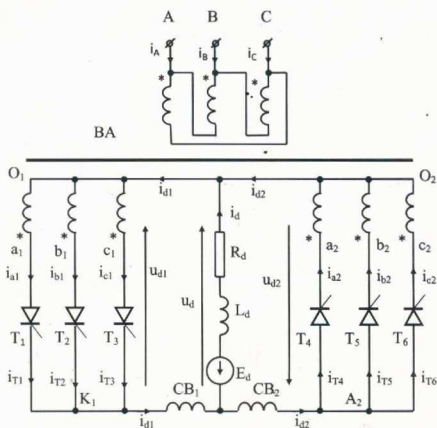


PGS. TS. TRẦN XUÂN MINH (Chủ biên)
TS. ĐỖ TRUNG HẢI

Điện tử công suất

DÙNG CHO CÁC TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT



Thu Viện DHKTCN-TN



MGT.16081229



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

PGS. TS. TRẦN XUÂN MINH (Chủ biên)

TS. ĐỖ TRUNG HẢI

ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

DÙNG CHO CÁC TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

Hà Nội - 2016

LỜI NÓI ĐẦU

Điện tử công suất là một môn học giới thiệu về nguyên lý hoạt động và tính toán các bộ biến đổi điện năng sử dụng các dụng cụ bán dẫn công suất lớn. Đây là một môn học cơ sở ngành cho hầu hết các chuyên ngành thuộc lĩnh vực điện - điện tử. Trong nhiều năm qua, đã có rất nhiều tài liệu trong và ngoài nước đề cập đến các kiến thức thuộc lĩnh vực này, mỗi tài liệu có một cấu trúc riêng. Trải qua kinh nghiệm nhiều năm giảng dạy môn học này cho các hệ đào tạo đại học và sau đại học, chúng tôi thấy rằng cần biên tập lại cấu trúc của môn học này để đảm bảo sinh viên khi nghiên cứu xong mỗi một chương sẽ nắm được khá đầy đủ về mặt lý thuyết cũng như thực hành của loại bộ biến đổi được giới thiệu trong chương đó. Với mục tiêu trên, một số cán bộ của Bộ môn Tự động hóa - Khoa Điện - Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp tiến hành biên soạn giáo trình môn học Điện tử công suất này.

Giáo trình là tài liệu học tập của sinh viên tất cả các chuyên ngành thuộc các ngành Kỹ thuật điện - điện tử, Kỹ thuật điều khiển và tự động hóa. Giáo trình có thể dùng làm tài liệu tham khảo quan trọng cho sinh viên một số chuyên ngành khác và các học viên cao học các chuyên ngành Kỹ thuật điện, Kỹ thuật điều khiển và tự động hóa, Kỹ thuật điện tử.

Giáo trình gồm 5 chương theo chương trình môn học của ngành

Chương 1: Các phần tử bán dẫn công suất cơ bản

Chương 2: Chinh lưu điều khiển

Chương 3: Bộ biến đổi điện áp xoay chiều - xoay chiều

Chương 4: Bộ biến đổi một chiều - một chiều

Chương 5: Nghịch lưu và bộ biến đổi tần số

Do cả điều kiện khách quan và chủ quan nên giáo trình này chắc chắn còn nhiều thiếu sót, mong các bạn đọc và các đồng nghiệp thông cảm và cho ý kiến đóng góp để giúp chúng tôi hoàn thiện được nội dung giáo trình này. Mọi ý kiến đóng góp xin gửi về Bộ môn Tự động hóa, Khoa Điện, Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp, Thái Nguyên.

Xin chân thành cảm ơn.

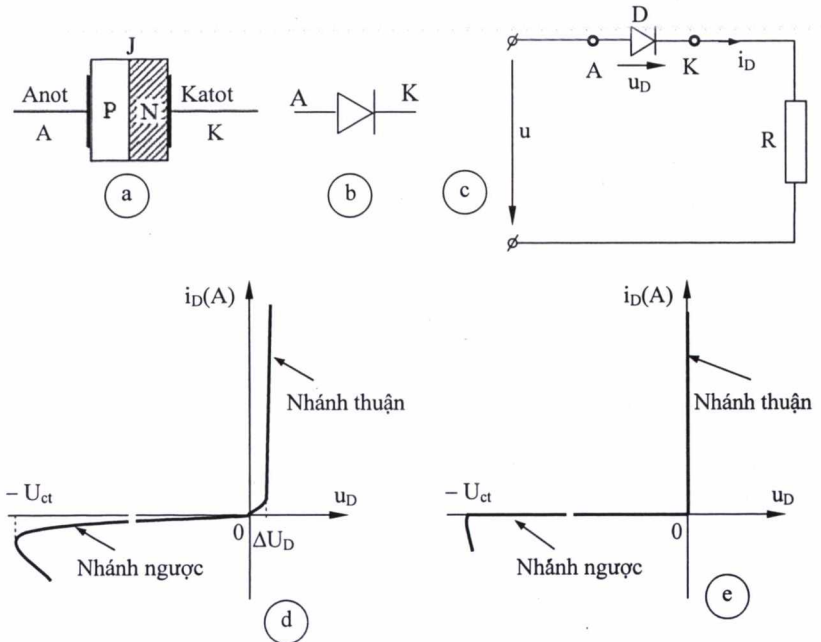
Các tác giả

CÁC PHẦN TỬ BÁN DẪN CÔNG SUẤT CƠ BẢN

1.1. DIOT CÔNG SUẤT

1.1.1. CẤU TẠO VÀ ĐẶC TÍNH V - A CỦA DIOT

Cấu tạo của diot (Diode) được mô tả như hình 1.1a, diot được tạo thành bằng việc ghép hai phiến bán dẫn khác loại nhau và tạo nên một vùng chuyển tiếp (một tiếp giáp) p - n, ký hiệu là J. Diot có 2 điện cực, một điện cực nối ra từ bán dẫn loại p được gọi là anot (Anode), ký hiệu là A, điện còn lại nối ra từ bán dẫn n được gọi là katot (Kathode hay Cathode) và ký hiệu là K. Ký hiệu biểu diễn diot được minh họa trên hình 1.1b.



Hình 1.1: Cấu tạo (a), ký hiệu (b), sơ đồ mạch điện để xây dựng đặc tính V - A (c), đặc tính V - A (d) và đặc tính V - A lý tưởng hóa của diot (e)

Hình 1.1c là sơ đồ mạch điện dùng để xây dựng đặc tính $V - A$ của diot, trong sơ đồ ngoài diot còn có nguồn điện áp u (có thể thay đổi giá trị và cực tính) và điện trở mạch ngoài R (điện trở tải). Điện áp trên diot được quy ước với chiều dương hướng từ A sang K và ký hiệu là u_D , khi $u_D > 0$ ta nói điện áp trên diot là thuận, ngược lại khi $u_D < 0$ ta nói điện áp trên diot là ngược (hay: diot chịu điện áp ngược). Dòng điện qua diot được quy ước cùng chiều với điện áp và ký hiệu là i_D . Khi cho $u > 0$ (chiều của u đã quy ước rõ trên sơ đồ), khi đó cực tính dương của nguồn u đặt vào A của diot, còn cực tính âm của nguồn qua điện trở R đặt vào K của diot, khi đó tiếp giáp J được phân cực thuận và cho dòng điện đi qua, tăng dần u thì dòng qua diot tăng dần còn điện áp trên diot cũng có tăng nhưng rất không đáng kể, có thể xem điện áp trên diot là không đổi và có giá trị cỡ từ 0,2 V đến 0,7 V, tùy thuộc loại vật liệu bán dẫn dùng để chế tạo diot, như vậy, dòng qua diot gần như chỉ phụ thuộc vào nguồn u và điện trở mạch ngoài R (diot mờ), đoạn đặc tính $V - A$ trong trường hợp này là phần nhánh thuận (hình 1.1d). Khi cho $u < 0$, lúc này cực tính âm của nguồn đặt vào A của diot, cực tính dương của nguồn qua điện trở R đặt vào K của diot, khi đó tiếp giáp J phân cực ngược, gần như không cho dòng điện đi qua, thực tế lúc này qua diot cũng có một dòng điện ngược ($i_D < 0$) rất nhỏ và thường được gọi là dòng rò, tăng dần giá trị của u theo chiều ngược thì dòng ngược qua diot cũng tăng dần nhưng vẫn rất nhỏ, có thể xem điện áp trên diot bằng điện áp nguồn u , nhưng khi u tăng đạt một giá trị nào đó (tùy loại diot) được gọi là điện áp đánh thủng (chọc thủng, U_{ct}) thì dòng ngược qua diot tăng đột ngột và điện áp trên nó giảm, diot bị đánh thủng về điện và không còn khả năng làm việc nữa (hỏng), đoạn đặc tính $V - A$ trong trường hợp này là phần nhánh ngược (hình 1.1d). Trong nhiều trường hợp có thể coi gần đúng sụt điện áp trên diot khi mở bằng không và bỏ qua dòng điện rò khi diot chịu điện áp ngược nhỏ hơn điện áp chọc thủng, khi đó ta có đặc tính $V - A$ lý tưởng hóa như hình 1.1e.

1.1.2. CÁC THAM SỐ CƠ BẢN CỦA DIOT

Khi lựa chọn và kiểm tra diot ta thường phải dựa vào một số tham số cơ bản mà nhà sản xuất đưa ra:

Điện áp ngược lớn nhất cho phép $[U_{Dngmax}]$, là giá trị điện áp ngược lớn nhất có thể xuất hiện trên diot mà không làm hỏng diot, giá trị này thường cỡ từ 40 đến 60% U_{ct} .

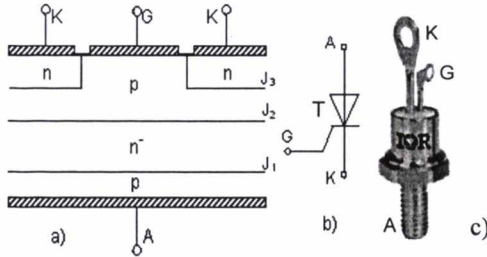
Dòng điện thuận định mức của diot, là giá trị trung bình hoặc hiệu dụng lớn nhất cho phép của dòng điện qua diot mà diot vẫn đảm bảo hoạt động bình thường.

Sụt điện áp thuận trên diot (ΔU_D), là giá trị điện áp thuận trên diot khi diot làm việc ở trạng thái mở (dẫn dòng) với dòng điện bằng giá trị định mức.

Ngoài ra tùy thuộc vào loại diot mà còn có một tham số khác.

1.2. THYRISTOR

Thyristor là phần tử bán dẫn cấu tạo từ bốn lớp bán dẫn p - n - p - n, tạo ra ba tiếp giáp p - n: J_1, J_2, J_3 . Thyristor có nhiều loại khác nhau nhưng về cơ bản đều có ba điện cực là anot (A), katot (K), cực điều khiển (G - Gate), loại thyristor thông dụng nhất (loại điều khiển theo katot) được biểu diễn trên hình 1.2. Sau đây chỉ nghiên cứu đặc tính loại thyristor này.

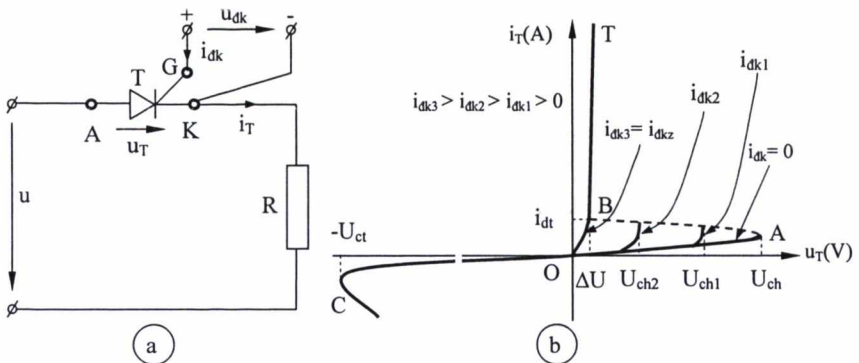


Hình 1.2: Thyristor

a) Cấu trúc bán dẫn; b) Ký hiệu; c) Hình ảnh thực tế

1.2.1. ĐẶC TÍNH VON - AMPE CỦA THYRISTOR

Sơ đồ mạch điện để xây dựng đặc tính V - A của thyristor được minh họa trên hình 1.3a, sơ đồ gồm thyristor T và điện trở tải R, nguồn điện áp cấp cho mạch anot và katot của thyristor (u), nguồn điện áp cung cấp cho cực điều khiển thyristor (u_{dk}), điện áp giữa A và K của thyristor được ký hiệu là u_T , dòng qua mạch A - K của thyristor ký hiệu là i_T , dòng điện đi vào cực điều khiển của thyristor ký hiệu là i_{dk} và có chiều quy ước như trên hình vẽ.



Hình 1.3: Sơ đồ mạch điện để xây dựng đặc tính V - A của thyristor (a); Đặc tính V - A của thyristor (b)

Đặc tính V - A của thyristor gồm hai phần (hình 1.3b). Phần thứ nhất nằm trong góc phần tư thứ I là đặc tính nhánh thuận tương ứng với trường hợp điện áp $u_T > 0$; phần thứ hai nằm trong góc phần tư thứ III, gọi là đặc tính nhánh ngược, tương ứng với trường hợp: $u_T < 0$.

1.2.1.1. Đặc tính nhánh thuận

Khi đặt điện áp lên hai điện cực chính A và K của của thyristor theo hướng A dương hơn K, ta nói trên thyristor có điện áp thuận ($u_T > 0$); trường hợp ngược lại ta nói thyristor bị đặt (chịu) điện áp ngược ($u_T < 0$).

a) Khi không có dòng điện điều khiển ($i_{dk} = 0$)

Khi chưa có dòng điều khiển ($i_{dk} = 0$), đặt điện áp nguồn $u > 0$ và tăng dần, điện áp trên thyristor là thuận và cũng tăng dần, nếu điện áp trên thyristor còn nhỏ thì có một dòng điện rất nhỏ chạy qua mạch anot - katot, được gọi là dòng điện rò. Điện trở tương đương mạch A - K vẫn có giá trị rất lớn, có thể xem điện áp trên thyristor lúc này bằng điện áp nguồn u (vì sụt áp trên R không đáng kể). Khi đó tiếp giáp J_1 và J_3 phân cực thuận, còn J_2 phân cực ngược. Dòng điện qua thyristor sẽ tăng khi tăng điện áp trên nó, nhưng vẫn có giá trị rất nhỏ chừng nào u_T chưa đạt đến giá trị U_{ch} (được gọi là điện áp chuyển trạng thái), thyristor được xem là ở trạng thái khóa khi chịu điện áp thuận (đoạn đặc tính OA). Tiếp tục tăng nguồn u để tăng điện áp thuận trên thyristor, khi u_T đạt đến giá trị điện áp U_{ch} sẽ xảy ra hiện tượng điện trở tương đương mạch anot - katot đột ngột giảm, dòng điện chạy qua thyristor sẽ tăng đột ngột lên giá trị mà gần như chỉ bị giới hạn bởi điện trở mạch ngoài R (sụt điện áp giữa A và K lúc này cỡ 1,4 V), thyristor làm việc ở trạng thái mở (đoạn BT).

Khi thyristor đang làm việc trên đoạn đặc tính BT, nếu thực hiện giảm nguồn u thì u_T và i_T giảm theo đoạn BT. Khi u_T giảm về bằng giá trị điện áp tại điểm B ($u_T = \Delta U$), nếu tiếp tục giảm nguồn u , điểm làm việc sẽ chuyển sang đoạn OA (ứng với giá trị của u) và thyristor coi như đã chuyển sang trạng thái khóa.

Giá trị dòng điện tại điểm B được gọi là dòng điện duy trì, ký hiệu là i_{dt} .

b) Trường hợp có dòng điện vào cực điều khiển ($i_{dk} > 0$)

Nếu tạo ra một dòng điện qua cực điều khiển G của thyristor bằng cách đặt vào giữa 2 điện cực G và K một điện áp u_{dk} với cực tính như trên hình 1.3a thì đặc tính V - A nhánh thuận có sự thay đổi. Cụ thể, khi i_{dk} còn nhỏ, nếu tăng dần u từ không lên ($u > 0$) thì qua thyristor cũng có dòng điện thuận tăng dần, phân đầu của đoạn OA của đặc tính V - A không có gì thay đổi, nhưng khi tăng tiếp u , thì u_T tăng và đến một giá trị nào đó nhỏ hơn U_{ch} đã xảy ra sự chuyển trạng thái từ khóa sang mở của thyristor. Nếu tăng tiếp giá trị dòng điều khiển thì giá trị điện áp chuyển trạng thái lại giảm, khi dòng điều khiển đạt đến một giá trị nào đó (ví dụ là i_{dk3} như trên đồ thị) thì đặc tính nhánh thuận của thyristor tương đương như của diot, có nghĩa là thyristor mở với mọi giá trị điện áp thuận, giá trị này của dòng điều khiển được gọi là giá trị dòng điều khiển nấn thẳng, ký hiệu là i_{dkz} . Trong thực tế, khi chế tạo thyristor người ta đưa ra giá trị định mức của dòng điều khiển lớn hơn một chút so với i_{dkz} .