

PIQUÉ S.A.

En este artículo se trata la solución **POWERLOGIC** para el control y la optimización energética de una planta ya existente del sector textil.

El Problema

PIQUÉ S.A. posee una planta de fabricación de ropa íntima (calcetines, medias...) de alta producción con varios problemas a nivel de optimización energética. Con ayudas de la Comunidad Europea, la fábrica tiene instalada una cogeneración para obtener más rendimiento en los consumos.

Asimismo, la planta se encuentra en una zona conflictiva a nivel de calidad energética, y el personal de mantenimiento requiere un control exhaustivo de ésta.

La instalación eléctrica está compuesta por cuadros Merli Gerin con Unidades de control Micrologic 5.0A, Compact NS y Sepams 1000+.

El personal de mantenimiento, con gran poder de decisión, requiere un Sistema Supervisión para gestionar los siguientes puntos:

- Optimizar el rendimiento energético de la instalación regulando el nivel de la cogeneración dependiendo del consumo de la instalación. Asimismo, tener en cuenta la potencia contratada con la Compañía para efectuar esta gestión energética comentada anteriormente.
- Controlar la sensibilidad de la instalación a fenómenos de no Calidad Energética detectando las perturbaciones, incidencias y consecuencias en la instalación.
- Integrar todos los elementos de protección eléctrica ya instalados en la instalación en el Sistema de Supervisión. Esta integración incluye la comunicación de los Compact NS, Sepam 1000+, las Micrologic 5.0A y la inclusión de diferenciales para efectuar esta supervisión de la instalación. El personal de la planta pretende efectuar una mejor previsión en el mantenimiento de la fábrica y aumentar la seguridad de la instalación.
- Gestión de las salidas más importantes cuando el funcionamiento es en Isla
- Efectuar un análisis exhaustivo de las tendencia en la instalación de fugas diferenciales

Soluciones

POWERLOGIC

Términos y conceptos clave

El factor de potencia representa el grado de desfase entre la tensión y la intensidad aplicadas a una carga. El cálculo del factor de potencia desde esta perspectiva se realiza tomando el coseno del ángulo (Θ) en que la intensidad retrasa a la tensión. Las formas de onda de tensión e intensidad de la figura 1 son las típicas de un motor de inducción.

En contraste a la forma de onda sinusoidal de la figura 1; la figura 2, muestra las distorsiones típicas introducidas por un variador de frecuencia variable, modulado por ancho de pulso (PWM).

La figura 3, muestra la componente fundamental de la intensidad del variador en comparación con la intensidad total.

Comparando los desfases en las figuras 2 y 3, podemos observar que la tensión y la intensidad fundamental están casi en fase; por tanto $\cos \Theta$ es aproximadamente 1 (factor de potencia aproximadamente 1). Si leemos el factor de potencia del panel frontal de un Circuit Monitor, tendremos un valor de 80%. ¿Significa esto que el Circuit Monitor calcula el factor de potencia erróneamente? Después de todo, los variadores PWM son conocidos por tener factores de potencia de entrada elevados. La verdad es que, efectivamente, los variadores PWM tienen un factor de potencia de entrada elevado (desplazamiento del factor de potencia de entrada).

La definición general de factor de potencia es la reacción entre la potencia activa y la potencia aparente:

$$PF = \frac{KW}{KVA}$$

Esta fórmula es equivalente al $\cos \Theta$ sólo en el caso de condiciones puramente sinusoidales (sin presencia de armónicos). Cuando el factor de potencia se calcula con la potencia activa y aparente total (que incluye armónicos), el resultado es el factor de potencia total (PF), que es el que aparece en el panel frontal del Circuit Monitor. Cuando se consideran solo las componentes fundamentales, el resultado es el desplazamiento del factor de potencia (dPF).

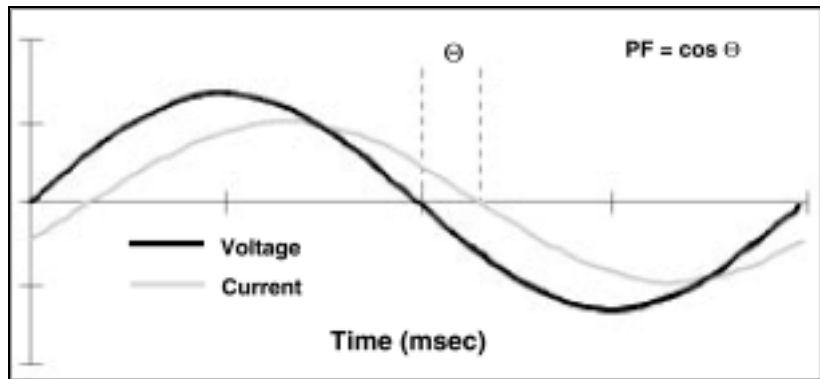


Figura 1. Θ representa el ángulo en que la intensidad retrasa a la tensión.

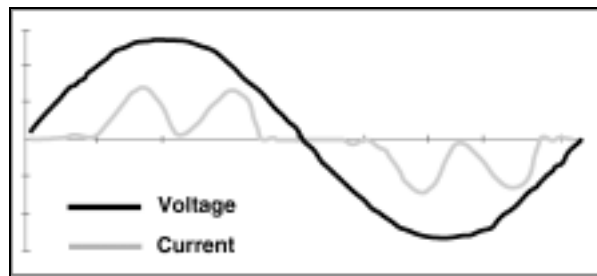


Figura 2. Tensión e intensidad en un variador modulado por ancho de pulso (PWM).

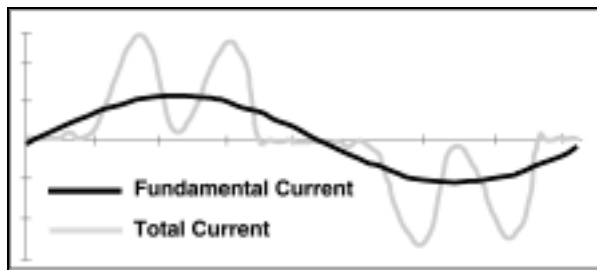


Figura 3. Intensidad de un variador (PWM) incluyendo armónicos (total) y sin ellos (fundamental).

Soluciones

POWERLOGIC

Al igual que las corrientes inductivas, que producen un factor de potencia con retraso, los armónicos también reducen la capacidad del circuito. Esto se debe al incremento del valor efectivo de la intensidad cuando aparecen armónicos. Otra razón es el incremento de los esfuerzos térmicos, por el efecto resistivo pelicular, que los armónicos imponen en los devanados de los transformadores y conductores.

Actualmente existen condensadores que reducen el factor de potencia total cuando tenemos armónicos.

Terminología referente a la Forma de Onda

El System Manager Software puede adquirir una onda de cuatro ciclos en cualquier Circuit Monitor 2250 o superior. Si hacemos doble clic en el título de cualquier forma de onda, obtendremos una tabla de datos como la mostrada en la figura 4.

Los valores listados en esta tabla proporcionan información valiosa acerca de la forma de onda asociada. Los términos de la tabla se definen en los siguientes párrafos.

El **valor fundamental** de tensión o intensidad corresponde a la parte de señal a la frecuencia de suministro. Generalmente la frecuencia es 50 Hz pero podría ser 60 Hz (E.E.U.U.) o 400 Hz (aviación).

Valor **RMS** es el valor efectivo, o el valor equivalente en corriente continua, de la tensión o la intensidad. Los Circuit Monitors son dispositivos que realmente miden valores rms. Existen medidores de mano que miden valores máximos o medias con los que calculan los valores rms. Estos son muy poco precisos cuando miden una señal altamente distorsionada. Un medidor de máximos, por ejemplo, presentará un error del 200% al medir una intensidad semejante a la de la figura 4.

RMS-H es el valor efectivo de la parte armónica de la tensión o la intensidad. Esta magnitud proporciona información acerca del nivel actual de armónicos de tensión o intensidad.

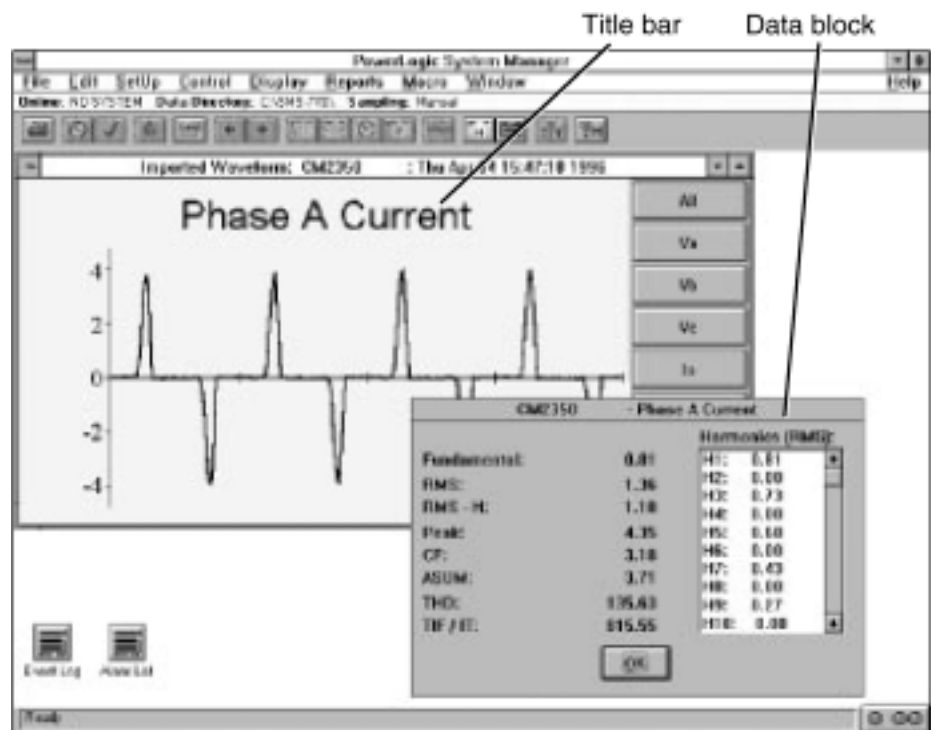


Figura 4. Pantalla de captura del System Manager Software que muestra la intensidad típica de cargas electrónicas monofasicas. Si hacemos doble clic en el título ("Phase A Current") veremos la tabla de datos.

Soluciones

POWERLOGIC

Valor de pico de tensión o intensidad es el valor máximo o mínimo de la onda. Es posible que los equipos resulten dañados si el valor de pico es excesivo aunque el valor rms esté dentro de los límites permitidos.

CF (crest factor) de tensión o intensidad es la relación entre los valores de pico y rms. El factor de cresta es 1,414 para una señal sinusoidal pura. La intensidad que alimenta un ordenador puede tener un factor de cresta superior a tres (como el ilustrado en la figura 4), mientras que algunos variadores tienen factores inferiores a 1,4. Algunos fabricantes tasan sus productos con un factor de cresta máximo.

ASUM es la suma aritmética de las magnitudes de la componente fundamental y los armónicos (a diferencia de la suma vectorial).

THD (total harmonic distorsión) definida tanto para tensión como para intensidad, es la relación entre la parte armónica y la fundamental:

$$THD = \frac{X_{RMS-H}}{X_1}$$

donde X puede ser tensión o intensidad.

La ecuación de encima es el valor mostrado en el panel frontal del Circuit Monitor. Otra variedad de distorsión total de armónicos (thd), utilizada en algunos países del norte de Europa, relaciona la parte armónica con la totalidad de componentes (no sólo la fundamental):

$$thd = \frac{X_{RMS-H}}{X_{RMS}}$$

Este valor puede registrarse en las tablas de la memoria interna del Circuit Monitor, visualizarse en el panel frontal mediante el diagnóstico de lectura de registros, o obtenerse mediante el programa System Manager.

La distorsión total de armónicos indica el grado de distorsión de la señal de tensión o intensidad. Por ejemplo, el THD de intensidad del variador PWM de la figura 2 es 57%. La recomendación estándar del IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) limita a un 5% de distorsión total de armónicos de tensión para cualquier instalación. Los límites de distorsión de intensidad dependen de la intensidad demandada (generalmente la media de intensidad de la factura eléctrica se calcula en base a los 12 meses previos). Así pues, dependiendo de la carga, los límites de distorsión varían de un 5% a un 20%. La distorsión se mide en la unión eléctrica entre la compañía y el cliente, denominado punto común de acoplamiento.

TIF/IT es el factor de influencia telefónica y el producto IT (que equivale al TIF con los tiempos de intensidad y los valores rms de intensidad). Ambos términos se utilizan para dar idea de las interferencias entre los circuitos de distribución de potencia y los circuitos de comunicación audio. El valor para las formas de onda de tensión es el TIF: una variación del THD que valora cada armónico de acuerdo con su efecto audible para el oído humano. Para las formas de onda de intensidad el valor dado es el producto IT.

La ventana de **armónicos (RMS)** lista el valor rms de cada armónico desde la componente fundamental hasta la componente 31ª. Las tensiones e intensidades distorsionadas pueden representarse por una serie de señales sinusoidales cuyas frecuencias son múltiplos de la frecuencia fundamental (50Hz). Por ejemplo, el quinto armónico, representa la componente a 250Hz (cinco veces 50Hz). Estos valores se suman vectorialmente (raíz cuadrada de la suma de los cuadrados) para calcular RMS-H y RMS.

Terminología de Potencia

Los Circuit Monitor determinan la potencia armónica y esto puede ser útil para evaluar el flujo de armónicos de la fuente a la instalación. Un valor negativo indica un flujo de armónicos desde la carga, mientras que un valor positivo indica un flujo hacia la carga.

Un flujo de armónicos desde la carga implica que ésta es una fuente de armónicos (podría ser un variador de frecuencia variable o una planta de carga de baterías). Si la potencia armónica fluye hacia a la carga significa que ésta es un pozo de armónicos (los condensadores y los motores son ejemplos que representan bajas impedancias a frecuencia armónicas).

El factor K relaciona el efecto de calentamiento de una intensidad distorsionada con una intensidad sinusoidal de idéntico valor rms. El término fue empleado, por primera vez, para definir la capacidad de un transformador para alimentar cargas no lineales sin exceder sus límites de temperatura.

Los relaciones de factor K para transformadores de tipo seco estándar son: 4,9,13,20,30,40 y 50. El aumento de los factores K indican el aumento de la capacidad para armónicos de intensidad. El uso de transformadores de factor K se ha popularizado debido al crecimiento del número de cargas electrónicas.

Mientras que el factor K de una carga dada puede medirse fácilmente; determinar el transformador de factor K necesario no es tan simple. Este valor depende de las cargas, ya que los armónicos de múltiples fuentes no son 100% aditivos (la diversidad y atenuación reducen el contenido de armónicos de múltiples cargas en una misma instalación). Por tanto, el transformador debe alimentar todas las cargas para medir con precisión la relación de factor K necesaria.

Comparado con un transformador de relación disminuida, una elección adecuada de transformador de factor K, reduce la generación de armónicos. De hecho, un transformador con un 3%-5% de impedancia, autolimitará su factor K a plena potencia entre 4 y 6.

Otros Conceptos

La intensidad aparente es un valor único, que está relacionado con el valor de pico, que es mostrado por el Circuit Monitor. La intensidad aparente se define como:

$$I_{ap} = \frac{I_{pico}}{\sqrt{2}}$$

Esta magnitud refleja el valor que debería mostrar un amperímetro que mide valores máximos o un interruptor electrónico. Las unidades que miden valores de pico pueden operar prematuramente cuando alimentan cargas no lineales. Comparando el valor de intensidad rms con el aparente podemos apreciar el error que cometen estos dispositivos de protección.

Desde la introducción de los Circuit Monitor, el factor armónico se ha convertido en un sinónimo del THD. Algunas definiciones expresan el factor armónico en forma de porcentaje, como el THD, mientras que otras lo hacen en tanto por uno. El Circuit Monitor define el factor armónico como el factor de potencia total dividido entre el desplazamiento del factor de potencia:

$$HF = \frac{PF}{dPF}$$

Si no hay presencia de armónicos, este valor será 1. Si la tensión y la intensidad se hacen más distorsionadas, el factor armónico disminuirá.

El desequilibrio de tensión no está relacionado con los armónicos como lo están los conceptos anteriores, pero se manifiesta de una forma similar. Como los armónicos, el

Soluciones

POWERLOGIC

desequilibrio de tensión produce calentamiento en los motores. Los Circuit Monitor calculan el desequilibrio de cada fase usando la siguiente formula:

$$V_{UMB} = \frac{V_{\phi} - V_{MEDIO}}{V_{MEDIO}}$$

El desequilibrio total se presenta como el máximo de los desequilibrios de fase. Por ejemplo, las tensiones compuestas de un motor de inducción son: $V_{AB}=459V$, $V_{BC}=466V$ y $V_{CA}=462V$. La tensión media es 462 V y por tanto los desequilibrios de fase son: -0,7%, 0,9% y 0%; y el desequilibrio total es 0,9%.

Cuando las tensiones están desequilibradas, una elevada intensidad negativa fluye en los devanados del estator del motor. El flujo resultante gira en sentido contrario al rotor, induciendo una tensión que produce una intensidad de 120Hz. El efecto resistivo pelicular aumenta la resistencia del rotor generando un calor excesivo. Un desequilibrio de un 3% puede provocar un calentamiento del 25%, acortando la vida del motor.

El desequilibrio de intensidades (que se calcula de la misma forma que el desequilibrio de tensiones) produce desequilibrio de tensión y puede indicar la necesidad de equilibrar las cargas monofásicas, o un problema con una carga trifásica.

Soluciones

POWERLOGIC

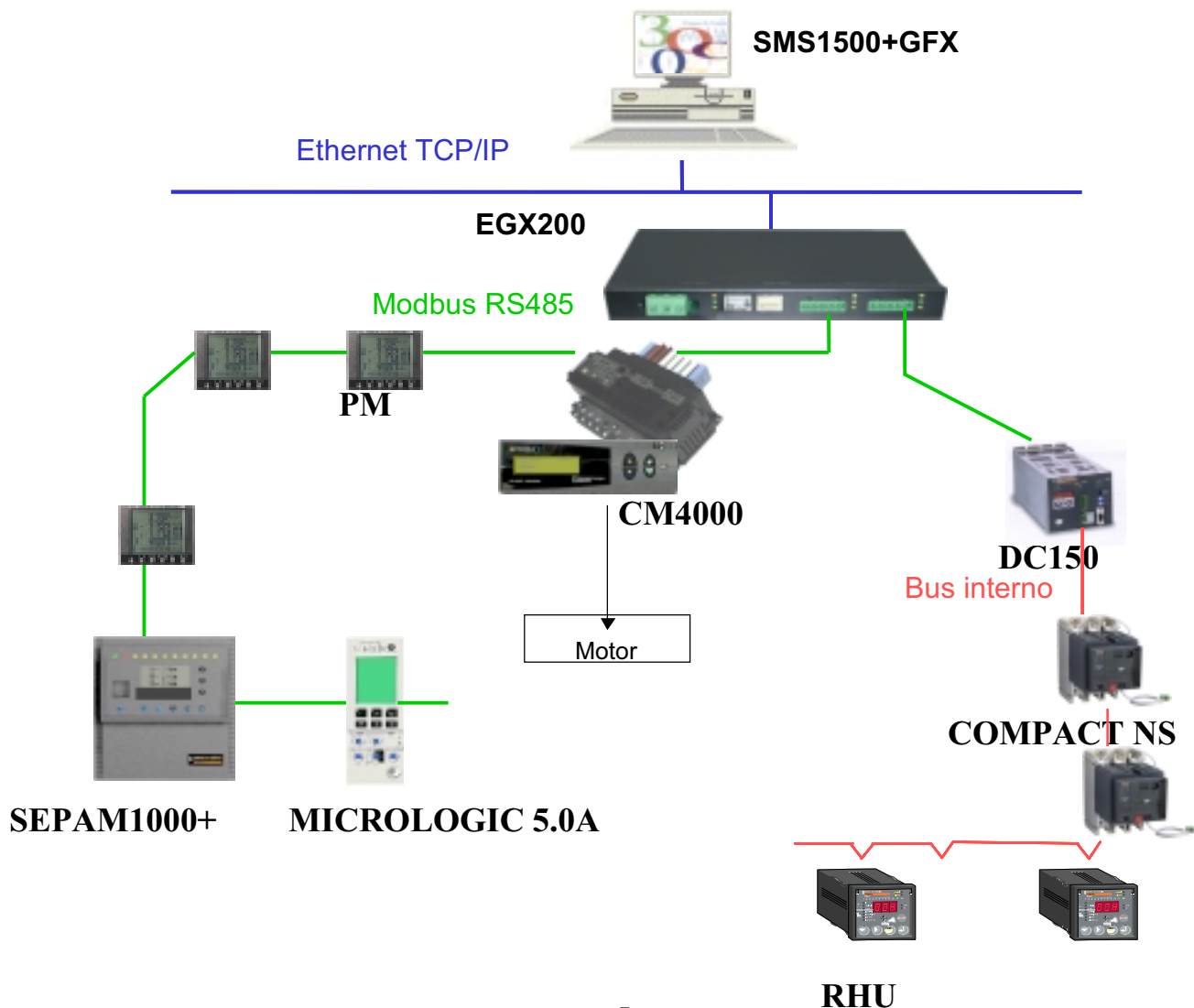
Solución

El software supervisor de la instalación es el **SMS1500** que está instalado en un PC dedicado exclusivamente para la aplicación. El PC está situado en el despacho del responsable de mantenimiento y integra los siguientes dispositivos:

- 1 Analizador de Redes **CM4000** con diferentes entradas y salidas
- 13 Centrales de Medida **PM**
- 3 Relés de protección **Sepam 1000+**
- 12 Unidades de Control **Micrologic 5.0A**
- 1 Concentrador de Datos **DC150**
- 9 Relés Diferenciales **RHU**
- Diferentes **Compact NS**

Para facilitar la visualización del estado de la instalación, como complemento del SMS, se ha instalado el editor de gráficos **GFX** para visualizar los datos requeridos en pantalla en formato gráfico.

El sistema de comunicación utilizado para llevar la información de todos los dispositivos al Supervisor es Modbus TCP/IP; mediante una puerta Ethernet **EGX200** se serian todos los dispositivos en RS485 y se concentran en Ethernet al PC.



Mediante el analizador de redes CM4000 se realiza la supervisión energética global de la instalación. El CM4000, instalado en cabecera, controla la energía que se genera y se consume en la cogeneración; en función de estos valores, utilizando entradas y una salida analógica del CM4000, se regula un motor a mayor o menor potencia para mantenerse dentro de la potencia contratada.

Asimismo, el CM4000 supervisa la Calidad de la Energía recibida para analizar la sensibilidad de la instalación a perturbaciones.

Las 13 PM nos discretizan los consumos en los cuadros, llevando un análisis más detallado pudiendo sacar conclusiones a nivel de productividad, armónicos, rendimientos, etc. Algunas de las centrales de medida PM tienen acoplados módulos de entrada y salidas para gestionar alarmas en potencia.

A nivel de protección, mediante Sepam1000+, Compact NS y Micrologic 5.0A, se consigue llevar una supervisión global del mantenimiento de la instalación, con informaciones añadidas de Intensidad etc. Asimismo, el SMS1500 permite el control a distancia, siempre con una seguridad por password, de según que protecciones. Y para completar la integración de las protecciones, mediante 9 RHU, se consigue la protección diferencial global comunicada.