dùng Vôn kế và ampe kế theo cách mắc volt kế sau ampe kế khi:
- A) Trị số điện trở đo nhỏ so với nội trở của ampe kế.
 - B) Nội trở của ampe kế rất nhỏ.
 - C) Tổng trở vào của vôn kế rất lớn so với điện trở đo.
 - D) Tất cả các đáp án còn lại đều đúng.
- Câu 4 Đặc điểm của đo điện trở dùng phương pháp đo điện áp bằng biến trở là:
- A) Điện trở đo được không phụ thuộc vào dòng điện cấp cho mạch đo.
 - B) Điện trở đo được có giá trị phụ thuộc vào dòng điện cấp cho mạch đo.
 - C) Đây là phương pháp đo trực tiếp.
 - D) Đây là cách đo nguội.
- Câu 5 Dùng Ohm kế đo điện trở là phương pháp đo:
- A) Trực tiếp
 - B) Đo nguội
 - C) Đo nối tiếp
 - D) Tất cả các đáp án còn lại đều đúng.

BÀI 3: DỤNG CỤ ĐO ĐIỆN TỬ

❖ GIỚI THIỆU BÀI 3:

- Sau khi học xong bài 5, học sinh sẽ nắm được các phương pháp đo điện dung và điện cảm

❖ MỤC TIÊU CỦA BÀI 3 LÀ:

Về kiến thức:

- Trình bày được các phương pháp đo điện dung và điện cảm

Về kỹ năng:

- Sử dụng được các thiết bị đo điện dung và điện cảm để tiến hành đo điện dung và điện cảm cho một mạch điện cụ thể

Về năng lực tự chủ và trách nhiệm:

- Thái độ nghiêm túc trong giờ học.
- Tuân thủ nghiêm túc các bước sử dụng thiết bị đo điện dung và điện cảm

❖ PHƯƠNG PHÁP GIẢNG DẠY VÀ HỌC TẬP BÀI 3

- Đối với người dạy: sử dụng phương pháp giảng dạy tích cực (diễn giảng, vấn đáp, dạy học theo vấn đề); yêu cầu người học thực hiện câu hỏi thảo luận và bài tập bài 5 (cá nhân hoặc nhóm).
- Đối với người học: chủ động đọc trước giáo trình (bài 5) trước buổi học; hoàn thành đầy đủ câu hỏi thảo luận và bài tập tình huống bài 5 theo cá nhân hoặc nhóm và nộp lại cho người dạy đúng thời gian quy định.

❖ ĐIỀU KIỆN THỰC HIỆN BÀI 3

- Phòng học chuyên môn hóa/nhà xưởng: Thí nghiệm điện
- Trang thiết bị máy móc: Máy chiếu và các thiết bị dạy học khác
- Học liệu, dụng cụ, nguyên vật liệu: Chương trình môn học, giáo trình, tài liệu tham khảo, giáo án, phim ảnh, và các tài liệu liên quan.
- Các điều kiện khác: Không có

❖ KIỂM TRA VÀ ĐÁNH GIÁ BÀI 3

- Nội dung:
 - ✓ Kiến thức: Kiểm tra và đánh giá tất cả nội dung đã nêu trong mục tiêu kiến thức
 - ✓ Kỹ năng: Đánh giá tất cả nội dung đã nêu trong mục tiêu kỹ năng.

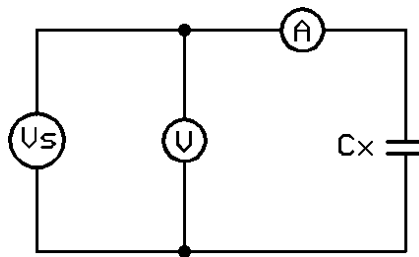
- ✓ Năng lực tự chủ và trách nhiệm: Trong quá trình học tập, người học cần:
 - + Nghiên cứu bài trước khi đến lớp
 - + Chuẩn bị đầy đủ tài liệu học tập.
 - + Tham gia đầy đủ thời lượng môn học.
 - + Nghiêm túc trong quá trình học tập.
- Phương pháp:
 - ✓ Điểm kiểm tra thường xuyên: 1 điểm kiểm tra (hình thức: hỏi miệng)
 - ✓ Kiểm tra định kỳ thực hành: 01

❖ NỘI DUNG BÀI 3

5.1 ĐO ĐIỆN DUNG:

Ta đã biết tụ điện chỉ cho dòng điện xoay chiều đi qua và ngăn dòng điện một chiều lại. Do vậy để đo được điện dung, ta cần có nguồn điện xoay chiều, một đồng hồ đo dòng điện ở thang đo mA và một đồng hồ đo điện áp. Ta có thể mắc Volt kế trước Ampe kế hoặc ngược lại, thông thường sẽ mắc Volt kế trước Ampe kế khi đo tụ điện có điện dung nhỏ và khi đo tụ điện có điện dung lớn sẽ mắc Ampe kế trước Volt kế. Trước khi đo cần kiểm tra chất lượng của các tụ điện có bị rò hoặc chập mạch không.

Sơ đồ mạch đo:



Hình 5 1: Sơ đồ mạch đo điện dung

Tổng trở điện dung X_{C_x} :

$$X_{C_x} = \frac{U}{I} = \frac{1}{\omega \cdot C_x} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_x} \quad (5.1)$$

$$C_x = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f} \cdot \frac{I}{U} = 3,2 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{I}{U} \quad (5.2)$$

U: Số chỉ của Volt kế [V]

I: Số chỉ của Ampe kế [A]

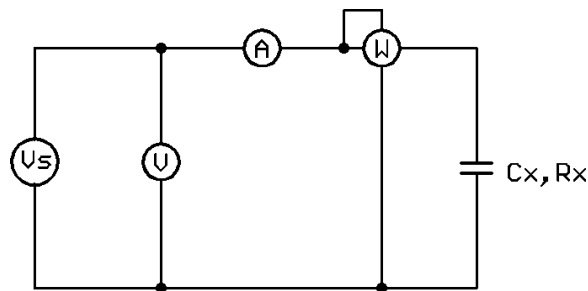
C_x : Điện dung của tụ điện

Trong trường hợp cần đo điện dung của tụ hóa, ta cần thêm nguồn điện một chiều để phân cực cho tụ điện. Điện áp một chiều gần bằng điện áp làm việc của tụ điện.

Yêu cầu đối với nguồn điện cung cấp cho mạch đo là phải có dạng sin, độ méo dạng nhỏ (họa tần không đáng kể). Biên độ và tần số của tín hiệu phải ổn định trong suốt quá trình đo.

Trong trường hợp cần đo độ rỉ của tụ điện ta mắc thêm Watt kế, lúc này điện trở rỉ R_x được xác định như sau:

$$R_x = \frac{U}{I^2} \quad (5.3)$$



Hình 5 2: Đo tụ điện có điện trở rí

Tổng trở của tụ điện lúc này sẽ gồm hai thành phần điện dung và điện trở rí:

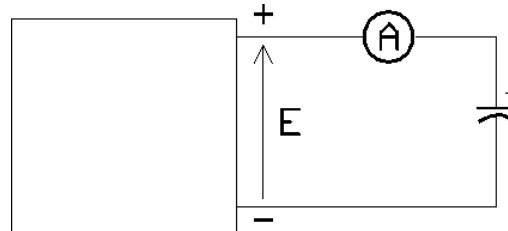
$$Z = \frac{U}{I} = \sqrt{R_x^2 + X_{C_x}^2} = \sqrt{R_x^2 + \left(\frac{1}{\omega \cdot C_x}\right)^2} \quad (5.4)$$

Do vậy điện dung cần đo: $C_x = \frac{1}{\omega \cdot \sqrt{Z^2 - R_x^2}}$

$$C_x = \frac{1}{\omega \cdot \sqrt{\frac{U^2}{I^2} - \left(\frac{P}{I^2}\right)^2}} = \frac{I^2}{\omega \cdot \sqrt{U^2 I^2 - P^2}} \quad (5.5)$$

Kiểm tra độ rí của tụ có phân cực tính sử dụng ampe kế:

Đồng hồ đo dòng điện có thể được sử dụng để đo dòng rò của một tụ điện.



Hình 5 3: Sơ đồ mạch đo kiểm tra độ rí của tụ bằng ampe kế

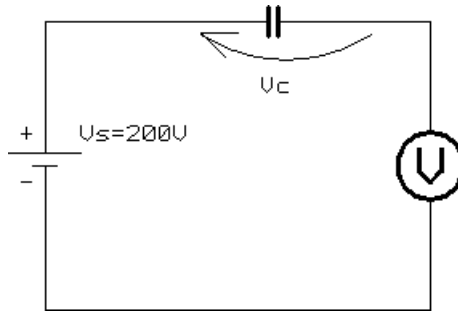
Dòng điện rò phụ thuộc tỉ lệ điện áp của tụ và giá trị điện dung.

Điện áp kiểm tra được áp vào tụ điện gần bằng với giá trị điện áp làm việc của tụ.

Sau khi tụ điện nạp đầy gần bằng điện áp nguồn. Điều kiện lí tưởng là dòng này sẽ bằng không. Tuy nhiên vì dòng điện rò của tụ sẽ có một dòng điện nhỏ tiếp tụ được duy trì. Do các tụ hóa có điện dung lớn nên sau khi chế tạo chúng có dòng rò cho phép:

Điện áp làm việc [V]	Dòng rò cho phép [mA]
≤ 100	0,1
$100 \div 300$	0,2
≥ 300	0,5

Đo điện trở rí của tụ sử dụng volt kế:



Hình 5 4: Sơ đồ mạch đo kiểm tra độ rỉ của tụ bằng volt kế

Người ta không sử dụng mA kế để đo mà sử dụng Volt kế vì đặc điểm của Volt kế có điện trở phụ mắc nối tiếp với cơ cấu sẽ bảo vệ cơ cấu trong trường hợp tụ bị ngắn mạch.

Ví dụ 1:

Volt kế đặt ở tầm đo 50 [V], nó chỉ giá trị 10 [V]. $V_s = 200(V)$ Tính điện trở rỉ qua tụ? Volt kế có độ nhạy $S = 20 [K\Omega/V]$

Ta có: $V_c = 200 - 10 = 190 [V]$.

Để an toàn, ban đầu đặt ở thang đo $\geq 200 [V]$.

$I_{\max} = 50 [\mu A]$ và thang đo từ điện tuyến tính nên : $I_c = 10 [\mu A]$

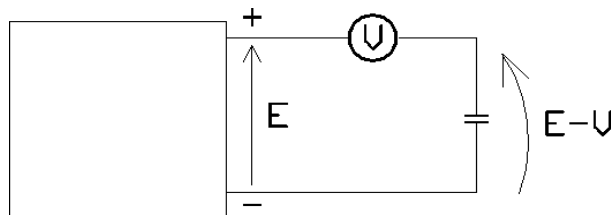
$$R_c = \frac{190}{10 \mu A} = 19 [M\Omega].$$

Thực tế tụ điện phân cực có $R > 10 [M\Omega]$ thì vẫn dùng được. Nếu $R < 10 [M\Omega]$ thì không nên dùng nữa.

Nếu chuyển Volt kế xuống tầm đo 10 [V] thì kim nằm ở vị trí nào?

Kiểm tra độ rỉ của tụ không phân cực tính sử dụng Volt kế:

Sử dụng Volt kế kiểm tra dòng rò ngang qua bản cực của tụ điện.



Hình 5 5: Sơ đồ mạch đo kiểm tra độ rỉ của tụ không phân cực tính bằng volt kế

Dòng điện rò của tụ điện có thể nhận biết thông qua trở kháng tương đương.

Đặt điện áp một chiều vào mạch điện. Điện áp nguồn sẽ phân áp trên điện trở vào của Volt kế và điện trở tụ điện mắc nối tiếp tùy vào tỉ lệ điện áp của chúng (tụ điện đã được nạp đầy). Nếu tụ điện bị rò rỉ, kim chỉ của Volt kế sẽ lệch vì có dòng điện chạy qua.

Điện trở tương đương của R:

$$R_{td} = R_{in} \cdot \frac{E - V}{V} [\Omega]$$

R_{td} : Điện trở tương đương của tụ điện [Ω]

R_{in} : Điện trở vào của Volt kế [Ω]

E: Điện áp một chiều cung cấp cho mạch đo [V]

V: Điện áp đọc trên Volt kế [V]

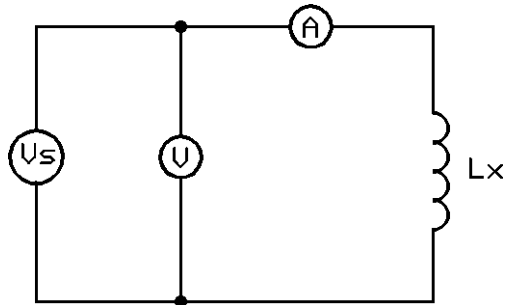
$$I = \frac{V}{R_{in}} = \frac{E - V}{R_{td}}$$

$$R = R_{in} \frac{E - V}{V} \quad (5.6)$$

R_{td} của tụ không phân cực tính phải lớn hơn 100 [MΩ] mới đảm bảo chất lượng.

5.2 ĐO ĐIỆN CẢM:

Sơ đồ mạch đo:



Hình 5 6: Sơ đồ mạch đo điện cảm

Giả sử cuộn dây là thuần cảm (điện trở cuộn dây không đáng kể)

Tổng trở điện cảm X_{Lx} :

$$X_{Lx} = \frac{V}{I} = \omega \cdot L_x = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_x \quad (5.7)$$

V: Số chỉ của Volt kế [V]

I: Số chỉ của Ampe kế [A]

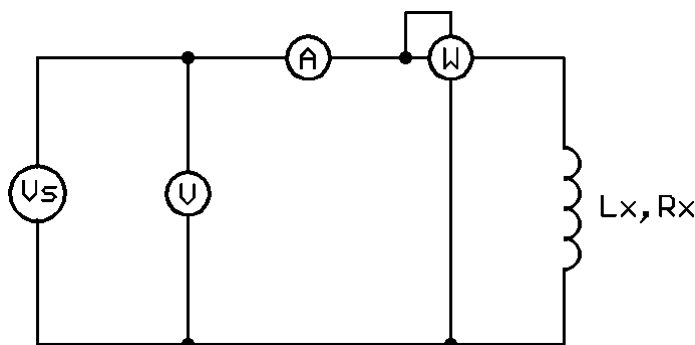
L_x : Điện cảm cuộn dây

Yêu cầu đối với nguồn điện cung cấp cho mạch đo cũng giống như trong trường hợp đo điện dung.

Trong trường hợp cần đo điện trở cuộn dây ta mắc thêm Watt kế để đo tổn hao do điện trở của cuộn dây.

Điện trở R_x được xác định như sau:

$$R_x = \frac{P}{I^2}$$



Hình 5 7: Mạch đo điện cảm có điện trở tổn hao của cuộn dây

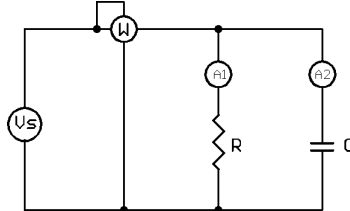
Tổng trở của cuộn dây lúc này sẽ gồm hai thành phần điện cảm và điện trở:

$$Z = \frac{V}{I} = \sqrt{R_x^2 + X_{Lx}^2} = \sqrt{R_x^2 + \omega^2 \cdot L_x^2}$$

Do vậy điện cảm cần đo: $L_x = \frac{1}{\omega} \sqrt{Z^2 - R_x^2}$

$$L_x = \frac{1}{\omega \cdot I^2} \sqrt{V^2 I^2 - P^2} \quad (5.8)$$

Ví dụ 2: Cho mạch điện như sau:

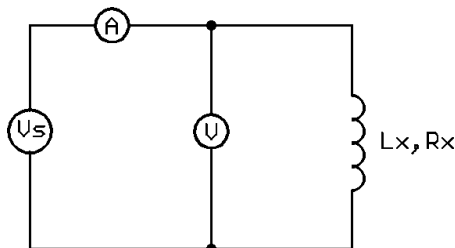


Cho biết điện áp V_s có dạng: $u(t) = U \cdot \sqrt{2} \sin 500t$ (V)

Ampe kế A1 đo được 5 [A], A2 đo được 2 [A], Watt kế đo được 1000 [W].

Hãy tìm điện dung của tụ điện, biết rằng điện trở r của tụ không đáng kể.

Ví dụ 3: Người ta tiến hành thí nghiệm sau để xác định giá trị điện trở và điện cảm của cuộn dây:



Đặt điện áp $V_{DC} = 12$ [V] thì Ampe kế chỉ 0,5 [A], khi thay bằng điện áp xoay chiều $V_s = 220$ [V], tần số $f = 50$ [Hz] thì Ampe kế chỉ 5 [A], hãy tính giá trị R, L.

❖ TÓM TẮT NỘI DUNG BÀI 3:

5.1. Đo điện dung.

5.2. Đo điện cảm.

❖ CÂU HỎI CÙNG CỐ BÀI 3:

Câu 1 Để đo điện dung của tụ điện thường thì nguồn điện áp sử dụng phải là:

- A) Nguồn điện áp một chiều.
- B) Nguồn điện áp xoay chiều.
- C) Nguồn điện áp bất kỳ
- D) Tất cả các đáp án đều đúng

Câu 2 Đo điện dung thường dùng vôn kế và ampe kế theo cách mắc vôn kế trước ampe kế khi:

- A) Tụ điện có điện dung nhỏ
- B) Tụ điện có điện dung lớn

- C) Tụ điện có điện dung thay đổi theo thời gian
D) Tất cả các đáp án đều đúng
- Câu 3 Đo điện dung thường dùng volt kế và ampe kế theo cách mắc volt kế sau ampe kế khi:
A) Tụ điện có điện dung nhỏ
B) Tụ điện có điện dung lớn
C) Tụ điện có điện dung thay đổi theo thời gian
D) Tất cả đều đúng
- Câu 4 Sai số khi đo điện dung dùng volt kế và ampe kế theo cách mắc volt kế trước ampe kế phụ thuộc:
A) Tổng trở vào của volt kế
B) Nội trở của ampe kế.
C) Cả tổng trở vào của volt kế và nội trở của ampe kế
D) Không phụ thuộc
- Câu 5 Sai số khi đo điện dung dùng volt kế và ampe kế theo cách mắc volt kế sau ampe kế phụ thuộc:
A) Tổng trở vào của volt kế.
B) Nội trở của ampe kế.
C) Cả tổng trở vào của volt kế và nội trở của ampe kế.
D) Không phụ thuộc.

BÀI 4: ĐO CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐIỆN VÀ KHÔNG ĐIỆN

❖ GIỚI THIỆU BÀI 4:

- Sau khi học xong bài này, học sinh sẽ nắm được các kiến thức về các phương pháp đo công suất và điện năng.

❖ MỤC TIÊU CỦA BÀI 4 LÀ:

Về kiến thức:

- Trình bày được các phương pháp đo công suất và điện năng

Về kỹ năng:

- Sử dụng được các thiết bị đo thiết bị đo công suất và điện năng để tiến hành đo công suất cho một mạch điện cụ thể

Về năng lực tự chủ và trách nhiệm:

- Thái độ nghiêm túc trong giờ học.
- Tuân thủ nghiêm túc các bước sử dụng thiết bị đo công suất và điện năng

❖ PHƯƠNG PHÁP GIẢNG DẠY VÀ HỌC TẬP BÀI 4

- Đối với người dạy: sử dụng phương pháp giảng dạy tích cực (diễn giảng, vấn đáp, dạy học theo vấn đề); yêu cầu người học thực hiện câu hỏi thảo luận và bài tập bài 6 (cá nhân hoặc nhóm).
- Đối với người học: chủ động đọc trước giáo trình (bài 4) trước buổi học; hoàn thành đầy đủ câu hỏi thảo luận và bài tập tình huống bài 4 theo cá nhân hoặc nhóm và nộp lại cho người dạy đúng thời gian quy định.

❖ ĐIỀU KIỆN THỰC HIỆN BÀI 6

- Phòng học chuyên môn hóa/nhà xưởng: Thí nghiệm điện
- Trang thiết bị máy móc: Máy chiếu và các thiết bị dạy học khác
- Học liệu, dụng cụ, nguyên vật liệu: Chương trình môn học, giáo trình, tài liệu tham khảo, giáo án, phim ảnh, và các tài liệu liên quan.
- Các điều kiện khác: Không có

❖ KIỂM TRA VÀ ĐÁNH GIÁ BÀI 6

- Nội dung:
 - ✓ Kiến thức: Kiểm tra và đánh giá tất cả nội dung đã nêu trong mục tiêu kiến thức
 - ✓ Kỹ năng: Đánh giá tất cả nội dung đã nêu trong mục tiêu kỹ năng.

- ✓ Năng lực tự chủ và trách nhiệm: Trong quá trình học tập, người học cần:
 - + Nghiên cứu bài trước khi đến lớp
 - + Chuẩn bị đầy đủ tài liệu học tập.
 - + Tham gia đầy đủ thời lượng môn học.
 - + Nghiêm túc trong quá trình học tập.
- Phương pháp:
 - ✓ Điểm kiểm tra thường xuyên: 1 điểm kiểm tra (hình thức: hỏi miêng)
 - ✓ Kiểm tra định kỳ thực hành: 01

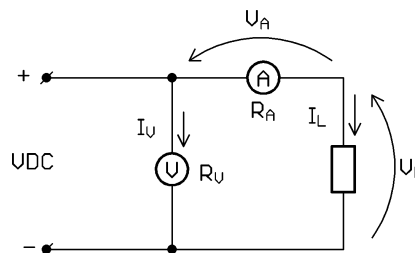
❖ NỘI DUNG BÀI 6

6.1. ĐO CÔNG SUẤT MỘT CHIỀU

6.1.1 Phương pháp đo gián tiếp dùng Volt kế và Ampe kế:

Cách 1: Volt kế mắc trước Ampe kế

Sơ đồ nối dây:



Hình 6. 1: Volt kế mắc trước Ampe kế

Công suất trên tải

$$P_L = V.I \text{ (W)} \quad (6.1)$$

V: Số chỉ của Volt kế [V]

I: Số chỉ của Ampe kế [A]

P_L : Công suất tiêu thụ

Thực chất công suất trên tải được tính như sau:

$$P_L = V_L.I_L = V_L.I$$

V_L : Điện áp rơi trên tải [V]

V_A : Điện áp rơi trên Ampe kế [V]

Ta có:

$$V = V_A + V_L$$

$$\Rightarrow V_L = V - V_A$$

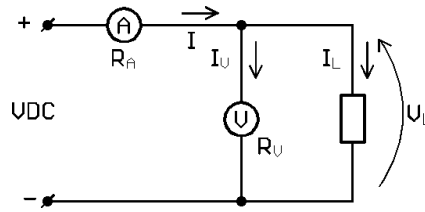
$$\Rightarrow P_L = (V - V_A).I = V.I - V_A.I = V.I - R_A .I^2$$

$$P_L = V.I - R_A. I^2 \quad (6.2)$$

Nhận xét: Công suất tính theo công thức (6.11) khác với công suất thực sự của tải. Sai số mắc phải do nội trở của Ampe kế gây ra. Ta nhận thấy khi nội trở R_A của Ampe kế càng nhỏ thì công suất tính theo công thức (6.1) càng gần với công suất thực của tải.

Cách 2: Volt kế mắc sau Ampe kế

Sơ đồ nối dây:



Hình 6. 2: Sơ đồ đo mắc volt kế sau Ampe kế

Công suất trên tải:

$$P_L = V.I \text{ (W)} \quad (6.3)$$

V: Số chỉ của Volt kế [V]

I: Số chỉ của Ampe kế [A]

Thực chất công suất trên tải được tính như sau:

$$P_L = V_L.I_L = V.I_L$$

Ta có: $I = I_V + I_L$

I_L : Dòng điện chạy qua tải [A]

I_V : Dòng điện chạy qua Volt kế [A]

$$I_L = I - I_V$$

$$P_L = V. (I - I_V) = V.I - V.I_V = V.I - I_V^2.R_V$$

$$P_L = V.I - I_V^2.R_V \quad (6.4)$$

Nhận xét:

Công suất tính theo công thức (6.3) khác với công suất thực trên tải. Sai số mắc phải do nội trở R_V của Volt kế. Ta nhận thấy khi nội trở R_V của Volt kế càng lớn thì dòng điện I_V sẽ càng nhỏ lúc đó công suất tính theo công thức (6.3) càng gần với công suất thực của tải.

6.1.2 Phương pháp đo trực tiếp dùng Watt kế điện động:

Watt kế điện động có cấu tạo dựa trên cơ cấu điện động gồm có cuộn dây tĩnh và cuộn dây di động. Cuộn dây tĩnh còn gọi là cuộn dòng điện (cuộn dòng), được mắc nối tiếp với tải. Đặc điểm của cuộn dòng là số vòng dây ít nhưng có tiết diện lớn. Cuộn dây di động còn gọi là cuộn điện áp (cuộn áp), được mắc song song với tải. Đặc điểm của cuộn áp là có số vòng dây lớn nhưng tiết diện nhỏ, trong cuộn áp tồn tại điện trở nội R_V . Khi có dòng điện chạy qua hai cuộn dây này thì từ trường tương tác giữa hai cuộn dây sẽ khiến cuộn dây di động quay làm cho kim chỉ thị trên mặt đo cũng quay theo.

Phương trình đặc tính thang đo cho dòng điện một chiều của cơ cấu điện động:

$$\alpha = K_I.I_1.I_2 \quad (6.5)$$

Góc quay kim chỉ thị có sự liên hệ với các dòng điện chạy qua hai cuộn dây.

Nếu gọi dòng điện chạy qua cuộn dòng điện là I_A và dòng điện chạy qua cuộn áp là I_V thì góc quay.

$$\alpha = K_I.I_A.I_V \quad (6.6)$$

Người ta thường mắc nối tiếp với cuộn áp một điện trở R để tăng nội trở của cuộn áp nhằm giảm nhỏ dòng điện chạy qua cuộn áp giúp tăng độ chính xác của Watt kế. Sai số càng giảm khi điện trở cuộn áp và R rất lớn so với điện trở tải.

Như vậy dòng điện chạy qua cuộn áp:

$$I_V = \frac{V_{DC}}{R + R_V} \quad (6.7)$$

Thay (6.6) vào (6.7) ta được:

$$\alpha = K_I \cdot I_A \frac{V_{DC}}{R + R_V} = \frac{K_I}{R + R_V} V_{DC} \cdot I_A = \frac{K_I}{R + R_V} P \quad (6.8)$$

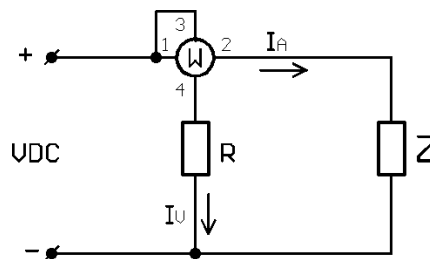
Đặt $K' = \frac{K_I}{R + R_V}$, ta được:

$$\alpha = K' \cdot P \quad (6.9)$$

Như vậy góc quay α của kim chỉ thị tỉ lệ với công suất tiêu thụ trên tải, cơ cấu điện động có khả năng chỉ thị công suất theo độ lệch của kim.

Cách 1: Cuộn áp mắc trước cuộn dòng

Sơ đồ nối dây:



Hình 6. 3: Sơ đồ đo công suất cuộn áp mắc trước cuộn dòng

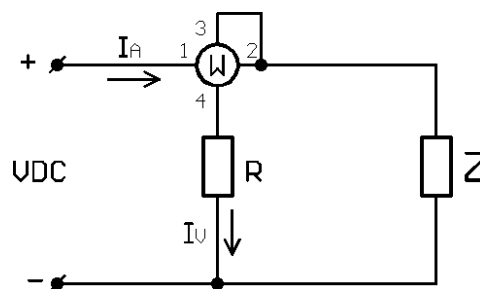
I_A : Dòng điện chạy qua cuộn dòng [A]

I_V : Dòng điện chạy qua cuộn áp [A]

Cuộn áp được mắc trước cuộn dòng do vậy nội trở của cuộn dòng sẽ ảnh hưởng đến độ chính xác kết quả đo.

Cách 2: Cuộn áp mắc sau cuộn dòng

Sơ đồ nối dây:



Hình 6. 4: Sơ đồ đo công suất cuộn áp mắc sau cuộn dòng

I_A : Dòng điện chạy qua cuộn dòng [A]

I_V : Dòng điện chạy qua cuộn áp [A]

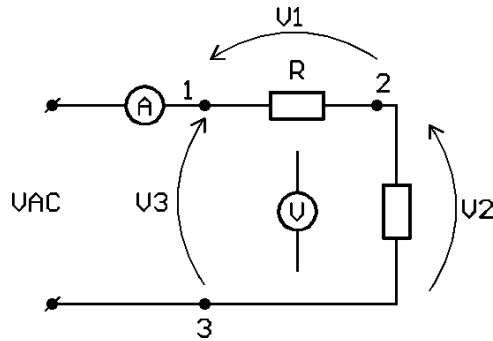
Cuộn áp được mắc sau cuộn dòng do vậy nội trở cuộn áp sẽ ảnh hưởng đến độ chính xác kết quả đo. Sai số càng giảm khi nội trở cuộn áp và R càng lớn hơn so với điện trở tải R_L .

6.2. ĐO CÔNG SUẤT XOAY CHIỀU:

6.2.1 Đo công suất tác dụng tải 1 pha:

a/ Phương pháp đo gián tiếp dùng Volt kế và Ampe kế:

Sơ đồ nối dây:



Hình 6. 5: Đo gián tiếp công suất tải một pha

Người ta dùng thêm một điện trở phụ R (khoảng vài Ω) mắc nối tiếp với tải.

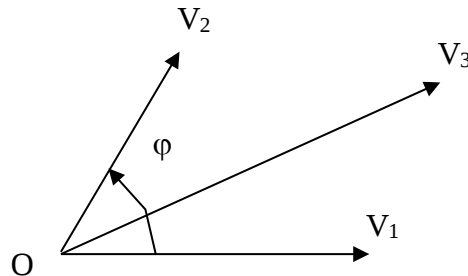
Dùng Volt kế đo điện áp giữa điểm 1 và 2 được V_1 , đo giữa hai điểm 2 và 3 được V_2 , đo giữa hai điểm 1 và 3 được V_3 .

Công suất trên tải:

$$P_L = I \cdot \frac{V_3^2 - V_2^2 - V_1^2}{2V_1} \quad (6.10)$$

Chứng minh:

Gọi φ là góc lệch pha giữa điện áp trên tải V_2 và dòng điện I chạy qua tải, ta có giản đồ vector biểu diễn các đại lượng I, V_1 , V_2 , V_3 :



Hình 6. 6: Giản đồ vector

Trong tam giác OV_1V_3 ta có:

$$V_3^2 = V_1^2 + V_2^2 + 2V_1V_2\cos\varphi$$

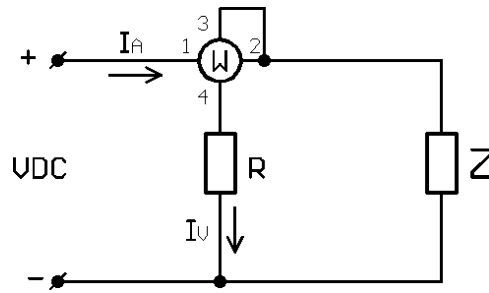
$$\Rightarrow \cos\varphi = \frac{V_3^2 - V_1^2 - V_2^2}{2V_1V_2}$$

$$P_L = V_L I_L \cos\varphi = V_L I_L \frac{V_3^2 - V_1^2 - V_2^2}{2V_1V_2}$$

$$P_L = I \cdot \frac{V_3^2 - V_1^2 - V_2^2}{2V_1} \quad (6.11)$$

b/ Phương pháp đo trực tiếp dùng Watt kế điện động:

Sơ đồ nối dây:



Hình 6. 7: Mạch đo trực tiếp công suất tải một pha

Phương trình đặc tính thang đo cho dòng điện xoay chiều của cơ cấu điện động:

$$\alpha = K_I \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \cos\varphi \quad (6.12)$$

Góc quay kim chỉ thị có sự liên hệ với dòng điện chạy qua hai cuộn dây và độ lệch pha φ giữa hai dòng điện này.

Ta có tổng trở của cuộn áp là:

$$Z_V = R + R_V + j\omega L \approx R \text{ (mang tính thuần trở)}$$

Do vậy φ cũng là góc lệch pha giữa dòng điện tải I_L và điện áp tải U_L

$$M_q = K_I \cdot I_A \cdot I_V \cdot \cos\varphi$$

$$M_q = K_I \cdot I_L \cdot \frac{U_L}{Z_V} \cdot \cos\varphi$$

$$\text{Đặt } \frac{K_I}{Z_V} = K_I'$$

$$M_q = K_I' \cdot I_L \cdot U_L \cdot \cos\varphi = K_I' \cdot P \quad (6.13)$$

Trục quay của kim có gắn lò xo tạo ra moment cản $M_c = K_c \cdot \alpha$

Khi kim đứng yên thì: $M_q = M_c$

$$K_I' \cdot P = K_c \cdot \alpha$$

Góc quay của kim $\alpha = \frac{K_I' \cdot P}{K_c} = K \cdot P$ tỉ lệ với công suất tiêu thụ của tải

C_w : Hằng số Watt kế

$$C_w = \frac{P_{đm}}{\alpha_{đm}} = \frac{U_{đm} \cdot I_{đm}}{\alpha_{đm}} \text{ [w/vạch]}$$

Khi ta thay đổi tầm đo U, I của Watt kế thì hằng số C_w cũng thay đổi:

$$C'_w = \frac{U'_{đm} \cdot I'_{đm}}{\alpha_{đm}} \quad (6.14)$$

Góc quay α của kim chỉ thị cũng phụ thuộc vào chiều dòng điện, do vậy khi sử dụng Watt kế phải chú ý đến cực tính của nó. Các đầu cùng cực tính phải được nối với nhau, nếu nối ngược kim sẽ quay ngược lại. Trong những Watt kế có cấp chính xác cao, người ta ghi điện trở của cuộn dây tĩnh và động nhằm giúp tính chính xác công suất phụ tải khi đã loại trừ ảnh hưởng của điện trở các cuộn dây. Khi đo nguồn điện xoay chiều, ta phải chú ý đến góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp.

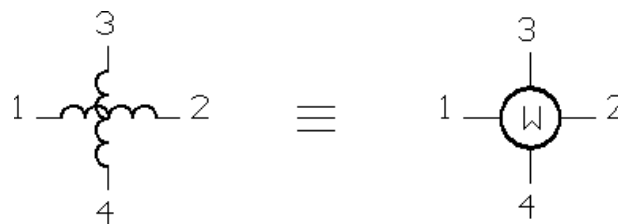
Nhằm tạo sự thuận lợi trong việc sử dụng Watt kế đo công suất của tải có dòng và áp thay đổi, người ta chia cuộn dòng điện thành các cấp tương ứng với tầm dòng điện cần sử dụng để thay đổi số vòng dây của cuộn dòng (giống như cơ cấu điện từ) bằng cách

đầu song song hoặc đầu nối tiếp chúng lại. Để thay đổi tầm điện áp, người ta dùng điện trở phụ mắc nối tiếp với cuộn điện áp (giống trong cơ cấu từ điện). Kết quả đọc trên Watt kế phụ thuộc tần số nguồn điện do ảnh hưởng bởi điện kháng cuộn áp làm dời pha giữa điện áp và dòng điện. Như vậy, hệ số mở rộng của Watt kế bằng tích số hệ số mở rộng dòng điện và điện áp.

Watt kế điện động có ưu điểm về độ chính xác (cấp chính xác 0,5; 0,2; 0,1 %), sử dụng được cho cả nguồn điện một chiều (DC), và xoay chiều (AC) tần số 45 ÷ 60 Hz hoặc trên 500 Hz. Tuy nhiên, Watt kế điện động có khuyết điểm là moment quay nhỏ, từ trường yếu dễ bị ảnh hưởng bởi từ trường nhiễu bên ngoài, khả năng chịu quá tải kém, giá thành cao. Trong công nghiệp, người ta thường dùng loại Watt kế sắt điện động có ưu điểm về độ chắc chắn, giá thành hạ, tuy nhiên độ chính xác không cao. Ngoài ra cũng có loại Watt kế kiểu cảm ứng nhưng ít được sử dụng vì giá trị đọc bị ảnh hưởng bởi tần số nguồn điện nên khi tần số thay đổi sẽ làm sai lệch kết quả, loại này tiêu thụ nhiều năng lượng nên cũng dễ gây ra sai số.

Trong trường hợp không cần độ chính xác cao, người ta dùng cơ cấu sắt điện động để giảm chi phí và tăng khả năng chịu quá tải của thiết bị đo. Tuy nhiên cơ cấu sắt điện động có sai số lớn hơn do hiện tượng từ trễ của lõi sắt non, ảnh hưởng của dòng điện xoáy và do tính phi tuyến của đường cong từ hóa.

Kí hiệu Watt kế 1 pha:



Hình 6. 8: Kí hiệu watt kế một pha

Trong kí hiệu Watt kế, 1 và 2 là hai đầu cuộn dòng, 3 và 4 là hai đầu cuộn áp. Do vậy, dòng tải I_L sẽ đi qua cuộn dòng, dòng điện đi qua cuộn áp tỉ lệ với độ lớn của điện áp trên hai đầu.

Khi cần đo công suất của đối tượng có điện áp và dòng lớn, người ta thường sử dụng thêm biến dòng và biến áp để hạ thấp dòng điện và điện áp trước khi đưa vào cuộn dây cố định và di động trong Watt kế.

Chú ý:

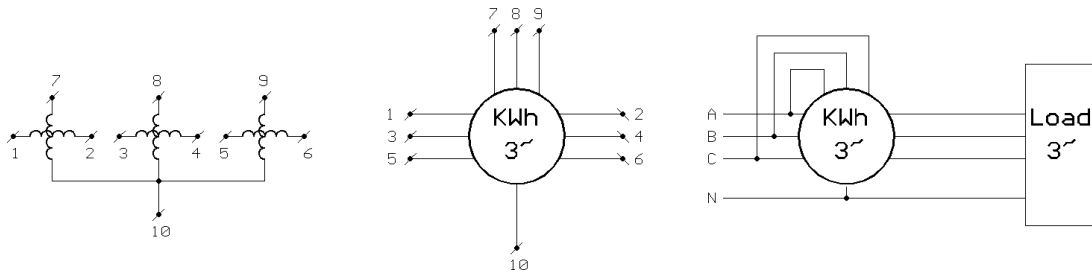
- Chiều quay của kim chỉ thị được xác định theo một chiều nhất định. Nếu Watt kế quay ngược thì ta phải trao đổi lại hai đầu 1 và 2 của cuộn dòng điện.
- Không được mắc điện trở R giữa hai đầu 1 và 3 vì lúc này hai đầu cuối 2 và 4 của hai cuộn dây sẽ có điện áp gần bằng với điện áp nguồn. Điều này sẽ gây nguy hiểm khi điện áp cao đặt vào có thể phá hỏng lớp cách điện giữa hai cuộn dây, ngoài ra nó còn làm tăng sai số trong kết quả đo vì ảnh hưởng tĩnh điện của hai cuộn dây trong Watt kế.

6.2.2 Đo công suất tác dụng tải 3 pha:

Trong thực tế để đo công suất tải 3 pha, ngoài việc dùng các Watt kế 1 pha người ta dùng Watt kế 3 pha có cấu tạo giống như việc ghép các Watt kế 1 pha lại để tạo thuận lợi trong quá trình đo công suất.

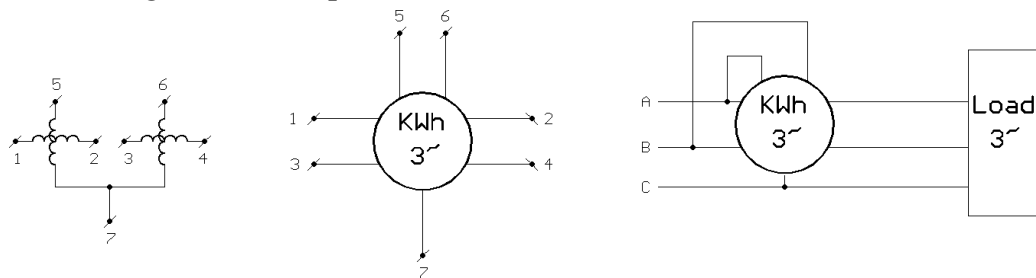
Watt kế 3 pha có 3 loại sau:

Watt kế 3 pha 3 phần tử: được dùng để đo công suất mạch 3 pha 4 dây. Nó gồm 3 cuộn dòng và 3 cuộn áp. Ba cuộn áp được gắn trên cùng một trục quay, do vậy moment làm quay phần động là tổng của ba moment của ba phần tử, tức là tỉ lệ với công suất ba pha.



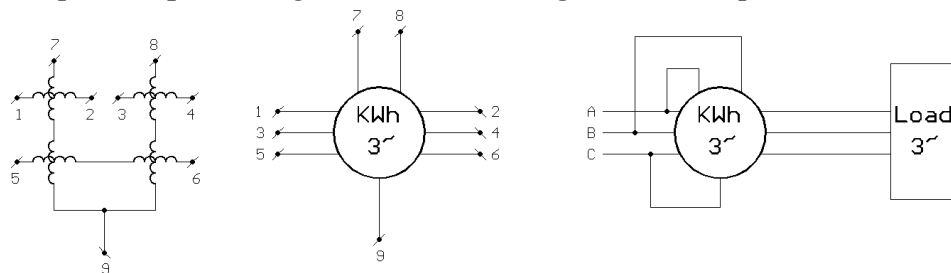
Hình 6. 9: Watt kế 3 pha 3 phần tử

Watt kế 3 pha 2 phần tử: được dùng để đo mạch ba pha đối xứng cho đơn giản. Nó gồm 2 cuộn dòng và 2 cuộn áp.



Hình 6. 10: Watt kế 3 pha 2 phần tử

Watt kế 3 pha 2,5 phần tử: gồm có 3 cuộn dòng và 2 cuộn áp



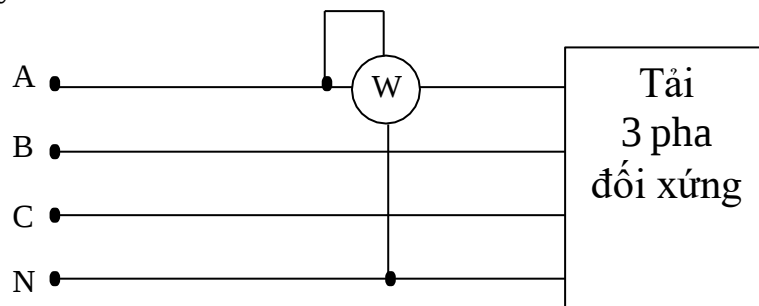
Hình 6. 11: Watt kế 3 pha 2,5 phần tử

Mục đích chế tạo ra Watt kế 3 pha 2,5 phần tử là để có thể đo được sự tiêu thụ điện năng trên pha C mà Watt kế 3 pha 2 phần tử không làm được.

a/ Đo công suất tải 3 pha 4 dây:

Trường hợp đối xứng:

Sơ đồ nối dây:



Hình 6. 12: Sơ đồ mạch đo công suất tải 3 pha 4 dây đối xứng

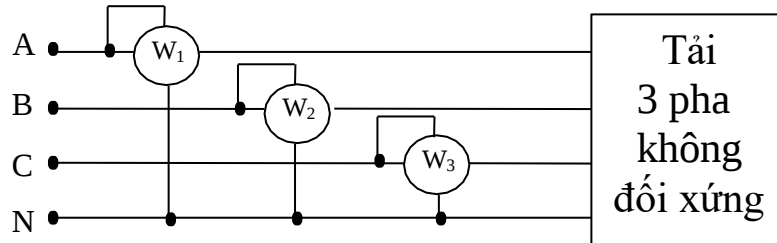
Lúc này công suất ở các pha đều như nhau, thay vì dùng 3 Watt kế mắc trên 3 pha để đồng thời đo công suất tác dụng của 3 pha ta chỉ cần đo công suất trên 1 pha sau đó thực hiện phép tính:

$$P_{3pha} = 3P_{1pha}$$

- Trường hợp bất đối xứng:

Cách 1: Dùng 3 Watt kế 1 pha:

Sơ đồ nối dây:



Hình 6. 13: Sơ đồ mạch đo công suất tải 3 pha 4 dây bất đối xứng

Do công suất trên các pha không bằng nhau nên công suất của tải 3 pha được tính như sau: $P_{3pha} = P_A + P_B + P_C$

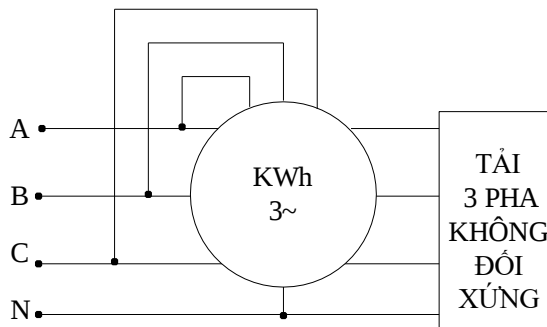
P_A : Công suất đo trên pha A cho bởi Watt kế W_1 [W]

P_B : Công suất đo trên pha B cho bởi Watt kế W_2 [W]

P_C : Công suất đo trên pha C cho bởi Watt kế W_3 [W]

Cách 2: Watt kế 3 pha 3 phần tử:

Sơ đồ nối dây:

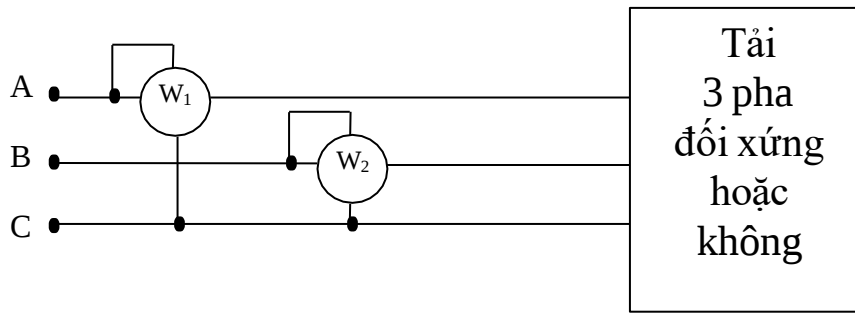


Hình 6. 14: Sơ đồ mạch đo dùng watt kế 3 pha 3 phần tử.

b/ Đo công suất tải 3 pha 3 dây:

Trong mạch điện 3 pha 3 dây, nguồn điện cung cấp cho tải chỉ có 3 dây pha, không có dây trung tính. Dù cho tải đối xứng hoặc không đối xứng thì ta cũng dùng sơ đồ nối dây sau.

Sơ đồ nối dây:



Hình 6. 15: Sơ đồ mạch đo công suất tải 3 pha 3 dây

$$P_{3pha} = P_1 + P_2$$

P_1 : Công suất đo trên pha A cho bởi Watt kế W_1 [W]

P_2 : Công suất đo trên pha B cho bởi Watt kế W_2 [W]

Chứng minh:

Trong sơ đồ nối dây trên, Watt kế 1 có điện áp dây U_{AC} và dòng điện dây I_A , Watt kế 2 có điện áp dây U_{BC} và dòng điện dây I_B

Ta có:

$$\vec{U}_{AC} \vec{I}_A + \vec{U}_{BC} \vec{I}_B = (\vec{U}_A - \vec{U}_C) \vec{I}_A + (\vec{U}_B - \vec{U}_C) \vec{I}_B \quad (6.15)$$

$$P_1 + P_2 = \vec{U}_{AC} \vec{I}_A + \vec{U}_{BC} \vec{I}_B \quad (6.16)$$

Vì:

$$\begin{aligned} \vec{U}_{AC} &= \vec{U}_A - \vec{U}_C \\ \vec{U}_{BC} &= \vec{U}_B - \vec{U}_C \\ P_1 + P_2 &= (\vec{U}_A - \vec{U}_C) \vec{I}_A + (\vec{U}_B - \vec{U}_C) \vec{I}_B \\ &= \vec{U}_A \vec{I}_A - \vec{U}_C \vec{I}_A + \vec{U}_B \vec{I}_B - \vec{U}_C \vec{I}_B \\ P_1 + P_2 &= \vec{U}_A \vec{I}_A + \vec{U}_B \vec{I}_B - \vec{U}_C (\vec{I}_A + \vec{I}_B) \end{aligned} \quad (6.17)$$

Trong mạch 3 pha, ta có:

$$\vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C = 0 \quad (6.18)$$

Thay thế vào phương trình trên, ta được:

$$P_1 + P_2 = \vec{U}_A \vec{I}_A + \vec{U}_B \vec{I}_B + \vec{U}_C \vec{I}_C \quad (6.19)$$

$$P_1 + P_2 = P_A + P_B + P_C \quad (6.20)$$

Do vậy công suất của 3 pha bằng tổng công suất của hai Watt kế 1 và 2.

Khi theo đúng thứ tự pha A, B, C thì $P_{3pha} = P_1 + P_2$. Nếu mắc sai thứ tự pha sẽ khiến 1 Watt kế quay thuận và 1 Watt kế quay ngược nên sẽ không đọc được chỉ số. Lúc này ta phải đổi cực tính lại cho Watt kế quay ngược và $P_{3pha} = P_1 - P_2$

Ngoài ra ta cũng có thể đo công suất mạng 3 pha 3 dây đối xứng bằng cách sử dụng 3 Watt kế một pha có cuộn dòng điện mắc nối tiếp với pha tương ứng, cuộn điện áp có một đầu mắc vào pha cuộn dòng, đầu còn lại nối với một điện trở lớn. Ba đầu còn lại của ba điện trở giống nhau này nối chung lại, ba điện trở được sử dụng để tạo điểm trung tính giả.

6.2.3 Đo công suất phản kháng tải 1 pha:

Công suất phản kháng Q là đại lượng đặc trưng cho mức độ trao đổi năng lượng điện từ trường của thành phần L, C trong mạch điện xoay chiều.

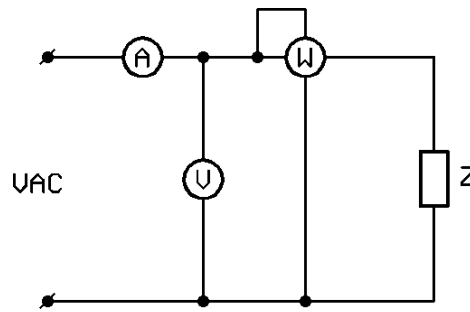
$$Q = U.I.\sin\varphi \quad [\text{VAr}] \quad (6.21)$$

φ : Góc lệch pha giữa điện áp U và dòng điện I

Thông thường người ta dùng Var kế để đo công suất phản kháng nhưng cũng có thể đo bằng các dụng cụ đo khác.

Cách 1: Dùng Watt kế, Volt kế, Ampe kế:

Sơ đồ nối dây:



Hình 6. 16: Đo công suất phản kháng dùng Watt kế, Volt kế, Ampe kế

$$Q = U.I.\sqrt{1 - \frac{P^2}{U^2 I^2}} \quad [\text{VAr}] \quad (6.22)$$

Chứng minh:

Ta có trị số chỉ trên Watt kế:

$$P = U.I.\cos\varphi \quad (6.23)$$

Như vậy:

$$\cos\varphi = \frac{P}{U.I} \quad (6.24)$$

U, I là giá trị đọc được trên Volt kế, Ampe kế

Ta có:

$$\begin{aligned} \sin\varphi &= \sqrt{1 - \cos^2\varphi} \\ \sin\varphi &= \sqrt{1 - \frac{P^2}{U^2.I^2}} \end{aligned} \quad (6.25)$$

Do vậy công suất phản kháng:

$$Q = U.I.\sqrt{1 - \frac{P^2}{U^2.I^2}} \quad (6.26)$$

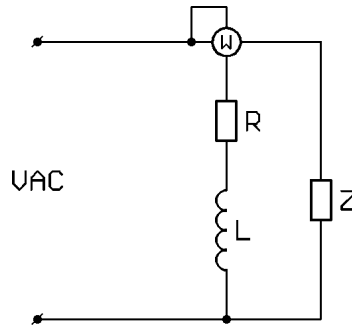
Cách 2: Chuyển Watt kế thành Var kế:

Theo công thức lượng giác $\sin\varphi = \cos(90^\circ - \varphi)$.

Như vậy ta vẫn có thể sử dụng Watt kế để đo công suất phản kháng nếu có biện pháp làm cho dòng điện và điện áp lệch pha thêm một góc bằng 90° . Sử dụng một tụ điện C hoặc một cuộn dây L có trị số đủ lớn mắc nối tiếp với cuộn dây điện áp của Watt kế. Như vậy lúc đầu dòng điện chạy qua cuộn dòng là I_A lệch pha so với dòng điện chạy qua cuộn áp I_V một góc φ . Khi ta mắc nối tiếp cuộn dây L với cuộn điện áp thì hai dòng

điện trên lệch pha thêm một góc bằng 90° . Do đó ta có thể dùng Watt kế để đo công suất phản kháng Q .

Sơ đồ nối dây:



Hình 6. 17: Sơ đồ mạch chuyển Watt kế thành Var kế

Chú ý:

Sau khi cuộn dây L được mắc nối tiếp với cuộn áp thì dòng điện qua cuộn áp và điện áp nguồn đặt vào không thực sự lệch nhau 90° vì còn có thành phần điện trở trong mạch cuộn áp ảnh hưởng đến góc lệch pha này. Muốn góc lệch pha càng gần với 90° thì giá trị điện cảm L phải chiếm ưu thế trong tổng trở của mạch

Cách 3: Đo trực tiếp công suất phản kháng Q bằng Var kế:

Trong thực tế, người ta đã chế tạo ra dụng cụ đo công suất phản kháng gọi là Var kế có cấu tạo giống như cấu tạo của Watt kế, chỉ khác là cuộn dây di động (cuộn áp) được gắn nối tiếp với một cuộn cảm có giá trị L lớn và điện trở tổn hao không đáng kể.

Cơ cấu điện động có $M_q = K_I \cdot I_A \cdot I_V \cdot \cos \alpha$

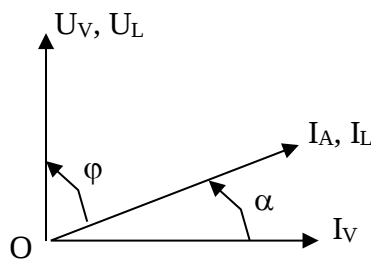
K_I : Hằng số dòng điện của cơ cấu điện động

I_A : Dòng điện chạy qua cuộn dòng

I_V : Dòng điện chạy qua cuộn áp

α : Góc lệch pha giữa hai dòng điện I_A và I_V

Ta có giản đồ vector sau:



Hình 6. 18: Giản đồ vector

Khi cuộn áp được mắc nối tiếp với cuộn cảm L thì tổng trở của cuộn áp là:

$$Z_V = R_V + j\omega L_V + j\omega L \approx R_V + j\omega(L_V + L) \quad (6.27)$$

$$M_q = K_I \cdot I_L \cdot \frac{U_L}{Z_V} \cdot \sin \varphi \quad (6.28)$$

Đặt:

$$\frac{K_I}{Z_V} = K_I'$$

$$M_q = K_I' \cdot I_L \cdot U_L \cdot \sin\varphi = K_I' \cdot Q \quad (6.29)$$

Trục quay của kim có gắn lò xo tạo ra moment cản $M_c = K_c \cdot \alpha$

Khi kim đứng yên thì: $M_q = M_c$

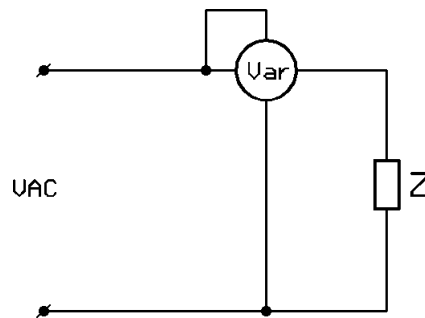
$$K_I' \cdot Q = K_c \cdot \alpha \quad (6.30)$$

Góc quay của kim:

$$\alpha = \frac{K_I' \cdot Q}{K_c} = K \cdot Q \quad (6.31)$$

α tỉ lệ với công suất phản kháng của tải

Sơ đồ nối dây:



Hình 6. 19: Sơ đồ nối mạch đo dùng VAR kế

6.2.4 Đo công suất phản kháng tải 3 pha:

a/ Đo công suất phản kháng tải 3 pha 4 dây:

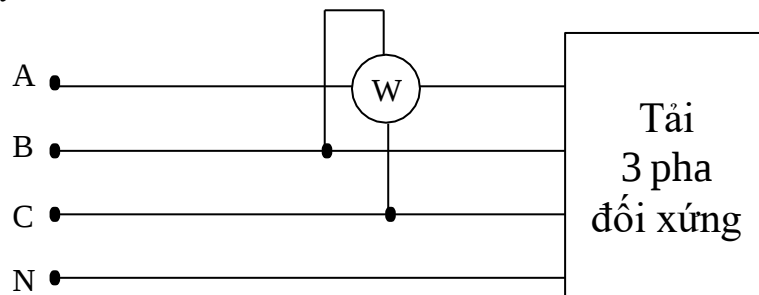
Trường hợp tải đối xứng:

Dùng 1 Var kế, ta đo công suất phản kháng trên 1 pha bất kì, công suất phản kháng 3 pha:

$$Q_{3pha} = 3 Q_{1pha} \quad (6.32)$$

Ta cũng có thể dùng Watt kế để đo công suất phản kháng.

Sơ đồ nối dây:

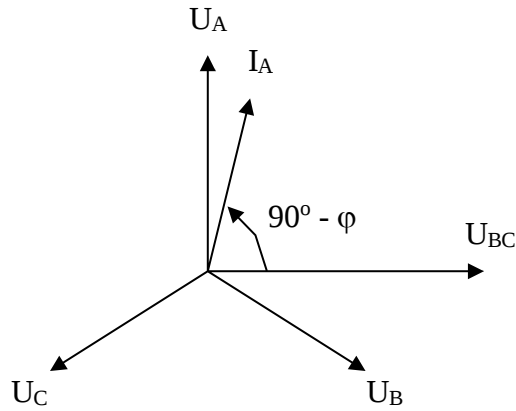


Hình 6. 20: Đo công suất phản kháng tải 3 pha 4 dây đối xứng

$$Q_{3pha} = \sqrt{3}P \quad (6.33)$$

Khi đo nếu kim quay ngược thì đảo 2 đầu B, C.

Chứng minh:



Hình 6. 21: Giải đồ vector

Theo tính chất của mạng điện 3 pha, điện áp dây luôn chậm pha so với điện áp pha tương ứng một góc 90° . Ta có số chỉ trên Watt kế:

$$P = I_A \cdot U_{BC} \cdot \cos(90^\circ - \varphi) \quad (6.34)$$

$$P = I_A \cdot \sqrt{3} U_A \cdot \sin\varphi = \sqrt{3} Q_A$$

$$\Rightarrow Q_A = \frac{P}{\sqrt{3}} \quad (6.35)$$

$$Q_{3pha} = 3Q_A = 3 \frac{P}{\sqrt{3}} = \sqrt{3}P \quad (6.36)$$

Trường hợp tải không đối xứng:

Dùng 3 Var kế ta thực hiện đo công suất phản kháng đồng thời trên cả 3 pha sau đó tính:

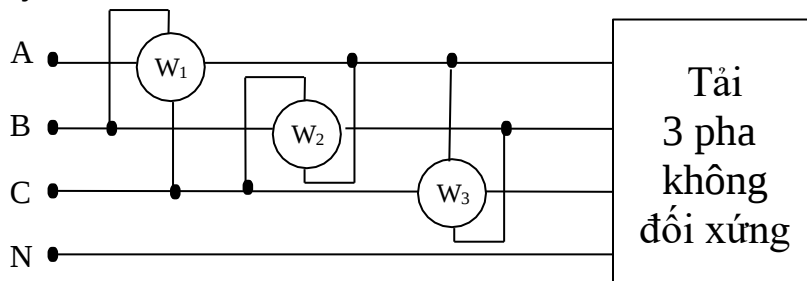
$$Q_{3pha} = Q_{phaA} + Q_{phaB} + Q_{phaC} \quad (6.37)$$

Ta cũng có thể dùng Watt kế để đo công suất phản kháng. Nếu chỉ có 1 Watt kế, ta thực hiện đo lần lượt công suất phản kháng trên từng pha sau đó tính:

$$Q_{3pha} = Q_A + Q_B + Q_C = \frac{P_1}{\sqrt{3}} + \frac{P_2}{\sqrt{3}} + \frac{P_3}{\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}} (P_1 + P_2 + P_3) \quad (6.38)$$

Nếu có 3 Watt kế, ta thực hiện đo đồng thời công suất phản kháng các pha sau đó tính như công thức (6.38).

Sơ đồ nối dây:



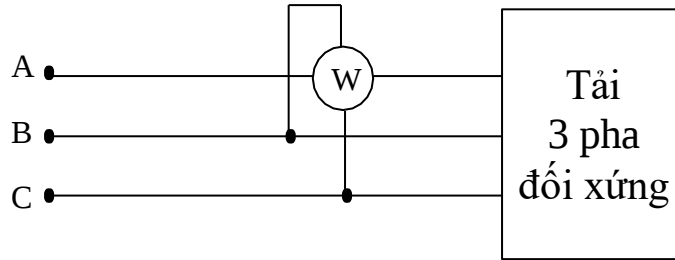
Hình 6. 22: Đo công suất phản kháng tải 3 pha 4 dây không đối xứng

b/ Đo công suất phản kháng tải 3 pha 3 dây:

Do mạng điện 3 pha 3 dây không có dây trung tính nên không thể dùng Var kế 1 pha để đo công suất phản kháng trên từng pha được. Lúc này ta chỉ cần dùng 1 Watt kế để đo công suất phản kháng.

- Trường hợp điện áp đối xứng, tải cân bằng

Sơ đồ nối dây:



Hình 6. 23: Đo công suất phản kháng tải 3 pha 3 dây tải cân bằng

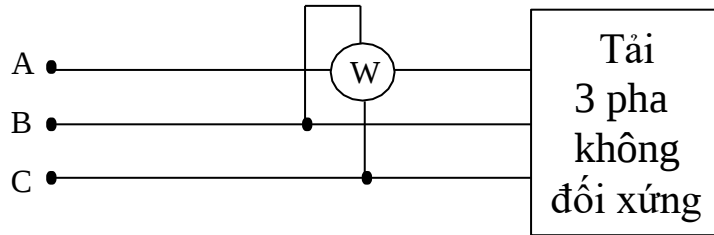
$$Q_{3pha} = \sqrt{3}P \quad (6.39)$$

Trường hợp điện áp đối xứng, tải không cân bằng

Nếu chỉ có 1 Watt kế, ta thực hiện đo lần lượt công suất phản kháng trên từng pha sau đó tính:

$$Q_{3pha} = Q_A + Q_B + Q_C = \frac{P_1}{\sqrt{3}} + \frac{P_2}{\sqrt{3}} + \frac{P_3}{\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}} (P_1 + P_2 + P_3) \quad (6.40)$$

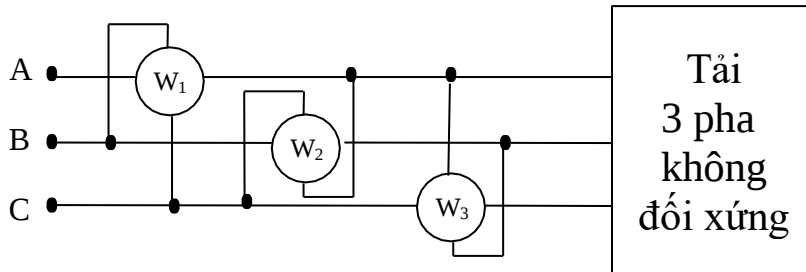
Sơ đồ nối dây:



Hình 6. 24: Đo công suất phản kháng tải 3 pha 3 dây tải không cân bằng

Nếu có 3 Watt kế, ta thực hiện đo đồng thời công suất phản kháng trên các pha sau đó tính theo công thức (6.40)

Sơ đồ nối dây:



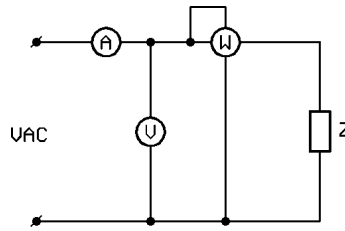
Hình 6. 25: Đo công suất phản kháng tải 3 pha 3 Bằng 3 Watt kế 1 pha

6.3. ĐO HỆ SỐ CÔNG SUẤT:

Dòng điện và điện áp trên tải có sự lệch pha nhau phụ thuộc vào đặc tính của tải tiêu thụ. Trong lĩnh vực điện ta quan tâm đến góc lệch pha này để biết được hệ số công suất $\cos\varphi$, trong lĩnh vực điện tử ta quan tâm đến độ lệch pha giữa hai tín hiệu bất kì.

6.3.1 Đo $\cos\varphi$ dùng Volt kế, Ampe kế và Watt kế:

Sơ đồ nối dây:

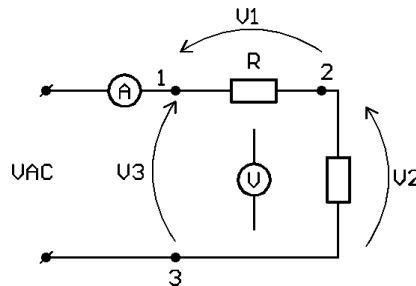


Hình 6. 26: Đo $\cos\varphi$ dùng Volt kế, Ampe kế và Watt kế

$$\cos\varphi = \frac{P}{UI} \quad (6.41)$$

6.3.2 Đo $\cos\varphi$ dùng Volt kế:

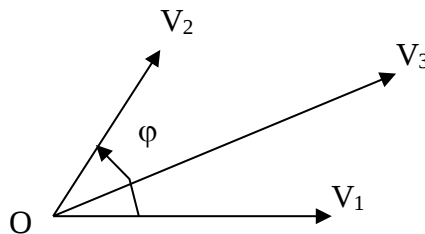
Sơ đồ nối dây:



Hình 6. 27: Mạch đo $\cos\varphi$ dùng Volt kế

Người ta dùng thêm một điện trở phụ R (khoảng vài Ω) mắc nối tiếp với tải. Dùng Volt kế đo điện áp giữa điểm 1 và 2 được V_1 , đo giữa hai điểm 2 và 3 được V_2 , đo giữa hai điểm 1 và 3 được V_3 .

Gọi φ là góc lệch pha giữa điện áp trên tải V_2 và dòng điện I chạy qua tải, ta có giản đồ vector biểu diễn các đại lượng I , V_1 , V_2 , V_3 :



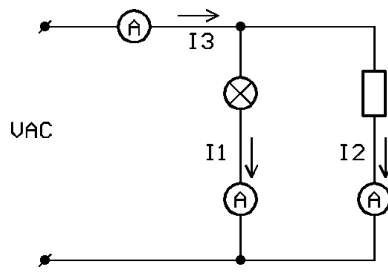
Hình 6. 28: Giản đồ vector điện áp

Trong tam giác OV_1V_3 ta có:

$$\begin{aligned} V_3^2 &= V_2^2 + V_1^2 + 2V_1V_2\cos\varphi \\ \cos\varphi &= \frac{V_3^2 - V_2^2 - V_1^2}{2V_1V_2} \end{aligned} \quad (6.42)$$

$\Rightarrow$ Tương tự ta cũng có thể dùng đồng hồ đo dòng điện để đo hệ số công suất

Sơ đồ nối dây:

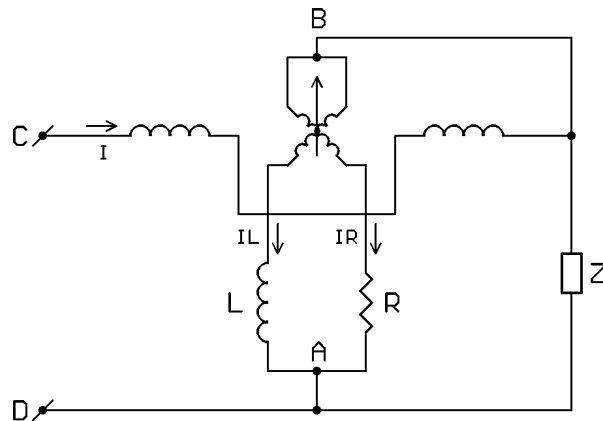


Hình 6. 29: Mạch đo $\cos\varphi$ dùng Ampe kế

$$\cos\varphi = \frac{I_3^2 - I_1^2 - I_2^2}{2I_1I_2} \quad (6.43)$$

6.3.3 Đo độ lệch pha dùng $\cos\varphi$ kế điện động:

Cấu tạo của $\cos\varphi$ kế điện động 1 pha:



Hình 6. 30: Mạch đo $\cos\varphi$ dùng $\cos\varphi$ kế điện động

Cuộn dây tĩnh được chia làm hai phần mắc nối tiếp với tải.

Cuộn dây động cũng được chia làm hai phần, một nửa mắc nối tiếp với điện trở R, một nửa mắc nối tiếp với cuộn dây L, cả hai mắc song song với tải.

Dòng điện chạy qua điện trở R và cuộn cảm L sẽ lệch pha với nhau một góc $\pi/2$. Hai nửa cuộn dây động được mắc thẳng góc với nhau.

Gọi M1 là giá trị hồ cảm cực đại do cuộn dây tĩnh hồ cảm lên nửa thứ nhất của cuộn dây động. M2 là giá trị hồ cảm cực đại do cuộn dây tĩnh hồ cảm lên nửa thứ hai của cuộn dây động.

Giả sử tổng trở hai nửa cuộn dây di động không đáng kể so với giá trị của R và L.

Do vậy dòng điện chạy qua nửa thứ nhất: $i_R = \frac{U\sqrt{2}}{R} \cos\omega t$, dòng điện chạy qua nửa thứ hai: $i_L = \frac{U\sqrt{2}}{L\omega} \cos\omega t$

Khi tải thuần trở thì kim chỉ số 1.

Khi tải có tính dung kháng (tụ điện, accu...) thì kim nằm lệch về bên trái thang đo.

Khi tải có tính cảm kháng (đèn huỳnh quang, quạt, động cơ...) thì kim nằm lệch về bên phải thang đo.

Ứng dụng khác của $\cos\varphi$ kế là dùng làm thiết bị chỉ thị sự đồng bộ của hai tín hiệu từ hai máy phát điện trước khi cho chúng hòa đồng bộ với nhau (Synchronoscope). Hai

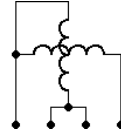
Đĩa nhôm D:

Được chế tạo bằng vật liệu nhôm, có dạng đĩa tròn, nhẹ, trọng lượng phân bố đều để dễ dàng chuyển động quanh trục xuyên tâm và dễ thay đổi tốc độ. Đĩa nhôm nằm trong khe hở của mạch từ cuộn áp và cuộn dòng.

Bộ phận truyền động bánh răng:

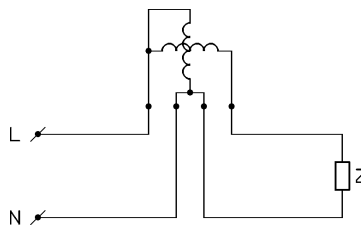
Có nhiệm vụ truyền chuyển động quay của trục đĩa nhôm để quay các con số chỉ thị thể hiện điện năng tiêu thụ trong suốt thời gian tải hoạt động.

b. Kí hiệu:



c. Nguyên tắc hoạt động:

Cách mắc điện năng kế 1 pha:



Hình 6. 32: Sơ đồ nguyên lý điện năng kế 1 pha

Nguyên tắc hoạt động:

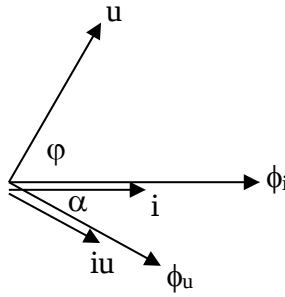
Khi tải được mắc tại ngõ ra của điện năng kế, dòng điện i chạy qua tải tiêu thụ cũng chính là dòng điện chạy qua cuộn dòng điện gây nên từ thông ϕ_i , từ thông này xuyên qua đĩa nhôm tại hai vị trí. Điện áp u đặt trên tải cũng là điện áp đặt trên cuộn áp, điện áp này sinh ra dòng điện i_u trong cuộn áp. Dòng điện i_u tạo ra từ thông ϕ_u phân tách làm hai phần là ϕ_L khép mạch qua lõi thép mà không xuyên qua đĩa nhôm, nhưng thành phần tổng hợp là ϕ_u sẽ xuyên qua đĩa nhôm tại 1 vị trí sau đó khép kín qua gông từ.

Khi có các từ thông ϕ_i , ϕ_u biến thiên theo thời gian xuyên qua đĩa nhôm thì theo định luật cảm ứng điện từ, trên đĩa nhôm sẽ xuất hiện các dòng điện xoáy. Dòng điện xoáy có xu hướng chống lại sự biến thiên của từ thông đã sinh ra nó do vậy nó tạo ra moment M_q làm cho đĩa nhôm quay để giảm độ biến thiên của từ thông gửi qua đĩa. Tóm lại nhờ có sự tương tác giữa dòng điện xoáy và từ thông cuộn áp, cuộn dòng đã tạo nên moment ngẫu lực làm quay đĩa nhôm. Moment quay đĩa M_q tỉ lệ với tần số nguồn điện f , từ thông của cuộn áp ϕ_u , từ thông của cuộn dòng ϕ_i .

Dòng điện I chạy qua tải cũng là dòng điện qua cuộn dòng trùng pha với từ thông ϕ_i . Dòng điện i_u chạy qua cuộn áp trùng pha với từ thông ϕ_u

Cuộn dòng điện có số vòng nhỏ nên thành phần điện cảm nhỏ, dòng điện i chạy qua trùng pha với điện áp trên hai đầu tải. Cuộn điện áp có số vòng lớn nên thành phần điện cảm khá lớn khiến dòng điện i_u chạy qua cuộn dây chậm pha gần 90° so với điện áp trên tải. Giả sử dòng điện i chạy qua tải lệch pha so với điện áp u trên tải một góc φ .

Ta có giản đồ vector các đại lượng dòng điện và điện áp như sau:



Thành lập biểu thức tính điện năng tiêu thụ A:

Người ta tìm ra mối liên hệ giữa moment quay M_q với các đại lượng điện như sau:

$$M_q = k.f.\phi_u.\phi_i.\sin\beta \quad (6.44)$$

k : Hệ số tỉ lệ

f : Tần số lưới điện

ϕ_u : Từ thông cuộn áp

ϕ_i : Từ thông cuộn dòng

(Giả sử mạch từ không bị bão hòa từ)

Ta cần tìm ra sự tương quan giữa M_q và công suất tiêu thụ $P = U.I.\cos\varphi$

Nhận thấy:

ϕ_u tỉ lệ với dòng điện i_u , mà i_u lại tỉ lệ với U

ϕ_i tỉ lệ với dòng điện i

$$\sin\beta = \cos\varphi$$

Do vậy M_q có thể viết lại thành:

$$M_q = k_p.U.I.\cos\varphi = k_p.P \quad (6.45)$$

Như vậy moment quay M_q tỉ lệ với công suất tiêu thụ trên tải.

Khi đĩa nhôm chuyển động qua từ trường giữa hai cực của nam châm, theo hiện tượng cảm ứng điện từ, trong đĩa nhôm sẽ sinh ra dòng điện cảm ứng. Dòng điện cảm ứng này có xu hướng chống lại sự biến thiên từ thông gửi qua nó bằng cách tạo ra moment cản M_c hãm chuyển động quay của đĩa nhôm. Moment này tỉ lệ thuận với từ thông ϕ_m do nam châm M tạo ra và tốc độ quay n của đĩa nhôm.

$$M_c = k_c.n \quad (6.46)$$

Khi đĩa nhôm quay đều thì $M_q = M_c$

$$k_p.P = k_c.n \quad (6.47)$$

Tính trong khoảng thời gian t từ t_1 đến t_2 ta có:

$$k_p.P.t = k_c.n.t$$

$$k_p.A = k_c.N$$

$$A = \frac{k_c.N}{k_p} = \frac{k_c}{k_p}.N \quad (6.48)$$

N : Số vòng quay trong thời gian t [vòng]

A : Điện năng tiêu thụ trong thời gian t [KWh]

$\frac{k_c}{k_p}$: Hằng số dụng cụ do nhà chế tạo quy định

Các thông số cần quan tâm:

- Điện áp định mức U
- Dòng điện định mức I
- Tần số định mức f. Nếu đồng hồ có giá trị tần số ghi là 50 Hz nhưng lại cho hoạt động với nguồn điện 60 Hz thì sẽ chạy nhanh hơn và ngược lại
- Hệ số định mức: K_0 [n/KWh] (do nhà sản xuất ghi): là chỉ tiêu quan trọng thể hiện chất lượng của công tơ điện, cho biết số vòng quay của công tơ khi tải tiêu thụ điện năng là 1 [KWh]
- Hằng số định mức:

$$C_0 = \frac{1}{K_0} \text{ [KWh/ vòng]} \quad (6.49)$$

- Sai số:

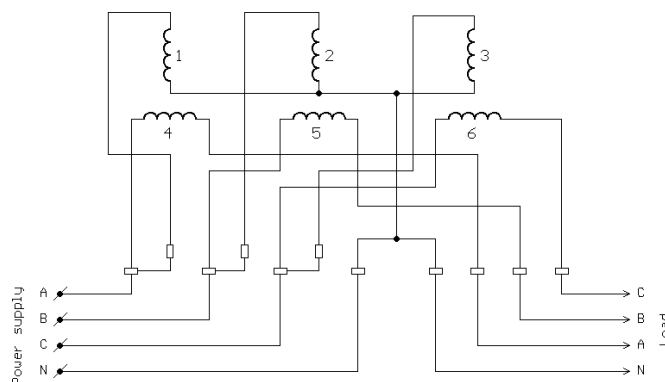
$$\gamma = \frac{C_0 - C_{th}}{C_0} \quad (6.50)$$

C_{th} : Hằng số thực của công tơ điện

$C_{th} = \frac{P \cdot t}{n}$ là tỉ số giữa điện năng tiêu thụ và số vòng quay tương ứng

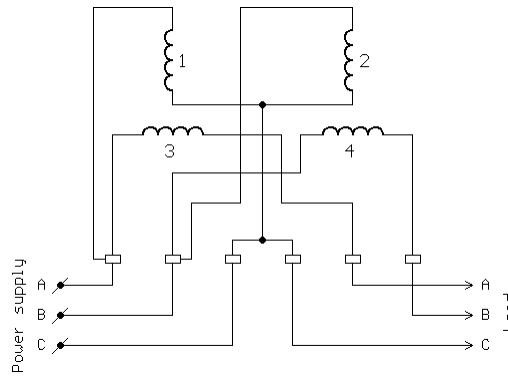
6.4.2 Đo điện năng tải 3 pha:

Loại 3 pha 3 phần tử: dùng để đo điện năng trong mạch 3 pha 4 dây. Tương tự như trong việc đo công suất mạch 3 pha 4 dây, nhưng thay vì làm lệch kim chỉ thị thì trong công tơ điện 3 pha 3 phần tử moment làm quay đĩa nhôm bằng tổng 3 moment tác dụng lên 3 đĩa nhôm gắn trên cùng một trục.



Hình 6. 33: Mạch đo điện năng dùng Watt kế 3 pha 3 phần tử

Loại 3 pha 2 phần tử: dùng để đo điện năng trong mạch 3 pha 3 dây, cách mắc dây cũng tương tự như Watt kế 2 phần tử.



Hình 6. 34: Mạch đo điện năng dùng Watt kế 3 pha 2 phần tử

Khi dùng Watt kế hoặc công tơ điện trong mạch có dòng điện lớn, ta có thể mở rộng thang đo bằng cách sử dụng thêm máy biến dòng điện, tương tự khi cần đo trong mạch có điện áp cao ta sẽ kết hợp với máy biến điện áp.

Cuộn dây sơ cấp của máy biến dòng điện được mắc nối tiếp với đối tượng cần đo, thứ cấp của nó mắc nối tiếp với cuộn dòng điện của Watt kế thông qua một Ampe kế để chỉ thị dòng điện đi vào cuộn dây tính Watt kế. Cuộn dây sơ cấp của máy biến điện áp mắc song song với đối tượng cần đo, thứ cấp của nó mắc song song với cuộn điện áp của Watt kế và Volt kế để chỉ thị điện áp đặt vào cuộn dây động Watt kế. Lúc này công suất thực sự của tải bằng số chỉ trên Watt kế nhân với hệ số máy biến dòng điện và hệ số máy biến điện áp.

Watt kế và công tơ điện thường được chế tạo với dòng điện định mức: 3,5; 10; 15 [A] và điện áp định mức: 110; 220 [V].

❖ TÓM TẮT NỘI DUNG BÀI 6:

- 6.1. Đo công suất một chiều.
- 6.2. Đo công suất xoay chiều.
- 6.3. Đo hệ số công suất.
- 6.4. Đo điện năng.

❖ CÂU HỎI Củng Cố Bài 6:

- Câu 1 Watt kế điện động được cấu tạo dựa trên cơ cấu nào sau đây?
- A) Cơ cấu từ điện
 - B) Cơ cấu điện từ
 - C) Cơ cấu điện động
 - D) Cơ cấu cảm ứng
- Câu 2 Công thức liên hệ giữa góc lệch của kim chỉ thị watt kế điện động và công suất một chiều cần đo là:
- A) $\alpha = K \cdot P$
 - B) $\alpha = K \cdot P^2$
 - C) $\alpha = K/P$
 - D) $\alpha = K/P^2$
- Câu 3 Phương pháp đo công suất dùng watt kế điện động là phương pháp đo:
- A) Gián tiếp
 - B) Trực tiếp
 - C) Hỗn hợp

D) Song song

Câu 4 Công thức liên hệ giữa góc lệch của kim chỉ thị watt kế điện động và công suất tác dụng xoay chiều cần đo là:

A) $\alpha = K \cdot P$

B) $\alpha = K \cdot P^2$

C) $\alpha = K \cdot P \cdot \cos\varphi$

D) $\alpha = K \cdot P^2 \cdot \cos\varphi$

Câu 5 Ưu điểm của watt kế điện động là:

A) Độ chính xác cao

B) Giá thành hạ

C) Khả năng chịu quá tải cao

D) Từ trường mạnh, ít bị ảnh hưởng bởi từ trường ngoài

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Văn Hòa, *Đo lường điện và cảm biến đo lường*, Nhà xuất bản giáo dục