

OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO ELÉCTRICO DE UNA RED TRIFÁSICA DE POTENCIA, POR EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE SUS IMPEDANCIAS VARIABLES Y COMPLEJAS¹

Hoyos, L²
Facultad de Ingeniería

Cadena, C³; Hoyos, D;
Facultad de Ciencias Exactas
Universidad Nacional de Salta
Av. Bolivia 5150 - 4400 Salta - República Argentina
e-mail: cadena@ciunsa.edu.ar - fax 54-87-255489

RESUMEN

En la actualidad, resulta de suma utilidad tanto desde el punto de vista de las empresas responsables del transporte de energía, como de los grandes consumidores, el cálculo de la potencia activa media mensual y anual, el factor de carga mensual y anual referido a la potencia contratada, y las horas de utilización mensuales y anuales referidas a la potencia contratada y a la total instalada, entre otras tantas variables, dado que *permite economizar energía o bien disminuir los costos de las empresas*. En el presente trabajo se describe un sistema que plantea un *método de análisis de las impedancias complejas variables*, midiendo en forma automática, corrientes de elevada intensidad y tensiones en grandes consumidores para su posterior análisis y procesamiento.

INTRODUCCIÓN

Se plantea un método para analizar el comportamiento de la red de energía eléctrica de una industria, fábrica e incluso un establecimiento educacional que compra energía. El circuito de distribución con los equipos consumidores de energía, constituye una "*Impedancia Variable*" en el tiempo. Este análisis se realiza diariamente determinando la variación de algunos parámetros tales como: *Tensión, Corriente Eléctrica, Factor de Potencia, Potencias, y -Frecuencias*.

El mismo consta básicamente de sensores contruidos o adaptados para tal fin, un sistema de adquisición de datos adaptado mediante una interfase para su mejor aprovechamiento, una microcomputadora especialmente adaptada para trabajar aún en condiciones anormales de tensión de red, y un "software amigable" para el procesamiento y análisis. El equipo ha funcionado satisfactoriamente durante una temporada y ha permitido recolectar un conjunto muy importante de datos para su posterior análisis. Se analizan los resultados obtenidos y las conclusiones, luego de realizadas las mediciones en forma piloto en la Universidad Nacional de Salta

Por lo general, se computa periódicamente la energía activa consumida por día y la reactiva registrada. El método permite en consecuencia establecer, entre otras cosas:

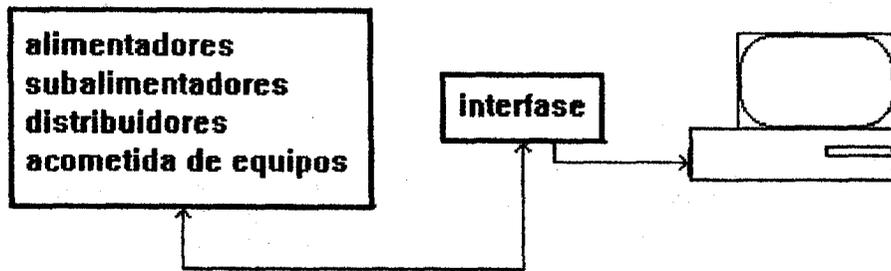
- la calidad del servicio que se adquiere,
- el funcionamiento normal o anormal del circuito eléctrico detectando las anomalías como baja o alta tensión,
- desequilibrio de las fases,
- calentamiento anormal de los conductores,
- factores de potencia bajos etc.

Obteniéndose por lo tanto, la pérdida de energía interna de la red eléctrica, y en consecuencia permite al profesional de planta visualizar cómo está funcionando la red y efectuar las correcciones necesarias. Para realizar las mediciones y procedimiento se utilizan analizadores de carga y una computadora. El esquema general del equipo de medida se muestra en la figura 1:

¹ Parcialmente financiado por CIUNSa

² Profesor Titular

³ Profesional CONICET



ESQUEMA GENERAL

fig.1

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

La secuencia de las operaciones necesarias para analizar el comportamiento de una red de energía eléctrica es la siguiente: recopilación de datos generales sobre el sistema a analizar, procesamiento de estos datos y prediagnóstico del funcionamiento de la instalación. Con el prediagnóstico se decide el tipo de medida a realizar, se hace la misma y finalmente se analiza el funcionamiento completo de la instalación. Esta secuencia se muestra en la figura 2.

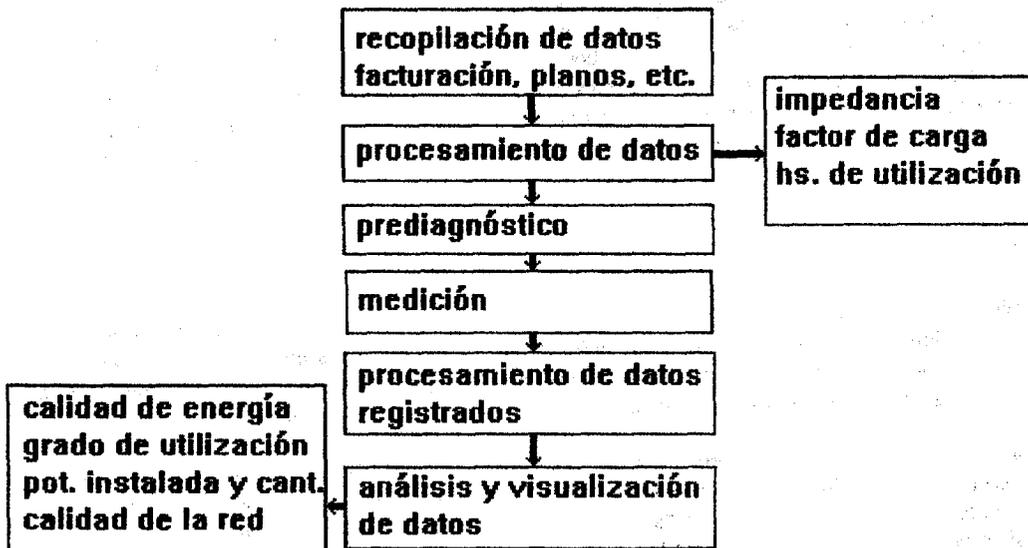


fig. 2

RECOPIACIÓN DE DATOS

El conjunto de datos que se necesitan para el análisis de proceso, proviene:

- De la Instalación Eléctrica de Distribución que incluye los planos conforme a obra de la Red de Distribución de la Energía Eléctrica (alimentadores, subalimentadores y distribuidores), con los equipos usuarios de la energía.
- Listado de todos los aparatos consumidores de la energía eléctrica, con las siguientes características:
 - Potencia Activa Nominal y Reactiva, Impedancia, Potencia Activa Total Instalada. Potencia Total Instalada para el Proceso Industrial P_T .
 - Tipo de Funcionamiento de la Industria que puede ser continuo o discontinuo. Horario de trabajo de la industria. Tiempo de elaboración de determinada cantidad de productos, expresado en horas.
 - Cronograma de trabajo de cada uno de los equipos eléctricos (gráficos diarios). Cronograma general o conjunto de la industria (gráficos diarios). En cada caso, establecer, si las máquinas operadoras industrial, trabajan a plena carga o el grado de la misma.
 - Tipo de Construcción Civil a saber dimensiones, composición del ambiente de las salas de maquinas (temperaturas, contaminación, humedad, etc.)
 - Historia del Consumo de Energía Eléctrica, en los últimos dos años, la Potencia Activa Contratada P_c con la empresa proveedora de la energía.

PROCESAMIENTO DE DATOS

Las tareas a realizar son entre otras:

- Clasificación de la Red de Distribución en Alimentadores, Subalimentadores, Distribuidores y Acometidas de los equipos eléctricos. Trazado del Esquema Unifilar Equivalente .
- Cálculo analítico de las Impedancias Equivalentes de Distribuidores, Subalimentadores, Alimentadores y la total del Circuito.
- Determinación de las intensidades Admisibles de los conductores I_A , de acuerdo al tipo constructivo de la instalación
- Cálculo de la Potencia Activa Media, mensual y anual de los últimos dos años. Cálculo de los Coeficientes específicos, Factores de carga y Horas de utilización que indican el grado de aprovechamiento de la maquinaria eléctrica instalada y de la potencia contratada

PREDIAGNÓSTICO y MEDICIONES

En esta etapa se determina mediante el Factor de Carga y las Horas de Utilización que indican la irregularidad de los Diagramas de Variación de la Potencia Activa Diaria (empuntados o no). Se determina el tiempo que demandará la medición total (meses o años). A continuación se realizan las mediciones y registros con los Analizadores de Carga y su transferencia a la computadora, durante el tiempo ya definido.

Las variables a medir con El Analizador de Cargas en el alimentador principal, alimentadores secundarios y distribuidores son en general: Frecuencias, Tensiones, Potencias, Factor de Potencia, Corrientes y Energías.

La frecuencia de las mediciones, depende de la irregularidad de los diagramas diarios de Potencias Activas. Se definirá en cada caso de acuerdo con los valores del Factor de Carga u Horas de utilización referidas a la Potencia contratada, obtenidas en el Prediagnóstico, y al cronograma de trabajo de la maquinaria industrial.

PROCESAMIENTO

Los analizadores de Carga, entregan los valores de las variables en función del tiempo, la computadora obtiene la gráfica diaria. De manera que se tiene los registros literales (tablas) y los gráficos diarios de todas las variables. Se obtiene por procesamiento de la información recopilada por los analizadores de carga, los siguientes resultados:

- El consumo de energía eléctrica activa en lo siguientes lapsos de tiempo, en las 24 horas del día, en la jornada laboral diaria, y las sumatorias mensuales.
- El consumo específico de energía activa total que se utiliza para producir la unidad de producción.
- La potencia activa máxima, media y mínima de un día.
- Detectar si existe una potencia superior a la potencia contratada durante el día.
- Factor de carga diario referido a la Potencia Contratada: $F_{c,d}$ que indica el grado de aprovechamiento de la misma.
- Factor de carga diario referido a la Potencia Total Instalada: $F_{c,TI}$ que expresa cómo se utiliza la misma y la inversión económica.
- Horas de Utilización Diarias referidas a la Potencia Contratada .
- Horas de Utilización Diaria Total referida a la Potencia Activa Total Instalada: $H_{ud,P.I}$ [horas].
- Calentamiento normal de los conductores de la red. Se determina, cuando la Intensidad de Corriente Eléctrica, es superior a la admisible del conductor, detectando el valor en amperes y el instante.
- Desequilibrio en las fases. Se determina cuando la corriente registrada tiene valores diferentes, y del sistema supuestamente equilibrado.
- Pérdida Diaria de Energía en Alimentadores ΔW_{ad} [Kwh] y en distribuidores $\Delta W_{d,d}$ [Kwh].
- Factor de Potencia Medio Diarios menores de 0,85. Se determina por la lectura los registros detectando el valor del $\cos\phi_p$ y el instante.
- Tensión recibida. Se determinan los valores y los instantes que la tensión es distinta a la nominal (400-231 [V] cuando la industria se alimenta directamente del transformador y 380-220 [V], cuando se alimenta de la red).
- Sobretensiones. Se determinan cuando la tensión es superior a la nominal.
- Baja Tensión. Se determina cuando la tensión es inferior a la nominal, obteniendo el valor porcentual.

APLICACIONES

Para establecer el método se trabajó en la Red de Distribución de Energía del Complejo Universitario en Castañares, de la U.N.Sa, obteniendo entre otros, los resultados detallados en los siguientes cuadros:

Resumen Anual

Años	Energía Activa [Kwh].	Potencia Contratada P_c [Kw].	Potencia Media	Factor de Carga	Horas de Utilización	Consumo específico anual por alumno [Kwh].
1994	766.888	290	87,54	0,30	2.664	70,88
1995	839.160	290	95,79	0,33	2.893	72,02
1997	949.432	290	98,45	0,34	2.980	73,25

1996: no se poseen los datos completos.

Resumen Semanal

Dias	Energía Activa [Kwh].	Potencia Contratada P _c [Kw].	Potencia Media [Kw].	Factor de Carga	Horas de Utilización	Baja Tensión % y t
Lunes	2.994,53	290	124,77	0,43	10,32	
Martes	3.034,48	290	126,43	0,43	10,46	
Miércoles	3.046,04	290	126,92	0,437	10,50	
Jueves	3.172	290	132	0,45	10,93	6,22 a 11 ^h
Viernes	2.983,17	290	124,3	0,43	10,2	6.02 a 19 ^h 15'
Sábado	1.488,87	290	62,03	0,21	5,13	3,65 a 10 ^h
Domingo	1.099,89	290	45,83	0,16	3,79	

Nota: El Factor de Carga y Horas de Utilización se refieren a la Potencia Contratada. Indica que anualmente el grado de utilización de la P_c es bajo. Diariamente, en los días laborable es mejor. Las bajas tensiones indican mal servicio.

CONCLUSIONES

El método se aplicó a la Red Eléctrica de la UNSa en el sector de alimentadores, y ha permitido obtener conclusiones como las detalladas en la Nota del cuadro anterior, y brindar a la Dirección General de Obras y Servicios datos de funcionamiento. Conjuntamente, se desarrolló un "software amigable para una Red Trifásica de Potencia", como sistema de aplicación, específicamente orientado a la manipulación y clasificación de datos obtenidos a través de la lectura de las mediciones de los parámetros más importantes de tensión, intensidad y potencia de una Red cualquiera, correspondiente a una institución o empresa. Pese a esto se puede extender su prestación a otros ámbitos, donde exista información en forma de archivos que puedan ser convertidos ASCII. Su empleo y el correcto análisis de los datos permite optimizar la Red. Para una mejor interpretación de la lectura de las mediciones se utilizan gráficos de líneas o barras en 2 o 3 D representativos de una o todas las fases. El producto es capaz de procesar y normalizar grandes bloques de datos correspondientes a lecturas de mediciones de 30 o más días de información y es sobre todo, extremadamente sencillo su uso. Las opciones de exportación de datos y gráficos a otras aplicaciones Windows, hace de este software una herramienta muy versátil y práctica.

Para el caso que nos ocupa, la producción de energía eléctrica con los métodos tradicionales (gas, agua y energía atómica) es un proceso por lo general caro y que utiliza en algunos casos recursos no renovables o con una vida útil no mayor a los 50 años. Probablemente no pasará mucho tiempo hasta que se empleen en forma masiva nuevas fuentes de energía, más baratas y no contaminantes que reemplacen a las actuales. Mientras tanto los grandes consumidores deben apuntar al desarrollo de "herramientas" y "políticas" que le permitan un uso adecuado y óptimo de sus necesidades energéticas.

BIBLIOGRAFIA

- H. Buchhold-H.Happoldt, 1985, Centrales y Redes Eléctricas .*
- A. E. Kknowlton, 1976, Manual Standard del Ingeniero Electricista*
- CEPAL, Manual de Proyectos de Desarrollo Económicos*
- P. Marcellic , 1982, Líneas y Redes Eléctricas .*
- G.G. Seip, 1988, Instalaciones Eléctricas .*