■Ngày nhận bài: 10/4/2026 ■Ngày sửa bài: 22/4/2026 ■Ngày chấp nhận đăng: 08/5/2026

Phân tích và dự báo tiêu thụ điện năng trong mạng điện khu công nghiệp dựa trên điện trở tương đương

Analysis and forecasting of electricity consumption in industrial park power networks based on equivalent resistance

> TS NGUYỄN DUY HƯNG[1,*], THS NGUYỄN NHẬT LONG[1], TS PHẠM XUÂN BÁCH[2]
[1]Trường Đại học Công nghiệp Việt - Hung
[2]Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Nam Định
[*]Email: hungnguyenat73@gmail.com

TÓM TẮT

Nghiên cứu nhằm nâng cao độ tin cậy của việc dự báo tiêu thụ điện năng và đánh giá tổn thất điện năng trong các doanh nghiệp công nghiệp. Trong bối cảnh phát triển công nghiệp nhanh tại Việt Nam, đặc biệt tại các khu công nghiệp và nhà máy sản xuất, nhu cầu sử dụng điện năng ngày càng tăng, trong khi tổn thất điện năng trong các hệ thống cung cấp điện nội bộ vẫn còn đáng kể. Vì vậy, việc xây dựng các phương pháp dự báo tiêu thụ điện năng và xác định tổn thất điện năng có ý nghĩa quan trọng đối với quản lý và sử dụng năng lượng hiệu quả. Nghiên cứu sử dụng phương pháp phân tích đặc tính phụ tải của mạng điện nội bộ nhà máy kết hợp với việc xác định các tham số mạch điện và xây dựng các hệ số đặc trưng cho chế độ vận hành của phụ tải và cấu trúc mạng điện. Các hệ số được đề xuất gồm hệ số đặc trưng dạng đường cong phụ tải (Kđt) và hệ số cấu trúc mạch điện (Ktop). Phương pháp được áp dụng cho các mạng điện nội bộ dạng hình tia và mạng trục chính để xác định điện trở tương đương và tính toán tổn thất điện năng. Kết quả cho thấy sai số giữa lượng điện cung cấp tính toán và số liệu vận hành thực tế là 2,63%, chứng tỏ phương pháp có độ tin cậy và khả năng ứng dụng trong dự báo tiêu thụ điện năng và đánh giá tổn thất điện năng tại doanh nghiệp công nghiệp.

Từ khóa: Dự báo tiêu thụ điện năng; tổn thất điện năng; mạng điện công nghiệp; đặc tính phụ tải; điện trở tương đương.

ABSTRACT

This study aims to improve the reliability of forecasting electricity consumption and assessing power losses in industrial enterprises. In the context of rapid industrial development in Vietnam, especially in industrial parks and manufacturing plants, the demand for electricity is continuously increasing, while power losses in internal power supply systems remain significant. Therefore, developing methods for forecasting electricity consumption and determining power losses is important for effective energy management and utilization. The study applies an analytical approach based on load characteristics of internal factory power networks, combined with the determination of circuit parameters and the development of characteristic coefficients describing load operating conditions and network structure. The proposed coefficients include the load curve coefficient (Kđt) and the circuit topology coefficient (Ktop). The method is applied to radial and main-line internal power networks to determine equivalent resistance and calculate power losses. The results show that the error between the calculated electricity supply and the actual operational data is 2.63%, indicating that the proposed method has good reliability and can be applied to forecasting electricity consumption and evaluating power losses in industrial enterprises.

Keywords: Electricity consumption forecasting; power loss; industrial power systems; load characteristics; equivalent resistance; energy efficiency; industrial enterprises.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh phát triển kinh tế - xã hội ở Việt Nam, việc nâng cao độ chính xác dự báo nhu cầu điện và xác định tin cậy tổn thất điện năng ngày càng được chú trọng. Nhiều nghiên cứu cho thấy phân tích tổn thất trong mạng điện nội bộ doanh nghiệp là yếu tố quan trọng nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng và tối ưu vận hành hệ thống [1-2]. Đồng thời, việc xây dựng các mô hình và thuật toán xác suất mô tả tham số vận hành giúp tăng độ tin cậy của kết quả đánh giá và dự báo phụ tải điện [3].

Kinh nghiệm trong nước và quốc tế cho thấy rằng các biến động kinh tế, đặc biệt trong lĩnh vực năng lượng có thể ảnh hưởng đáng kể đến hiệu quả vận hành của các hệ thống thiết bị trong các tổ hợp công nghiệp. Trong những điều kiện này, việc cải tiến các phương pháp thiết kế và tối ưu hóa thiết bị điện, chẳng hạn như các phương pháp tối ưu hóa cấu trúc dựa trên thuật toán di truyền đối với máy điện đóng vai trò quan trọng trong việc nâng cao hiệu quả năng lượng của các hệ thống công nghiệp [4-5].

Trong những năm gần đây, khoa học dữ liệu và trí tuệ nhân tạo được ứng dụng rộng rãi trong dự báo phụ tải điện. Đặc biệt, các mô hình mạng nơ-ron cho dự báo ngắn hạn giúp nâng cao độ chính xác trong hệ thống điện khu vực [6], trong khi các phương pháp quản lý tiêu thụ dựa trên phân tích xếp hạng hỗ trợ điều khiển và tối ưu hóa phụ tải [7].

Các nghiên cứu cho thấy việc kết hợp phân tích dữ liệu và mô hình hóa giúp nâng cao độ tin cậy trong tính toán và dự báo phụ tải điện [8-9]. Mô hình chuỗi thời gian hỗ trợ phân tích xu hướng và cải thiện độ chính xác dự báo [10], trong khi các mô hình quản lý nhu cầu điện của doanh nghiệp góp phần điều chỉnh và tối ưu hóa phụ tải hệ thống [11].

Các phương pháp trí tuệ nhân tạo ngày càng được ứng dụng trong dự báo phụ tải điện, trong đó mạng nơ-ron kết nối đầy đủ cho phép dự báo nhanh và thích ứng với biến đổi tham số vận hành [12]. Bên cạnh đó, các mô hình kết hợp như Markov và học máy được sử dụng để dự báo tiêu thụ năng lượng ở quy mô quốc gia và khu vực [13]. Gần đây, các hệ thống dự báo thông minh dựa trên dữ liệu đo đếm và mô hình học sâu được triển khai rộng rãi nhằm nâng cao độ chính xác dự báo nhu cầu điện năng [14-15].

Tính cấp thiết của nghiên cứu được thể hiện qua sự quan tâm của các tổ chức quốc tế đối với nâng cao hiệu quả sử dụng và dự báo nhu cầu điện trong bối cảnh tiêu thụ tăng nhanh ở các nước đang phát triển, trong đó có Việt Nam [16].

Trong bối cảnh phát triển kinh tế và công nghiệp ở Việt Nam, yêu cầu nâng cao tự chủ công nghệ gắn liền với đảm bảo cung cấp điện ổn định và quản lý, dự báo nhu cầu hiệu quả trước sự gia tăng nhanh của phụ tải. Bên cạnh phát triển nguồn điện, việc cải thiện phương pháp dự báo phụ tải, đặc biệt cho khu dân cư và đô thị trở nên cần thiết. Các nghiên cứu phân tích phụ tải thực tế và cập nhật giá trị chuẩn trong tòa nhà, khu dân cư khẳng định vai trò của việc xây dựng các mô hình dự báo chính xác cho hệ thống điện hiện đại [17].

2. NỘI DUNG

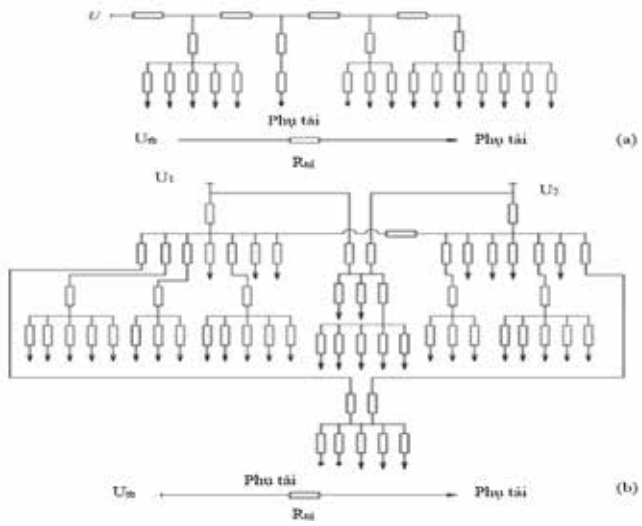
2.1. Tổng quan nghiên cứu

Trong bối cảnh công nghiệp hóa, nhu cầu sử dụng điện trong các doanh nghiệp ngày càng tăng, đòi hỏi các giải pháp sử dụng năng lượng tiết kiệm, hiệu quả và dự báo phụ tải điện chính xác. Dự báo đúng giúp doanh nghiệp lập kế hoạch sử dụng điện hợp lý, tối ưu vận hành và giảm chi phí. Tuy nhiên, tổn thất điện năng trong hệ thống nội bộ nhà máy vẫn còn đáng kể, ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả kỹ thuật và kinh tế, nên việc xác định chính xác và kiểm soát tỷ lệ tổn thất là nhiệm vụ quan trọng.

Sự phát triển của công nghệ đo đếm và hệ thống quản lý năng lượng cho phép nâng cao độ chính xác của các mô hình dự báo dựa trên dữ liệu vận hành. Dù vậy, các thông số mạng điện nội bộ có thể biến đổi theo thời gian, gây sai số trong tính toán. Trên cơ sở đó, nghiên cứu này đề xuất hoàn thiện phương pháp dự báo và đánh giá tổn thất điện năng bằng cách sử dụng điện trở tương đương của mạch điện để xác định chính xác hơn các tham số, qua đó nâng cao độ tin cậy trong quản lý và sử dụng năng lượng tại doanh nghiệp công nghiệp

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Để dự đoán mức tiêu thụ điện năng, người ta đề xuất sử dụng điện trở tương đương của mạch đang xét. Thông thường, các mạch được chia thành hai loại (Hình 1).



a) - Mạch dạng một đường dây với một điểm kết nối nguồn điện và một điểm kết nối thiết bị nhận điện; b) - Mạch có nhiều điểm kết nối nguồn điện và thiết bị nhận điện

Hình 1. Sơ đồ các dạng mạng điện nội bộ trong nhà máy

Loại thứ nhất (Hình 1a) là một đường dây đơn với một điểm kết nối cho nguồn điện và một điểm kết nối cho người tiêu dùng. Loại mạch này được đặc trưng bởi sự phân bố dòng điện tải giữa các phần tử tỷ lệ thuận với giá trị điện trở của chúng. Mạch này có thể được biểu diễn đơn giản nhất, chỉ có một phần tử - điện trở vật lý tương đương, R_{td}.

Hãy xác định tổn thất công suất cho mạch đang nghiên cứu:

$$W_{dx} = 3R_{ptt}^{f}\sum_{t=1} I_{tb}^{2} = 3R^{f}_{pt} I^{2}_{tb,pt} .K_{dt}.T \quad (1)$$

Trong đó: W_{cx} là tổn thất điện năng của sơ đồ (kWh); R_{td}^{f} là điện trở tương đương của một pha trong sơ đồ (Ω); $I_{i,pt}$ là dòng điện của phụ tải tại các khoảng của đồ thị phụ tải (A); T_n là khoảng thời gian tính toán (giờ); t là khoảng thời gian thay đổi dòng điện của đồ thị phụ tải (giờ); $I_{tb,pt}$ là giá trị trung bình của dòng điện phụ tải (A); $K_{đt}$ là hệ số đồ thị phụ tải, thể hiện tỷ số giữa tổng bình phương các dòng điện (hoặc công suất) của đồ thị phụ tải biến thiên và tổng các dòng

điện (hoặc công suất) trung bình.

$$K_{\partial t} = \frac{R_{\partial}^{tb}}{R_{\partial}^{f}} \quad (2)$$

Từ đây: $R_{\partial}^{tb} = K_{\partial t} . R_{t\partial}^{f}$ (3)

Xác định $I_{tb,pt}^{2}$ và R_{td}^{tb}

$$I_{tb,pt}^{2} = \frac{W^{2}}{\left(\sqrt{3}.U_{tb}.\text{Cos}\varphi_{tb}\right)^{2}} \quad (4)$$

$$R_{\partial}^{tb} = \frac{\Delta W.U_{tb}^{2}.\text{Cos}^{2}\varphi_{tb}}{P_{tb}^{2}.T_{n}} \quad (5)$$

Trong đó: W là công suất điện cung cấp cho lưới điện, MW h; P_{tb} là công suất tải trung bình, MW; ΔW là tổn thất năng lượng, MW h; U_{tb} là điện áp lưới trung bình, kV; $\text{Cos}\varphi_{tb}$ là hệ số công suất tải trung bình.

Loại mạch thứ hai bao gồm các mạch có nhiều điểm cấp nguồn và kết nối tải (Hình 1b). Mạch 2 được đặc trưng bởi sự phụ thuộc của dòng điện tải vào vị trí của các nút cấp nguồn, điểm kết nối và công suất tải và ở mức độ thấp hơn, vào điện trở của các phần tử mạng. Để làm rõ các thông số của mạch loại thứ hai này cần một thông số mới - hệ số cấu trúc liên kết, K_{top}, thể hiện tỷ lệ tổn thất công suất tác dụng (điện năng) đối với vị trí cố định của các thiết bị tiêu thụ điện và vị trí của tải theo điện trở của các phần tử mạch tại $K_{top} = 1$.

Sau đó, giá trị trung bình về điện trở theo (5) sẽ được xác định:

$$R_{\partial}^{tb} = R_{tb}^{f} . K_{\partial t} . K_{top} \quad (6)$$

$K_{top} = 1$ đối với mạch 1 (Hình 1a), vì dòng điện chạy qua các đoạn mạch được phân bố theo giá trị điện trở của chúng và với giá trị không đổi của năng lượng điện truyền tải (đồ thị tải đồng đều), các mối quan hệ sau đây là đúng:

$$K_{\text{ứng}} = K \quad = 1$$

$$R_{\partial}^{tb} = R_{t\partial}^{f} \quad (7)$$

Một trường hợp cụ thể của mạch thứ hai là một bảng phân phối điện với một nút nguồn cố định và một số nút thiết bị tiêu thụ điện.

Hãy tính tổng tổn thất công suất tác dụng cho các đoạn mạch thứ hai đã nghiên cứu tại một thời điểm cố định và chia giá trị thu được cho bình phương cường độ dòng điện trong đoạn đầu mạch $I_{đđ}$ (hay nói cách khác, cho bình phương tổng cường độ dòng điện trong các đoạn mạch).

Do đó, giá trị điện trở tương đương của mạch 2 thu được bằng cách tính đến K_{top} tại một thời điểm cố định mà không tính đến $K_{đt}$.

$$R_{\partial}^{tb} = R_{t\partial}^{f} . K_{top} = \frac{\sum_{i=1}^{n} I_{if}^{2} . R_{i}}{I_{đ\partial}^{2}} \quad (8)$$

Trong đó: I_{if} là dòng điện hoạt động của phần tử thứ i (phần, nhánh); n là số phần mạch; R_i là điện trở của phần mạch thứ i; $I_{đđ}$ là dòng điện của phần đầu mạch; R_i được xác định bởi (9) đối với mạch có cấu trúc xuyên tâm và (10) đối với cấu trúc thân.

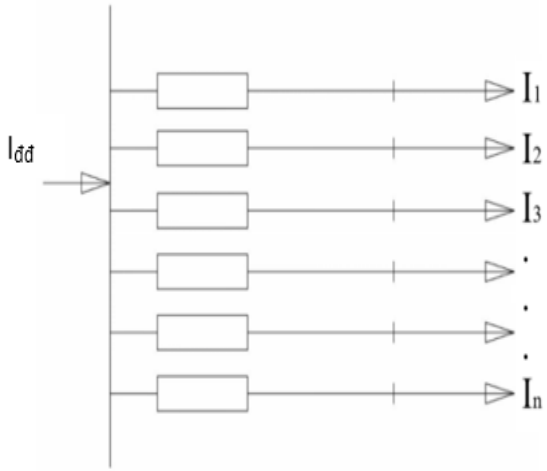
$$R_{\partial}^{tb} = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_{i20} . l_{i} \left[1 + \alpha\left(\theta_{d} - 20\right)\right] + \frac{\sum_{i=1}^{m} R_{i,tb}}{n}}{n} \quad (9)$$

Trong đó: R_{i20} là điện trở suất của một mét dây dẫn mạch thứ i ở nhiệt độ 20°C, Ω/m; L_i là chiều dài của dây dẫn mạch thứ i, m; θ_d là nhiệt độ của dây dẫn mạch thứ i, °C; $R_{i,tb}$ là điện trở tiếp xúc của các thiết bị điện hạ thế trên đường dây, Ω; n là số lượng thiết bị trong đoạn mạch thứ i; α là hệ số tăng điện trở của vật liệu dẫn điện theo nhiệt độ, 1/°C.

Đối với cấu trúc đường dây chính được triển khai với hệ thống thanh cái phân tán

$$R_{\partial}^{tb} = \left[R_{\text{ĐTC},20} . l_{TC} . \frac{1}{6}\left(1 + \frac{1}{n}\right)\left(2 + \frac{1}{n}\right)\right] . \left[1 + \alpha_{TC}\left(\theta_{TC} - 20\right)\right] + \frac{R_{20} . l_{DN}}{n} . \left[1 + \alpha_{DN}\left(\theta_{DN} - 20\right)\right] . \frac{\sum_{i=1}^{k} R_{\text{tx}}}{n}$$

Trong đó: l_{TC} là chiều dài của thanh cái phân phối, m; $R_{0TC,20}$ là điện trở của một mét thanh cái phân phối ở nhiệt độ 20°C; n là số lượng thiết bị tiêu thụ điện được cấp điện từ thanh cái phân phối; R_{20} là điện trở của một mét dây nhánh từ thanh cái ở nhiệt độ 20°C, Ω/m; θ_{TC} là nhiệt độ của thanh cái, °C; θ_{DN} là nhiệt độ của lõi dẫn điện nhánh, °C; l_{DN} là chiều dài của dây nhánh, m; α_{DN} là tham số của hệ số nhiệt độ tăng điện trở của vật liệu dây nhánh, 1/°C; α_{TC} là tham số của hệ số nhiệt độ tăng điện trở của vật liệu thanh dẫn phân phối, 1/°C; tổng điện trở tiếp xúc của các thiết bị chuyển mạch được lắp đặt trên một nhánh, Ω; K là số lượng thiết bị chuyển mạch điện áp thấp trên một nhánh.



Hình 2. Sơ đồ mạch tương đương tổng quát của bảng phân phối điện

Kết quả tính toán cho R_{td}^{tb} và R_{td}^{f}, có tính đến bố trí thiết bị tủ điện và các thông số kỹ thuật số lượng nhánh, nhiệt độ gia nhiệt của dây dẫn và nhiệt độ môi trường xung quanh được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Kết quả tính toán cho R_{td}^{tb} và R_{td}^{f}

TT	$I_{cp.d}$ Dòng điện cho phép lâu dài trung bình $I_{cp.tb}$, A	Chiều dài trung bình dây nhánh $l_{tb.nh}$, m	Số nhánh n	Hệ số tải của đường dây $K_{tải}$	Nhiệt độ θ, °C		K_{top}		K_{top}	
1	20,5	16,5	16	0,460	20	22,10	1,10	14,11	0,70	20,00
2	20,6	16,6	14	0,480	20	24,20	1,04	15,62	0,65	23,50

3	20,8	16,3	12	0,500	20	26,40	1,02	17,05	6,64	26,20
4	21,2	15,8	10	0,550	20	30,60	1,08	19,80	0,70	28,70
5	21,8	15,9	8	0,600	20	35,50	1,04	23,10	0,74	31,40

Ở đó: $K_{top} = \frac{R_{\delta}^{tb}}{R_{\delta}^{f}}$

Điện trở tương đương R_{td}^{tb} và R_{td}^{f} được tính bằng cách sử dụng (5). Để tính cho R_{td}^{tb} và R_{td}^{f}, cần phải tính đến sự nóng lên của dây dẫn nhánh và điện trở tiếp xúc của các thiết bị điện áp thấp được lắp đặt trên đường dây. Các thông số này không được xem xét khi tính cho R_{td}^{tb}. Kết quả tính toán cho thấy khi tính cho R_{td}^{tb} - K_{top} gần bằng đơn vị.

Trong các khu công nghiệp ở Việt Nam, điện được cấp từ lưới trung áp 22 kV, qua trạm biến áp hạ xuống 0,4 kV và phân phối đến các thiết bị sản xuất qua hệ thống tủ điện và dây dẫn. Do số lượng thiết bị lớn và phụ tải biến đổi theo sản xuất, tổn thất điện năng trong mạng điện nội bộ cần được đánh giá chính xác để nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng.

Ví dụ, xét một đoạn mạch trong mạng điện hạ áp của một phân xưởng sản xuất cơ khí tại Khu công nghiệp Thăng Long (Đông Anh, Hà Nội). Mạng điện phân xưởng bao gồm một tủ phân phối hạ áp cấp điện cho các thiết bị tiêu thụ như động cơ truyền động, máy gia công cơ khí và các thiết bị phụ trợ. Chiều dài trung bình của các nhánh cấp điện từ tủ phân phối đến các thiết bị tiêu thụ là l_{tb} = 16,5 m; số lượng thiết bị tiêu thụ điện n = 16.

Dòng điện cho phép làm việc liên tục trung bình của dây dẫn là $I_{tb,cp}$ = 20,50 A; hệ số tải trung bình của đường dây $K_{tải}$ = 0,45; nhiệt độ môi trường trong nhà xưởng khoảng θ_{mt} = 20°C; hệ số công suất trung bình của các động cơ điện trong phân xưởng là $Cos\varphi_{tb}$ = 0,60.

Theo số liệu thống kê vận hành của phân xưởng, điện năng tiêu thụ trong năm đạt khoảng $W_{năm}$ = 95,52 MWh, trong đó điện năng cung cấp hữu ích cho các thiết bị tiêu thụ là W_{pt} = 92,94 MWh. Như vậy, tổn thất điện năng trong mạng điện nội bộ của phân xưởng là ΔW = 2,58 MWh.

Hãy xác định giá trị tổng bình phương công suất trung bình cho số giờ hoạt động hàng năm T_n=1987 h.

$$\Sigma P_{tb}^2 = P_{tb}.T_n = \frac{\Delta W^2}{T_n^2}.T_n = \frac{\Delta W^2}{T_n} = \frac{2,58^2}{1987} = 3,35.10^{-3}\left(MW\right)$$

Khi đó, theo công thức (5):

$$R_{td}^{tb} = \frac{\Delta W.U_{tb}^2.Cos^2\varphi_{tb}}{P_{tb}^2.T_n} = \frac{2,58.0,38^2.0,6^2}{3,35^2.1987} = 22,5\left(\Omega\right)$$

Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng, với quy trình công nghệ không đổi, sự gia tăng giá trị trung bình R_{td}^{f} (Bảng 2) là do sự gia tăng điện trở tiếp xúc của các thiết bị chuyển mạch được lắp đặt trên các đường dây mạch điện. Nếu không, giá trị trung bình R_{td}^{f} sẽ không đổi, và sự thay đổi tổn thất tải trong mạng điện hạ thế sẽ tương ứng với bình phương của năng lượng điện truyền tải (Bảng 2).

2.3. Kết quả và thảo luận

Chúng tôi sẽ xác định tổn thất điện năng dựa trên dữ liệu năm 2020.

$$\Delta W = \frac{R_{tb}^{tb}.P_{tb}^2.T_n}{U_{tb}^2.Cos^2\varphi_{tb}} = \frac{22,5.10^{-3}3,35.1987}{0,38^2.0,6^2} = 2,66\left(MWh\right) \quad (11)$$

Tức là, với chu kỳ công nghệ không đổi cho mạng lưới đang nghiên cứu, tổn thất lên tới ΔW% = 2,86% sản lượng điện không tổn thất (92,94 MWh). Hãy xác định sản lượng điện ước tính.

$$W_{tt} = \frac{100}{2,86}.\frac{R_{\delta}^{tb}}{U_{tb}^2}.\frac{P_{tb}^2.T_n}{Cos^2\varphi_{tb}} = 93,01\left(MWh\right) \quad (12)$$

Sau đó, sai số trong việc xác định W_{tt} dựa trên giá trị điện trở tương đương liên quan đến nguồn cung cấp điện thực tế hàng năm cho năm 2020 (Bảng 2) δ,% sẽ là:

$$\delta\% = \frac{W_{năm} - W_{tt}}{W_{năm}}.100 = \frac{95,52 - 93,01}{95,52}.100 = 2,63\%$$

Bảng 2. Lượng điện tiêu thụ giai đoạn 2020 - 2025 và dự báo cho năm 2026

Năm / Thông số	2020	2022	2023	2024	2025	2026 (giá trị kỳ vọng)
Số giờ làm việc trong năm, T_n, giờ	1987	1982	1987	1971	1971	1972
Điện năng cung cấp trong năm, Wnăm, MWh	95,52	95,31	95,55	94,92	94,92	95,00
Điện năng cấp không tổn thất, W_{tt}, MWh	92,94	92,74	93,36	92,36	92,36	92,43
Tổn thất điện năng, ΔW, MWh	2,58	2,57	2,57	2,56	2,56	2,57
$\Sigma P_{tb}^2, \left(MWh.10^{-3}\right)$	3,35	3,33	3,35	3,32	3,32	3,34
R_{td}^{tb}, Ω	22,5	22,4	22,3	22,6	22,6	22,6
Tổn thất điện năng khi điện trở tương đương trung bình $R_{td}^{tb} = const$, MWh	2,66	2,66	2,66	2,64	2,64	2,64
Sự thay đổi của theo các năm		-0,33	-0,34	0,66	0	0
Hệ số thay đổi của điện trở tương đương trung bình R_{td}^{tb} theo các năm, K	-	0,996	0,996	1,009	1	1
Giá trị trung bình của hệ số thay đổi điện trở tương đương trung bình R_{td}^{tb} theo các năm, K_{tb}				1,002		

Bảng 2 hiển thị dữ liệu về mức tiêu thụ năng lượng trong quá trình vận hành và tính toán. Hãy xác định sự thay đổi thực tế về tổn thất năng lượng trong năm 2020.

$$\Delta W=\left(R^{tb}_{\text{ở}\ 20}-R^{tb}_{\text{tở}\ 19}\right)\Sigma P^{2}_{tb\ 20}.10^{-3}.T_n$$
$$=\left(22,4-22,5\right).3,33.10^{-3}.1982$$
$$=-0,66\left(MWh\right)$$

Dấu "-" cho thấy lượng tổn thất đã giảm đi 0,66 MW h.

Dựa trên các giá trị lịch sử của giá trị trung bình R_{td}^{tb}, có thể xác định giá trị dự đoán của giá trị trung bình R_{td}^{tb} bằng cách sử dụng giá trị trung bình của hệ số thay đổi điện trở tương đương.

Ví dụ, hãy xác định $R_{td\ 26}^{tb}$ và $R_{td\ 27}^{f}$

$$R^{tb}_{td\ 26}=K_{tb}.R^{tb}_{\text{tở}\ 25}=22,605\left(\Omega\right)$$

$$R_{td\ 27}^{f}=22,61\left(\Omega\right)$$

Các kết quả thu được có thể được khuyến nghị để ước tính và phân tích tổn thất bằng cách sử dụng biểu thức (11) và dự báo sản lượng điện ước tính bằng cách sử dụng biểu thức (12).

3. KẾT LUẬN

Để nâng cao độ tin cậy của các thông số tiêu thụ điện tại các doanh nghiệp công nghiệp, việc sử dụng điện trở tương đương của mạch mạng có thể được khuyến nghị. Đề xuất sử dụng hệ số thay đổi điện trở tương đương cho mạch đang nghiên cứu, thể hiện động lực của các giá trị R_{td}^{tb} trong các khoảng thời gian được xem xét, làm giá trị hiệu chỉnh cho điện trở tương đương. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng giá trị của hệ số này cho khoảng thời gian dự báo có thể khác với các giá trị lịch sử.

Việc giảm điện trở tương đương của mạch có thể thực hiện được trong trường hợp thay thế thiết bị điện và các thiết bị điện lỗi thời, cũng như thực hiện các biện pháp tiết kiệm năng lượng nhằm giảm mức tổn thất điện năng. Thuật toán được đề xuất cho phép tăng hiệu quả trong việc dự báo mức tiêu thụ điện và ước tính tổn thất điện năng trong trung hạn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Грачева Е.И., Шакурова З.М., Абдуллазянов Р.Э. Сравнительный анализ наиболее распространенных детерминированных методов определения потерь электроэнергии в цеховых сетях//Проблемы энергетики, № 5, С. 87-96, 2019.

[2] Грачева Е.И., Горлов А.Н., Шакурова З.М. Анализ и оценка экономии электроэнергии в системах внутризаводского электроснабжения//Проблемы энергетики, № 2, С.65-74, 2020.

[3] Грачева Е.И., Наумов О.В., Горлов А.Н., Шакурова З.М. Алгоритмы и вероятностные модели параметров функционирования внутризаводского электроснабжения//Проблемы энергетики, № 1, С.93-104, 2021.

[4] Сафин А.Р., Хуснутдинов Р.Р., Копылов А.М., Максимов В.В., Цветков А.Н., Гибадуллин Р.Р., Петров Т.И. Разработка метода топологической оптимизации электрических машин на основе генетического алгоритма // Вестник КГЭУ, №4(40), С.77-85, 2018.

[5] Петров Т.И. Модификация генетического алгоритма для комплексной топологической оптимизации ротора синхронных двигателей//Проблемы энергетики, том 23, №3, С.70-79, 2021.

[6] Серебряков Н.А. Применение адаптивного ансамблевого нейросетевого метода для краткосрочного прогнозирования электропотребления электротехнического комплекса районных электрических сетей//Омский научный вестник, №1(175), С.39-45, 2021.

[7] Kivchun O.R. Methodology for integrating rank analysis procedures in managing electricity consumption of regional electrotechnical complexes//Proceedings of Tula State University. Technical Sciences, Issue 21, pp. 200-209, 2021.

[8] Manikovsky A.S. Analysis of methods for forecasting electricity consumption// Proceedings of the DONIZhT Scientific Works Collection, no. 60, pp. 23-30, 2021.

[9] Zubkov S.D. Technocenological analysis of enterprise electricity consumption// Innovative Science, no. 2, pp. 20-22, 2020.

[10] Khudzhasaidov J.Kh., Rusina A.G., Matrenin P.V., Dmitriev S.A., Safaraliev M.Kh. Development of electricity consumption forecasting models based on time series in isolated power systems//EsiK, no. 3(48), pp. 23-27, 2020.

[11] Dzyuba A.P. Model for managing electricity demand of industrial enterprises connected to power generation networks //Bulletin of Surgut State University, Issue 1(31), pp. 12-25, 2021.

[12] Lyakhomsky A.V., Shadrin A.A. Forecasting model of electricity consumption based on a fully connected neural network//Electrical Engineering and Information Systems, no. 1, Issue 18, pp. 107-113, 2022.

[13] Zhaosu Meng, Huike Sun, Xi Wang. Forecasting Energy Consumption Based on SVR and Markov Model: A Case Study of China//Front. Environ. Sci., 06 April 2022 Sec. Environmental Economics and Management.

[14] S. B. Taieb, J. W. Taylor and R. J. Hyndman. Hierarchical probabilistic forecasting of electricity demand with smart meter data. Journal of the American Statistical Association, 2020.

[15] T. Ahmad and H. Chen. Deep learning for multi-scale smart energy forecasting. Energy, vol.175, c.98112, 2019.

[16] World Bank, Electric Power Consumption, The World Bank Group, Washington, D.C., USA, 2021. Internet: https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.ELEC.KH.PC.

[17] Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Галицкий Ю.Я., Чернова Н.В., Ахметшин А.Р. Актуализация нормативных значений удельной электрической нагрузки многоквартирных домов в Республике Татарстан//Электричество, № 6, С. 62-71, 2021.