TS. TRẦN QUANG KHÁNH

GIÁO TRÌNH

CUNG CẤP ĐIỆN

THEO TIÊU CHUẨN IEC

- Nông thôn, miền núi
- Nhà ở, khách sạn
- Xí nghiệp công nghiệp
- Thành phố
- Hầm mỏ

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

TS. TRẦN QUANG KHÁNH

GIÁO TRÌNH
CUNG CẤP ĐIỆN
THEO TIÊU CHUẨN IEC

- Nông thôn, miền núi
- Nhà ở, khách sạn
- Xí nghiệp công nghiệp
- Thành phố
- Hầm mỏ

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP HÀ NỘI
TRUNG TÂM THÔNG TIN THƯ VIỆN
02 14
07029

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
Hà Nội

Mở đầu

Trong bối cảnh phát triển của nền kinh tế đa thành phần cùng với sự hội nhập quốc tế, rất nhiều tiêu chuẩn, quy định, phương pháp, quy trình công nghệ, v.v. ở nước ta đã trở nên lạc hậu. Việc sự áp dụng các tiến bộ khoa học kỹ thuật, các công nghệ hiện đại, các thành tựu tin học trong mọi hoạt động của con người, đòi hỏi chương trình và nội dung đào tạo các cấp học ở nước ta cũng cần phải có những thay đổi lớn để đáp ứng các yêu cầu thực tế.

Thiết kế hệ thống cung cấp điện trong điều kiện kinh tế, kỹ thuật hiện đại, đặc trưng bởi tính cạnh tranh của cơ chế thị trường, sự áp dụng tin học, sự lựa chọn tự do và khách quan các thành tựu tiến bộ khoa học kỹ thuật v.v., cần phải được thực hiện trên nguyên tắc và các phương pháp phù hợp. Sự thay đổi cơ bản của thiết kế cung cấp điện trong điều kiện mới không chỉ đơn thuần là thiết kế kỹ thuật, mà phải mang tính hiệu quả cao dưới mọi góc độ: kinh tế, xã hội, môi trường v.v. Cuốn giáo trình "Cung cấp điện theo tiêu chuẩn IEC" được biên soạn với mong muốn đáp ứng được những yêu cầu cấp bách trên.

Các đối tượng được cấp điện khác nhau có những đặc điểm khác nhau, do đó ngoài những nét chung, hệ thống cung cấp điện cho các đối tượng khác nhau còn có những nét đặc trưng riêng. Bài toán thiết kế cung cấp điện, vì vậy cũng có những đặc thù riêng đối với từng đối tượng cụ thể. Điều đó được thể hiện qua kết cấu của giáo trình.

Giáo trình "Cung cấp điện theo tiêu chuẩn IEC" được biên soạn với tám chương: Ba chương đầu cung cấp các kiến thức chung, trong đó chương một giới thiệu khái quát về thiết kế dự án cung cấp điện, những yêu cầu cơ bản, thủ tục thực hiện dự án cung cấp điện và phương pháp trình bày báo cáo, thuyết minh. Chương hai trình bày tổng quát về phụ tải điện, phân tích so sánh các phương pháp tính toán nhu cầu phụ tải điện, trình tự tính toán phụ tải và dự báo phụ tải. Chương ba giới thiệu các phương pháp tính toán kinh tế-kỹ thuật so sánh các phương án cung cấp điện, phương pháp tính toán các tham số tối ưu của các phần tử hệ thống điện.

Năm chương tiếp theo giới thiệu chi tiết hệ thống cung cấp điện của các đối tượng cấp điện cụ thể: Chương bốn trình bày nội dung cung cấp điện cho khu vực nông thôn, miền núi, nơi có đặc điểm khác biệt là mật độ phụ tải nhỏ, mạng điện phủ trên phạm vi rộng, thậm chí có nơi không thể kéo điện đến từ hệ thống quốc gia, đòi hỏi phải có nguồn điện tại chỗ. Chương năm trình bày nội dung cung cấp điện cho khu chung cư và khách sạn, nơi có đặc thù riêng về phụ tải ánh sáng, sinh hoạt và sơ đồ cung cấp điện cho các tòa nhà cao tầng, sơ đồ mạng điện trong nhà. Chương sáu giới thiệu nội dung cung cấp điện cho các xí nghiệp công nghiệp, nơi có phụ tải đa dạng, các thiết bị máy móc công suất lớn có yêu cầu về độ tin cậy và chất lượng điện cao. Chương bảy trình bày nội dung cung cấp điện cho khu vực thành phố, nơi có phụ tải đa

dạng, mật độ phụ tải cao và đặc thù riêng của chiếu sáng đường phố. Chương tám giới thiệu nội dung cung cấp điện cho khu vực hầm mỏ, nơi có môi trường khắc nghiệt, phụ tải phân bố phức tạp trên lãnh thổ ở các độ sâu khác nhau.

Cuối mỗi chương đều có các ví dụ minh họa nội dung các kiến thức trọng tâm với các số liệu thực tế. Tất cả các bài toán được giải với sự trợ giúp của chương trình Excel hoặc Matlab, tuy nhiên trong khuôn khổ của giáo trình, lời giải được trình bày ngắn gọn dưới dạng các phép tính thông thường.

Giáo trình được viết cho ngành Điện của các trường đại học, tuy nhiên, với bố cục theo từng đối tượng cấp điện, với nhiều ví dụ minh họa cụ thể, giáo trình này cũng có thể dùng cho các trường cao đẳng và trung học với các ngành đào tạo tương ứng (lựa chọn các chương mục phù hợp với chuyên ngành). Đặc biệt, giáo trình cũng hết sức bổ ích đối với các kỹ sư, chuyên gia và các học viên cao học ngành Điện, nhiều số liệu và kết quả tính toán của các ví dụ trong giáo trình có thể bổ ích cho việc phát triển các đề tài nghiên cứu.

Tất cả các phương pháp, số liệu, tiêu chuẩn v.v. trình bày trong giáo trình đều được cập nhật từ những tài liệu mới nhất có thể. Chúng tôi cố gắng tham khảo nhiều tài liệu, giáo trình của các trường đại học khác nhau trên thế giới, các tạp chí chào hàng của các hãng như Schneider, Siemens, Melin Gerin, SEL (Schweitzer Engineering Laboratorie), Gec Alsthom, ABB v.v. với mong muốn cập nhật kịp thời các thông tin trong lĩnh vực cung cấp điện năng. Trong quá trình biên soạn giáo trình chúng tôi đã nhận được sự giúp đỡ quý báu của các chuyên gia, các bạn đồng nghiệp, các hãng sản xuất thiết bị v.v. Tác giả xin trân trọng cám ơn và mong tiếp tục nhận được sự giúp đỡ và hợp tác. Do trình độ có hạn, chắc chắn giáo trình không tránh khỏi những thiếu sót, chúng tôi rất cảm ơn và mong nhận được các ý kiến đóng góp của tất cả bạn đọc để giáo trình ngày càng được hoàn thiện hơn. Các ý kiến nhận xét xin được gửi về theo các địa chỉ:

- Ban Biên tập Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, 70 Trần Hưng Đạo, Hà Nội;
- Khoa Hệ thống điện Trường đại học Điện lực, 235 Hoàng Quốc Việt, Hà Nội;
- khanhtq@epu.edu.vn.

Tác giả

Chương 1

NHỮNG VẤN ĐỀ CHUNG VỀ DỰ ÁN CUNG CẤP ĐIỆN

1.1. Đại cương

Trong thế giới hiện đại điện năng có mặt ở mọi lĩnh vực của cuộc sống. Cùng với sự phát triển khoa học kỹ thuật, điện năng ngày càng trở nên là nhu cầu thiết yếu đối với mọi hoạt động của con người. Điện năng là động lực phát triển kinh tế, văn hóa, xã hội, nhân chủng v.v. nó chi phối hầu như toàn bộ nền kinh tế quốc dân. Thêm vào đó, nhu cầu điện năng không ngừng gia tăng, đòi hỏi hệ thống điện không ngừng phát triển theo thời gian và không gian. Đồng thời các yêu cầu về chất lượng và độ tin cậy đối với hệ thống điện cũng ngày càng nghiêm ngặt hơn.

Hệ thống điện là tập hợp các trang thiết bị biến đổi, truyền tải và phân phối điện năng, đòi hỏi chi phí rất lớn về thiết bị và vốn đầu tư. Trong thành phần giá thành của các sản phẩm công nghiệp giá trị điện năng chiếm một tỷ lệ rất đáng kể, ví dụ trong ngành sản xuất nhôm có tới 50 ÷ 60% giá trị sản phẩm thuộc về điện năng. Việc thiết kế xây dựng hệ thống cung cấp điện hợp lý sẽ góp phần làm giảm giá thành sản phẩm, nâng cao hiệu quả kinh tế của các xí nghiệp và nâng cao tính cạnh tranh của sản phẩm trên thị trường. Các vấn đề thiết kế và vận hành hệ thống điện phải được nhìn nhận từ chính từ góc độ đó.

Thiết kế hệ thống cung cấp điện trong điều kiện kinh tế thị trường đòi hỏi sự nhạy bén trong việc lựa chọn thiết bị và các phương án. Bài toán phân tích so sánh các phương án cần có nhiều thông tin kinh tế, kỹ thuật liên quan đến phương án lựa chọn. Với sự phát triển khoa học-kỹ thuật có rất nhiều công nghệ, thiết bị mới được áp dụng trong sản xuất, một loại thiết bị nhất định có thể được sản xuất bởi nhiều hãng khác nhau với các đặc tính kinh tế-kỹ thuật khác nhau. Việc lựa chọn thiết bị phù hợp với điều kiện cụ thể không những đòi hỏi người thiết kế phải có sự am hiểu về thiết bị, mà còn phải có kinh nghiệm thực tế. Đó là yêu cầu hết sức khó khăn đối với những người mới bắt đầu. Những người "non gan" khi thiết kế thường chỉ chú trọng đến yêu cầu kỹ thuật, điều đó có thể dẫn đến sự kém hiệu quả của phương án lựa chọn. Các phương án lựa chọn không chỉ đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật mà còn phải có hiệu quả kinh tế cao.

Các giai đoạn vòng đời của dự án bao gồm toàn bộ quá trình thay đổi: sự hình thành ý tưởng (đặt vấn đề, nhiệm vụ), phương tiện thực hiện (giải các bài toán), các giai đoạn thực hiện, các kết quả đạt được và sự kết thúc dự án (quyết toán và giải pháp phát triển – dự án mới). Như vậy, để dự án được thực hiện thuận lợi, cần phải có sự điều khiển nó. Để thực hiện điều đó cần phải phân chia dự án thành các tiểu hệ thống phả hệ và các bộ phận cấu thành. Cấu trúc của dự án bao gồm: Các cấu thành sản phẩm dự án, các giai đoạn của vòng đời dự án, các phần tử cấu trúc tổ chức.

1.2. Quá trình hình thành dự án cung cấp điện

Dự án cung cấp điện có thể là xây dựng hệ thống cung cấp điện mới, cũng có thể là cải tạo phát triển hệ thống đã có. Cũng giống như bất cứ một dự án nào khác, dự án cung cấp điện được bắt đầu từ nhu cầu thực tế. Khi đã được sự đồng ý của các cấp có thẩm quyền, sẽ tiến hành

MỤC LỤC

Mở đầu 3

Chương 1. Những vấn đề chung về dự án cung cấp điện

1.1. Đại cương 5

1.2. Quá trình hình thành dự án cung cấp điện (CCĐ) 5

1.2.1. Nghiên cứu tiền khả thi 6

1.2.2. Nghiên cứu khả thi 6

1.2.3. Đánh giá hiện trạng mạng điện 8

1.2.4. Thiết kế chi tiết 10

1.3. Một số yêu cầu cơ bản đối với thiết kế CCĐ 11

1.4. Thủ tục thực hiện đề án thiết kế CCĐ 11

1.4.1. Thông tin cần thiết ban đầu 11

1.4.2. Cơ cấu của đồ án thiết kế cung cấp điện bao gồm 11

1.5. Phương pháp trình bày báo cáo khoa học và thuyết minh thiết kế 12

1.5.1. Cấu trúc của báo cáo 12

1.5.2. Phương pháp trình bày 13

1.6. Ví dụ và bài tập 14

Câu hỏi ôn tập chương 1 16

Chương 2. Phụ tải điện

2.1. Đặc tính của phụ tải điện 17

2.1.1. Khái quát chung về phụ tải 17

2.1.2. Đặc tính của phụ tải 18

2.1.3. Biểu đồ phụ tải 21

2.2. Các phương pháp tính toán phụ tải điện 23

2.2.1. Phương pháp phân tích 23

2.2.2. Phương pháp mô phỏng 27

2.2.3. Phương pháp thực nghiệm 30

2.3. Trình tự xác định phụ tải tính toán 32

2.3.1. Sơ đồ tính toán phụ tải 32

2.3.2. Phương pháp tổng hợp phụ tải giữa các nhóm 33

2.4. Dự báo nhu cầu phụ tải điện 35

2.4.1. Dự báo phụ tải dựa trên hệ số phát triển 35

2.4.2. Mô hình kinh tế lượng 37
2.4.3. Mô hình phân tích kinh tế-kỹ thuật 41
2.4.4. Dự báo nhu cầu điện dựa trên kỹ thuật trí tuệ nhân tạo 45
2.4.5. Một số phương pháp dự báo nhu cầu phụ tải khác 48
2.5. Ví dụ và bài tập 48
Câu hỏi ôn tập chương 2 51
Chương 3. Lựa chọn phương án cung cấp điện
3.1. Khái quát chung về bài toán lựa chọn phương án cung cấp điện 52
3.2. Các chỉ tiêu kinh tế – kỹ thuật của hệ thống cung cấp điện 53
3.2.1. Chi phí quy dẫn 53
3.2.2. Các tham số kinh tế của một số phần tử cơ bản 54
3.2.3. Xác định một số tham số kinh tế - kỹ thuật của mạng điện 56
3.3. Các phương pháp tính toán tối ưu trong hệ thống CCĐ 60
3.3.1. Phương pháp chi phí cực tiểu 60
3.3.2. Phân tích kinh tế - tài chính 61
3.4. Chọn cấp điện áp tối ưu 66
3.4.1. Phương pháp đại số 66
3.4.2. Phương pháp hệ số Lagrange 66
3.4.3. Phương pháp chi phí cực tiểu 69
3.5. Chọn sơ đồ cung cấp điện tối ưu 69
3.5.1. Vị trí tối ưu của trạm biến áp 69
3.5.2. Sơ đồ nối điện tối ưu 73
3.6. Chọn công suất và số lượng máy biến áp 77
3.6.1. Một số tiêu chuẩn lựa chọn số lượng và công suất máy biến áp 77
3.6.2. Chọn máy biến áp theo giản đồ khoảng kinh tế 79
3.6.3. Chọn máy biến áp theo các điều kiện tác động của phụ tải 81
3.6.4. Chọn máy biến áp theo chỉ tiêu cực tiểu chi phí quy dẫn 83
3.6.5. Chọn máy biến áp có xét đến độ tin cậy cung cấp điện 84
3.7. Ví dụ và bài tập 84
Câu hỏi ôn tập chương 3 93
***Chương 4.* Cung cấp điện cho các điểm dân cư nông thôn và miền núi**
4.1. Phụ tải mạng điện nông thôn 94
4.1.1.Đặc điểm của phụ tải điện nông thôn, miền núi 94

4.1.2. Phụ tải sinh hoạt và dịch vụ công cộng 92
4.1.3. Phụ tải sản xuất 96
4.1.4. Tổng hợp phụ tải 97
4.2. Lựa chọn nguồn điện 98
4.2.1. Các nguồn điện cơ bản 98
4.2.2. So sánh các phương án cung cấp điện 105
4.3. Sơ đồ cung cấp điện 109
4.3.1. Trạm biến áp phân phối 110
4.3.2. Mạng điện phân phối 112
4.3.3. Mạng điện hạ áp 114
4.4. Ví dụ và bài tập 116
Câu hỏi ôn tập chương 4 127
***Chương 5.* Cung cấp điện chung cư và khách sạn** 128
5.1. Phụ tải điện chung cư và khách sạn 128
5.1.1. Phụ tải sinh hoạt 128
5.1.2. Phụ tải động lực 128
5.1.3. Phụ tải tính toán của toà nhà chung cư 129
5.1.4. Phụ tải tính toán của mạng điện 130
5.2. Sơ đồ mạng điện ngoài trời 130
5.2.1. Sơ đồ cung cấp điện cho các tòa nhà thấp (ít tầng) 131
5.2.2. Sơ đồ cung cấp điện cho các tòa nhà cao trung bình 132
5.2.3. Sơ đồ cung cấp điện cho các tòa nhà cao 133
5.2.4. Ví trí đặt trạm biến áp 133
5.3. Sơ đồ mạng điện trong tòa nhà 133
5.3.1. Sơ đồ đường trục cung cấp trong nhà 133
5.3.2. Sơ đồ mạng điện trong tòa nhà 134
5.3.3. Sơ đồ mạng điện căn hộ 137
5.4. Tính toán mạng điện trong nhà 138
5.4.1. Những vấn đề chung 138
5.4.2. Chọn dây dẫn 138
5.4.3. Chọn thiết bị bảo vệ 142
5.5. Tự động hoá mạng điện trong nhà 148
5.5.1. Sơ đồ điều khiển hệ thống chiếu sáng nhà ở 148

5.5.2. Thiết bị điều khiển từ xa 151
5.5.3. Hệ thống tự động hóa trong "Ngôi nhà thông minh" 151
5.6. Ví dụ và bài tập 153
Câu hỏi ôn tập chương 5 161
Chương 6. **Cung cấp điện cho các xí nghiệp công nghiệp**
6.1. Phụ tải điện công nghiệp 161
6.1.1. Các thiết bị tiêu thụ điện trong công nghiệp 161
6.1.2. Xác định phụ tải điện công nghiệp 163
6.2. Sơ đồ mạng điện phân phối 163
6.2.1. Sơ đồ hình tia 163
6.2.2. Sơ đồ hình tia với nguồn dự phòng từ đường cáp đi qua 164
6.2.3. Sơ đồ đường trục phân nhánh 165
6.2.4. Sơ đồ cung cấp điện bởi các đường trục đơn với đường trục dự phòng chung 165
6.2.5. Sơ đồ cung cấp điện bởi đường trục mạch vòng 166
6.3. Sơ đồ mạng điện phân xưởng 167
6.3.1. Sơ đồ động lực của mạng điện phân xưởng 167
6.3.2. Mạng điện chiếu sáng 169
6.3.3. Lắp đặt mạng điện phân xưởng 170
6.4. Trạm biến áp phân xưởng 172
6.4.1. Điều kiện làm việc của trạm biến áp 172
6.4.2. Lựa chọn vị trí đặt trạm biến áp 173
6.5. Độ tin cậy của hệ thống cung cấp điện công nghiệp 175
6.5.1. Một số khái niệm cơ bản về độ tin cậy 175
6.5.2. Đánh giá thiệt hại do ngừng cung cấp điện và thời gian mất điện đẳng trị 177
6.5.3. Đánh giá độ tin cậy của các mạch điện đơn giản 180
6.6. Nâng cao hệ số công suất trong mạng điện công nghiệp 181
6.6.1. Bản chất của công suất phản kháng 181
6.6.2. Sự tiêu thụ công suất phản kháng của các thiết bị điện 185
6.6.3. Ảnh hưởng của hệ số công suất cosφ đối với các tham số kinh tế-kỹ thuật của mạng điện 186
6.6.4. Phương pháp nâng cao hệ số cosφ 189
6.7. Ví dụ và bài tập 194
Câu hỏi ôn tập chương 6 202

Chương 7. **Cung cấp điện thành phố**

7.1. Phụ tải điện thành phố 203

7.1.1. Tính toán phụ tải dịch vụ công cộng 203

7.2. Sơ đồ mạng điện thành phố 204

7.2.1. Sơ đồ cung cấp điện cho thành phố nhỏ 204

7.2.2. Sơ đồ cung cấp điện cho thành phố trung bình 205

7.2.3. Sơ đồ cung cấp điện cho thành phố lớn 206

7.2.4. Trạm biến áp phân phối 207

7.3. Đặc tính kinh tế - kỹ thuật của các phần tử mạng điện 209

7.3.1. Tiết diện kinh tế của đường dây cáp 209

7.3.2. Hệ số mang tải tối ưu của máy biến áp 210

7.3.3. Điều kiện chung lựa chọn công suất tối ưu của trạm biến áp thành phố 211

7.3.4. Xác định bán kính tối ưu của lưới phân phối 213

7.4. Thiết kế chiếu sáng đường phố 213

7.4.1. Các yêu cầu cơ bản 213

7.4.2. Phân cấp chiếu sáng đường phố 215

7.4.3 Thiết kế chiếu sáng đường phố 216

7.4.4 Tính toán dây dẫn của mạng điện chiếu sáng 221

7.5. Tự động hoá mạng điện thành phố 223

7.5.1. Tự động hoá mạng điện phân phối 223

7.5.2. Tự động hoá mạng điện hạ áp 224

Câu hỏi ôn tập chương 7 230

Chương 8. Cung cấp điện khu vực hầm mỏ 231

8.1 Khái quát chung 231

8.1.1. Đặc điểm của việc thiết kế cung cấp điện hầm mỏ 231

8.1.2. Yêu cầu đối với thiết kế cung cấp điện hầm mỏ 231

8.2. Các hộ tiêu thụ điện hầm mỏ 232

8.2.1. Các thiết bị điện trong hệ thống khai thác 232

8.2.2. Thiết bị vận chuyển trong hầm mỏ 233

8.2.3. Các thiết bị thông thoáng 234

8.2.4. Bơm thoát nước 235

8.2.5. Thiết bị chiếu sáng 236

8.2.6. Xác định phụ tải tính toán của hệ thống cung cấp điện hầm mỏ 237

8.3. Trang thiết bị điện hầm mỏ 239
8.3.1 Nguồn điện 239
8.3.2. Trạm biến áp hợp bộ di động 240
8.3.3. Trạm phân phối 240
8.4. Sơ đồ cung cấp điện hầm mỏ 242
8.4.1. Các dạng sơ đồ cung cấp điện cơ bản 242
8.4.2. Thực hiện sơ đồ cung cấp điện cho các khu vực đặc trưng 243
8.5. Lựa chọn phương án cung cấp điện hầm mỏ 247
8.5.1. Khái quát chung 247
8.5.2. Chọn cấp điện áp tối ưu của mạng điện 248
8.5.3. Chọn vị trí, số lượng và công suất trạm biến áp 249
8.6. Các tham số kinh tế-kỹ thuật của mạng điện hầm mỏ 250
8.6.1. Chế độ mở máy của các động cơ mạng điện 250
8.5.2. Chất lượng điện ở mạng điện hầm mỏ 252
8.5.3. Hệ số công suất 254
8.7. Ví dụ và bài tập 256
Câu hỏi ôn tập chương 8 259
Đáp số 260
Phụ lục 263
Tài liệu tham khảo 281