Estudio de Caso:

Estampado Automático de Metal

En este documento:

- Sumario del proceso de una planta de estampado de metal.
- Perfil de carga de una prensa de transferencia.
- Descripción del Equalizer de Elspec y la secuencia del modo de control.
- Comportamiento del Equalizer durante las condiciones de carga de producción normal.
- Reducción de armónicos.
- Comportamiento y resultados para la instalación tomada en su conjunto.

Sumario:

Una planta ubicada en el Reino Unido, para el estampado de metal usado en la fabricación de automóviles, procesa miles de toneladas de láminas de metal cada año para producir partes de puertas y paneles laterales, techos y "chassis" para sus plantas de manufactura y ensamblaje a través de Europa. La planta de estampado consiste de ocho líneas de prensas de transferencia automatizada y su maquinaria asociada tales como bandas transportadoras ("conveyers"), máquinas de manejo o manipulación y procesos de desperdicios. Cada línea de prensas hace el proceso de estampado a componentes de un modelo de vehículo diferente y posee su propia fuente de alimentación eléctrica: un transformador dedicado operando a 415 Voltios, 50 Hz.

Línea de estampado automotriz típica

Las máquinas de estampado de metal se caracterizan por tener altos niveles de consumo tanto de potencia activa, kW, como de potencia reactiva, kVAr, durante sus ciclos o secuencias normales de operación. El consumo de potencia lo determinan tres variables fundamentales: la presión hacia abajo que necesita ser aplicada a la lámina de metal que esta siendo procesada, el grado (espesor) del acero, y la presión hacia arriba que necesita ser ejercida para liberar el dado ("die") de estampado del bloque ("block"). Cuando hay múltiples líneas de prensas operando en el mimo taller o local, conectada a una misma subestación eléctrica, se provocan serias perturbaciones en la red eléctrica que pueden perturbar o afectar otros procesos productivos dentro de la Planta. Esas perturbaciones pueden además impactar a otros consumidores que estén compartiendo la misma infraestructura de distribución eléctrica local.

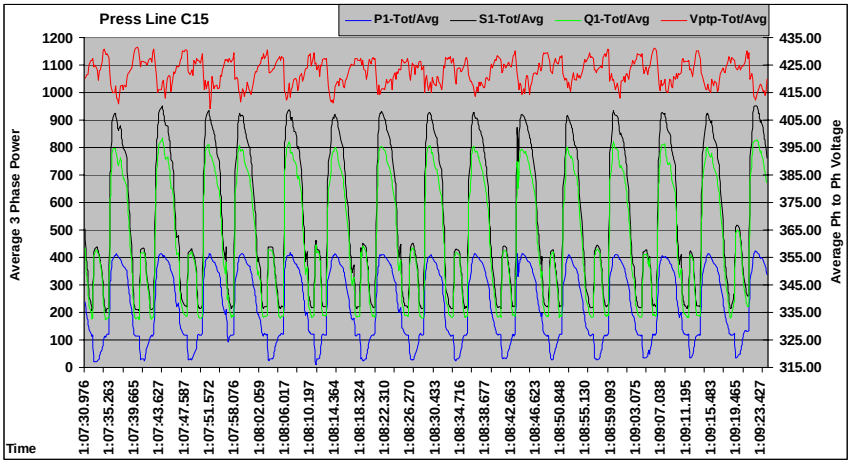
En esta instalación en particular, los transformadores de alimentación se encontraban bajo stress en la medida en que la operación continua y simultánea de todas las líneas de prensas estaba resultando en altos consumos de potencia reactiva, kVAr, y de potencia aparente, kVA. Este gran consumo continuo de potencia estaba conduciendo tanto a sobrecargas como a sobrecalentamientos en los transformadores. La presencia de armónicos contribuyó al calentamiento posterior, lo cual significó que algunos transformadores estuvieron operando por encima de los 100 ºC (212 ºF). Este Estudio de Caso presenta, para una línea de prensas de esta planta, la cual tiene un sistema de compensación dinámica de potencia reactiva de Elspec, Equalizer, de 785 kVAr, las mediciones "antes de la conexión" y "después de la conexión". Este Equalizer esta sintonizado ("tuned") para filtrar el $5^{to.}$ armónico y se encuentra conectado directamente al transformador de alimentación de la línea de la prensa, operando de forma trifásica a 415 Voltios y 50 Hz.

Perfil de carga de la línea de la prensa de transferencia.

La línea de la Prensa "descansa" a un nivel de potencia muy bajo, < 10 kW por fase. Sin embargo, cuando el proceso de estampado comienza, los niveles de potencia fluctúan dramáticamente. Típicamente, la carga crece desde menos de 10 kW por fase hasta 400 ó 420 kW por fase en tan solo 3 ó 4 ciclos, es decir, entre 60 y 80 milisegundos en total y ese pico de consumo es entonces mantenido entre 4 y 5 segundos. Las fluctuaciones dinámicas de cargas vuelven a ocurrir continuamente cada 7 ú 8 segundos durante un proceso de estampado normal.

La Figura 1 es una muestra de 2 minutos que ilustra gráficamente un perfil de potencia típico de un proceso a lotes ("batch process") en la línea de prensa. El gráfico demuestra que el consumo de potencia fluctúa dinámicamente, con la potencia reactiva variando 650 kVAr en cada ciclo de estampado. En última instancia, esas fluctuaciones de potencia reactiva generan un inaceptable grado de modulación del voltaje ("sag") y un alto consumo de energía. Eliminar o reducir esos picos de demanda de potencia reactiva es esencial, necesario, cuando el objetivo es obtener la mejor estabilidad del voltaje.

Figura 1 –Perfil de potencia de la prensa (2 minutos)

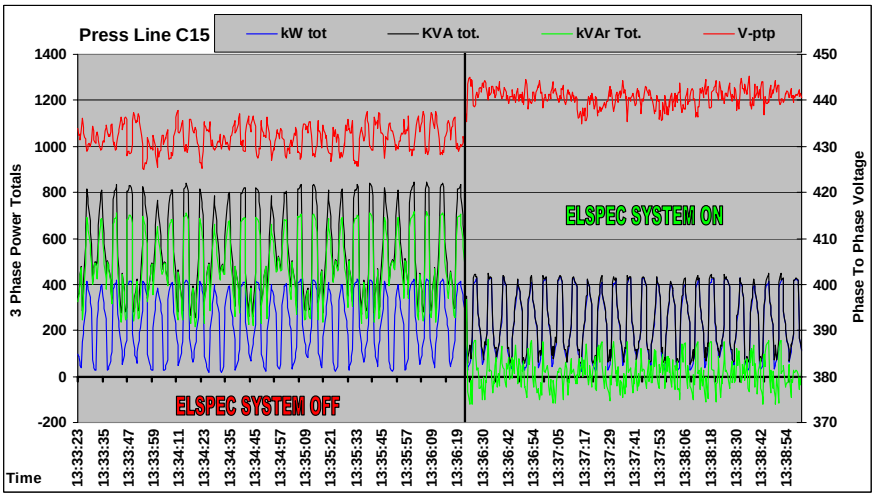


El sistema de compensación dinámica: Equalizer

El sistema Equalizer de Elspec ha sido diseñado específicamente para compensar este tipo de carga dinámica con un alto consumo de potencia reactiva. Usando interruptores electrónicos (SCR/SCR) y sofisticados algoritmos de control que consideran el factor de potencia verdadero tomando en cuenta todos los armónicos hasta incluir el de orden $63^{vo.}$, calcula y responde a demandas de potencia reactiva, kVAr, dentro de un período de tiempo inferior a un ciclo *(<20ms @ 50Hz, <16.7ms @ 60Hz)* . En este caso, fue instalado, directamente al transformador de la línea de la prensa, un sistema dimensionado a 785 kVAr. Este sistema esta constituido por seis grupos de condensadores de 131 kVAr cada uno: 6x131, sintonizados al armónico 4.7^{vo} para reducir el impacto del 5^{to} armónico durante la demanda pico.

Tal como se muestra en la Figura 2, la introducción del sistema Elspec tiene un efecto dramático en el consumo de potencia registrado en el transformador que alimenta la línea de la prensa. El consumo de potencia aparente, kVA, es reducido en cerca de un 50 %, indicando la efectividad del sistema Equalizer de Elspec en reducir la demanda de potencia reactiva pico. El voltaje de línea promedio, V_{ptp}, también muestra una mejoría de un +2.5 %.

Figura 2- Resultados antes y después

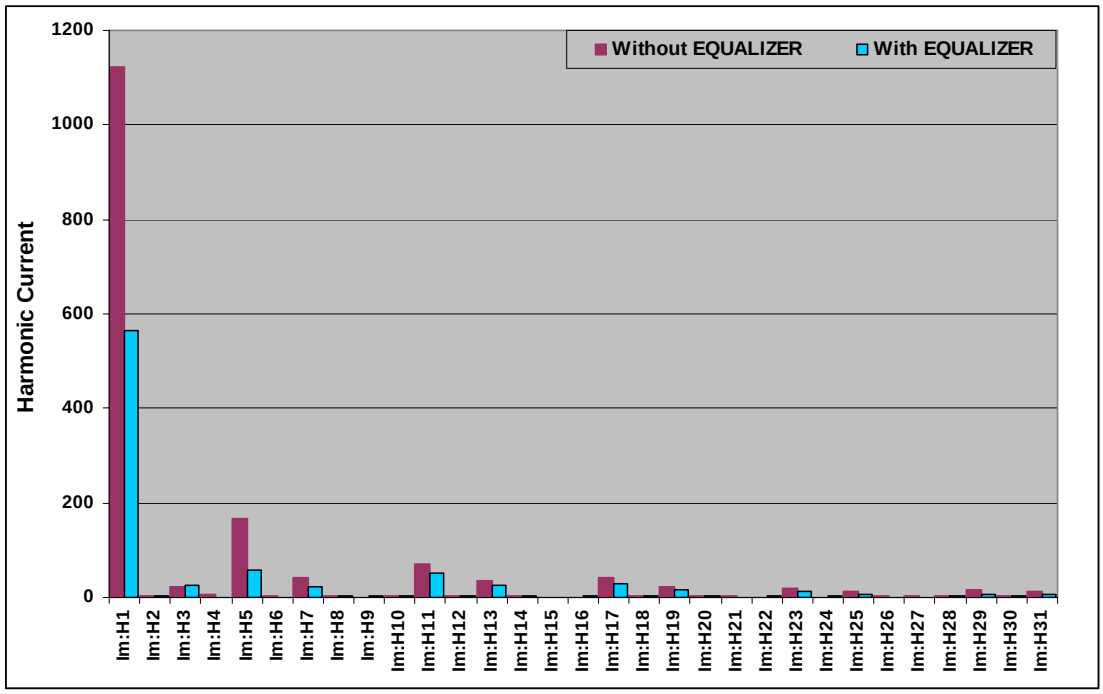


Atenuación de armónicos:

La velocidad de la línea de prensa y los dispositivos de control de procesos generan niveles relativamente altos de armónicos que distorsionan la forma de onda de corriente. Esta distorsión armónica es un factor que contribuye de forma importante a que sea alta la temperatura de operación del transformador que alimenta la línea de la prensa. Aunque el armónico que más contribuye es el 5to (H5), la sobrecarga del transformador de alimentación resulta en la amplificación de todos los armónicos, hasta el de orden 31vo inclusive.

La siguiente Tabla, Figura 3, ilustra el espectro medido de armónicos, registrado durante las condiciones pico de carga, tanto antes como después de que el Equalizer de Elspec fuera instalado. Resulta claramente evidente que las corrientes armónicas se encuentran presente en casi cualquier frecuencia armónica hasta la 31$^{va.}$ inclusive, a pesar de que la intensidad a órdenes superiores es comparativamente inferior.

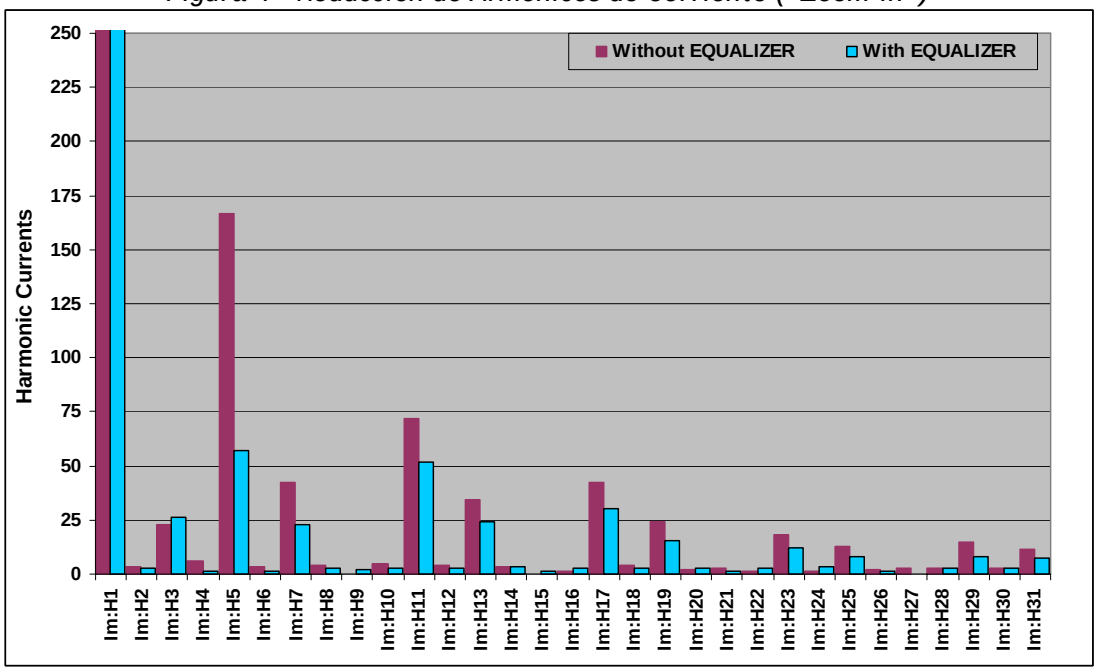
Cuando todas las corrientes armónicas son tomadas en cuenta en conjunto con la corriente fundamental, esas líneas de prensas tienen un bajo factor de potencia. Eso significa que en realidad hay mucha más corriente circulando en el sistema de alimentación de potencia eléctrica de la planta de estampado que lo que en realidad se requiere para que "el trabajo sea hecho". Ese exceso de corriente circulando conduce a que las pérdidas en el cableado, por kilowatt de cargas conectadas, sean más altas.



Resulta evidente el éxito alcanzado por el Equalizer de Elspec para reducir el impacto, no solo el del 5$^{to.}$ armónico que era el objetivo principal del sistema sintonizado ("tuned") al armónico 4.7$^{vo.}$, sino que también ha reducido de forma efectiva las corrientes armónicas en cada uno de los ordenes superiores a dicho armónico. La Figura 4 en la página siguiente es una ampliación ("zoom") de la Figura 3 y ofrece un panorama más claro del nivel alcanzado de atenuación de los armónicos durante las condiciones pico de operación de la línea de la prensa.

La Figura 4 permite confirmar que el sistema Equalizer de Elspec tiene la capacidad probada de atenuar todos los armónicos de corriente tanto de secuencia positiva como de secuencia negativa. El 5$^{to.}$ armónico, conocido como el más perjudicial al ser el que potencialmente puede provocar más daño en el sistema y los motores eléctricos, ha sido reducido de 167 Amperes a solo 55 Amperes, lo que representa una reducción cercana al 70 %.

Figura 4 – Reducción de Armónicos de Corriente ("Zoom-in")



Comportamiento del Equalizer/Resultados sobre toda la Planta de Estampado de Metal:

Las plantas para el estampado de metal alrededor de todo el mundo están reconociendo y apreciando los beneficios y ventajas derivados de la aplicación de la compensación de potencia reactiva en tiempo real. Con la instalación de los sistemas Equalizer de Elspec, esas Plantas han mejorado la estabilidad del voltaje, a la vez que han disminuido los costos de mantenimiento, han incrementado el por ciento de utilización real de sus transformadores, han alcanzado reducciones importantes en los niveles de armónicos, han disminuido las pérdidas en los sistemas de potencia y han eliminado las multas por bajo factor de potencia.

Esta instalación particular de un sistema Equalizer de Elspec condujo a los siguientes resultados:

- La corriente de la carga en cada línea de prensa se redujo en un 50 %, desde 1,150 Amperes hasta menos de 570 Amperes.
- El voltaje promedio en cada transformador se elevó un 2.5 %, lo que representó un aumento real del mismo en 10 Voltios.
- El consumo de potencia reactiva se redujo significativamente desde 245 kVAr hasta menos de 50 kVAr y el factor de potencia se elevó a valores superiores a 0.95.
- La demanda máxima de potencia aparente se redujo en un 45 %, desde 840 kVA hasta menos de 450 kVA
- Debido al incremento del voltaje, fue necesario retornar los "taps" de los transformadores a la posición adecuada para reducir el voltaje, lo cual representó ahorros en el consumo de kWh.
- Se incrementó la capacidad, en kVA, de los transformadores disponibles en toda la planta: más carga puede ser añadida a los transformadores ahora existentes.
- Se redujo la temperatura de operación de los transformadores y el sistema eléctrico de la planta: se redujeron las pérdidas.
- Se logró una disminución de los costos totales de energía.
- Se redujeron los tiempos de parada ("downtime") provocados por problemas eléctricos.