

ỨNG DỤNG LÝ THUYẾT THỐNG KÊ VÀ HỆ THỐNG THU THẬP SỐ LIỆU ĐO Đếm TỪ XA TRONG NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG BIỂU ĐỒ PHỤ TẢI

APPLICATIONS FOR STATISTICAL THEORY AND REMOTE METERING INFRASTRUCTURE IN RESEARCH LOAD PROFILE BUILDING

Trần Vinh Tịnh¹, Huỳnh Thảo Nguyên²

¹Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng; Email: traviti@gmail.com

²Công ty TNHH MTV Điện lực Đà Nẵng; Email: htnguyen2007@gmail.com

Tóm tắt - Trong hệ thống điện, phụ tải có quy luật hoạt động giống nhau tạo thành một loại phụ tải gọi là thành phần phụ tải, mỗi thành phần phụ tải có thể chia nhỏ thành nhiều nhóm phụ tải khác nhau. Mục tiêu của công tác nghiên cứu phụ tải điện là xây dựng biểu đồ phụ tải các thành phần, nhóm phụ tải. Trên cơ sở lý thuyết xác suất và thống kê toán, tác giả nghiên cứu phương pháp ước lượng trực tiếp, phương pháp ước lượng tỉ lệ và ước lượng phân nhóm để xây dựng biểu đồ phụ tải của các thành phần, nhóm phụ tải trong hệ thống điện Công ty Điện lực Đà Nẵng. Đồng thời tác giả xây dựng chương trình đưa ra các kết quả bằng Microsoft Access kết nối với hệ thống thu thập số liệu đo đếm từ xa và hệ thống quản lý thông tin khách hàng CMIS.

Từ khóa - nghiên cứu phụ tải; ước lượng tỉ lệ; ước lượng trực tiếp; ước lượng phân nhóm; biểu đồ phụ tải; thống kê.

1. Đặt vấn đề

Trong hệ thống điện, phụ tải có quy luật hoạt động giống nhau tạo thành các thành phần phụ tải, gồm: Nông-lâm-thủy sản, Công nghiệp, Thương nghiệp, Sinh hoạt, Hoạt động khác. Trong mỗi thành phần phụ tải, có thể chia nhỏ thành nhiều nhóm phụ tải [6]. Trong nghiên cứu phụ tải, để có được biểu đồ phụ tải của từng thành phần, nhóm phụ tải, cần thực hiện thu thập toàn bộ biểu đồ phụ tải của tất cả các khách hàng. Tuy nhiên điều này là không thể thực hiện được bởi số liệu thu thập là rất lớn và tốn nhiều chi phí. Do vậy phương pháp xây dựng biểu đồ phụ tải của các nhóm phụ tải, thành phần phụ tải, phụ tải tổng được thực hiện bằng lý thuyết xác suất và thống kê toán từ các mẫu phụ tải [1].

Biểu đồ các mẫu phụ tải với chu kì 30 phút có được từ hệ thống thu thập đo đếm từ xa qua sóng di động GPRS đang được triển khai tại Công ty Điện lực Đà Nẵng. Ngoài ra với hệ thống quản lý thông tin khách hàng CMIS, sản lượng hóa đơn hàng tháng của từng khách hàng, nhóm phụ tải, thành phần phụ tải đã sẵn có, ta có thể kết hợp phương pháp thống kê và chương trình kết nối với các cơ sở dữ liệu để tính toán xây dựng biểu đồ phụ tải.

Kết quả thu được là cần thiết trong công tác quản lý nhu cầu phụ tải DSM; quy hoạch, thiết kế, vận hành; xác định tổn thất điện năng của hệ thống điện.

2. Phương pháp xây dựng biểu đồ phụ tải

2.1. Xây dựng biểu đồ nhóm phụ tải

2.1.1. Các thông số thống kê mẫu nhóm phụ tải

Ứng với mỗi khách hàng trong nhóm phụ tải thứ s , đặc trưng bởi cặp thông số công suất tại giờ t ($t=1..24$) và sản lượng tháng m ($m=1..12$), kí hiệu tương ứng là (y_k, x_k) . Xét mẫu nhóm phụ tải s gồm n_s khách hàng, các thông số

Abstract - In a power system, the load has the same operating rules constituting a kind of load called the load components. Each component load can be divided into many different groups loads. The objective of the load research is to build an electricity load profile of load components and load groups. Based on the probability and statistics theory, the authors study direct estimation method, ratio estimation method and stratification estimator to build the load profile of load components, load group in the power system of Da Nang Power Company based on load samples. Also, the authors build program to give the results by the Microsoft Access connect remote metering infrastructure and customer management information system (CMIS).

Key words - load research; ratio estimator; direct estimator; stratification estimator; load profile; statistics.

thống kê được tính toán theo Bảng 1 [1] [2] [3] [4]:

Bảng 1. Các thông số thống kê mẫu nhóm phụ tải

	Mẫu công suất y tại giờ t ($t=1..24$)	Mẫu sản lượng x tháng m ($m=1..12$)
Ký hiệu	$(y_1, ..., y_k, ..., y_{n_s})$	$(x_1, ..., x_k, ..., x_{n_s})$
Trung bình	$\bar{y}_s = \frac{1}{n_s} \sum_{k=1}^{n_s} y_k$	$\bar{x}_s = \frac{1}{n_s} \sum_{k=1}^{n_s} x_k$
Phương sai	$s_{ys}^2 = \frac{\sum_{k=1}^{n_s} (y_k - \bar{y}_s)^2}{n_s - 1}$	$s_{xs}^2 = \frac{\sum_{k=1}^{n_s} (x_k - \bar{x}_s)^2}{n_s - 1}$
Độ lệch chuẩn	$s_{ys} = \sqrt{s_{ys}^2}$	$s_{xs} = \sqrt{s_{xs}^2}$

Để đánh giá mức độ tương quan tuyến tính giữa x và y , người ta dùng các thông số:

Hiệp phương sai của x và y :

$$s_{xys} = \frac{1}{n_s - 1} \sum_{k=1}^{n_s} (x_k - \bar{x}_s)(y_k - \bar{y}_s) = \frac{n_s}{n_s - 1} (\overline{xy_s} - \bar{x}_s \cdot \bar{y}_s) \quad (1)$$

Với:

$$\overline{xy_s} = \frac{1}{n_s} \sum_{k=1}^{n_s} x_k \cdot y_k$$

Hệ số tương quan giữa x và y :

$$\rho = \frac{\overline{xy_s} - \bar{x}_s \cdot \bar{y}_s}{s_{x_s} \cdot s_{y_s}}, \text{ với } |\rho| \leq 1 \quad (2)$$

$|\rho|$ càng gần 1 thì mức độ tương quan giữa x và y càng chặt (tương quan tuyến tính).

2.1.2. Ước lượng trực tiếp (Direct estimator) [2] [4]

Ước lượng giá trị công suất của nhóm phụ tải tổng thể (kí hiệu là Y_s) dựa vào các thông số thống kê công suất của mẫu nhóm phụ tải.

Gọi N_s là kích thước của tổng thể nhóm.

Ước lượng công suất trung bình $\hat{Y}_s$:

$$\hat{Y}_s = \bar{y}_s = \frac{1}{n_s} \sum_{k=1}^{n_s} y_k \quad (3)$$

Ước lượng công suất tổng $\hat{Y}_s$:

$$\hat{Y}_s = N_s \cdot \hat{Y}_s = N_s \cdot \bar{y}_s \quad (4)$$

Phương sai của ước lượng $\hat{Y}_s$:

$$\text{var}(\hat{Y}_s) = N_s^2 \left(\frac{1-f_s}{f_s} \right) s_{ys}^2 = N_s^2 (1-f_s) \frac{s_{ys}^2}{n_s} \quad (5)$$

Với $f_s = \frac{n_s}{N_s}$ gọi là tỉ lệ lấy mẫu.

Sai số chuẩn của ước lượng $\hat{Y}_s$:

$$SE_s = \sqrt{\text{var}(\hat{Y}_s)} \quad (6)$$

Với độ tin cậy 95%, khoảng tin cậy của ước lượng $\hat{Y}_s$ là:

$$\hat{Y}_s - t_{0,025} \cdot SE_s < Y_s < \hat{Y}_s + t_{0,025} \cdot SE_s$$

Với $t_{0,025}$ là giá trị phân vị của phân phối t-Student với bậc tự do $n_s - 1$

Bây giờ, để ước lượng được giá trị số lượng tổng thể N_s , cần biến phụ trợ là tổng sản lượng nhóm phụ tải X_s của tổng thể, đây là giá trị có thể biết được. Khi đó ước lượng $\hat{N}_s$:

$$\hat{N}_s = \frac{X_s}{\bar{X}_s} \quad (7)$$

2.1.3. Ước lượng tỉ lệ (Ratio estimator) [2] [4]

Xét tổng thể nhóm phụ tải s có biến tổng công suất Y_s và tổng sản lượng X_s .

Vì $Y_s = \sum_{k=1}^{N_s} y_k$ và $X_s = \sum_{k=1}^{N_s} x_k$ nên:

$$\frac{Y_s}{X_s} = \frac{\bar{Y}_s}{\bar{X}_s} = R \text{ hay } Y_s = R X_s$$

Ước lượng giá trị R :

$$\hat{R} = r = \frac{\bar{y}_s}{\bar{x}_s} \quad (8)$$

Khi đó ước lượng công suất tổng $\hat{Y}_s$:

$$\hat{Y}_s = r \cdot X_s = \frac{\bar{y}_s}{\bar{x}_s} X_s \quad (9)$$

được gọi là ước lượng tỉ lệ (Ratio estimator).

Ở đây biến phụ trợ là tổng sản lượng nhóm phụ tải X_s của tổng thể, đây là giá trị có thể biết được.

Phương sai của ước lượng $\hat{Y}_s$:

$$\begin{aligned} \text{var}(\hat{Y}_s) &= N_s^2 \left(\frac{1-f_s}{f_s} \right) \left\{ \frac{\sum_{k=1}^{n_s} (y_k - r \cdot x_k)^2}{n_s - 1} \right\} \\ &= N_s^2 (1-f_s) \frac{(s_{ys}^2 + r^2 s_{xs}^2 - 2rs_{xys})}{n_s} \end{aligned} \quad (10)$$

Sai số chuẩn của ước lượng $\hat{Y}_s$:

$$SE_s = \sqrt{\text{var}(\hat{Y}_s)} \quad (11)$$

Với độ tin cậy 95%, khoảng tin cậy của ước lượng $\hat{Y}_s$ là:

$$\hat{Y}_s - t_{0,025} \cdot SE_s < Y_s < \hat{Y}_s + t_{0,025} \cdot SE_s$$

Với $t_{0,025}$ là giá trị phân vị của phân phối t-Student với bậc tự do $n_s - 1$ [3] [4].

Ước lượng được giá trị số lượng tổng thể N_s được xác định tương tự như công thức (7).

2.2. Xây dựng biểu đồ thành phần phụ tải

Mỗi thành phần phụ tải (TPPT) tổng thể được chia làm S nhóm phụ tải, mỗi nhóm với chỉ số là s , và có kích thước tương ứng N_s phần tử.

Ước lượng thành phần phụ tải tổng thể được xem như là ước lượng phân nhóm (stratification estimator) [2] [4]

Ước lượng công suất TPPT $\hat{Y}_{ST}$:

$$\hat{Y}_{ST} = \sum_{s=1}^S \hat{Y}_s \quad (12)$$

Phương sai của ước lượng $\hat{Y}_{ST}$:

$$\text{var}(\hat{Y}_{ST}) = \sum_{s=1}^S \text{var}(\hat{Y}_s) \quad (13)$$

Với $\hat{Y}_s$ và $\text{var}(\hat{Y}_s)$ được xác định từ công thức (4) và (5) ứng với phương pháp Direct, hoặc công thức (9) và (10) ứng với phương pháp Ratio.

Sai số chuẩn của ước lượng $\hat{Y}_{ST}$:

$$SE_{ST} = \sqrt{\text{var}(\hat{Y}_{ST})} = \sqrt{\sum_{s=1}^S \text{var}(\hat{Y}_s)} \quad (14)$$

Với độ tin cậy 95%, khoảng tin cậy của ước lượng $\hat{Y}_{ST}$ là:

$$\hat{Y}_{ST} - t_{0,025} \cdot SE_{ST} < Y_{ST} < \hat{Y}_{ST} + t_{0,025} \cdot SE_{ST}$$

Với $t_{0,025}$ là giá trị phân vị của phân phối t-Student với bậc tự do $n_s - 1$ [3] [4].

2.3. Xây dựng biểu đồ phụ tải tổng

Phụ tải tổng gồm các thành phần phụ tải. Ước lượng

biểu đồ phụ tải tổng được xem như là ước lượng phân nhóm (stratification estimator)

Ước lượng công suất phụ tải tổng $\hat{Y}$:

$$\hat{Y} = \sum \hat{Y}_{ST} \quad (15)$$

Phương sai của ước lượng $\hat{Y}$:

$$\text{var}(\hat{Y}) = \sum \text{var}(\hat{Y}_{ST}) \quad (16)$$

Sai số chuẩn của ước lượng $\hat{Y}$:

$$SE = \sqrt{\text{var}(\hat{Y})} = \sqrt{\sum \text{var}(\hat{Y}_{ST})} \quad (17)$$

Với độ tin cậy 95%, khoảng tin cậy của ước lượng $\hat{Y}$ là:

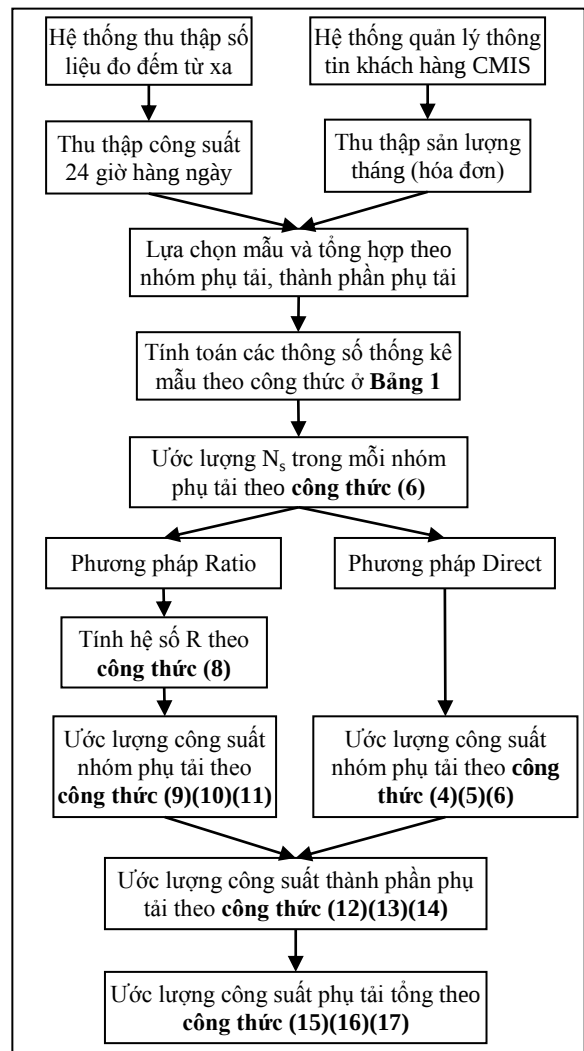
$$\hat{Y} - t_{0,025} \cdot SE < Y < \hat{Y} + t_{0,025} \cdot SE$$

Với $t_{0,025}$ là giá trị phân vị của phân phối t-Student với bậc tự do $n_s - 1$ [3] [4].

3. Xây dựng biểu đồ phụ tải cho hệ thống điện Công ty Điện lực Đà Nẵng

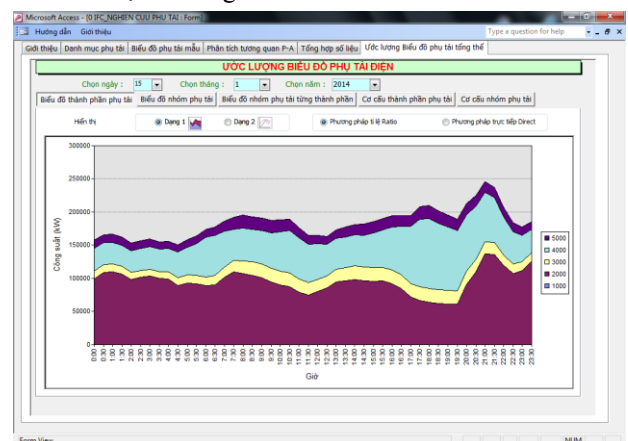
3.1. Xây dựng chương trình Access

3.1.1. Sơ đồ thuật toán

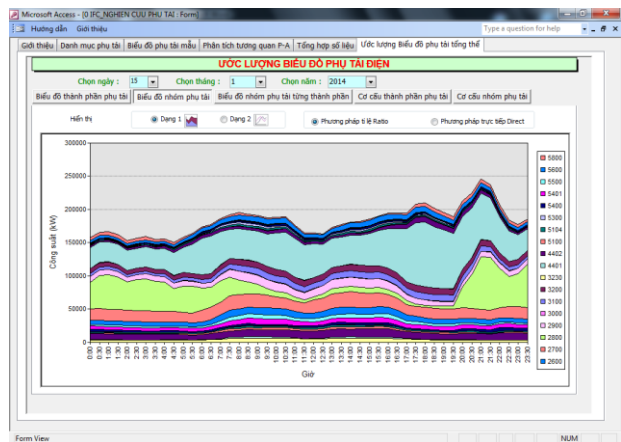


Hình 1. Sơ đồ thuật toán

Giao diện chương trình:



Hình 2. Giao diện biểu đồ thành phần phụ tải



Hình 3. Giao diện biểu đồ nhóm phụ tải

3.2. Kết quả tính toán

3.2.1. Ước lượng nhóm phụ tải

Với độ tin cậy 95%, kết quả ước lượng các nhóm phụ tải thuộc thành phần phụ tải 3000 (Thương nghiệp, khách sạn, nhà hàng) vào ngày 15/01/2014, thời điểm lúc 10:00AM như bảng 2.

Bảng 2. Ước lượng nhóm phụ tải thuộc 3000

Mã nhóm PT	Ước lượng Ratio			Ước lượng Direct		
	$\hat{Y}_s$ (kW)	$t_{0,025} \cdot SE_s$ (kW)	$\frac{t_{0,025} \cdot SE_s}{\hat{Y}_s}$ (%)	$\hat{Y}_s$ (kW)	$t_{0,025} \cdot SE_s$ (kW)	$\frac{t_{0,025} \cdot SE_s}{\hat{Y}_s}$ (%)
3100	9.584	850	8,87%	9.959	2.646	26,57%
3200	9.181	427	4,65%	9.909	2.918	29,45%
5401	935	79	8,39%	861	296	34,37%

Bảng 3. Danh mục nhóm phụ tải thuộc 3000 [6]

Mã nhóm PT	Nhóm phụ tải
3100	Bán buôn, bán lẻ và cửa hàng
3200	Khách sạn, quán trọ
5401	Hoạt động ngân hàng, bảo hiểm, ...

3.2.2. Ước lượng thành phần phụ tải

Với độ tin cậy 95%, kết quả ước lượng vào ngày 15/01/2014, thời điểm lúc 10:00AM như ở bảng 4.

Bảng 4. Ước lượng thành phần phụ tải

Mã TPPT	Ước lượng Ratio			Ước lượng Direct		
	$\hat{Y}_{ST}$ (kW)	$t_{0,025} \cdot SE_{ST}$ (kW)	$\frac{t_{0,025} \cdot SE_{ST}}{\hat{Y}_{ST}}$ (%)	$\hat{Y}_{ST}$ (kW)	$t_{0,025} \cdot SE_{ST}$ (kW)	$\frac{t_{0,025} \cdot SE_{ST}}{\hat{Y}_{ST}}$ (%)
1000	8	3	40,26%	9	7	80,12%
2000	90.194	4.386	4,86%	94.363	6.431	6,81%
3000	19.700	955	4,71%	21.261	3.950	18,58%
4000	60.163	4.205	6,99%	59.321	6.678	11,26%
5000	17.950	1.285	7,16%	17.342	2.586	14,91%

Bảng 5. Danh mục thành phần phụ tải [6]

Mã TPPT	Thành phần phụ tải
1000	Nông nghiệp, lâm nghiệp, thủy sản
2000	Công nghiệp xây dựng
3000	Thương nghiệp, khách sạn, nhà hàng
4000	Sinh hoạt dân dụng
5000	Khác

3.2.3. Ước lượng phụ tải tổng

Với độ tin cậy 95%, kết quả ước lượng vào ngày 15/01/2014, thời điểm lúc 10:00AM như ở bảng 6.

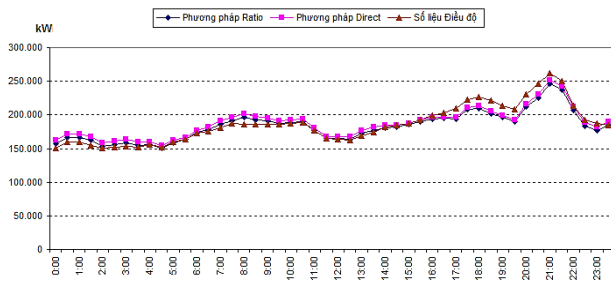
Bảng 6. Ước lượng phụ tải tổng

	Ước lượng Ratio			Ước lượng Direct		
	$\hat{Y}$ (kW)	$t_{0,025} \cdot SE$ (kW)	$\frac{t_{0,025} \cdot SE}{\hat{Y}}$ (%)	$\hat{Y}$ (kW)	$t_{0,025} \cdot SE$ (kW)	$\frac{t_{0,025} \cdot SE}{\hat{Y}}$ (%)
Tổng	188.593	6.284	3,33%	192.295	10.404	5,41%

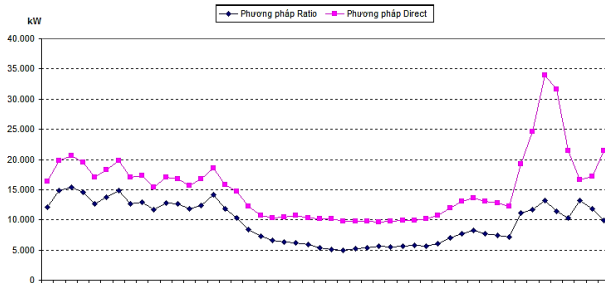
Kết quả ước lượng biểu đồ phụ tải tổng 24 giờ ngày 15/01/2014 của Công ty Điện lực Đà Nẵng có đối chiếu với số liệu của Điều độ [5] như ở bảng 7, hình 4, hình 5.

Bảng 7. So sánh ước lượng phụ tải tổng

Giờ	Ước lượng Ratio		Ước lượng Direct		Số liệu Điều độ		
	$\hat{Y}$ (kW)	$t_{0,025} \cdot SE$ (kW)	$\hat{Y}$ (kW)	$t_{0,025} \cdot SE$ (kW)	Đầu Nguồn (kW)	Lệch Ratio (%)	Lệch Direct (%)
	1	2	3	4	5	6 = (5-1)/5	7 = (5-3)/5
0:00	157.723	12.048	162.365	16.387	151.013	-4,44%	-7,52%
1:00	166.508	15.384	171.836	20.559	160.171	-3,96%	-7,28%
2:00	153.408	12.674	158.170	16.981	151.159	-1,49%	-4,64%
3:00	159.166	14.818	163.974	19.767	153.627	-3,61%	-6,74%
4:00	156.214	12.900	160.309	17.290	156.361	0,09%	-2,52%
5:00	158.848	12.771	162.277	17.020	160.352	0,94%	-1,20%
6:00	173.719	11.812	176.294	15.690	173.169	-0,32%	-1,80%
7:00	186.586	14.123	191.509	18.617	180.457	-3,40%	-6,12%
8:00	195.930	10.375	201.250	14.671	186.592	-5,00%	-7,86%
9:00	190.967	7.327	195.373	10.719	186.640	-2,32%	-4,68%
10:00	188.593	6.284	192.295	10.404	187.731	-0,46%	-2,43%
11:00	176.982	5.847	180.212	10.360	176.514	-0,27%	-2,10%
12:00	164.418	5.081	168.095	10.169	163.763	-0,40%	-2,65%
13:00	172.877	5.226	177.156	9.748	169.236	-2,15%	-4,68%
14:00	181.400	5.657	185.130	9.676	182.673	0,70%	-1,35%
15:00	185.440	5.650	187.676	9.841	186.771	0,71%	-0,48%
16:00	194.247	5.693	196.167	10.109	199.508	2,64%	1,67%
17:00	194.404	6.998	196.283	11.940	208.988	6,98%	6,08%
18:00	209.796	8.221	213.281	13.640	226.977	7,57%	6,03%
19:00	195.869	7.365	199.360	12.747	213.431	8,23%	6,59%
20:00	212.165	11.191	216.424	19.255	231.043	8,17%	6,33%
21:00	245.650	13.245	251.527	33.981	261.671	6,12%	3,88%
22:00	206.778	10.307	211.959	21.454	213.042	2,94%	0,51%
23:00	177.130	11.838	181.983	17.202	187.630	5,60%	3,01%



Hình 4. So sánh biểu đồ phụ tải tổng



Hình 5. So sánh $t_{0.025, SE}$

Ở bảng 7 và hình 4 cho thấy số liệu ước lượng biểu đồ phụ tải tổng gần đúng với số liệu báo cáo của phòng Điều Độ Công ty Điện lực Đà Nẵng, chênh lệch bao gồm sai số ước lượng và tổn thất công suất ở đầu nguồn đến khách hàng sử dụng điện. Với độ tin cậy 95%, sai số ước lượng của phương pháp tỉ lệ Ratio là nhỏ hơn so với phương pháp trực tiếp Direct như hình 5.

(BBT nhận bài: 27/02/2014, phản biện xong: 09/04/2014)

4. Kết luận

Với các phương pháp ước lượng thống kê và hệ thống thu thập từ xa, tác giả đã xây dựng được biểu đồ các thành phần phụ tải, nhóm phụ tải và đánh giá được sai số phép ước lượng của mỗi phương pháp với độ tin cậy 95%. Số liệu ước lượng biểu đồ phụ tải tổng gần đúng với số liệu báo cáo của phòng Điều Độ Công ty Điện lực Đà Nẵng. Kết quả thu được rất hữu ích cho Công ty Điện lực Đà Nẵng trong các công tác quản lý nhu cầu phụ tải DSM, quy hoạch, thiết kế, vận hành hệ thống điện, xác định tổn thất điện năng của hệ thống điện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Dr. J. Stuart McMenam (2009), *Load Research Methods, Forecasting & Load Research Itron*
- [2] Reinder Banning, Astrea Camstra and Paul Knottnerus (2012), *Sampling design and estimation methods*, Statistics Netherlands, The Hague/Heerlen.
- [3] Ronald E. Walpole, Raymond H. Myers, Sharon L. Myers, Keying Ye (2012), *Probability & Statistics for Engineers & Scientists*, Prentice Hall.
- [4] <https://onlinecourses.science.psu.edu/stat506>, *Sampling Theory and Methods*, truy cập ngày 22/02/2014.
- [5] Công ty Điện lực Đà Nẵng (2014), *Báo cáo tình hình sản xuất tháng 1/2014*, phòng Điều độ.
- [6] Tập đoàn Điện lực Việt Nam (2012), *Bộ Quy trình kinh doanh điện năng áp dụng trong Tập đoàn Điện lực Việt Nam*, NXB Khoa học và kỹ thuật.