

Optimización de potencias eléctricas contratadas

La simulación sobre los históricos de consumo eléctrico permite obtener aproximaciones a la potencia óptima para contratar y reducir los costes

Muchas empresas suelen calcular las potencias a contratar por exceso, siendo muy conservadoras, y tratando de no incurrir en sobrecostes producidos por los excesos de potencia.

El objeto del planteamiento que se expondrá a continuación, no será otro que la búsqueda del equilibrio económico existente entre la potencia contratada y los excesos de potencia producidos.

A modo de breve introducción, diremos que las tarifas se diferencian por niveles de tensión, en alta y baja tensión. Se presentan además, varias modalidades en función del número de periodos tarifarios considerados, siendo éstas, en dos, tres, seis, o siete periodos, pudiendo contratarse diferentes potencias en cada uno de ellos. Centramos el método de cálculo sobre la tarifa 6, tarifa general para alta tensión en seis periodos, por estar muy extendida a nivel industrial. Para la tarifa de potencia (en siete periodos con término de descuento), el método a seguir será muy similar, mientras que en el resto de tarifas de acceso, el método se simplifica al reducirse el número de periodos considerados.

La facturación a aplicar en nuestro caso (FT), estará determinada por el binomio potencia contratada (FP), energía consumida (FE), y en ocasiones adicionalmente, por el término de facturación de energía reactiva (FE_R).

La potencia contratada (FP) es el término que se pretende optimizar.

$$FT = FP + FE + (FE_R)$$

El planteamiento del problema pasa por conocer los datos reales de consumo, es decir, las potencias demandadas. La potencia demandada, es la que cuentan, integran y almacenan mediante el registro de valores cuarto horarios, los equipos de medida instalados. Necesitaremos trabajar con los históricos registrados de valores cuarto horarios, al menos del año anterior, para poder hacer un cálculo estimado de las potencias a contratar. Las compañías eléctricas facilitan estos datos o valores y algunas distribuidoras como Fenosa e Iberdrola permiten incluso visualizar esta información a través de Internet en formatos de hojas de cálculo fácilmente descargables.

Planteamiento del problema

A partir de los valores históricos, crearemos una matriz de cálculo que ligue las ecuaciones de facturación y nos permita balancear el coste de las potencias contratadas (FP_C), con el coste de los excesos de potencia producidos (FP_{EP}), teniendo como objetivo que el coste total (FP), función suma de ambos, sea mínimo. Siendo las variables del sistema las potencias a contratar en cada periodo (P_{ci}).

Desarrollando las ecuaciones de facturación tenemos que:

$$FP = FP_c + FP_{ep} \text{ y } f = (FP) = \min$$

$$FP_C = \sum_{i=1}^{i=n} t_{pi} \times P_{ci} \text{ con } FP_1 = P_{p1} \times P_{c1}$$

$$\text{y } P_{c1} \leq P_{c2} \dots \dots \dots \leq P_{cn}$$

$$(1) FP_{EP} = \sum_{i=1}^{i=n} K_i \times 34 \times A_{ci};$$

$$A_{ci} = \sqrt{\sum_{j=0}^{j=n} (P_{dj} - P_{ci})^2}$$

PERIODO	1	2	3	4	5	6
K_i	1,00	0,50	0,37	0,37	0,37	0,17

donde:

t_{pi} = precio anual del término de potencia del periodo tarifario i .

P_{dj} = potencia demandada en cada uno de los cuartos de hora del periodo i , en que se haya sobrepasado P_{ci} .

P_{ci} = potencia contratada en el periodo i .

K_i = coeficiente que toma diferentes valores dependiendo del periodo tarifario i .

Para vincular las fórmulas con nuestros valores de consumo real abriremos dos hojas de cálculo: la primera que llamaremos "Resultados", incluye tres tablas con

PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4	PERIODO 5	PERIODO 6	(1) Cent.Euro-KW-A.O., (2) Kw
t_{p1}	t_{p2}	t_{p3}	t_{p4}	t_{p5}	t_{p6}	PRECIO TERMINO POTENCIA (1)
P_{c1}	P_{c2}	P_{c3}	P_{c4}	P_{c5}	P_{c6}	POTENCIA CONTRATADA (2)

Tabla 1. Precios termino de potencia y potencias a contratar.

Periodo Tarifario	Tipo de día				Tipo de día y temporada para la Península
	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D	
1	De 16 a 22				Tipo A: Lunes a viernes no festivos de temporada alta (noviembre, diciembre, enero y febrero).
2	De 8 a 16 De 22 a 24				Tipo B: Lunes a viernes no festivos de temporada media (marzo, abril, julio y octubre).
3		De 9 a 15			Tipo C: Lunes a viernes no festivos de temporada baja (mayo, junio y septiembre).
4		De 8 a 9 De 15 a 24			Tipo D: Sábados, domingos y festivos y agosto.
5			De 8 a 24		
6	De 0 a 8	De 0 a 8	De 0 a 8	De 0 a 24	

Figura 1.

valores iniciales, resultados por periodo y resultados finales; la segunda que llamaremos "Datos", recogerá los valores o lecturas de consumos históricos y las operaciones que se realizarán sobre estos.

Crearemos la *tabla 1* a partir de los datos del contrato o factura.

Construiremos la *tabla 2* a partir de la siguiente información extraída del R.D. 1164/2001, sobre tarifas de acceso a redes (*figura 1*):

La *tabla 2* servirá de matriz base, para la búsqueda de potencias contratadas relativas a cada tramo horario. En ella se debe asignar a cada celda el valor correspondiente de potencia contratada, así por ejemplo para los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre, días tipo T1, en horario de 8:00 a 9:00 (ver *tabla 2*), la potencia a asignar será la que corresponde al periodo tarifario 2 (ver *figura 1*). Buscando en la *tabla 1*, obtenemos el valor de P_{c2} para dicho periodo.

Crearemos también la *tabla 3* que contendrá los coeficientes K_i , y los resultados del cálculo.

El histórico de valores o lecturas cuarto horarias se introducirá en la segunda hoja (*tabla 4*), creando una matriz de datos, donde las columnas representan cada uno de los 96 cuartos de hora en que se divide el día, y las filas cada uno de los 365 días del año siguiendo su orden cronológico. Corrija estos valores históricos si conoce que para el próximo año o ciclo se producirán fluctuaciones sustanciales sobre las potencias máximas demandadas respecto a años o ciclos anteriores.

Usando columnas adicionales crearemos un calendario que ayude a definir el tipo de día (T1, T2, T3, o T4), al que per-

tenece cada fila o día de lecturas cuarto horarias. Añadiremos una columna con el valor calculado (fila TDIA).

Comenzando en la columna siguiente introduciremos una fila cuarto horaria, y otra con los valores numéricos asociados a cada intervalo horario (2, 3, 4, 5, 6 o 7), correspondencia extraída de la 1ª fila de la matriz base (*tabla 2*).

Cálculos

Para el cálculo de los excesos introduciremos en nuestra hoja de cálculo las fór-

mulas $f_1, f_{21}, f_{22}, f_{23}, f_{24}, f_{25}, f_{26}$ y f_3 , (ver *tabla 4*). Para el cálculo de los resultados por periodo y totales introduciremos las formulas que determinan los valores de FP , FP_{EP} y FP_C (ver *tabla 3*). Las flechas indican las celdas donde dichas fórmulas deberán "arrastrarse" o copiarse.

En el cuadro siguiente se muestra la función que realiza cada fórmula y su traducción al lenguaje de hoja de cálculo (*Excel*).

Utilizaremos la herramienta de optimización de la hoja de calculo (*solver* en el caso de hojas *Excel*) para una vez planteado el modelo, simular diferentes combinaciones de potencias.

Los parámetros del modelo a considerar serán los siguientes:

$$\begin{aligned} \text{Variables} & P_{c1}, P_{c2}, \dots, P_{cn} \\ & \text{(en tabla 1).} \\ \text{Restricciones} & P_{c1} \leq P_{c2} \leq \dots \leq P_{cn} \\ \text{Valor objetivo} & FP = \text{mínimo} \end{aligned}$$

Definido el modelo y creada la vinculación entre las treinta y cinco mil cuarenta lecturas de potencias demandadas anualmente y las seis potencias contratadas, el algoritmo y método usado por el optimizador, buscará la mejor combinación de potencias $P_{c1}, P_{c2}, P_{c3}, P_{c4}, P_{c5}$ y P_{c6} , que cumpliendo todas las restricciones, obtenga el valor de PF más económico.

	2	3	4	5	6	7	BANDA HORARIA
TDIA	0:00 a 8:00	8:00 a 9:00	9:00 a 15:00	15:00 a 16:00	16:00 a 22:00	22:00 a 0:00	
T1	P_{c6}	P_{c2}	P_{c2}	P_{c2}	P_{c1}	P_{c2}	NOV, DIC, ENE, FEB.
T2	P_{c6}	P_{c4}	P_{c3}	P_{c4}	P_{c4}	P_{c4}	MAR, ABR, JUL, OCT.
T3	P_{c6}	P_{c5}	P_{c5}	P_{c5}	P_{c5}	P_{c5}	MAY, JUN, SEP.
T4	P_{c6}	P_{c5}	P_{c6}	P_{c6}	P_{c5}	P_{c6}	AGO, FESTIVOS

Tabla 2. Banda horaria-tipo de días (TDIA) o matriz base de búsqueda.

PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4	PERIODO 5	PERIODO 6	FP
1,00	0,50	0,37	0,37	0,37	0,17	COEFICIENTES K_i
FP_{EP1}						EXCESOS POTENCIA
FP_{C1}						POTENCIA CONTRATADA

Tabla 3. Coeficientes y resultados por periodo.

		CALENDARIO		BANDA	2	2	7	f_3					
		MES	DIA	TDIA	00:00-00:15	00:15-01:00	01:00-01:15	PER.1	PER.2	PER.3	PER.4	PER.5	PER.6
96 cuartos de hora 365 días	ENE T1 1	F	T4	f_1				f_{21}	f_{22}	f_{23}	f_{24}	f_{25}	f_{26}
	ENE T1 2	M	T1										
	ENE T1 3	X	T1										
	ENE T1 4	J	T1										
	ENE T1 5	V	T4										
	ENE T1 6	S	T4										
	ENE T1 7	D	T1										

Tabla 4. Hoja de lecturas cuarto horarias.

$f_1 = (P_a - P_c)^2$	$f_1 = SI(A4 - BUSCARV(SCW4;Resultados!B8:H13;CX$2:FALSO)<0); POTENCIA((A4 - BUSCARV(SCW4;Resultados!B8:H13;CX$2:FALSO));2))$
Suma los excesos producidos diariamente en cada periodo	$f_{21} = SI(SCW4="T1";SUMAR.SI(SED2:SGO2;"e";$ED4:SGO4);0)$
	$f_{22} = SI(SCW4="T1";SUMA(SED4:SGO4)-GP4);0)$
	$f_{23} = SI(SCW4="T2";SUMAR.SI(SED2:SGO2;"f";$ED4:SGO4);0)$
	$f_{24} = SI(SCW4="T2";SUMA(SED4:SGO4)-GR4);0)$
	$f_{25} = SI(SCW4="T3";SUMA(SED4:SGO4);0)$
	$f_{26} = SI(SCW4="T4";SUMA(ED4:SGO4);0)+SUMA(CX4:EC4)$
$f_3 = A_c = \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - P_c)^2}$	$f_3 = RAIZ(SUMA(GP4:GP368))$
$(1) FP_{EP1} = K_1 \times 234 \times A_c$	$FP_{EP1} = Datos!GP2:C17*(234/166,386)$ Valor de fórmula corregido a euros.
$FP_{C1} = t_{p1} \times P_c$	$FP_{C1} = (C5^*C6)/100$ Valor de fórmula corregido a céntimos de euro.
$FP = \sum_{i=1}^{i=6} FP_{C1} + \sum_{i=1}^{i=6} FP_{EP1}$	$FP = SUMA(C18:H18) + SUMA(C19:H19)$

Los textos en azul son variables, dependen de cómo diseñemos nuestra hoja de cálculo y de una posición determinada. Los aquí representados corresponden a la posición de la primera celda sobre la que se aplica la fórmula que deberá ser arrastrada.

Resultados y conclusiones

Encontrada la solución óptima, en la *tabla 3* aparecerá la recomendación de potencias a contratar.

Algunos resultados obtenidos sobre históricos reducen hasta un treinta por ciento los costes fijos de las potencias contratadas.

Además los valores de tránsito obtenidos durante el proceso de cálculo, ofrecen una valiosa información sobre variaciones desproporcionadas y puntuales que se producen en nuestras curvas de carga, permitiéndonos evaluar, controlar y proponer mejoras de una forma sencilla y con

resultados económicamente cuantificables.

Bibliografía

Legislación: Real Decreto 1483/2001, de 27 de diciembre, por el que se establece la tarifa eléctrica para el 2002 (B.O.E. 28-XII-2001). Real Decreto 1164/2001, de 26 de octubre, por el que se establecen las tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica (B.O.E. 8-XI-2001). Extracto de la ley 66/1997, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social (B.O.E. 31-XII-1997). Anexo I de la Orden Ministerial de 12 de enero de 1995, por la que se establecen las tarifas eléctricas (B.O.E. 14-I-1995). Extracto de la Resolución de 26 de diciembre de 2001, de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se fija, para el año 2002, el calendario aplicable al sistema estacional tipo 5 de discriminación horaria en el sistema integrado peninsular (B.O.E. 3-I-2002). Programación en Excel 2000 con VBA. John Walkenbach. Ediciones Anaya Multimedia.

AUTOR

Felipe García Suso

Ingeniero técnico industrial por la EUPLA de la Universidad de Zaragoza. Responsable Aprobación Non Products & Mercados de Compensación China. Lear Automotive. Avila. fgarciasuso@lear.com

bigHead BONDING FASTENERS

Anclajes de acero y acero inoxidable 316 utilizados por laminadores y moldeadores de plásticos en todo el mundo, 40 millones vendidos, 2 millones en existencias con 1.800 tipos y tamaños.

Envíe AHORA detalles para recibir nuestro gran paquete gratuito de muestra, lista de precios y el "The Bighead Book of Brainwaves".

Bighead Bonding Fasteners Limited
Units 15/16, Ellice Road, West Howe Industrial Estate, Bournemouth, Dorset BH11 8LZ, U.K.
Telephone: +44 (0)1202 574601 Fax: +44 (0)1202 578500
E-mail: murfelle@bighead.co.uk Internet: http://www.bighead.co.uk

DOCTORES, LICENCIADOS, INGENIEROS, ARQUITECTOS, TÉCNICOS, DIPLOMADOS, MAESTROS, ETC.

OPOSICIONES A PROFESORES

CONVOCATORIA CEAL - MEC

RETRIBUCIONES: 24.600 €.

Latin Dilepo Espanol Mala Ingles Español Rusos Francés	Matemática Trigonometría Jálfometría Métricos Métricos Métricos Física y Química Física y Química Métricos Métricos	Geografía e Historia Lenguas Clásicas Historia y Turismo Res. Indígenas Métricos Métricos Métricos Métricos Métricos Métricos	Org. y Gestión Comercial Fundamentos de Economía Métricos Métricos Métricos Métricos Métricos Métricos Métricos
--	---	---	--

LA MEJOR Y MÁS COMPLETA PREPARACION TEMAS "A" y "B".
Paralelamente de libros, Ejercicios de Examen, Cursos, Videos, oírlos, Tutores, Clases, Soluciones, etc. gratis. Resúmenes, Repetición, temas y TEMAS EXTRA de la especialidad elegida.

CEDE