

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA

Nguyễn Ngân

GIÁO TRÌNH

CƠ SỞ KỸ THUẬT ĐIỆN I

ĐÀ NẴNG – 2004
(LƯU HÀNH NỘI BỘ)

LỜI NÓI ĐẦU

Cơ sở Kỹ thuật điện (CSKTĐ) là môn học cơ sở Kỹ thuật quan trọng trong chương trình đào tạo Kỹ sư ngành Kỹ thuật điện. Nó cung cấp những cơ sở lý luận chung nhất, những phương pháp cơ bản để tính toán, giải thích các hiện tượng điện từ của thiết bị điện.

Đặc điểm của môn học là dựa trên phương pháp luận mô hình toán học để mô tả các quá trình xét; nên các công cụ toán học như đại số phức, phép tính vector, phép tính toán tử, phương trình vi phân, phép tính gần đúng... được sử dụng rất phổ biến. Ngoài ra cũng rất cần các kiến thức về vật lý để hiểu sâu sắc hơn các biểu thức giải thích các hiện tượng. Giáo trình CSKTĐ được biên soạn theo đề cương chi tiết đã được thông qua và dựa theo kinh nghiệm giảng dạy nhiều năm ở Khoa Điện - Trường Đại học Bách khoa Đà Nẵng. Giáo trình gồm phần mở đầu và 19 chương in thành hai quyển tập I và II.

Ở quyển tập I trình bày những đặc trưng, những phương pháp tính toán, tổng hợp những hiện tượng trong hệ tuyến tính hệ số hằng ở chế độ xác lập điều hòa một pha và ba pha. Trình bày về các quan hệ tuyến tính, về lý thuyết mạng một cửa, lý thuyết mạng hai cửa, mạch lọc điện.

Ở quyển tập II trình bày những đặc trưng, các phương pháp tính toán mạch phi tuyến ở chế độ xác lập và giải thích một số hiện tượng thường gặp, ứng dụng thực tế của chúng.

Một nội dung rất quan trọng của quyển này nữa là trình bày những đặc trưng của quá trình quá độ (QTQĐ), các phương pháp tính QTQĐ của mạch điện tuyến tính cũng như phi tuyến, các hiện tượng thường gặp ở các QTQĐ mạch cấp 1, 2. Phần cuối của quyển tập II trình bày về đường dây dài - coi là dạng mạch đặc biệt - Mạch thông số rải.

Cuối mỗi tập có ra một số đề bài tập và đáp số tương ứng với mỗi chương của giáo trình để sinh viên có thể tự làm và đối chiếu kết quả.

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn các bạn đồng nghiệp, các tổ chức thuộc Khoa Điện đã giúp đỡ rất nhiều để quyển sách được hoàn thành. Chúng tôi đặc biệt cảm ơn giảng viên Phan Văn Hiền và Trần Đình Quế đã đọc bản thảo và chế bản cho quyển sách.

Giáo trình đã được xuất bản lần đầu, chắc chắn còn nhiều thiếu sót; chúng tôi mong được những đóng góp để cải tiến ngày càng tốt hơn.

Các ý kiến đóng góp xin gửi về Khoa Điện - Trường Đại học Kỹ thuật - 54 Nguyễn Lương Bằng - phường Hòa Khánh - quận Liên Chiểu - thành phố Đà Nẵng hoặc tác giả Nguyễn Ngân - 138 Lý Tự Trọng - điện thoại : 0511.825151.

Tác giả
Nguyễn Ngân
Giảng viên cao cấp

CHƯƠNG MỞ ĐẦU KHÁI NIỆM VỀ MÔ HÌNH MẠCH VÀ LÝ THUYẾT MẠCH

§1. Mô hình toán học mô tả một vật thể vật lý, kỹ thuật

1. Phương pháp luận mô hình toán học

– Muốn sử dụng, điều khiển, cải tạo một vật thể vật lý kỹ thuật cần phải nhận thức, hiểu biết về tổ chức, cấu trúc, cơ chế, quy luật hoạt động của nó.

– Vật thể vật lý hoạt động trong không gian, thời gian gọi là quá trình, một vật thể vật lý có nhiều quá trình, như quá trình điện từ, cơ, nhiệt... Về nguyên tắc là vô cùng nhiều các quá trình. Vì vậy cần nhận thức hiểu biết vật thể tức là nhận thức hiểu biết các quá trình (về nguyên tắc chỉ nhận thức được một số hữu hạn các quá trình đó của vật thể).

– Quá trình mang đặc điểm, quy luật riêng của vật thể gọi là hiện tượng. Một vật thể có thể được thể hiện qua nhiều hiện tượng.

– Mỗi ngành chỉ quan tâm đến một số hiện tượng mô tả quá trình nào đó. Những hiện tượng đó gọi là những hiện tượng cơ bản, vì vậy nhận thức vật thể là nhận thức các hiện tượng cơ bản mà ta quan tâm. Để có thể sử dụng tốt các nhận thức cần được mô tả bằng các công thức toán học. Vậy biểu thức toán học mô tả nhận thức quá trình gọi là mô hình toán học của quá trình đó. Nó là cách quan niệm và hình dung bằng chủ quan của ta bằng toán học về một loại quá trình.

2. Đặc điểm của mô hình toán học

– Vì mô hình là mô tả định lượng nhận thức của con người về vật thể nên mô hình toán học có tính chủ quan. Nó là sản phẩm của tư duy con người, nó phản ánh trình độ khoa học kỹ thuật của thời đại. Nó cũng tùy thuộc vào những yêu cầu của việc vận dụng thực tiễn. Ví dụ tùy theo độ tiện dụng và độ chính xác mà quá trình điện từ trong thiết bị điện có thể miêu tả bằng hệ phương trình Macxuel hoặc phương trình Laplace hoặc hệ phương trình Kirhof (KF), các phương trình này lại có thể coi là tuyến tính hay phi tuyến...

– Bên cạnh tính chủ quan, mô hình toán học phải có tính khách quan nhất định. Nó phải phản ánh được quy luật khách quan của quá trình với độ chính xác cần thiết, cần được kinh qua kiểm nghiệm thực tiễn công tác, và phải được xây dựng đủ chặt chẽ về logic.

– Do có tính chủ quan và khách quan đó nên một loại quá trình của vật thể có thể có nhiều mô hình toán học tùy theo yêu cầu về độ chính xác. Ngược lại những quá trình khác nhau lại có thể chung những mô hình toán học.

3. Ý nghĩa của mô hình toán học

Mô hình toán học có những ý nghĩa rất quan trọng

– Về mặt nhận thức : mô hình toán học giúp ta nhận thức, hiểu biết đúng về vật thể.

– Về mặt thực tiễn công tác : mô hình là một cơ sở lý luận dùng vào việc xét, sử dụng, khống chế vật thể.

– Về mặt lý luận : mô hình toán học không những là cơ sở lý luận mà còn là nội dung và đối tượng của một lý thuyết.

Ví dụ : xét quá trình điện từ của Thiết bị điện (TĐĐ) có thể lập những cách mô tả toán học khác nhau làm thành nội dung cơ sở cho những lý thuyết khác nhau. Ta sẽ thấy sức mạnh, độ chính xác... của lý thuyết được quyết định bởi sức mạnh, độ chính xác... của mô hình toán học. Mặt khác một nội dung nữa của lý thuyết chính là việc nghiên cứu cách vận dụng mô hình toán học để phân tích tìm thêm những hiện tượng của quá trình, sử dụng quá trình vào những mục đích thực tiễn và để khống chế, tổng hợp ra những quá trình cần thiết.

§2. Cách xây dựng mô hình toán học

Từ định nghĩa mô hình toán học ta thấy phải qua các bước để xây dựng mô hình như sau :

1. Phân tích, liệt kê nhóm đủ các hiện tượng cơ bản, là những hiện tượng từ đó hợp thành ra mọi hiện tượng khác thuộc mặt ta xét.

2. Chọn và định nghĩa các biến trạng thái. Đó là những hàm hay vectơ $x(r,t,...)$ phân bố trong thời gian và không gian để đo quá trình. Ví dụ : $E(r,t)$, $B(r,t)$, ..., $u_k(t)$, $i_k(t)$...

3. Mô tả toán học cơ chế các hiện tượng cơ bản, đây chính là phương trình liên hệ giữa các biến trạng thái. Gọi là phương trình trạng thái.

4. Mô tả việc hợp thành các quá trình cụ thể, thường bằng cách kết hợp những phương trình trạng thái cơ bản trong một phương trình cân bằng hoặc nói chung một hệ phương trình trạng thái.

5. Kiểm nghiệm lại mô hình trong thực tiễn hoạt động của vật thể xét.

§3. Hai mô hình toán học - Hệ thống và trường

Theo cách phân bố không, thời gian của biến trạng thái có thể xếp mô hình toán học thành hai loại :

1. Mô hình hệ thống (mô hình Mạch) :

Là mô hình trong đó quá trình được đo bởi hữu hạn các biến trạng thái $x_k(t)$ chỉ phân bố trong thời gian mà không phân bố trong không gian. Vì biến chỉ phụ thuộc thời gian nên tương tác các biến chỉ quan hệ nhân quả trước sau trong thời gian, đó là quan hệ trước sau, trạng thái ở t chịu ảnh hưởng của những trạng thái trước t kể cho đến một khởi đầu t_0 nào đó. Vì không có quan hệ nhân quả trong không gian; các biến ảnh hưởng nhau tức thời, coi vận tốc truyền tương tác trong mô hình này là vô cùng lớn.

Về mặt toán học, hệ chỉ phân bố thời gian thường là hệ vi tích phân, vi sai phân hoặc đại số trong thời gian ứng với bài toán sơ kiện (điều kiện đầu).

Trong thực tế rất hay gặp những hệ thống mà quá trình ngoài dạng biến thiên theo thời gian còn gắn với một sự lưu thông (chảy, truyền đạt) các trạng thái giữa những bộ phận hệ thống.

Ví dụ : trong các thiết bị động lực có sự truyền đạt năng lượng, có các dòng điện chảy, trong hệ thống thông tin - đo lường - điều khiển hoặc hệ thống rơle có truyền đạt tín hiệu, trong các hệ thống máy tính có sự truyền đạt những con số...ta gọi những mô hình đó là mô hình mạch, một dạng khá phổ biến của mô hình hệ thống.

Đến đây có thể định nghĩa mạch điện là một hệ thiết bị điện trong đó ta xét quá trình truyền đạt biến đổi năng lượng hay tín hiệu điện từ, đo bởi một số hữu hạn biến dòng, áp, từ thông, điện tích...chỉ phân bố trong thời gian.

2. Mô hình trường :

Là mô hình trong đó quá trình được đo bởi một số hữu hạn biến $x(r,m,t,...)$ phân bố trong cả không gian và thời gian. Về mặt tương tác, ngoài quan hệ nhân quả trước sau còn thêm quan hệ trong không gian. Trạng thái ở một điểm không gian $(r,m,t,...)$ còn chịu ảnh hưởng của những trạng thái ở lân cận điểm đó, kể cho đến một bờ S_0 nào đó.

Về mặt toán học những hệ phân bố trong không gian và thời gian được mô tả bằng những phương trình đạo hàm riêng phần trong không gian và thời gian ứng với bài toán vừa có sơ kiện vừa có biên kiện (bờ). Xét một quá trình tùy vào yêu cầu về độ chính xác mà có thể dùng mô hình trường hay mô hình mạch.

§4. Lý thuyết mạch và điều kiện mạch hóa

Các điều kiện mạch hóa là những điều kiện cần thỏa mãn để có thể xây dựng mô hình mạch mô tả quá trình. Các điều kiện mạch hóa bao gồm :

1. Đối với quá trình xét, vật thể phải là một hệ thống theo nghĩa đã nêu.

2. Có thể định nghĩa một số hữu hạn biến trạng thái phân bố trong thời gian $x_k(t)$ để đo quá trình xét.

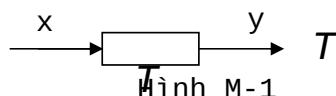
3. Có thể mô tả quá trình bằng một hệ hữu hạn phương trình trạng thái riêng theo thời gian.

§5. Phân loại mô hình hệ thống

Căn cứ theo phép tính tác động lên biến trong hệ phương trình, xếp các mô hình hệ thống thành 4 loại chính :

1. Mô hình mạch truyền đạt :

Loại này ứng với phương trình vi phân có phép tính là các phép toán tử T như phép tính đạo hàm, tích phân hoặc quan hệ hàm số. Nói chung nó là một phép làm ứng với một hàm hay vector $x(t)$ với một hàm hay một vector $y(t)$. biểu diễn ở hình M-1.



2. Mô hình mạch năng động lượng (Mô hình mạch KF) :

Loại này ứng với phương trình vi phân với phép toán tử T như trên nhưng đặc biệt ở đây quá trình đo bởi những cặp biến $x_k(t)$, $y_k(t)$ với nội tích $x_k \cdot y_k = p_k$ là năng lượng hay động lượng thỏa mãn luật bảo toàn và liên tục. Trong hệ thống này có sự truyền đạt năng lượng giữa các bộ phận. (Có thể coi mô hình năng lượng là trường hợp riêng của mô hình truyền đạt - là mạch chỉ quan tâm đến tín hiệu).

3. Mô hình mạch logic :

Loại này ứng với hệ phương trình đại số logic với phép tác động lên biến là quan hệ hàm logic L . Đó là phép làm ứng với một trong hai giá trị (0,1) của x với một trong hai giá trị (0,1) của y . Biểu diễn ở hình M-2.



4. Mô hình mạng vận trù :

Loại này ứng với hệ phương trình phiếm hàm có phép tác động lên biến là phép phiếm hàm F . Đó là cách làm ứng một hàm $x(t)$ với một số $a[x(t)]$ để đánh giá quá trình $x(t)$. Biểu diễn bởi công thức sau :

$$\langle F, x(t) \rangle = a[x(t)].$$

§6. Mô tả quá trình thời gian (mô hình mạch) bằng sơ đồ hình học, gọi là những graph

Vì quá trình không phụ thuộc không gian nên có thể dùng những hình vẽ trong không gian để biểu diễn mạch.

Vì quá trình chỉ phụ thuộc thời gian, quá trình có $v = \infty$ là quá trình tức thời nên hình thành các vùng năng lượng - nên TBD được coi là sự chấp nối các vùng năng lượng với nhau. Mỗi vùng năng lượng là một phần tử thì mạch điện là sự chấp nối các phần tử thành sơ đồ nghiệm đúng hệ phương trình mạch. Vậy mạch điện có kết cấu khung gồm những phần tử lắp nối thành sơ đồ mạch.

Các yếu tố hình học của sơ đồ gồm :

1. Phần tử : Là phần của mạch mà ta không đặt vấn đề chia nhỏ thêm - nó biểu diễn một vùng năng lượng như : R, L, C, Z, Y, e, j.

2. Nhánh : Là tập hợp các phần tử mà trên đó có cùng một dòng chảy.

3. Đỉnh (nút) : Là chỗ gặp nhau của các nhánh.

4. Vòng : Là đường đi kín qua các nhánh.

Hình học học chấp nối các phần tử có định nghĩa các biến và quy luật liên hệ các biến, thì nó biểu diễn được hệ phương trình thời gian. Nó là sơ đồ mạch - đồng nhất với mô hình mạch gọi là các graph. Có nhiều loại graph như : graph năng lượng, graph tín hiệu, graph định chiều, graph không định chiều.

Ngoài ra có thể định nghĩa thêm một số yếu tố hình học khác như :

5. Cây mạch điện : Là một tập hợp nối đủ các đỉnh nhưng không tạo ra vòng kín nào. Trong một graph số cây là hữu hạn và có thể có nhiều cây khác nhau ứng với một graph. Mỗi nhánh của cây gọi là một cành. Nếu mạch có m nhánh, d đỉnh thì số cành là $k_1 = d - 1$ (nếu là graph đơn liên), $k_1 = d - l$ (nếu là graph đa liên và l là số liên) Graph là đơn liên nếu mọi đỉnh đều liên thông với nhau.

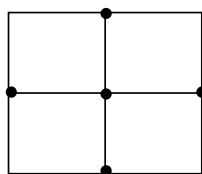
6. Bù cây mạch điện : Là tập nhánh của graph ghép nối với cây tương ứng để hợp thành graph đã cho. Nhánh của bù cây gọi là bù cành. Số bù cành của một bù cây là : $k_2 = m - k_1 = m - d + 1$ (ứng với graph đơn liên), $k_2 = m - d + l$ ứng với graph đa liên. Số cành và số bù cành chỉ tùy thuộc vào d, m, l của graph, tức là tùy thuộc vào cấu trúc mạch. Ta sẽ thấy chúng liên quan chặt chẽ với số biến và số phương trình độc lập viết theo luật KF.

Từ định nghĩa cây, bù cây ta thấy :

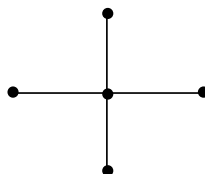
– Các áp cành trên một cây làm thành một tập đủ áp nhánh độc lập. Hay số áp nhánh độc lập đúng bằng số cành $k_1 = d - 1$.

– Các dòng bù cành trên một bù cây làm thành một tập đủ dòng nhánh độc lập. Hay số dòng nhánh độc lập chính bằng số bù cành $k_2 = m - d + 1$. Ví dụ ở hình vẽ M-3.1 là graph với $m = 8, d = 5, l = 1$, M-3.2 là cây, M-3.3 là bù cây :

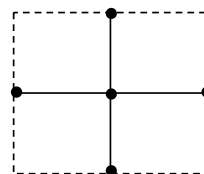
S7. Hai bài toán của mạch điện



Hình M-



Hình M-



Hình M-

Có hai dạng bài toán : bài toán phân tích và bài toán tổng hợp.

1. Bài toán phân tích mạch điện :

Là bài toán cho biết sơ đồ (kết cấu, thông số), biết kích thích tác động vào mạch (thường là nguồn) cần phải xác định áp, dòng, công suất ở một nhánh nào đó (thường gọi là đáp ứng).

2. Bài toán tổng hợp mạch điện :

Đây là bài toán đã biết kích thích (coi là nguồn phát), và cũng đã biết đáp ứng ở một nhánh nào đó (thường là một yêu cầu sử dụng nào đó). Cần phải xác định cấu trúc và thông số của mạch để thỏa mãn quan hệ giữa kích thích và đáp ứng đã biết ở trên.

S8. Phân loại mạch điện

Có hai cách phân loại :

Theo tính chất của mạch điện chia làm hai loại mạch điện :

1. Mạch điện tuyến tính : Gồm tất cả các phần tử trong mạch là tuyến tính, ứng với hệ phương trình vi phân tuyến tính (trường hợp đặc biệt là hệ phương trình đại số tuyến tính).

2. Mạch điện phi tuyến : Là mạch điện có chứa phần tử phi tuyến, ứng với hệ phương trình vi phân (hay đại số) phi tuyến..

Theo chế độ làm việc của mạch điện ta chia ra các loại :

1. Mạch điện xác lập : Là mạch điện làm việc bình thường, ổn định.

2. Mạch điện quá độ : Là mạch điện chưa đạt đến trạng thái làm việc xác lập ổn định mà đang chuyển từ trạng thái này sang trạng thái khác.

CHƯƠNG 2

MẠCH TUYẾN TÍNH Ở CHẾ ĐỘ XÁC LẬP ĐIỀU HÒA

Ở hai chương trước ta đã xây dựng mô hình toán học mà cụ thể là mô hình mạch để tính toán mạch và giải thích một số các hiện tượng trong thiết bị điện (TĐ). Để đi vào tính toán các mạch điện cụ thể trước hết ta xét tại mạch quan trọng và thường gặp là mạch tuyến tính hệ số hằng, ở chế độ cơ n là chế độ xác lập với dạng kích thích cơ bản nhất là kích thích điều hòa. Kích thích điều hòa là kích thích cơ bản vì mọi kích thích chu kỳ không điều hòa đều có thể phân tích thành tổng các kích thích điều hòa có tần số và biên độ khác nhau. Hơn nữa đa số các nguồn trên thực tế như máy phát điện, máy phát âm tần ... đều là nguồn phát điều hòa hoặc chu kỳ không điều hòa, mặt khác ứng với các kích thích điều hòa với các toán tử tuyến tính thì đáp ứng cũng sẽ là những điều hòa khiến cho việc tính toán khảo sát rất đơn giản.

§1. Biến trạng thái điều hòa

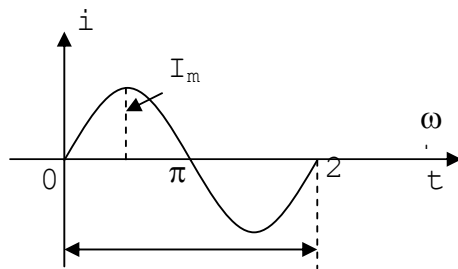
Trong phân mô hình mạch năng lượng (mạch KF) ta đã chọn cặp biến trạng thái áp $u(t)$ và dòng $i(t)$ để đo quá trình năng lượng điện từ. Từ biểu thức của biến trạng thái điều hòa $i(t) = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$ hay $u(t) = U_m \sin(\omega t + \psi_u)$ rút ra các đặc trưng của biến điều hòa là :

1. Đặc trưng của biến điều hòa :

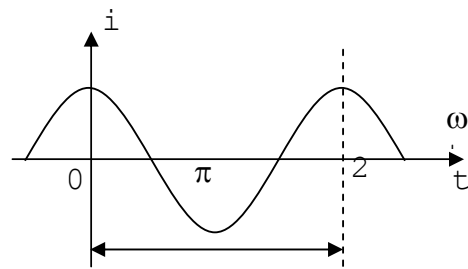
- Biên độ của hàm điều hòa (I_m, U_m) là giá trị cực đại của hàm, nó nói lên cường độ của quá trình.
- Góc pha của hàm điều hòa ($\omega t + \psi$) đo bằng Radian là một góc xác định trạng thái (pha) của hàm điều hòa ở thời điểm t . Ở đây ω là tần số góc (radian/s) , $\omega = \frac{2\pi}{T}$, T (ses) là chu kỳ của hàm điều hòa. $\omega = 2\pi f$ với $f = 1/T$ là tần số : số dao động trong 1 ses (tần số công nghiệp thông thường $f = 50\text{Hz}$ ứng với $T = 0,02\text{s}$, ở một số nước khác (Mỹ) thì $f = 60\text{Hz}$, trong vô tuyến điện $f = 3 \cdot 10^{10}\text{Hz}$)

Vậy cặp số đặc trưng của hàm điều hòa là biên độ - góc pha.

Biểu diễn hàm chu kỳ trên đồ thị thời gian hình 2-1.



$$i = I_m \sin \omega t \quad \psi_i = 0$$



$$i = I_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) \quad \psi_i = \pi/2$$

2. So sánh các biến điều hòa cùng tần số.

Trong trường hợp chỉ so sánh các lượng có cùng tần số thì lúc đó chúng chỉ khác nhau về biên độ và góc pha đầu. Vậy chúng được đặc trưng bởi cặp số biên độ - pha đầu (I_m, ψ_i), (U_m, ψ_u), (E_m, ψ_e), ...

Ví dụ : $i(t) = 1,5 \sin(\omega t + 45^\circ)$ đặc trưng bởi $(1,5; 45^\circ)$.

$u(t) = 220 \sin(\omega t - 30^\circ)$ đặc trưng bởi $(220; -30^\circ)$.

$e(t) = 220 \cos(\omega t + \pi/5)$ đặc trưng bởi $(220; \pi/5)$.

So sánh 2 lượng điều hòa cùng tần số là so sánh biên độ của chúng với nhau xem chúng gấp nhau bao nhiêu lần, so sánh góc pha của hàm này lớn hơn (sớm hơn) hay bé hơn (chậm hơn) so với hàm kia bao nhiêu. Ví dụ ta so sánh giữa hai hàm điều hòa cùng tần số $u = U_m \cos(\omega t + \psi_u)$, $i = I_m \cos(\omega t + \psi_i)$:

So sánh biên độ : lấy tỉ số U_m/I_m

So sánh góc pha : lấy hiệu $(\omega t + \psi_u) - (\omega t + \psi_i) = \psi_u - \psi_i = \varphi$

φ : là góc lệch pha giữa áp và dòng.

$\varphi = \psi_u - \psi_i > 0 \Rightarrow \psi_u > \psi_i$ ta nói điện áp sớm pha hơn dòng điện một góc φ .

Ngược lại $\varphi = \psi_u - \psi_i < 0 \Rightarrow \psi_u < \psi_i$ ta nói điện áp chậm pha thua dòng điện một góc φ (Hay dòng điện sớm pha hơn điện áp một góc φ).

Khi $\varphi = 0 \Rightarrow \psi_u = \psi_i$ ta nói áp và dòng cùng pha nhau.

Khi $\varphi = \pi$ ta nói áp, dòng ngược pha nhau.

Khi $\varphi = \pi/2$ ta nói áp, dòng vuông pha nhau.

§2. Trị hiệu dụng của hàm điều hòa

1. Trị hiệu dụng của hàm chu kỳ :

Với mạch KF ta quan tâm đến công suất, năng lượng nhưng các biến lại phụ thuộc thời gian nên chúng ta cần định nghĩa một giá trị trung bình theo nghĩa nào đó để giúp cho việc đo lường tính toán được thuận lợi. Xét một dòng điện chu kỳ $i(t)$ chảy qua một nhánh tiêu tán R trong thời gian một chu kỳ T.

Công suất tiêu tán $P(t) = u(t).i(t) = R.i^2(t)$.

Năng lượng tiêu tán trong một chu kỳ là : $A = \int_0^T P(t)dt = \int_0^T R.i^2(t)dt$ (2-1)

Với nhánh R đó nhưng cho chảy qua một dòng không đổi I trong thời gian T thì năng lượng tiêu tán là RI^2T , nếu chọn giá trị I để $RI^2T = A = \int_0^T R.i^2(t)dt$ (2-2) thì dòng không đổi I tương đương dòng $i(t)$ về mặt tiêu thụ. Ta gọi I là giá trị hiệu dụng của dòng chu kỳ. Như vậy trị hiệu dụng là một thông số động lực học của dòng biến thiên.

Công thức tính trị hiệu dụng dòng chu kỳ : $I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t)dt}$ (2-3)

Từ đó có thể định nghĩa trị hiệu dụng của một lượng chu kỳ là trị trung bình bình phương của hàm chu kỳ.

Trị hiệu dụng của áp chu kỳ $u(t)$: $U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t)dt}$ (2-4)

Trị hiệu dụng của Sđd chu kỳ : $E = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T e^2(t)dt}$ (2-5)

2. Trị hiệu dụng của hàm điều hòa :

Khi biến là một hàm điều hòa, ví dụ $i = I_m \sin \omega t$ thì giá trị hiệu dụng I

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t)dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I_m^2 \sin^2 \omega t dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I_m^2 \frac{1 - \cos 2\omega t}{2} dt} =$$

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \frac{I_m^2}{2} dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \frac{I_m^2}{2} T} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \quad \text{Tương tự ta có : } U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}, E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$$

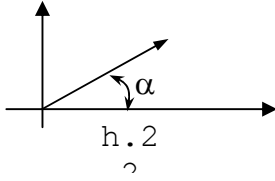
Vì quan hệ giản đơn giữa giá trị hiệu dụng và giá trị biên độ và xét đến ý nghĩa động lực học của trị hiệu dụng nên các dụng cụ đo lường hình sin đều được thiết kế để chỉ ra giá trị hiệu dụng U, I chứ không chỉ giá trị biên độ. Cũng vì vậy trong kỹ thuật

điện khi nói đến trị số dòng, áp hiệu là giá trị hiệu dụng. Vì vậy biến điều hòa đặc trưng bởi cặp số hiệu dụng - pha đầu. Ví dụ : (I, ψ_i) , (U, ψ_u) , (E, ψ_e)

§3. Biểu diễn các biến điều hòa bằng đồ thị vector

1. Đồ thị vector của hàm điều hòa :

Ta biết một vector được xác định trong mặt phẳng vector bởi cặp số môđun và góc giữa phương của vector với trục hoành như hình (h.2-2). Vì vậy có thể lấy vector có môđun (đoạn thẳng) có độ lớn bằng trị hiệu dụng của hàm điều hòa làm với trục ngang một góc $\alpha = \psi$ là góc pha đầu của hàm điều hòa và cho vector này quay quanh gốc với vận tốc góc ω bằng tần số góc của hàm điều hòa thì vector đó mang đầy đủ tin tức về hàm điều hòa. Ví dụ : $i = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$ có cặp đặc trưng (I, ψ) . Ta lấy vector có độ dài $\sqrt{2}I = I_m$ làm với trục ngang góc ψ_i và quay quanh gốc ngược chiều kim đồng hồ với vận tốc góc ω như (h.2-3). Vector quay Frenel.

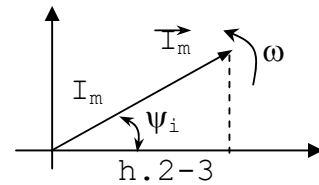


Hình chiếu của vector quay lên các trục sẽ biểu diễn các hàm điều hòa cos, sin

$$(I, \omega t + \psi_i) \leftrightarrow \sqrt{2}I \begin{matrix} \sin \\ \cos \end{matrix} (\omega t + \psi_i) \quad (2-7)$$

2. Đồ thị vector của các biến điều hòa cùng tần số :

Khi này ta lấy vector có độ dài bằng giá trị hiệu dụng (của hàm điều hòa) làm với trục ngang một góc ψ bằng góc pha ban đầu. Vậy mỗi điểm cố định trên mặt phẳng vector ứng với một vector phẳng sẽ biểu diễn một hàm điều hòa với trị hiệu dụng từ 0 đến ∞ và góc pha ban đầu từ 0 đến 2π .



$$\vec{I}(I, \psi_i) \leftrightarrow \sqrt{2}I \begin{matrix} \sin \\ \cos \end{matrix} (\omega t + \psi_i) \quad (2-8)$$

cách biểu diễn hàm điều hòa bằng đồ thị vector dùng nhiều trong KTD vì :

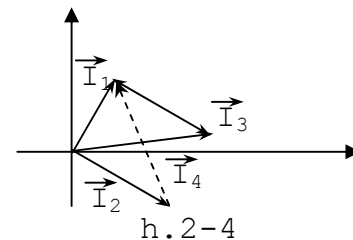
- Biểu diễn gọn, rõ, nêu được giá trị hiệu dụng, góc pha và góc lệch pha các hàm điều hòa.
- Có thể sử dụng các phép cộng trừ trên đồ thị vector để cộng trừ các hàm điều hòa cùng tần số. Song vì ít phép tính như vậy chỉ dùng tính toán những bài toán rất đơn giản, còn chủ yếu nó dùng biểu diễn.

Ví dụ : Biểu diễn trên đồ thị vector của dòng điện như hình (h.2-4)

$$i_1 = \sqrt{2}.3\sin(\omega t + 60^\circ) \leftrightarrow \vec{I}_1(3, 60^\circ)$$

$$i_2 = \sqrt{2}.4\sin(\omega t - 30^\circ) \leftrightarrow \vec{I}_2(4, -30^\circ)$$

$$\vec{I}_3 = \vec{I}_1 + \vec{I}_2, \vec{I}_3(5, 6.9^\circ), \vec{I}_4 = \vec{I}_1 - \vec{I}_2, \vec{I}_4(I_3, \varphi_4)$$



§4. Biểu diễn các biến điều hòa bằng số phức

1. Khái niệm về số phức

Là số có 2 thành phần thực a, ảo jb ; $\dot{V} = a + jb$. Trong đó a, b là những số thực. Hai thành phần của số phức độc lập tuyến tính. Có thể biểu diễn số phức trên mặt phẳng phức gồm một trục thực +1 và một trục ảo j vuông góc với nhau (tọa độ Đề các) như

hình vẽ (h.2-5). Vậy số phức $\dot{V}$ xác định trong mặt phẳng phức khi biết phần thực a và phần ảo jb hoặc biết môđun V (khoảng cách từ gốc đến vị trí số phức) và argument ψ (góc hợp với trục thực). Từ đó ta rút ra quan hệ :

