

PHÂN TÍCH TỔN THẤT ĐIỆN NĂNG VÀ ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP TRONG HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN CHO CÔNG TRÌNH DÂN DỤNG THEO TIÊU CHUẨN VIỆT NAM

Lưu Thị Hằng
Cao đẳng Lào Cai

Tóm tắt: Hiệu quả năng lượng đang là một trong những ưu tiên hàng đầu trong thiết kế và vận hành hệ thống điện tại các công trình dân dụng. Một trong những vấn đề lớn ảnh hưởng đến hiệu suất sử dụng điện là tổn thất điện năng - hiện tượng xảy ra phổ biến nhưng thường bị đánh giá thấp trong khâu thiết kế và thi công. Bài báo tập trung phân tích các dạng tổn thất điện năng thường gặp, chỉ ra nguyên nhân chủ yếu trong hệ thống cung cấp điện cho công trình dân dụng theo tiêu chuẩn Việt Nam. Từ đó, tác giả đề xuất những giải pháp kỹ thuật và quản lý nhằm tối ưu hóa hệ thống, giảm thiểu tổn thất, nâng cao độ tin cậy và tiết kiệm chi phí vận hành. Các đề xuất được xây dựng trên cơ sở thực tiễn và tuân thủ tiêu chuẩn kỹ thuật TCVN, giúp nâng cao tính ứng dụng trong triển khai thực tế.

Từ khóa: Tổn thất điện năng, hệ thống cung cấp điện, công trình dân dụng, tiết kiệm năng lượng, tối ưu hóa, TCVN 7447.

ANALYSIS OF POWER LOSSES AND PROPOSED SOLUTIONS IN ELECTRICAL SUPPLY SYSTEMS FOR RESIDENTIAL BUILDINGS BASED ON VIETNAMESE STANDARDS

Luu Thi Hang
Lao Cai College

Abstract: Energy efficiency is currently one of the top priorities in the design and operation of electrical systems in residential buildings. One of the major factors affecting power usage efficiency is energy loss, a common phenomenon that is often underestimated during the design and construction stages. This paper focuses on analyzing common types of power losses, identifying key causes within electrical supply systems for residential structures in accordance with Vietnamese standards. Based on this analysis, the author proposes both technical and managerial solutions aimed at optimizing the system, minimizing losses, improving reliability, and reducing operational costs. These proposals are grounded in practical experience and are in compliance with the TCVN technical standards, thereby enhancing the applicability of the solutions in real-world implementation.

Keywords: power losses, electrical supply system, residential buildings, energy saving, optimization, TCVN 7447.

Nhận bài: 02/06/2025

Phản biện: 03/07/2025

Duyệt đăng: 06/07/2025

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong cuộc sống hiện đại, các công trình dân dụng như nhà ở, chung cư, tòa nhà văn phòng... ngày càng được xây dựng nhiều và có quy mô lớn hơn. Điều này kéo theo nhu cầu sử dụng điện tăng cao, đòi hỏi hệ thống cung cấp điện phải hoạt động ổn định, an toàn và tiết kiệm.

Một vấn đề phổ biến nhưng ít được quan tâm đúng mức chính là tổn thất điện năng. Những mất mát này xảy ra âm thầm trong quá trình truyền tải, phân phối, và tiêu thụ điện, làm tăng hóa đơn điện, giảm hiệu suất sử dụng, thậm chí gây nóng thiết bị và rút ngắn tuổi thọ hệ thống. Thực tế cho thấy, nếu không có giải pháp thiết kế và vận hành hợp lý, tổn thất điện năng có thể chiếm tỷ lệ không nhỏ trong tổng lượng điện tiêu thụ của công trình.

Tuy nhiên, việc khắc phục tổn thất không thể chỉ dừng lại ở cảm tính. Đó phải là một quá trình phân tích, bám sát vào tiêu chuẩn kỹ thuật quốc gia - cụ thể là TCVN 7447, vốn quy định rõ các yêu cầu về thiết kế, lắp đặt và vận hành hệ thống cung cấp điện trong các công trình dân dụng.

Xuất phát từ thực tiễn giảng dạy trong lĩnh vực lý thuyết cung cấp điện, bài báo xây dựng nhằm mục tiêu: phân tích các yếu tố gây tổn thất điện năng trong hệ thống cung cấp điện dân dụng và đề xuất các giải pháp khả thi, dễ triển khai, phù hợp với tiêu chuẩn Việt Nam - qua đó đóng góp một phần vào việc nâng cao hiệu quả sử dụng điện trong xã hội hiện đại.

II. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Tổn thất điện năng - Nhìn từ góc độ kỹ thuật

Tổn thất điện năng trong hệ thống cung cấp điện là hiện tượng không thể tránh khỏi, đặc biệt trong các công trình dân dụng có quy mô lớn. Tổn thất này xảy ra trong suốt quá trình truyền tải và phân phối điện năng từ nguồn đến các thiết bị tiêu thụ. Mặc dù có thể không nhìn thấy bằng mắt thường, nhưng hệ quả của nó lại rất rõ ràng: hiệu suất sử dụng điện giảm, chi phí tiền điện tăng và nguy cơ quá tải hệ thống cũng cao hơn. Việc nhận diện đúng các nguyên nhân gây ra tổn thất là bước đầu tiên để tiến tới tối ưu hóa hệ thống cung cấp điện.

Một trong những nguyên nhân phổ biến nhất gây tổn thất kỹ thuật là do điện trở của dây dẫn. Khi dòng điện đi qua dây, một phần năng lượng sẽ bị chuyển hóa thành nhiệt, gây ra hiện tượng tổn hao công suất theo công thức quen thuộc $P = I^2 R$. Nếu dây dẫn có tiết diện nhỏ hoặc kéo dài quá xa, mức tổn thất này sẽ càng lớn. Ngoài ra, ở các điểm đấu nối không chuẩn kỹ thuật, tiếp xúc không tốt cũng sẽ làm tăng điện trở và phát sinh nhiệt, góp phần làm tổn thất nhiều hơn.

Các thiết bị trong hệ thống như máy biến áp, aptomat, công tắc, ô cắm... cũng góp phần vào tổn thất điện năng. Trong đó, máy biến áp là thiết bị đặc biệt cần được quan tâm vì chúng gây ra hai loại tổn thất chính: tổn hao không tải và tổn hao có tải (phụ thuộc vào dòng điện và tải tiêu thụ). Nếu sử dụng biến áp không phù hợp công suất hoặc vận hành ngoài phạm vi tối ưu, tổn thất sẽ rất đáng kể.

Ngoài tổn thất mang tính kỹ thuật, hệ thống còn có thể gặp tổn thất phi kỹ thuật như: các yếu tố như dây dẫn bị rò rỉ, mối nối kém, thiết bị tiêu thụ không đạt chuẩn tiết kiệm điện, hoặc thậm chí là tình trạng sử dụng điện không kiểm soát. Những yếu tố này không chỉ gây tổn thất năng lượng mà còn tiềm ẩn rủi ro mất an toàn điện. Chính vì vậy, để đảm bảo hệ thống vận hành ổn định và hiệu quả lâu dài, cần đánh giá đầy đủ cả khía cạnh kỹ thuật lẫn thực tiễn trong quá trình thiết kế và sử dụng điện.

Việc đổi mới phương pháp giảng dạy theo hướng tích cực không chỉ góp phần tạo hứng thú cho học sinh, sinh viên khi học các môn lý thuyết mà còn góp phần quan trọng trong việc hình thành và phát triển các năng lực thiết yếu như tư duy logic, kỹ năng phân tích, giải quyết vấn đề, làm việc nhóm – những yêu cầu quan trọng đối với người lao động trong lĩnh vực kỹ thuật điện hiện đại.

2.2. Phân tích theo tiêu chuẩn TCVN 7447

Tại Việt Nam, bộ tiêu chuẩn TCVN 7447 – tương đương với IEC 60364 của quốc tế, đóng vai trò trong thiết kế hệ thống điện hạ áp. Bộ tiêu chuẩn đưa ra các quy định về an toàn điện và đề cập rõ đến việc lựa chọn thiết bị, thiết kế sơ đồ cấp điện, và quan trọng hơn cả là giảm thiểu tổn thất điện năng trong quá trình sử dụng.

Một trong những nguyên tắc được TCVN 7447 nhấn mạnh là đảm bảo chọn đúng tiết diện dây dẫn, phù hợp với dòng tải và chiều dài đường dây. Nếu dây dẫn có tiết diện quá nhỏ hoặc không được tính toán kỹ theo tải thực tế, tổn thất do điện trở sẽ gia tăng đáng kể. Tiêu chuẩn cũng yêu cầu kiểm

soát điện áp rơi trong hệ thống để không vượt quá giới hạn cho phép, nhằm đảm bảo các thiết bị ở xa nguồn vẫn nhận được điện áp ổn định để hoạt động hiệu quả.

Tiêu chuẩn còn quy định về việc bố trí và bảo vệ các thiết bị trong mạng điện. Điều này giúp tránh quá tải, ngắn mạch và đảm bảo thiết bị làm việc trong điều kiện tối ưu nhất. Đặc biệt, TCVN 7447 hướng dẫn rõ về cấu trúc hệ thống nối đất, hệ thống phân phối (TN-S, TN-C...), cũng như cách bảo vệ chống điện giật và sự cố. Tất cả những yếu tố này, nếu được triển khai đúng, không chỉ tăng độ an toàn mà còn góp phần giảm thiểu các dạng tổn thất không mong muốn trong mạng điện.

Một điểm nổi bật khác trong tiêu chuẩn là khuyến khích sử dụng thiết bị điện có khả năng tiết kiệm năng lượng và phù hợp với công suất thực tế. Điều này vừa góp phần bảo vệ môi trường, vừa giúp người sử dụng tiết kiệm chi phí vận hành lâu dài. Đối với các công trình lớn hoặc có yêu cầu đặc biệt về quản lý năng lượng, tiêu chuẩn cũng đề cập đến việc đo lường, theo dõi và kiểm soát hệ thống điện thông qua các thiết bị giám sát chuyên dụng.

Tóm lại, TCVN 7447 không chỉ là bộ quy chuẩn mang tính pháp lý mà còn là công cụ kỹ thuật hữu ích, giúp các kỹ sư điện thiết kế hệ thống một cách khoa học và hiệu quả. Khi áp dụng đúng và đầy đủ các yêu cầu trong tiêu chuẩn, hệ thống cung cấp điện sẽ đạt được sự cân bằng giữa tính an toàn, độ bền và hiệu suất sử dụng điện để từ đó góp phần giảm thiểu tổn thất năng lượng một cách bền vững và toàn diện trong các công trình dân dụng.

2.3. Đề xuất giải pháp tối ưu hóa

Sau khi phân tích các nguyên nhân gây tổn thất điện năng trong hệ thống cung cấp điện cho công trình dân dụng, có thể thấy rằng để khắc phục hiệu quả, cần áp dụng đồng bộ nhiều giải pháp – từ khâu thiết kế ban đầu đến thi công, vận hành và quản lý. Việc tối ưu hóa không chỉ giúp tiết kiệm chi phí điện năng mà còn kéo dài tuổi thọ thiết bị, nâng cao độ an toàn và đảm bảo hệ thống vận hành ổn định lâu dài.

Trước hết, ngay từ giai đoạn thiết kế, cần tính toán phụ tải chính xác và lựa chọn dây dẫn phù hợp với công suất tiêu thụ. Dây dẫn phải đảm bảo tiết diện đủ lớn để giảm điện trở, đặc biệt với các tuyến truyền tải dài hoặc phụ tải lớn. Đồng thời, cần chia tải hợp lý giữa các pha để tránh mất cân bằng điện áp – đây là nguyên nhân khá phổ biến khiến hệ thống hoạt động kém hiệu quả và gây tổn thất nhiều hơn mức cần thiết.

Tiếp theo là việc bố trí hệ thống cấp điện một cách khoa học. Thay vì sử dụng sơ đồ cấp điện phức tạp, nên lựa chọn cấu trúc hợp lý như mạng hình tia hoặc mạng vòng có khả năng cấp điện linh hoạt và dễ quản lý. Cần hạn chế tối đa các điểm nối không cần thiết vì đây là vị trí dễ phát sinh nhiệt và tổn thất. Việc lựa chọn thiết bị đóng cắt, bảo vệ cũng phải dựa trên tiêu chuẩn kỹ thuật và công suất tải thực tế, không nên lắp đặt thừa hoặc thiếu dẫn đến lãng phí hoặc nguy cơ quá tải.

Một yếu tố quan trọng không thể thiếu là sử dụng thiết bị tiết kiệm năng lượng. Các thiết bị chiếu sáng, điều hòa, quạt, máy bơm... nên chọn loại đạt nhãn năng lượng cao theo quy định của Bộ Công Thương. Ngoài ra, việc sử dụng biến tần, role nhiệt, tụ bù... cũng sẽ giúp nâng cao hiệu suất vận hành của hệ thống điện, giảm tiêu thụ điện năng không cần thiết.

Trong quá trình thi công và lắp đặt, cần tuân thủ đúng kỹ thuật, đảm bảo các mối nối chắc chắn, tránh tình trạng dây dẫn bị uốn cong, gây gập gảy gia tăng điện trở. Bên cạnh đó, cần đào tạo đội ngũ kỹ thuật viên có kinh nghiệm để giảm thiểu sai sót và đảm bảo hệ thống được lắp đặt đúng thiết kế, đúng tiêu chuẩn.

Cuối cùng, để duy trì hiệu quả hệ thống về lâu dài, công tác vận hành và bảo trì định kỳ là điều bắt buộc. Nên thực hiện kiểm tra, đo đặc điện trở cách điện, dòng rò, nhiệt độ thiết bị định kỳ để kịp thời phát hiện những điểm tổn thất bất thường. Ngoài ra, việc ứng dụng các phần mềm mô phỏng và hệ thống giám sát năng lượng như ETAP, SCADA hay EMS sẽ giúp theo dõi tình trạng hoạt động và đưa ra cảnh báo sớm khi có sự cố hoặc

tổn hao vượt mức cho phép.

III. KẾT LUẬN

Tổn thất điện năng trong hệ thống cung cấp điện cho công trình dân dụng là vấn đề tuy không mới nhưng lại có ảnh hưởng lâu dài đến hiệu suất sử dụng điện, chi phí vận hành và độ ổn định của toàn hệ thống. Qua quá trình phân tích, có thể thấy rằng các nguyên nhân gây tổn thất chủ yếu xuất phát từ việc thiết kế chưa tối ưu, vật tư không phù hợp, cũng như quá trình thi công và vận hành chưa đúng kỹ thuật. Nếu không được kiểm soát tốt, tổn thất này sẽ tích tụ theo thời gian và gây ra lãng phí đáng kể.

Việc áp dụng tiêu chuẩn TCVN 7447 một cách nghiêm túc đóng vai trò rất quan trọng trong việc nâng cao hiệu quả hệ thống. Tiêu chuẩn này cung cấp một nền tảng rõ ràng để các kỹ sư thiết kế, thi công và quản lý hệ thống điện có thể triển khai các giải pháp vừa đảm bảo an toàn vừa hướng tới mục tiêu tiết kiệm năng lượng. Khi các giải pháp kỹ thuật – như chọn đúng tiết diện dây dẫn, bố trí thiết bị hợp lý, sử dụng thiết bị tiết kiệm điện – được kết hợp với quản lý thông minh, hiệu quả của hệ thống sẽ được nâng cao rõ rệt.

Từ những phân tích và đề xuất nêu trong bài, có thể khẳng định rằng việc tối ưu hóa hệ thống cung cấp điện không chỉ là yêu cầu về mặt kỹ thuật, mà còn là hướng đi tất yếu trong bối cảnh hiện nay – khi chi phí năng lượng ngày càng tăng và yêu cầu về công trình xanh, bền vững ngày càng cao. Đây cũng là cơ hội để những người làm chuyên môn trong ngành điện áp dụng kiến thức lý thuyết vào thực tiễn, tạo ra giá trị thiết thực cho xã hội.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đặng Thanh Hải (2022). *Phân tích tổn thất và đề xuất giải pháp tiết kiệm điện tại công trình nhà ở cao tầng*. Luận văn thạc sĩ, Trường Đại học Bách khoa - ĐHQG TP. HCM.
2. Nguyễn Bảo Toàn (2021). *Lý thuyết cung cấp điện - Phân tích và ứng dụng*. NXB Đại học Quốc gia TP. HCM.
3. Nguyễn Hữu Thắng (2020). *Tổn thất điện năng trong mạng lưới hạ áp và giải pháp giảm thiểu*. Tạp chí Năng lượng Việt Nam, Số 9, tr. 42 - 47.
4. Lê Minh Tâm & Phạm Quốc Hưng (2019). *Ứng dụng phần mềm ETAP trong thiết kế và đánh giá tổn thất hệ thống điện*. Hội nghị Khoa học Kỹ thuật Điện - ĐHBK Hà Nội.
5. Trần Văn Thịnh (2018). *Tối ưu hóa mạng điện trong công trình dân dụng*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Kỹ thuật Điện, Số 4, tr. 23 - 29.