

TRƯỜNG CAO ĐẲNG KỸ THUẬT MỎ

Tailieu.vn

GIÁO TRÌNH CUNG CẤP ĐIỆN

ThS. Nguyễn Văn Chung (chủ biên)
KS. Bùi Văn Cồ

LỜI MỞ ĐẦU

Giáo trình “Cung cấp điện” nhằm đáp ứng cho các cử nhân cao đẳng ngành cơ điện mở trường Cao đẳng kỹ thuật mở, được biên soạn nhằm phục vụ sự nghiệp đào tạo và cải cách giáo dục của Bộ giáo dục và Đào tạo.

Giáo trình còn có thể làm tài liệu tham khảo cho các cán bộ giảng dạy, cán bộ kỹ thuật, kỹ thuật viên công tác trong lĩnh vực Điện mở.

Do công nghệ khai thác mỏ có những đặc thù riêng khác xa so với những công nghệ khác, vì vậy đòi hỏi hệ thống cung cấp điện có những đặc điểm và yêu cầu đặc biệt để đảm bảo các điều kiện kỹ thuật và vận hành an toàn thiết bị điện mỏ.

Để đáp ứng yêu cầu đó, giáo trình đã giới thiệu một cách có hệ thống các kiến thức cơ bản, thể hiện tương đối đầy đủ nội dung phục vụ cho việc học tập và nghiên cứu của sinh viên.

Giáo trình gồm hai phần:

Phần I: Trạm điện xí nghiệp

Trong phần này, giới thiệu những kiến thức cơ bản về hệ thống cung cấp điện, phụ tải điện, trạm biến áp xí nghiệp và các phương pháp tính toán ngắn mạch trong hệ thống điện cao và hạ áp.

Phần II: Mạng điện xí nghiệp

Trong phần này, giới thiệu những kiến thức cơ bản về mạng điện, nguyên tắc lựa chọn thiết bị và kỹ thuật bảo vệ rơ le trong hệ thống cung cấp điện, kỹ thuật chiếu sáng trong mỏ, phương pháp và đặc điểm cung cấp điện cho tàu điện cần vệt và ắc quy, cũng như các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của hệ thống điện xí nghiệp.

Giáo trình do tập thể tác giả: Thạc sỹ Nguyễn Văn Chung chủ biên và Kỹ sư Bùi Văn Cồ Bộ môn Điện Trường cao đẳng kỹ thuật mỏ biên soạn.

Tập thể tác giả chân thành cảm ơn BGH Trường cao đẳng kỹ thuật mỏ, lãnh đạo Khoa CD - TK, cùng các phòng ban nghiệp vụ và các cá nhân đã tạo điều kiện giúp đỡ động viên để hoàn thành tốt giáo trình này.

Trong quá trình biên soạn, các tác giả đã cố gắng bám sát đề cương chương trình môn học đã được phê duyệt của Bộ giáo dục và Đào tạo, kết hợp với kinh nghiệm giảng dạy môn học này trong nhiều năm, đồng thời có chú ý đến đặc thù đào tạo các ngành của trường.

Do trình độ và kinh nghiệm còn hạn chế nên chắc chắn rằng cuốn sách còn nhiều thiếu sót. Rất mong bạn đọc góp ý xây dựng.

Trường mỏ, tháng 01 năm 2005

Các tác giả

Phần I. TRẠM ĐIỆN XÍ NGHIỆP

Chương I. HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN

I.1. Khái niệm chung về hệ thống cung cấp điện xí nghiệp

Hệ thống cung điện xí nghiệp đảm nhiệm việc cung cấp điện năng một cách tin cậy, kinh tế và với chất lượng điện cho phép, tới các hộ dùng điện trong công nghiệp.

Những hộ dùng điện này bao gồm chủ là các động cơ truyền động điện, các loại các lò điện, các thiết bị điện phân, hàn điện, thiết bị chiếu sáng v.v ...

Hệ thống cung điện xí nghiệp là một bộ phận của hệ thống điện khu vực và quốc gia, nằm trong hệ thống năng lượng chung, phát triển trong qui luật của nền kinh tế quốc dân.

Ngày nay do công nghiệp ngày càng phát triển, hệ thống cung cấp điện cũng ngày càng phức tạp, bao gồm các lưới điện:

- Cực cao áp có cấp điện áp: $U > 800 \text{ kV}$
- Siêu cao áp có cấp điện áp : $330 \text{ kV} < U < 800 \text{ kV}$
- Cao áp có cấp điện áp : $66 \text{ kV} < U < 220 \text{ kV}$
- Trung áp có cấp điện áp : $1 \text{ kV} < U < 66 \text{ kV}$
- Hạ áp có cấp điện áp : $U < 1 \text{ kV}$

Một trong các đặc trưng của xí nghiệp hiện đại là mức độ sử dụng quá trình công nghệ ngày càng tăng và hầu hết các xí nghiệp lớn đều nhận điện từ hệ thống điện khu vực hoặc quốc gia. Việc cung điện theo phương án này có rất nhiều ưu điểm như các nhà máy điện được xây dựng tập trung với công suất lớn tại các nguồn nguyên liệu nên giảm được giá thành điện năng, đồng thời việc phân phối điện hợp lý giữa các nhà máy sẽ nâng cao được độ tin cậy cung điện và giảm được độ dữ trữ chung của hệ thống.

Như vậy, cùng với sự phát triển của các ngành công nghiệp. Việc qui hoạch, thiết kế hệ thống cung cấp điện xí nghiệp đòi ngày càng lớn và yêu cầu về kinh tế kỹ thuật ngày càng cao. Những vấn đề cần giải quyết khi thiết kế cung cấp điện xí nghiệp như:

- Phương án tính toán kinh tế kỹ thuật chọn phương án cung cấp điện cho xí nghiệp, phân xưởng.

- Phương pháp xác định phụ tải điện xí nghiệp, cấp điện áp và công suất của các trạm biến áp.

- Tính toán bù công suất phản kháng, nâng cao hệ số $\cos\varphi$...

Mục tiêu chính của thiết kế hệ thống cung cấp điện là đảm bảo cho hộ tiêu thụ đủ điện năng với chất lượng điện nằm trong phạm vi cho phép.

Một phương án cung cấp điện được xem là hợp lý khi thoả mãn các yêu cầu sau:

- Vốn đầu tư nhỏ.
- Đảm bảo độ tin cậy cung cấp điện cao tùy theo tính chất của hộ tiêu thụ.
- Đảm bảo an toàn cho người vận hành và thiết bị.
- Thuận tiện cho vận hành và sửa chữa.
- Đảm bảo chất lượng điện năng chủ yếu là đảm bảo độ lệch và độ dao động điện áp bé nhất và nằm trong phạm vi cho phép so với định mức.

Những yêu cầu trên thường mâu thuẫn nhau nên người thiết kế phải biết cân nhắc và kết hợp hài hoà tùy thuộc vào hoàn cảnh cụ thể.

Ngoài ra, khi thiết kế cung cấp điện cũng phải chú ý đến những yêu cầu khác như: Khả năng mở rộng phụ tải sau này, rút ngắn thời gian xây dựng v.v ...

1.2. Đặc điểm cung cấp điện xí nghiệp mỏ

Khác với các ngành công nghiệp khác, việc cung cấp điện cho ngành khai thác mỏ có những đặc điểm riêng, do điều kiện môi trường và quá trình công nghệ quyết định.

Những đặc điểm đó bao gồm:

- Đa số các máy móc trong quá trình làm việc phải di chuyển thường xuyên hoặc định kỳ theo tiến độ của gương khai thác. Đặc điểm này đòi hỏi các thiết bị điện phải có khả năng nối vào mạng điện hoặc cắt ra khỏi mạng điện một cách nhanh chóng và dễ dàng. Việc cung cấp điện nhờ hệ thống cáp mềm và các ổ cắm điện.

- Môi trường mỏ có độ ẩm cao, nhiều bụi bặm nhất là trong các mỏ hàm lò thường xuất hiện các khí bụi nổ là nguyên nhân gây nổ bầu không khí mỏ khi sự cố khí hậu thời tiết khắc nghiệt. Đặc điểm này đòi hỏi các thiết bị phải có tính chống ẩm, chống rỉ cao, cách điện của thiết bị và dây dẫn phải cao để bản thân chúng không phải là nguyên nhân gây ra cháy nổ môi trường mỏ.

- Không gian làm việc chật hẹp và hạn chế, nhất là trong các mỏ hàm lò. Vì vậy các thiết bị điện cần phải chế tạo gọn nhẹ, dễ dàng tháo lắp, lắp đặt.

- Áp lực cao ở nóc và hông lò dễ dàng làm cho đất đá bị sập đổ là nguy cơ phá hoại thiết bị điện. Đặc điểm này đòi hỏi các thiết bị điện phải được chế tạo có độ bền cơ học cao.

- Các đường lò ẩm ướt, có hoạt tính hoá học cao kết hợp với bụi mỏ dẫn điện gây nguy hiểm về an toàn điện giật và hoả hoạn. Đặc điểm này đòi hỏi các thiết bị điện trong mỏ phải có tính chịu ẩm, chịu được nước mỏ.

- Phạm vi hoạt động của công trường lộ thiên rất rộng. Các máy móc di động có công suất lớn lại ở các vị trí phân tán, vì vậy hệ thống dây dẫn và phân phối điện rất phức tạp, trên các tầng công tác vừa phải sử dụng cả điện cao áp lẫn điện hạ áp.

Chính vì những đặc điểm trên việc cung cấp điện cho các xí nghiệp mỏ phải đảm bảo các yêu cầu sau:

- An toàn: Dây dẫn cần chọn sao cho cả lúc làm việc bình thường cũng như lúc có sự cố không bị nung nóng quá mức để có thể gây hoả hoạn, nổ bầu không khí mỏ và làm già hoá nhanh chóng cách điện của cáp điện.

- Hợp lý về kỹ thuật: Dây dẫn cần chọn với tiết diện đủ để đảm bảo mức điện áp cho phép trên cực phụ tải trong mọi chế độ làm việc cũng như sự cố.

- Kinh tế: Cần chọn loại dây dẫn hợp lý theo quan điểm kinh tế đòi hỏi thoả mãn các yêu cầu về an toàn và kỹ thuật.

- Độ bền cơ học: Tác dụng của ngoại lực không được gây ra ứng suất nguy hiểm trong vật liệu làm dây dẫn.

I.3. Phân loại hệ dùng điện

I.3.1. Phân loại hệ dùng điện

Hệ tiêu thụ là một bộ phận quan trọng của hệ thống cung cấp điện. Tùy theo yêu cầu mức độ quan trọng mà hệ tiêu thụ được phân làm 3 loại sau:

a. Hệ tiêu thụ loại 1:

Là hệ tiêu thụ mà khi ngừng cung cấp điện sẽ dẫn đến nguy hiểm đối với tính mạng con người, gây thiệt hại lớn về kinh tế, ảnh hưởng lớn đến chính trị, quốc phòng của quốc gia v.v..

Các hệ dùng điện loại I bao gồm:

- + Đối với các xí nghiệp công nghiệp:

Nhà máy hoá chất, văn phòng chính phủ, phòng mổ bệnh viện, lò luyện thép v.v ..

- + Đối với các xí nghiệp mỏ:

- Quạt gió chính và các thiết bị phục vụ cho nó

- Các thiết bị thông gió đặt ở giếng gió phụ trong các mỏ có khí nổ loại 3 và siêu hạng, quạt thông gió cục bộ cho các gương lò cụt.

- Trạm thoát nước chính và cục bộ

- Trạm ép khí ở các mỏ khai thác vỉa dốc đứng trong trường hợp quạt cục bộ được truyền động bằng khí ép.

- Bơm cứu hoả và các thiết bị để hạn chế sự xuất khí nổ từ các vỉa than

- Trục tải trở người và các bị phục vụ cho nó

Các phụ tải loại một kể trên phải được cung cấp từ hai nguồn độc lập và có trang bị hệ thống tự động đóng nguồn dự phòng vào làm việc.

b. Hệ tiêu thụ loại 2:

Là hệ mà khi ngừng cung cấp điện sẽ gây thiệt hại lớn về kinh tế như hư hỏng các bộ phận các máy móc thiết bị, gây phế phẩm, sản xuất bị ngừng trị, công nhân phải nghỉ việc.

Các hệ dùng điện loại 2 bao gồm :

* Đối với các xí nghiệp công nghiệp:

Nhà máy cơ khí, nhà máy thực phẩm, các khách sạn lớn, trạm bơm tưới tiêu..

* Đối với xí nghiệp mỏ:

- Các thiết bị trên mặt mỏ: Trục tải, trạm ép khí, các thiết bị chất dỡ và vận chuyển, các thiết bị ở xưởng tuyển khoáng.

- Trong hầm lò các phụ tải loại 2 là tất cả các máy móc thiết bị tham gia vào dây chuyền sản xuất.

Đối với các hệ loại 2 cho phép ngừng cung cấp điện trong thời gian đóng nguồn dự phòng vào làm việc bằng tay. Việc cung cấp cho các phụ tải loại 2 được phép bằng một đường dây trên không, nếu là đường cáp 6 kV thì ít nhất phải có 2 đường.

c. Hệ tiêu thụ loại 3:

Là hệ tiêu thụ mà khi ngừng cung cấp điện không ảnh hưởng đáng kể đến quá trình sản xuất của xí nghiệp, phụ tải loại 3 bao gồm: Tất cả các máy móc phụ trợ, phân xưởng cơ điện, nhà kho, khu dân cư v.v...

Đối với hệ tiêu thụ loại 3 cho phép mất điện trong thời gian tương đối dài để sửa chữa và khắc phục sự cố, nhưng không quá 1 ngày đêm.

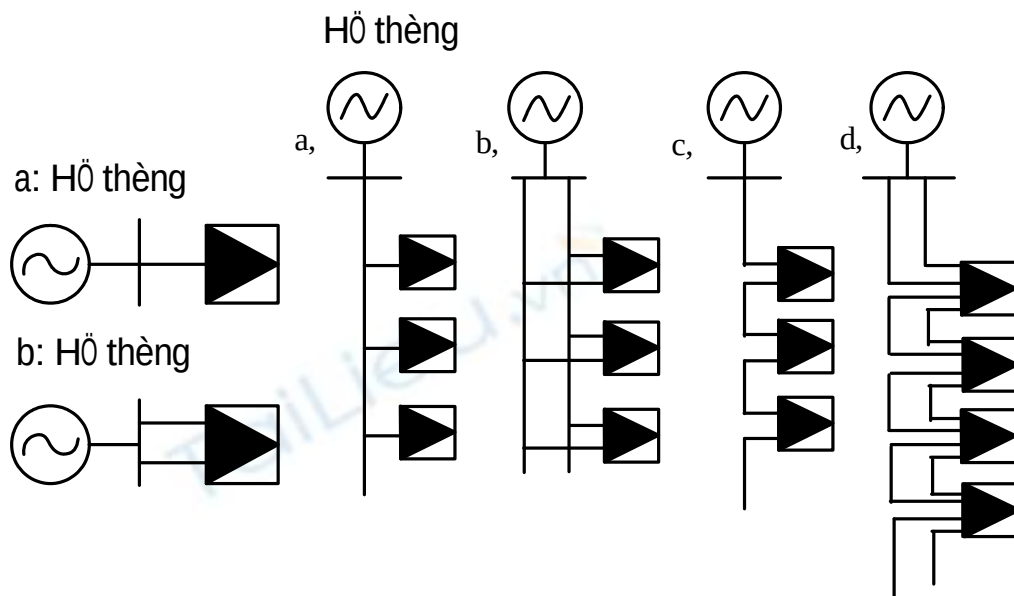
Với các phụ tải loại này không cần có nguồn dự phòng.

I.4. Sơ đồ cung cấp điện

Để truyền tải điện năng từ nguồn cung cấp đến phụ tải có thể được thực hiện theo các sơ đồ sau đây:

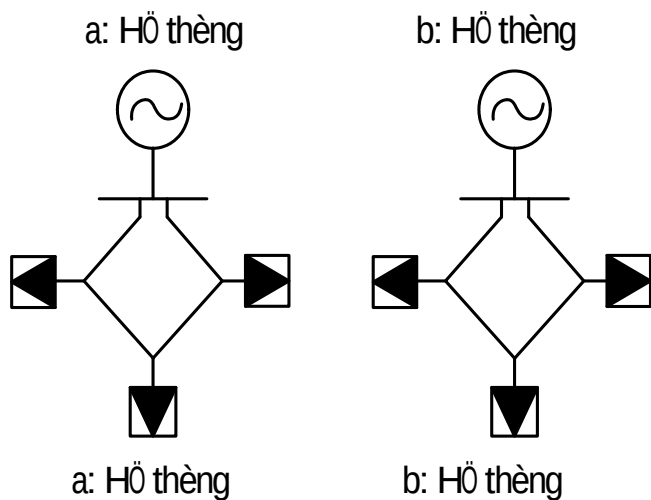
- Sơ đồ hướng kính với phụ tải được cung cấp từ một phía (hình I-1), ưu điểm của sơ đồ là dễ phát hiện chỗ bị hư hỏng, dễ dàng thực hiện các hình thức bảo vệ. Nhược điểm của sơ đồ là độ tin cậy cung cấp điện thấp, vì thế sơ đồ được sử dụng để cung cấp điện cho phụ tải loại II và loại III (hình I-1.a). Để cung cấp cho phụ tải loại I cần phải bố trí đường dây dự phòng (hình I-1.b). Loại sơ đồ (hình I-1)

thường được áp dụng để cung cấp cho phụ tải ở gần nguồn (máy phát hoặc trạm biến áp chính, trạm biến áp vùng).

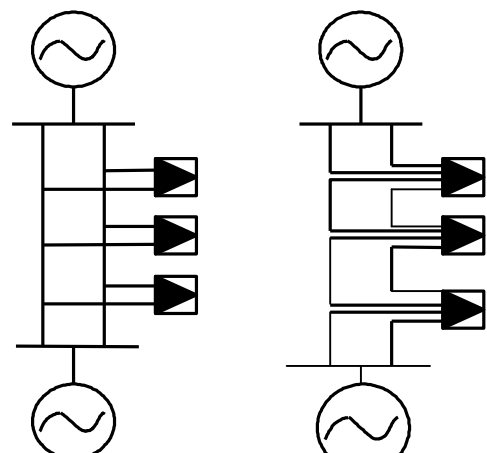


Hình I-1: Sơ đồ cung cấp
wóng kính a, đon;b, kếp

Hình I-2: Sơ đồ mạch chính có một đầu cung cấp
a, đon;b, kếp; c, đon thông qua; d, kếp thông qua



Hình I-3: Sơ đồ mạch chính có một đầu cung cấp
a: vñng @-n.
b: vñng th«ng qua @-n



Hình I – 4: Sơ đồ mạch chính
được cung cấp từ hai đầu:
a: Kếp rẽ nhánh sâu.
b: Kếp thông qua

Sơ đồ mạch chính (hình I-2) thường được sử dụng để cung cấp cho các phụ tải nằm trên một hướng so với nguồn. Trong trường hợp các phụ tải ở gần mạch chính nên sử dụng sơ đồ thông qua (hình I-2.c,d) còn ở xa so với mạch chính thì sử dụng sơ đồ rẽ nhánh sâu (hình I-2.a,b). Ưu nhược điểm của sơ đồ này cũng tương tự như sơ đồ (hình I-2). Để nâng cao độ tin cậy cung cấp điện cần sử dụng biện pháp tự động đóng lặp lại sau khi cắt do sự cố và tự động đóng nguồn dự phòng.

Sơ đồ mạch vòng (hình I-3). Trong sơ đồ này mỗi phụ tải được cung cấp từ hai phía. Sơ đồ rẽ nhánh sâu (hình I-3) có độ tin cậy cung cấp điện thấp, do đó chỉ được cung cấp cho các phụ tải loại I và loại II. Nhược điểm của sơ đồ mạch vòng là việc phát hiện chỗ sự cố phức tạp do đó hệ thống bảo vệ phức tạp.

Sơ đồ cung cấp điện cho các xí nghiệp có công suất tiêu thụ lớn nên truyền tải đến trạm áp chính điện năng với cấp điện áp cao áp (đến 220kV). Việc phân phối điện trong nội bộ xí nghiệp cũng được thực hiện theo các sơ đồ trên đây.

I.5. Các yêu cầu đối với việc lựa chọn phương án cung cấp điện.

Việc lựa chọn phương án cung cấp điện bao gồm: Chọn điện áp, nguồn điện, sơ đồ nối dây, phương thức vận hành....

Phương án được chọn là hợp lý nếu thỏa mãn các yêu cầu về chất lượng điện năng, tính cung cấp điện liên tục, tính an toàn và kinh tế, cũng như phải xét đến khả năng phát triển của xí nghiệp.

I.5.1. Đảm bảo chất lượng điện năng

Chất lượng điện năng được đánh giá theo các chỉ tiêu chủ yếu là tần số và điện áp. Các thông số này phải nằm trong phạm vi cho phép.

a. Tần số: Được đánh giá theo hai chỉ tiêu sau:

Độ lệch tần số là hiệu số trung bình trong khoảng thời gian 10 phút giữa giá trị thực tế của tần số cơ bản với giá trị định mức. Độ lệch cho phép bằng $\pm 0,1\text{Hz}$ ($f=50 \pm 0,1\text{Hz}$).

Dao động tần số là hiệu giữa giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của tần số cơ bản trong quá trình tần số thay đổi đủ nhanh với tốc độ thay đổi không bé hơn $0,2\text{Hz/sec}$. Dao động tần số không được vượt quá $0,2\text{Hz}$ lên trên độ lệch cho phép $0,1\text{Hz}$.

b. Điện áp: Được đánh giá bằng các chỉ tiêu sau:

Độ lệch điện áp là hiệu số giữa điện áp định mức U_{dm} với điện áp thực tế U_{tt} thường được tính trong hệ đơn vị tương đối:

$$\Delta U\% = \frac{U_{dm} - U_{tt}}{U_{dm}} 100\% \quad (I-1)$$

Giá trị độ lệch điện áp không vượt quá -5% và +10% đối với động cơ xoay chiều -2,5% và +5% đối với đèn điện.

Dao động điện áp U_t là hiệu giữa điện áp lớn nhất U_{max} và điện áp nhỏ nhất U_{min} trong quá trình điện áp thay đổi đủ nhanh với tốc độ không nhỏ hơn 1%/sec:

$$U_t = \frac{U_{max} - U_{min}}{U_{dm}} 100\% \quad (I-2)$$

Dao động điện áp cho phép được quy định cho từng loại phụ tải.

Tính không đối xứng của điện áp được đặc trưng bằng giá trị điện áp thứ tự ngược tần số cơ bản U_- tính bằng % so với điện áp định mức:

$$U_- = \frac{100}{\sqrt{3}U_{fd}} |U_{fA} + a^2 U_{fB} + a U_{fC}|, \% \quad (I-3)$$

Với U_{fd} - điện áp pha định mức;

U_{fA} , U_{fB} , U_{fC} - giá trị điện áp của các pha A, B, C;

Tính không đối xứng của điện áp phải đảm bảo $U_- \leq 2\%$.

1.5.2. Đảm bảo tính cung cấp điện liên tục

Tính cung cấp điện liên tục phụ thuộc vào loại hộ dùng điện. Tuy nhiên trong điều kiện cho phép người ta cố gắng chọn phương án cung cấp điện càng cao càng tốt.

1.5.3. Đảm bảo tính an toàn

Việc tổ chức hệ thống cung cấp điện, lựa chọn các phần tử trong hệ thống và việc trang bị các hình thức bảo vệ thích hợp để đảm bảo an toàn cho người, môi trường và các phần tử trong hệ thống.

1.5.4. Đảm bảo tính kinh tế

Việc tổ chức hệ thống cung cấp điện đã thỏa mãn các yêu cầu kể trên, cần tính toán kinh tế để chọn phương án lợi nhất.

Trong mỗi phương án các chi phí tính toán bao gồm:

a. Chi phí đầu tư K gồm các chi phí để mua sắm và lắp đặt.

b. Chi phí vận hành:

$$C = C_{\Delta A} + C_{nc} + C_{bq} + C_{kh} + C_{md} + C_{phụ} \quad (I-4)$$

trong đó: Chi phí tổn thất điện năng $C_{\Delta A} = C_o \cdot \Delta A$, đồng/năm.

ΔA - tổn thất điện năng hàng năm, kW/năm.

C_o - đơn giá điện năng, đồng/kW.h.

C_{nc} - chi phí để trả lương cho cán bộ, công nhân vận hành hệ thống được thiết kế, đồng/năm.

C_{bq} - chi phí để tu sửa, bảo quản, đồng/năm.

C_{kh} - chi phí khấu hao để phục hồi vốn cơ bản và để đại tu, đồng/năm

C_{md} - chi phí về thiệt hại do mất điện, đồng/năm.

$C_{phụ}$ - các chi phí phụ khác.

Khi so sánh phương án thường bỏ qua C_{nc} và $C_{phụ}$ vì không khác nhau mấy ở các phương án.

Để so sánh hai phương án thường dùng phương pháp thời gian thu hồi chênh lệch vốn:

Nếu $K_{II} > K_I$ thì $C_{II} > C_I$ thì phương án I là có lợi.

Nếu $K_{II} > K_I$ thì $C_{II} < C_I$ thì thời gian thu hồi chênh lệch vốn đầu tư do tiết kiệm chi phí vận hành bằng:

$$T = \frac{K_{II} - K_I}{C_I - C_{II}}, \text{ năm} \quad (I-5)$$

Khi $T < T_{qc}$ thì phương án II có lợi:

Khi $T > T_{qc}$ thì phương án I có lợi:

Với T_{qc} - thời gian quy chuẩn thu hồi vốn đầu tư, hiện tại ở Việt Nam lấy $T_{qc} = 5 \text{ năm}$.

Khi $T \approx T_{qc}$ thì các phương án có thể xem như là tương đương về kinh tế, việc chọn phương án nào là dựa trên cơ sở lập luận về tính thuận lợi trong vận hành, khả năng phát triển của hệ thống...

Để so sánh nhiều phương án thường dùng phương pháp chi phí tính toán hàng năm bé nhất. Chi phí tính toán hàng năm của mỗi phương án được tính bằng:

$$Z = k_{qc}K + C, \text{ đồng/năm.} \quad (I-6)$$

trong đó $k_{qc} = 1/T_{qc}$.

Câu hỏi và bài tập

1 - Đặc điểm cung cấp điện cho các xí nghiệp mỏ là gì ? Việc cung cấp điện cho xí nghiệp mỏ cần phải đảm bảo các yêu cầu nào ?

2 - Có mấy loại hộ dùng điện ? Việc phân hộ dùng điện như vậy nhằm mục đích gì ?

3 - Các yêu cầu cơ bản đối với việc lựa chọn phương án cung cấp điện ? Một phương án cung cấp điện được xem là hợp lý cần thoả mãn những yêu cầu nào ? Hãy phân tích các yêu cầu đó ?

4 - Chất lượng điện năng được đánh giá qua các chỉ tiêu nào ? Các chỉ tiêu đó là gì ?

Chương II. PHỤ TẢI ĐIỆN CỦA XÍ NGHIỆP

II.1. Đặt vấn đề

Khi thiết kế hệ thống cung cấp điện cho một công trình nào đó nhiệm vụ đầu tiên của chúng ta là xác định phụ tải điện của công trình ấy. Tùy theo qui mô của công trình mà phụ tải điện phải được xác định theo phụ tải thực tế hoặc phải kể đến khả năng phát triển của xí nghiệp trong tương lai 5 năm, 10 năm hoặc lâu hơn nữa. Ví dụ xác định phụ tải điện cho một phân xưởng thì chủ yếu là dựa vào máy móc thực tế đặt trong phân xưởng đó, xác định phụ tải điện cho một xí nghiệp thì phải kể đến khả năng mở rộng của xí nghiệp trong tương lai gần. Như vậy xác định phụ tải điện là giải bài toán dự báo phụ tải ngắn hạn hoặc dài hạn.

Việc dự báo phụ tải dài hạn là một vấn đề lớn và phức tạp ở đây không trình bày, khi cần bạn đọc có thể tham khảo ở tài liệu khác .

Dự báo phụ tải ngắn hạn tức là xác định phụ tải của công trình ngay sau khi đi vào vận hành. Phụ tải đó gọi là phụ tải tính toán P_{tt} . Người thiết kế cần biết phụ tải tính toán để lựa chọn các thiết bị điện như: Máy biến áp, dây dẫn, thiết bị đóng cắt bảo vệ v.v... Để tính tổn thất công suất, điện áp, chọn thiết bị bù v.v...

Như vậy phụ tải tính toán là một số liệu quan trọng để thiết kế hệ thống cung cấp điện.

II.2. Đồ thị phụ tải

Đồ thị phụ tải đặc trưng cho sự tiêu dùng năng lượng điện của các thiết bị điện riêng lẻ, của phân xưởng cũng như của toàn xí nghiệp. Nó là một hàm theo thời gian và phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như đặc điểm của quá trình công nghệ, chế độ vận hành v.v...

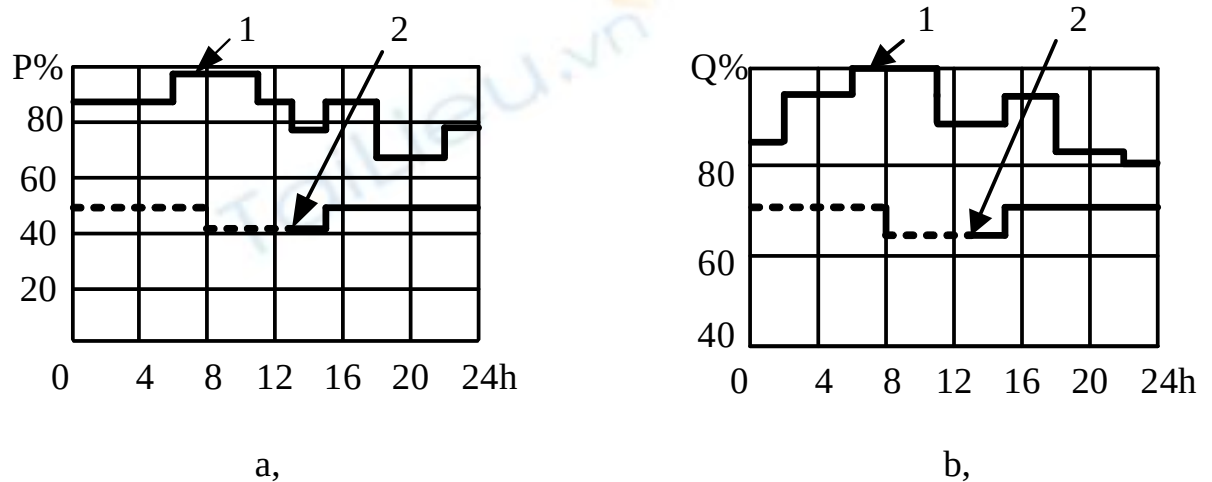
Đường biểu diễn sự thay đổi của phụ tải tác dụng P phụ tải phản kháng Q hoặc dòng điện I theo thời gian gọi là đồ thị phụ tải tác dụng, phụ tải phản kháng và đồ thị phụ tải dòng điện.

Đối với mỗi loại hộ tiêu thụ của một ngành công nghiệp đều có thể đưa ra một dạng đồ thị phụ tải điển hình.

Khi thiết kế nếu biết đồ thị phụ tải điển hình, ta sẽ có căn cứ để chọn thiết bị điện và tính điện năng tiêu thụ. Lúc vận hành, nếu biết đồ thị phụ tải điển hình thì có thể định phương thức vận hành các thiết bị sao cho kinh tế và hợp lý nhất.

II.2.1. Đồ thị phụ tải hàng ngày

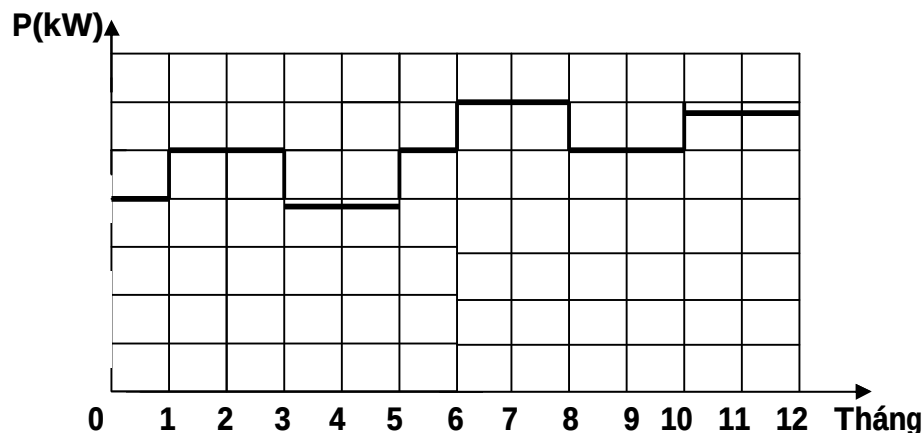
Là đồ thị phụ tải trong một ngày đêm 24 giờ. Trong thực tế vận hành có thể dùng dụng đo tự ghi để vẽ đồ thị phụ tải, hay do nhân viên vận hành ghi lại sau từng khoảng thời gian nhất định. Để thuận lợi khi tính toán đồ thị phụ tải được vẽ theo hình bậc thang như (hình I-1. a, b)



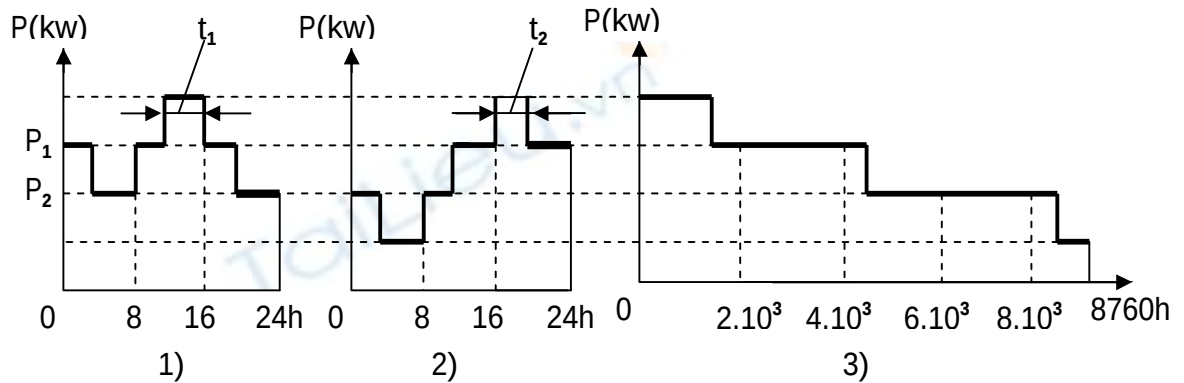
Hình II-1: Đồ thị phụ tải ngày
a- Phụ tải tác dụng; b- Phụ tải phản kháng
1- Phụ tải thực tế; 2- Phụ tải ngày nghỉ

II.2.2. Đồ thị phụ tải hàng tháng

Là đồ thị được xây dựng theo phụ tải trung bình hàng tháng. Nghiên cứu đồ thị phụ tải này ta có thể biết được nhịp độ làm việc của các hộ tiêu thụ và từ đây có thể định ra lịch vận hành sửa chữa thiết bị hợp lý, đáp được yêu cầu thực tế sản xuất (hình II-2)



Hình II-2: Đồ thị phụ tải tháng



Hình II-3: Đồ thị phụ tải năm

1. Đồ thị phụ tải điển hình của một ngày mùa hè
2. Đồ thị phụ tải điển hình của một ngày mùa đông
3. Đồ thị phụ tải năm

II.2.3. Đồ thị phụ tải năm

Là dạng đồ thị được xây dựng căn cứ vào đồ thị phụ tải điển hình của một ngày của mỗi mùa mà ta có thể vẽ được đồ thị phụ tải năm (hình II-3:1,2,3). Nghiên cứu đồ thị phụ tải hàng năm ta biết được điện tiêu thụ hàng năm và thời gian sử dụng công suất lớn nhất $T_{\max}$. Những số liệu này được dùng để chọn dung lượng máy biến áp, chọn thiết bị điện và đánh giá mức độ sử dụng điện và tiêu hao điện năng.

II.3. Các tham số đặc trưng của phụ tải điện

Thiết bị dùng điện hay còn gọi là thiết bị tiêu thụ là những thiết bị tiêu thụ điện năng như: Động cơ điện, lò điện, đèn điện v.v ...

Hệ tiêu thụ là tập hợp các thiết bị điện của phân xưởng hay xí nghiệp hoặc của khu vực.

Phụ tải điện là một đặc trưng cho công suất tiêu thụ của các thiết bị hoặc các hệ tiêu thụ điện năng.

II.3.1. Công suất định mức P_{dm} của một thiết bị tiêu thụ điện

Là công suất ghi trên nhãn hiệu máy hay công suất ghi trong lý lịch máy. Đối với động cơ công suất định mức ghi trên nhãn máy chính là công suất cơ trên trục động cơ. Công suất đầu vào của động cơ gọi là công suất đặt. Vậy công suất đặt của động cơ là:

$$P_d = P_{dm} / \eta_{dc}, \quad (II-1)$$

trong đó:

η_{dc} - là hiệu suất định mức của động cơ.

Vì $\eta_{dc} = 0.8 \div 0.9$ khá cao nên để tính toán đơn giản cho phép lấy $P_d = P_{dm}$

II.3.2. Công suất đặt P_d

a- Đối với thiết bị chiếu sáng công suất đặt là công suất tương ứng với số ghi trên đế hay bầu đèn

b- Đối với các thiết bị điện làm việc ở chế độ ngắn hạn lặp lại: Như cần trục, máy hàn, khi tính phụ tải điện của chúng, ta phải qui đổi về công suất định mức ở chế độ làm việc dài hạn, tức là qui đổi về chế độ làm việc có hệ số tiếp điện $\varepsilon\% = 100\%$. Công suất qui đổi như sau:

- Đối với động cơ:

$$P_d = P_{dm} \sqrt{\varepsilon_{dm}} \quad (II-2)$$

- Đối với máy biến áp hàn :

$$P_d = S_{dm} \cdot \cos\varphi_{dm} \sqrt{\varepsilon_{dm}}, \quad (II-3)$$

trong đó:

P_d - công suất định mức đã qui đổi về chế độ làm việc dài hạn

P_{dm} , S_{dm} , $\cos\varphi_{dm}$, ε_{dm} - là các tham số định mức đã cho trong lý lịch máy

II.3.3. Phụ tải trung bình P_{tb}

Phụ tải trung bình là một đặc trưng tĩnh của phụ tải trong một thời gian nào đó, tổng phụ tải trung bình của các thiết bị cho ta căn cứ để đánh giá giới hạn dưới của phụ tải tính toán. Trong thực tế phụ tải trung bình được tính theo công thức sau:

$$p_{tb} = \Delta P / t ; q_{tb} = \Delta Q / t \quad (II-4)$$

trong đó :

ΔP , ΔQ - điện năng tiêu thụ trong khoảng thời gian khảo sát; (kW.h, kVAR.h)

t - thời gian khảo sát,

phụ tải trung bình của 1 nhóm thiết bị được tính theo công thức sau:

$$P_{tb} = \sum p_i ; Q_{tb} = \sum q_i \quad (II-5)$$

Biết phụ tải trung bình có thể đánh giá được mức độ sử dụng thiết bị, mức độ khai thác thiết bị. Phụ tải trung bình là số liệu quan trọng để xác định phụ tải tính toán, tính tổn hao điện năng v.v... Thông thường phụ tải trung bình được xác định ứng với một ca làm việc, một tháng hoặc một năm.

II.3.4. Phụ tải cực đại $P_{\max}$

Phụ tải cực đại $P_{\max}$ được chia làm 2 nhóm:

a. Phụ tải cực đại $P_{\max}$

Là phụ tải trung bình lớn nhất trong khoảng thời gian tương đối ngắn (thường lấy bằng 5, 10 hoặc 30 ph) ứng với ca làm việc lớn nhất trong ngày. Đôi khi người ta dùng phụ tải cực đại được xác định như trên làm phụ tải tính toán, tính tổn thất công suất lớn nhất, để lựa chọn các thiết bị, chọn dây dẫn và cáp theo điều kiện mật độ dòng kinh tế v.v...

b. Phụ tải đỉnh nhọn $P_{\text{đn}}$

Là phụ tải cực đại xuất hiện trong khoảng thời gian 1-2s. Phụ tải đỉnh nhọn được dùng để kiểm tra dao động điện áp, điều kiện khởi động của động cơ, kiểm tra điều kiện làm việc của cầu chì, tính dòng khởi động của rơ le bảo vệ v.v...

II.3.5. Phụ tải tính toán P_{tt}

Phụ tải tính toán là số liệu cơ bản dùng để thiết kế cung cấp điện. Phụ tải tính toán P_{tt} là phụ tải giả thiết lâu dài không đổi tương đương với phụ tải thực tế (biến đổi) về mặt hiệu ứng nhiệt lớn nhất. Nói một cách khác phụ tải tính toán cũng làm nóng dây dẫn lên tới nhiệt độ bằng nhiệt độ lớn nhất do phụ tải thực tế gây ra. Như vậy nếu chọn các thiết bị điện theo phụ tải tính toán thì có thể đảm bảo an toàn (về mặt đốt nóng) cho các thiết bị đó trong mọi trạng thái vận hành. Quan hệ giữa phụ tải tính toán với các phụ tải khác được nêu trong bất đẳng thức sau:

$$P_{\text{tb}} \leq P_{\text{tt}} \leq P_{\max}$$

Phụ tải tính toán thường được lấy bằng phụ tải trung bình của phụ tải lớn nhất xuất hiện trong khoảng 30 phút.

II.3.6. Hệ số sử dụng k_{sd} :

Là tỉ số giữa phụ tải tác dụng trung bình với công suất của thiết bị. Hệ số sử dụng được tính sau:

- Đối với một thiết bị:

$$k_{\text{sd}} = P_{\text{tb}} / P_{\text{đm}} \quad (\text{II-6})$$

- Đối với một nhóm có n thiết bị:

$$k_{\text{sd}} = P_{\text{tb}} / P_{\text{đm}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{tbi}} / \sum_{i=1}^n P_{\text{dmi}} \quad (\text{II-7})$$

Nếu có đồ thị phụ tải như (hình II-4) thì hệ số sử dụng được tính theo công thức sau:

$$k_{\text{sd}} = \frac{P_1 t_1 + P_2 t_2 + \dots + P_n t_n}{P_{\text{đm}} (t_1 + t_2 + \dots + t_n)} \quad (\text{II-8})$$

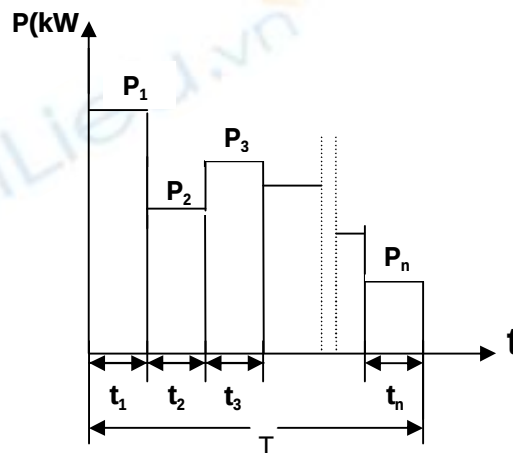
Hệ số sử dụng nói lên mức độ sử dụng, mức độ khai thác công suất thiết bị điện trong một chu kỳ làm việc. Hệ số sử dụng là một số liệu quan trọng để tính phụ tải tính toán.

II.3.7. Hệ số phụ tải k_{pt}

Hệ số phụ tải còn gọi là hệ số mang tải là hệ số giữa công suất thực tế với công suất định mức, thường ta phải xét hệ số mang tải trong khoảng thời gian nào đó, vì vậy:

$$k_{pt} = P_{tt} / P_{dm} = P_{tb} / P_{dm} \quad (II-9)$$

Nếu có đồ thị phụ tải như trên thì ta cũng có thể tính hệ số phụ tải theo công thức trên. Hệ số phụ tải cũng nói lên mức độ sử dụng, mức độ khai thác thiết bị trong thời gian đang xét



Hình II- 4: Đồ thị phụ tải tác dụng

II.3.8. Hệ số cực đại k_{max}

Hệ số cực đại là tỉ số giữa phụ tải tính toán và phụ tải trung bình trong khoảng thời gian đang xét

$$k_{max} = P_{tt} / P_{tb} \quad (II-10)$$

Hệ số cực đại thường được tính ứng với ca làm việc có phụ tải lớn nhất, nó phụ thuộc vào hệ số thiết bị hiệu quả n_{hq} , hệ số sử dụng k_{sd} và các yếu tố đặc trưng cho các thiết bị làm việc trong nhóm. Công thức tính k_{max} rất phức tạp, trong thực tế để tính k_{max} người ta dựa vào đường cong $k_{max} = f(k_{sd}, n_{hq})$ hoặc tra bảng. Hệ số k_{max} thường tính cho phụ tải tác dụng.

II.3.9. Hệ số nhu cầu k_{nc}

Là tỉ số giữa phụ tải tính toán với công suất định mức:

$$k_{nc} = P_{tt} / P_{dm} = k_{max} \cdot k_{sd} \quad (II-11)$$

Cũng như hệ số cực đại, hệ số nhu cầu thường tính cho phụ tải tác dụng. Trong thực tế hệ số nhu cầu thường do kinh nghiệm vận hành mà tổng kết lại.

II.3.10. Hệ số thiết bị hiệu quả n_{hq}

Số thiết bị hiệu quả n_{hq} là số thiết bị giả thiết có cùng công suất và chế độ làm việc, chúng đòi hỏi phụ tải bằng phụ tải tính toán của nhóm phụ tải thực tế (gồm các thiết bị có chế độ làm việc và công suất khác nhau) công thức để tính n_{hq} như sau:

$$n_{hq} = \left(\sum_{i=1}^n P_{dmi} \right)^2 / \sum_{i=1}^n (P_{dmi})^2 \quad (II-12)$$

Khi số thiết bị dùng điện trong nhóm $n > 5$ tính n_{hq} theo công thức trên khá phiền phức, vì vậy trong thực tế người ta tìm n_{hq} theo bảng hoặc theo đường cong cho trước, trình tự tính như sau:

$$n^* = n_1 / n ; P^* = P_1 / P \quad (II-13)$$

trong đó:

n - số lượng thiết bị trong nhóm;

n_1 - số thiết bị có công suất không nhỏ hơn một nửa công suất của thiết bị có công suất lớn nhất;

P và P_1 - tổng công suất tương ứng với n và n_1 thiết bị;

Sau khi tính được n^* và P^* thì tra bảng hoặc đường cong để tìm n_{hq}^* từ đó tính n_{hq} theo công thức:

$$n_{hq} = n_{hq}^* . n \quad (II-14)$$

Số thiết bị hiệu quả là một trong những số liệu quan trọng để xác định phụ tải tính toán.

II.4. Các phương pháp tính phụ tải tính toán

Phụ tải điện phụ thuộc vào nhiều yếu tố: Như công suất và số lượng các máy, chế độ vận hành của chúng, qui trình công nghệ sản xuất, trình độ vận hành của công nhân v.v... Vì vậy để xác định chính xác phụ tải tính toán là một nhiệm vụ rất khó khăn nhưng quan trọng. Bởi vì nếu phụ tải tính toán được xác định nhỏ hơn phụ tải thực tế thì sẽ giảm tuổi thọ các thiết bị, có khi dẫn tới cháy nổ rất nguy hiểm. Nếu phụ tải tính toán lớn hơn phụ tải thực tế nhiều thì các thiết bị được chọn sẽ quá lớn so với yêu cầu, do đó gây lãng phí. Do tính chất quan trọng như vậy nên từ trước tới nay đã có nhiều công trình nghiên cứu và có nhiều phương pháp tính phụ tải điện. Song vì phụ tải điện phụ thuộc vào nhiều yếu tố cho nên cho đến nay chưa có phương pháp nào hoàn toàn chính xác và tiện lợi. Những phương pháp đơn giản, tính toán thuận tiện, thường cho kết quả không thật chính xác. Ngược lại nếu độ chính xác được nâng cao thì phương pháp tính lại phức tạp. Vì vậy tùy theo giai đoạn thiết kế, tùy theo yêu cầu cụ thể mà chọn phương pháp tính cho thích hợp. Sau đây sẽ trình một số phương pháp xác định phụ tải tính toán thường dùng nhất.

II.4.1. Xác định phụ tải tính toán theo công suất đặt và hệ số nhu cầu

Để tính phụ tải tính toán theo phương pháp này người ta thường tiến hành chia phụ tải thành các nhóm sau :

- Nhóm các phụ tải cùng loại

- Nhóm các phụ tải cùng dây truyền công nghệ
- Nhóm các phụ tải cùng khu vực công tác (cùng vị trí địa lý) v.v...
- Công thức tính như sau :

$$P_{tt} = k_{nc} \sum_{i=1}^n P_{di} \quad (II-15)$$

$$Q_{tt} = P_{tt} \tan \varphi \quad (II-16)$$

$$S_{tt} = \sqrt{P_{tt}^2 + Q_{tt}^2} = P_{tt} / \cos \varphi \quad (II-17)$$

Một cách gần đúng có thể lấy $P_d = P_{dm}$ do đó:

$$P_{tt} = k_{nc} \sum_{i=1}^n P_{dmi} \quad (II-18)$$

trong đó:

P_{di}, P_{dmi} - công suất đặt và công suất định mức của phụ tải thứ i

P_{tt}, Q_{tt}, S_{tt} - công suất tác dụng, công suất phản kháng, công suất toàn phần tính toán của nhóm thiết bị; kW, kVAr, kVA;

n - số thiết bị trong nhóm;

Nếu hệ số $\cos \varphi$ của các thiết bị trong nhóm không giống nhau thì phải tính hệ số công suất trung bình theo công thức:

$$\cos \varphi_{tb} = \frac{P_1 \cos \varphi_1 + P_2 \cos \varphi_2 + \dots + P_n \cos \varphi_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_n} \quad (II-19)$$

Hệ số nhu cầu của các máy khác nhau cho trong các sổ tay cung cấp điện. Phương pháp hệ số nhu cầu có ưu điểm đơn giản, thuận tiện. Vì thế nó là một trong các phương pháp được dùng rộng rãi. Nhược điểm chủ yếu của phương pháp là kém chính xác. Vì hệ số nhu cầu tra trong sổ tay là một số liệu cố định cho trước không phụ thuộc vào chế độ vận hành và số thiết bị trong nhóm. Trong lúc đó, ta có $k_{nc} = k_{sd} \cdot k_{max}$ có nghĩa là phụ thuộc vào chế độ vận hành và số thiết bị trong nhóm. Vì vậy, nếu chế độ vận hành và số thiết bị trong nhóm thay đổi nhiều thì kết quả tính phụ tải tính toán theo hệ số nhu cầu không chính xác.

II.4.2. Xác định phụ tải tính toán theo suất phụ tải trên một đơn vị diện tích sản xuất

Công thức tính như sau:

$$P_{tt} = p_0 \cdot F, \quad (II-20)$$

trong đó: p_0 - Suất phụ tải trên $1m^2$ diện tích sản xuất kW/ m^2 (có thể được tra trong các sổ tay).

F - Diện tích sản xuất m^2 (tức là diện tích dùng để đặt máy sản xuất)

Phương pháp này chỉ cho kết quả gần đúng, vì vậy nó thường dùng trong giai đoạn thiết kế sơ bộ và cũng được dùng để tính phụ tải các phân xưởng có mật độ

máy móc sản xuất phân bố tương đối đều, như phân xưởng gia công cơ khí, dệt, sản xuất ô tô, vòng bi v.v...

II.4.3. Xác định phụ tải tính toán theo suất tiêu hao điện năng cho một đơn vị sản phẩm

Công thức tính:

$$P_{tt} = \frac{M \cdot W_0}{T_{\max}} \quad (II-21)$$

trong đó: M- Số đơn vị sản phẩm được sản xuất ra trong 1 năm;

W_0 - Suất tiêu hao điện năng cho một đơn vị sản phẩm;

$T_{\max}$ - Thời gian sử dụng công suất lớn nhất; h

Phương pháp này thường dùng để tính toán cho các thiết bị điện có đồ thị phụ tải ít biến đổi: Như quạt gió, bơm nước, máy nén khí, thiết bị điện phân v.v... Khi đó phụ tải tính toán gần bằng phụ tải trung bình và kết quả tương đối chính xác.

II.4.4. Xác định phụ tải tính toán theo hệ số cực đại $k_{\max}$ và công suất trung bình (còn gọi là phương pháp thiết bị hiệu quả n_{hq})

Khi cần nâng cao độ chính xác của phụ tải tính toán thì nên dùng phương pháp tính theo hệ số cực đại:

Công thức tính:

$$P_{tt} = k_{\max} \cdot k_{sd} \cdot P_{dm} \quad (II-22)$$

trong đó: P_{dm} - Công suất định mức, kw

k_{sd} - Hệ số sử dụng được tra trong các sổ tay cung cấp điện

$k_{\max}$ - Hệ số cực đại được tính theo đường cong $k_{\max} = f(k_{sd}, n_{hq})$ hoặc tra bảng.

Phương pháp này cho kết quả tương đối chính xác vì khi xác định số thiết bị hiệu quả, ta đã xét đến một loạt các yếu tố quan trọng như ảnh hưởng của số lượng thiết bị trong nhóm, số thiết bị có công suất lớn cũng như sự khác nhau về chế độ làm việc của chúng.

Khi tính phụ tải theo phương pháp này, trong một số trường hợp cụ thể có thể dùng các công thức gần đúng sau :

1- Trường hợp $n \leq 3$ và $n_{hq} < 4$ phụ tải tính toán được tính theo công thức:

$$P_{tt} = \sum_{i=1}^n P_{dmi} \quad (II-23)$$

đối với thiết bị làm việc ở chế độ ngắn hạn lặp lại thì:

$$S_{tt} = \frac{S_{dm} \cdot \sqrt{\varepsilon_{dm}}}{0.875} \quad (II-24)$$

2- Trường hợp $n > 3$ và $n_{hq} < 4$ phụ tải tính toán được xác định theo công thức: