



**INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
ELÉCTRICAS**

**DIVISIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS
GERENCIA DE TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN**

REPORTE FINAL

CLASIFICACIÓN:

IIE/03/35/11735/RF-07/2007

REVISIÓN:

1

**EMITIDO POR: GERENCIA DE
TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN**

TÍTULO

EVALUACIÓN DEL BENEFICIO DE LA INSTALACIÓN DE FILTROS DE ARMÓNICAS DE ALTA ABSORCIÓN, EN LA PLANTA DE KIMBERLY CLARK, UBICADA EN SAN JUAN DEL RIO, QUERETARO

RESUMEN

Mediante el análisis de las mediciones, sobre distorsión armónica y energía consumida en la red eléctrica de la planta de Kimberly Clark, ubicada en San Juan del Río, Qro. Se determina el impacto sobre el consumo de energía en la planta; así como sobre la distorsión armónica total, tanto en voltaje como en corriente.

El consumo de energía para la condición de operación del día 21 de junio a las 12:50 h., con la introducción de los filtros de alta absorción de 5ª y 7ª armónicas, registro una disminución de 10.31% en la red eléctrica de la planta,

Con relación a la distorsión armónica total, para el voltaje, se observó una disminución de 2.6 a 1.3 %; y para la corriente, se observó una disminución de 2.7 a 2.3 %.

LABORATORIO

LABORATORIO ELÉCTRICO

CONTIENE 5 PÁGINAS Y 1 ANEXOS

AUTOR(ES):

**ING. JORGE GABRIEL
PADILLA CATERO**

**DR. RAUL VELAZQUEZ
SANCHEZ**

RESPONSABLES FIRMAS

DR. RAÚL VELÁZQUEZ SÁNCHEZ
GERENTR

CIRCULADO A:

**LIC. JOSE LUIS MARMOLEJO
MALPICA**

**ING. HORACIO SALCIDO
MORINEAU**

TECNICA SALGAR, S.A. DE C.V.

EL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELÉCTRICAS SE RESPONSABILIZA SOLO DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS EFECTUADAS A LAS MUESTRAS MENCIONADAS EN EL REPORTE PERO NO DE SU APLICACIÓN, NI DE SU REFERENCIA A OTROS MATERIALES O EQUIPOS SIMILARES.

FECHA:

Septiembre 14, 2007

LOCALIDAD:

Cuernavaca, Morelos



INTRODUCCION

Con el propósito de determinar el beneficio de la instalación de filtros de armónicas de alta absorción, el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) participó en el análisis y la validación de las magnitudes de la distorsión armónica total de voltaje y de corriente en el punto de acoplamiento de la red eléctrica de la planta de Kimberly Clark en San Juan del Río, Querétaro, así como en la determinación de la disminución de consumo de energía de la misma red eléctrica.

En el presente reporte se resumen los resultados de las mediciones efectuadas por personal de la Comisión Federal de Electricidad, el 15 de junio del 2007, y se presentan resultados de la verificación efectuada el 21 de junio del 2007 por personal del IIE.

ANTECEDENTES

En el área Cosmos de la planta de Kimberly Clark, se cuenta con dos motores de 5000 HP, controlados por variadores de frecuencia integrados por 3 convertidores de frecuencia de seis pulsos en conexión paralelo con el defasamiento necesario para emular un convertidor de 18 pulsos. El transformador rectificador que alimenta los convertidores es un transformador de cuatro devanados con el primario de 13.8 kV en Delta y tres secundarios de 2.3 kV conectados en Delta con defasamientos angulares de -20° , 0° y $+20^\circ$. Con esta configuración del transformador que alimenta el convertidor, se controla por multiplicación de fases las armónicas características de orden inferior a la 17, es decir la 5^a, 7^a, 11^a y 13^a. Sin embargo entre cada uno de los secundarios del transformador defasador y el convertidor existirá una distorsión armónica en corriente superior al 30%; esta distorsión crea situaciones de cortes (notch) en la forma de onda del voltaje que constituye un esfuerzo de tensión escarpado para la electrónica de los convertidores, y como se ha manifestado en la instalación actual, provoca daños frecuentes en tarjetas de control.

Para minimizar la distorsión de la forma de onda del voltaje y la corriente en el segmento del alimentador de 2.3 kV que se ubica entre el transformador defasador y los convertidores de 6 pulsos, se diseñaron e instalaron los filtros de alta distorsión armónica de 5^a y 7^a armónica, por la empresa Técnica Salgar, S.A. de C.V., estos filtros deben ser capaces de operar con las altas corrientes de distorsión que se manifiestan en el sitio de instalación. Además de la corriente de frecuencia nominal que aportarán a la red como parte de su característica de compensación para el Factor de Potencia de la totalidad de la red eléctrica de la planta de Kimberly Clark.



Para validar la operación correcta de los filtros y el beneficio de los filtros de alta absorción, la empresa Técnica Salgar, S. A de C. V., solicitó al Instituto de Investigaciones Eléctricas atestiguar mediciones a efectuarse por personal de la Comisión Federal de Electricidad, así como validar el registro de la disminución de la distorsión armónica total en el sitio de acoplamiento común entre la red de 115 kV de la CFE y el bus general de la red eléctrica de la planta de 13.8 kV.

ANÁLISIS DE LAS MEDICIONES DE DISTORSIÓN ARMÓNICA Y CONSUMO DE ENERGÍA.

Las mediciones de consumo de energía y de distorsión armónica fueron realizadas por personal de la Comisión Federal de Electricidad entre las 15:40 h. y las 18:00 h. del día 15 de mayo del 2007, en el bus de 115 de la planta que interconecta la red eléctrica de la planta con la red eléctrica de la Comisión Federal de Electricidad, y en el bus de 13.8 kV donde se ubica el transformador defasador que suministra la tensión de corriente alterna a los convertidores de los motores de 5000 HP de la planta Cosmos.

Con base en los resultados obtenidos, se observan los siguientes beneficios con la conexión de los filtros de alta absorción armónica. La distorsión armónica total para voltaje disminuye de 4.5% a 2.5% y para corriente disminuye de 2.4% a 1.58% en el bus de 115 kV que constituye el punto de acoplamiento común entre la red eléctrica de la Comisión Federal de Electricidad y la planta de Kimberly Clark. Con relación al consumo de potencia activa, se tiene una disminución de 22,365 KW a 20091 kW, disminución que corresponde a un 10.17% de la potencia consumida en el instante de las mediciones.

Como complemento a las mediciones de la Comisión Federal de Electricidad, El día 21 de Junio del 2007, se efectuó una verificación del beneficio de la conexión de los filtros de armónicas de alta absorción, para la condición de operación del mismo día, a las 12:50 h.; determinándose una disminución de la distorsión armónica en el bus general de 13.8 kV, en voltaje de 2.6 a 1.3 %; y para la distorsión armónica de la corriente, se observó una disminución de 2.7 a 2.3 %. El consumo de energía, para la misma condición, con la introducción de los filtros de alta absorción de 5ª y 7ª armónicas, registro una disminución de 10.31% en la red eléctrica de la planta, pasando de 19,603 kW con los filtros de alta distorsión armónica fuera de servicio a 17,771 kW con la conexión de los filtros de alta distorsión armónica



CONCLUSION.

Los filtros de alta distorsión armónica desarrollados y fabricados por la empresa Técnica Salgar, mostraron el beneficio que de su instalación en redes eléctricas con alta distorsión armónica, como una solución eficiente para minimizar los factores de distorsión armónica tanto para el voltaje como para la corriente. Con relación a la disminución de consumo de potencia en la planta de Kimberly Clark, se midió una reducción del orden del 10% en dos condiciones de operación de la planta, esta disminución en el consumo de energía corresponde principalmente a dos rubros, la minimización de las pérdidas en el transformador defasador, el cual con la instalación de los filtros no está sujeto a flujo magnético de frecuencias múltiples de la fundamental, y en consecuencia las pérdidas en el núcleo disminuyen de manera significativa.

El otro rubro de disminución en el consumo de potencia de la planta se deriva del incremento del factor de potencia de la planta, el cual minimiza las pérdidas por efecto Joule que se presentan en los conductores de los diversos alimentadores con que cuenta la planta.

El aspecto de compensación reactiva en instalaciones con alta distorsión armónica, para minimizar pérdidas por efecto Joule, sólo es posible utilizando filtros pasivos de armónicas, ya que el uso de transformadores defasadores, aunque es una solución para controlar la distorsión armónica, en lugar de contribuir a al incremento del factor de potencia lo disminuye debido la alto consumo de potencia reactiva que requieren los transformadores defasadores que deben operar con elevado flujo magnético.



ANEXO 1.

**RESUMEN DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS POR PERSONAL DE LA
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD.**

Tabla 8 Resumen de mediciones en bus y alimentador principal de tablero en 13.8 kV.

Parámetro:	Medición con filtros:	Medición sin filtros:	Observaciones o rango permitido:
voltaje RMS	$1.02 \text{ pu} \leq V_M \leq 1.03 \text{ pu}$	$1.0 V_M \geq 1.01 \text{ pu}$	$0.97 \leq V \leq 1.03 \text{ pu}$
Corriente RMS	$735 \leq I_M \leq 748 \text{ A}$	$815 \text{ A} \leq I_M \leq 820 \text{ A}$	-----
Distorsión Armónica Total de Corriente (THDi)	$\text{DTC}=\text{THDi} \leq 1.58 \%$	$\text{DTC}=\text{THDi} \leq 2.4 \%$	$\text{DTC}=\text{THDi} \leq 5.0 \%$
Distorsión Armónica Total de Tensión (THDv)	$\text{DAT}=\text{THDv} < 2.5 \%$	$\text{DAT}=\text{THDv} < 4.5 \%$	$\text{DAT}=\text{THDv} \leq 6.5 \%$
Potencia real (P)	20091 KW	22365 KW	Con filtros se ahorran 2274 KW (-10% de ahorro)
Potencia reactiva (Q)	-5433 KVAR	-1642 KVAR	***
Factor de potencia (F.P.)	F.P. ≤ -0.96 Adelantado	F.P. = -0.99 Adelantado	Es correcto

*** La potencia reactiva suministrada al bus de 115 KV se distribuye en la propia planta. Cuando salen de operación los filtros, el FP medido en 115 KV es de 0.93 atrasado y al insertarse se tiene un FP de 0.96 atrasado.

Tabla 9 Resumen de mediciones en Bus (nivel 13.8 kV) y alimentador A4 de motor de 5000 HP, conectando y desconectando los filtros de 5ª y 7ª armónica.

Parámetro:	Medición con filtros:	Medición sin filtros:	Observaciones o rango permitido:
voltaje RMS	$1.02 \text{ pu} \leq V_M \leq 1.03 \text{ pu}$	$1.0 V_M \geq 1.01 \text{ pu}$	$0.97 \leq V \leq 1.03 \text{ pu}$
Corriente RMS	$92 \leq I_M \leq 93 \text{ A}$	$133 \text{ A} \leq I_M \leq 134 \text{ A}$	-----
Distorsión Armónica Total de Corriente (THDi)	$\text{DTC}=\text{THDi} \leq 7.7 \%$	$\text{DTC}=\text{THDi} \leq 8.8 \%$	Rango permitido: $\text{DTC}=\text{THDi} \leq 5.0 \%$
Distorsión Armónica Total de Tensión (THDv)	$\text{DAT}=\text{THDv} < 2.5 \%$	$\text{DAT}=\text{THDv} < 4.5 \%$	Rango permitido: $\text{DAT}=\text{THDv} \leq 6.5 \%$
Potencia real (P)	2426 KW	3563 KW	Con filtros se ahorran 1137 KW por motor (-47% de ahorro)
Potencia reactiva (Q)	-1023 KVAR	+928 KVAR	***
Factor de potencia (F.P.)	F.P. ≤ -0.93 Adelantado	F.P. = $+0.96$ Atrás	Es correcto