



Metodología de la sumatoria de las curvas de cargas

Elena Llimó Bravo

Recibido: Septiembre del 2003

Aprobado: Noviembre del 2003

Resumen / Abstract

Se describe la metodología para la sumatoria de las curvas de carga con la cual se puede determinar la curva de carga estimada en un equipo o cualquier punto de una red de distribución, mediante el empleo de la base de datos de las curvas diarias representativas de cada una de los diferentes tipos de consumidores (residencial, comercial e industrial), y su consumo mensual (kWh/mensual). Toda esta información es guardada en una base de datos para ser utilizada en estudios de planeamiento e ingeniería.

Palabras clave: Sumatoria de la curva diaria de carga

This paper presents a methodology for the aggregation of load curves, to determine the expected loading in equipment or in a present part of the distribution network by using the representative daily curves data base of each consumer's activity (residential, commercial and industrial) and the monthly energy consumption (kWh/monthly). All the information is stored in database and is used for planning and engineering studies.

Key words: Aggregation of daily load curve

INTRODUCCIÓN

Muchas veces se desea conocer la curva de carga, por ejemplo, de un disyuntor del alimentador primario, o una cuchilla seccionalizadora en medio del tronco de un alimentador primario, en la misma salida de un transformador de distribución, etcétera.

Esta curva puede ser obtenida por mediciones; en estos casos se instalará un medidor electrónico en el punto y su información será recogida durante un período de varios días (7 a 15 días es suficiente). No siempre se tienen los recursos necesarios para obtenerla y en ocasiones, es necesario esta información para un gran número de nodos al mismo tiempo, lo cual dificulta aún más la posibilidad de

utilizar las mediciones, siendo necesario emplear otros métodos y soluciones.

Por tanto, otra alternativa sería obtener mediante cálculo esta curva de carga. Para estos casos es necesario conocer la característica (actividad, kilowatt hora mensual) de los consumidores en ese punto y aplicar una metodología que será descrita a continuación, y se denominará sumatoria de curvas de consumidores.

METODOLOGÍA DE LA SUMATORIA

Esta metodología está basada en la fórmula de la función suma con distribución normal donde son conocidos los valores medios y de desvío de patrones.

La función suma tiene el término medio (M_{sum}) igual a la suma de las funciones parciales (M_i) y de desvío patrón (S_{sum}) igual a raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de desvío de las funciones individuales (S_i).

$$M_{sum} = \sum M_i$$

$$S_{sum}^2 = \sum S_i^2$$

Las funciones individuales en este caso son las curvas de carga de los consumidores. Es importante destacar que, la curva de carga de los consumidores no es una función gaussiana perfecta (skew simétrica).

Para los efectos prácticos se establece como hipótesis que la curva de carga de los consumidores definida por la media y la de desvío tiene una distribución normal.

Así, un punto de la curva $D_i(t)$, con cierta probabilidad de no excederse, será calculado por:

$$D_i(t) = M_i(t) + kS_i(t)$$

Considerando ahora el siguiente ejemplo: existe un transformador con p consumidores de tipo a y q consumidores de tipo b . Y se conocen también los valores de la media (m_a, m_b) y desvíos (s_a, s_b) típicos de estos consumidores, y su potencia media en pu. Si se conocen de un banco de datos de la empresa la energía mensual de estos consumidores y por tanto la potencias medias P_a de los consumidores tipo a y P_b del tipo b .

Para un consumidor tipo a y un tipo b pueden ser escritas las fórmulas siguientes:

$$D_i(t) = M_a(t) + kS_a(t)P_i$$

$$D_j(t) = M_b(t) + kS_b(t)P_j$$

La curva sumatoria estará dada por:

$$D_{sum}(t) = M_{sum}(t) + kS_{sum}(t)$$

Eliminando la nomenclatura del instante t , se tiene:

$$M_{sum} = \sum_{i=1}^p m_a P_i + \sum_{j=1}^q m_b P_j$$

$$S_{sum}^2 = \sum_{i=1}^p (s_a P_i)^2 + \sum_{j=1}^q (s_b P_j)^2$$

a) Particularización del caso anterior.

Sea el caso de n consumidores iguales (definidos por la curva en pu (m, s) conectados a un transformador del sistema.

La sumatoria de estos consumidores es obtenida por:

$$M_n = \sum_{i=1}^n m P_i = m(n P_i) \text{ kW}$$

$$S_n^2 = \sum_{i=1}^n (s P_i)^2 = s^2 (n P_i^2) \text{ kW}^2$$

La potencia media del transformador será:

$$P_t = n P_i$$

Los valores de la curva de carga del transformador en pu de su potencia media será:

$$m_m = M_n / P_t = \left[\sum_{i=1}^n m P_i \right] / P_t = mn P_i / P_t = m$$

$$s_n^2 = (S_n / P_t)^2 = \sum_{i=1}^n (s P_i)^2 / P_t^2 = s^2 (n P_i^2) / (P_t^2 = s^2 / n)$$

$$s_n = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Por tanto, al agregar n consumidores, la media en pu del total permanece igual al individual, en cuanto al desvío, decrece a razón de n , o sea, cuanto más consumidores existan, menor será el desvío s con relación al total medio.

Esto explica porqué los desvíos son altos para los consumidores individuales y menores para la media de los transformadores.

b) Procedimiento paso a paso.

Para obtener la sumatoria de las curvas de dos o más

consumidores en un punto de la red deben ejecutarse los siguientes pasos:

- Cada consumidor debe tener su potencia base P_i calculada a través de su energía mensual E_i por la expresión:

$$P_i = \frac{E_i}{24 \cdot 30}$$

Los valores E_i que le corresponden a los consumidores, son encontrados en la base de datos de las empresas de distribución:

- Para cada consumidor serán seleccionadas las curvas en pu representativas del mismo:

curva media – $m_i(t)$

curva desvío – $s_i(t)$

- Multiplicando las curvas en pu $\{m_i(t) \text{ y } s_i(t)\}$ por el valor de potencia base (P_i), se obtiene la curva de potencia del consumidor i .

$$M_i(t) = P_i \cdot m_i(t)$$

$$S_i(t) = P_i \cdot s_i(t)$$

- Se repiten los pasos anteriores para todos los consumidores.

- Si se suman n consumidores, se obtiene la curva calculada en un punto, a través de la siguiente expresión:

$$M_{sum}(t) = \sum_{i=1}^n M_i(t)$$

$$S_{sum}^2(t) = \sum_{i=1}^n s_i^2(t)$$

ESPECIFICACIONES DEL PROGRAMA DIGITAL PARA LA SUMATORIA DE CONSUMIDORES

a) Requisitos generales

Este programa computacional puede ser desarrollado de forma tal que posibilite obtener las curvas media y de desvío resultantes de varios consumidores conectados a un mismo punto.

Para ello, son necesarios los siguientes pasos:

1er. Paso: Elaborar el banco de datos con las curvas media y de desvío, en pu, representativas de los

consumidores de los tres segmentos estudiados, o sea, residencial, comercial e industrial.

2do. Paso: Conocer el consumo mensual de todos los consumidores residenciales conectados a un punto y la fase a la cual están conectados y a qué proporción.

3er. Paso: Conocer los grupos de actividades y su respectivo consumo mensual de todos los consumidores comerciales e industriales conectados a ese punto.

Al elaborar el banco de datos debe obedecer al siguiente procedimiento:

a) Las curvas de los consumidores deben estar representadas por 96 puntos, obtenidas de las mediciones realizadas en intervalos de 15 min.

b) Las curvas de los consumidores residenciales deben ser suministradas por estratos de consumo, de acuerdo con lo establecido para los consumidores residenciales.

c) Las curvas de los consumidores comerciales e industriales deben ser suministradas por la actividad o grupos de actividades previamente seleccionadas.

La entrada de datos del programa se realizará mediante pantallas individuales por consumidor, donde deben ser suministrados los consumos mensuales de los consumidores residenciales y el código del estrato al cual pertenece; igualmente será para los consumidores comerciales e industriales.

La salida del programa constará de los 96 puntos correspondientes a los valores de la media y de desvío de la sumatoria de la curva del punto analizado.

CONCLUSIONES

De esta forma queda establecida la sumatoria de las curvas de carga con la cual se pudo determinar la curva de carga estimada en un equipo a cualquier punto de una red de distribución, mediante el empleo de la base de datos de las curvas diarias representativas de cada uno de los diferentes tipos de consumidores y su consumo mensual.

REFERENCIA

1. Jardini, J. A. et al.: "Daily Load Profiles for Residential, Commercial and Industrial Low Voltage Consumers", *IEEE Transactions on Power Delivery*, enero del 2000.

AUTORA

Elena Llimó Bravo

Ingeniera Electricista, Investigadora Auxiliar, Centro de Investigaciones y Pruebas Electroenergéticas (CIPEL), Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, Ciudad de La Habana, Cuba
e-mail: ellb@cipel.cujae.edu.cu