

CONGRESO INTERNACIONAL DE DISTRIBUCION ELECTRICA CIDEL ARGENTINA 2002

SOLUCIÓN DE INTERFERENCIAS POR LA EMISIÓN EN RF DE REDES PWM *DRIVERS*.

Pedro E. Issouribehere Daniel A. Esteban Fernando Issouribehere

Instituto de Investigaciones Tecnológicas Para Redes y Equipos Eléctricos.
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

ARGENTINA

E- mail: iitree@ing.unlp.edu.ar

Palabras Clave

Interferencias electromagnéticas. *PWM Drivers*.
Mitigación.

1. INTRODUCCIÓN.

La instalación estudiada se alimenta en 13,2 kV, 50 Hz desde la red pública, con Centros de Transformación dedicados y distribución interna en BT (3 x 380 V).

Los motores se alimentan con drivers (rectificadores e inversores tipo PWM con control sobre la tensión y la frecuencia). En esa instalación se han detectado interferencias y fallas en los equipos electrónicos de operación de los sistemas hidráulicos del escenario. La única vinculación entre los controladores de los motores y los demás equipos es que comparten la red de alimentación de BT y la red de puesta a tierra.

El IITREE ha realizado mediciones para caracterizar el fenómeno, se ha determinado su naturaleza y su origen. Sobre esta base se dan las recomendaciones para lograr la compatibilización con los demás sistemas que operan en el área.

2. MEDICIONES.

Se efectuaron registros de las tensiones de fase y de neutro con un Adquisidor-Registador Digital, bajo distintas condiciones de operación de los drivers.

Los registros obtenidos corresponden a la tensión entre el neutro de la alimentación de potencia y la tierra de seguridad de la instalación al nivel del Tablero de distribución en cuya vecindad se produjeron las fallas (ver figura 7).

La correlación de las perturbaciones con el funcionamiento de los drivers, queda puesta en evidencia por los registros que se muestran en las Figuras 1, 2 y 3.

Se observa que las perturbaciones varían según la condición de operación o la maniobra realizada.

Además se destaca que en ningún momento se produjeron perturbaciones sin el funcionamiento del tablero que contiene los controladores de los motores o sin correlación con alguna de las maniobras enumeradas.

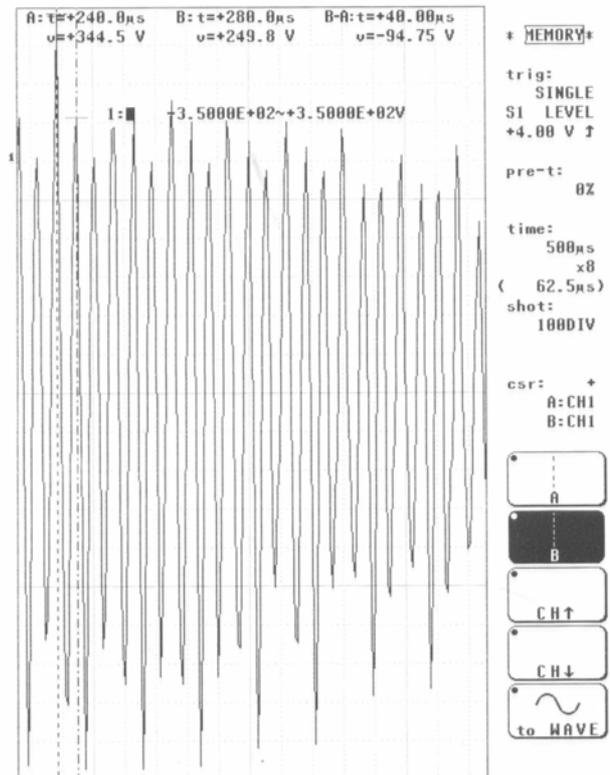


Figura1.- Tensión entre el neutro y la tierra en el Tablero de Alimentación con el tablero perturbador en servicio. Se observan tensiones de aproximadamente 350 V cresta y una frecuencia preponderante de aproximadamente 25 kHz. Corresponde a la tensión indicada como U perturbadora en el circuito de la Figura 7.

La figura 1 corresponde a la tensión generada entre el neutro del sistema de BT y la tierra de seguridad cuando el tablero que contiene los drivers analizados se encuentra en operación.

El mismo tipo de registro, con el tablero fuera de servicio, se muestra en la figura 2 y confirma que la perturbación medida en el primer caso es generada por los drivers contenidos en dicho tablero.

El registro realizado de la tensión entre una fase y el neutro de la instalación muestra que la perturbación sólo

se manifiesta como un ruido de bajo nivel, figura 3, con niveles despreciables respecto a los existentes entre los conductores de neutro y tierra de seguridad.

Estas condiciones indican que la perturbación aparece con la misma amplitud y fase en todos los conductores del sistema de BT, es decir que corresponde a lo que se denomina una perturbación de modo común y se ha denominado como U perturbadora en el circuito de la figura 7.

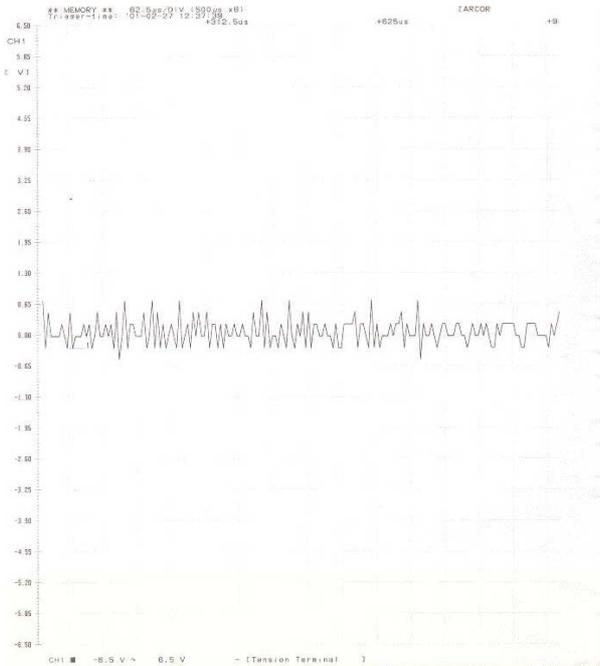


Figura 2.- Tensión entre el neutro y la red de tierra en el Tablero de Alimentación con el tablero perturbador fuera de servicio.

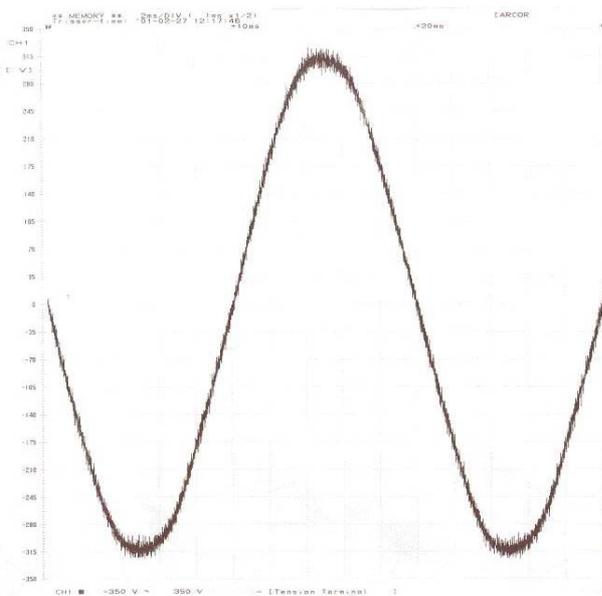


Figura 3.- Tensión entre una fase y el neutro en el Tablero de Alimentación y con el tablero perturbador en servicio.

Complementariamente se efectuaron mediciones de corriente sobre el conductor de puesta a tierra. En él se detectaron corrientes de una decena de Amperes de amplitud y de frecuencia coincidente con la perturbación de tensión indicada.

3. ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS.

A través de las Figuras 4, 5 y 7, correspondientes a esquemas de principio, se puede interpretar el mecanismo de generación de la perturbación.

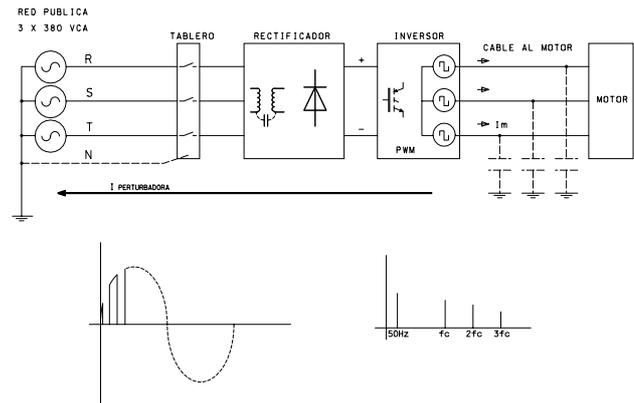


Figura 4.- Corresponde al esquema de principio de las etapas componentes de un equipo de control de motores con rectificador- inversor tipo PWM.

La tensión de alimentación del motor es en realidad un tren de pulsos de ancho variable y con frecuencia fundamental del orden de 9kHz. Como consecuencia de la reactancia inductiva que presenta el motor a esta frecuencia la corriente resultante sobre él es la corriente de potencia y corresponde a una frecuencia nominal de 50Hz en el sistema analizado. Para controlar la velocidad el sistema actúa sobre la frecuencia de los pulsos mientras que con el ancho se actúa sobre la corriente y por consiguiente sobre el par mecánico.

Dada la simetría de la alimentación y de la carga resulta que los armónicos de orden múltiplos de tres de la frecuencia de los pulsos son homopolares y, por lo tanto, se cierran a través de las capacidades del cable de alimentación del motor y son derivados a tierra. Como la velocidad de operación del motor está relacionada con la frecuencia de los pulsos también las frecuencias armónicas serán variables según la condición de trabajo. En un sistema con gran número de motores controlados, como el analizado, la corriente perturbadora resultante es la combinación de todas las individuales cada una con su frecuencia propia.

Los conductores que vinculan los drivers con los motores están blindados, lo que es correcto. Las capacidades consideradas en el modelo son las correspondientes a cada uno de los conductores de alimentación del motor con respecto al blindaje del cable.

Como se ve en las figuras 5 y 7 el camino de circulación de estas corrientes lo proveen el conductor de puesta a

tierra del blindaje del cable de alimentación del motor y el conjunto de conductores de fase y neutro de la red de BT.

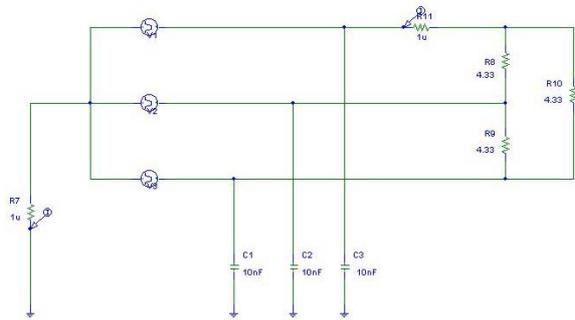


Figura 5.- Modelo circuital de un inversor tipo PWM para el análisis de la circulación de las corrientes.

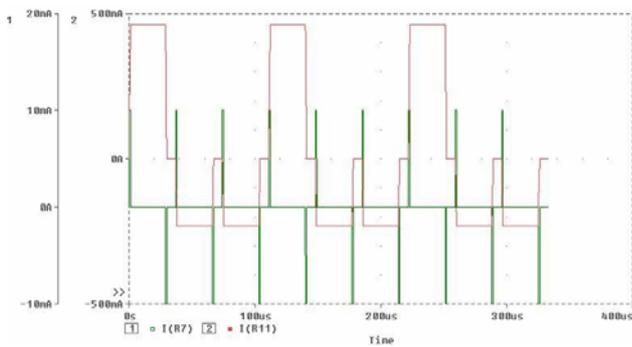


Figura 6. - El tren de pulsos que genera el inversor da lugar a una corriente que fundamentalmente va a la carga pero los armónicos de orden tres de la frecuencia de conmutación se cierran por las capacidades. Esto sucede aún funcionando en vacío.

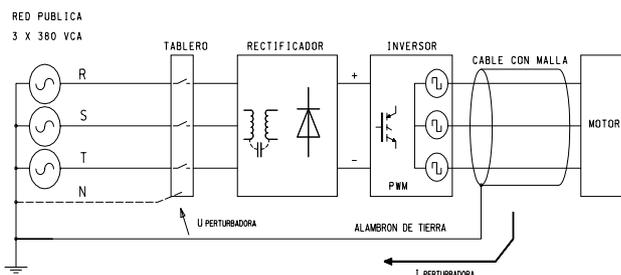


Figura 7. - Esquema de la instalación típica actual de los drivers.

Estas corrientes circulando a través de la impedancia del lazo del trayecto de 200 / 300m del conductor de puesta a tierra de seguridad producen una tensión U perturbadora medida entre neutro y tierra al nivel del Tablero de Alimentación como lo muestra el correspondiente registro de la figura 1.

Esa tensión perturbadora luego aparece como de modo común en el suministro de energía para el resto de las cargas de la instalación. Aquellos equipos particularmente susceptibles tienen comportamientos indebidos o se producen fallas, con causal en este fenómeno.

Es de destacar que todo lo descrito es independiente de la magnitud de la resistencia de puesta a tierra de seguridad ya que esta no interviene en el circuito por donde circulan las corrientes perturbadoras.

4. ADECUACIÓN DE LAS INSTALACIONES.

Una instalación correctamente ejecutada se muestra en el esquema de la Figura 8. En ella se incorpora un filtro tipo pasa bajos entre la red y el sistema de control del motor.

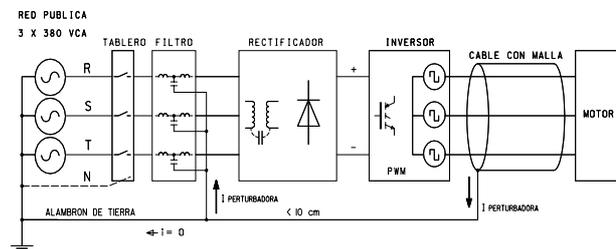


Figura 8.- El esquema muestra una instalación correctamente ejecutada que incluye un filtro entre la red y el sistema de control del motor.

La corriente perturbadora recogida por el blindaje del cable retorna al inversor a través de un filtro de RF colocado inmediatamente a monte del driver. De esta forma la corriente perturbadora - por otra parte inherente al principio de funcionamiento del PWM - no circulará indebidamente por el resto de la instalación.

Para cumplir con las funciones requeridas los filtros deben estar caracterizados con dos condiciones básicas:

- Atenuación de modo común y diferencial de las componentes de alta frecuencia.

El valor requerido deberá ser determinado en función de la amplitud de cada una de las componentes del espectro de la perturbación generada por el tipo específico de driver y el nivel aceptable sobre la red de alimentación de acuerdo al ambiente de operación. (Residencial, comercial o industrial)

- Impedancia de entrada vista desde el driver.

La inserción del filtro no debe alterar las condiciones de operación de los dispositivos activos del driver.

Para aquellos drivers de tipo regenerativo, como es el caso analizado, la topología del filtro debe ser tal que el valor de la impedancia presentada no produzca sobrecorrientes en los dispositivos semiconductores del convertidor cuando pasa a operar como generador.

Adicionalmente debe tenerse presente que la impedancia vista desde el lado de la red resulta siempre capacitiva, a

la frecuencia industrial, y que en el caso que se instalen una gran cantidad de filtros será necesario considerar su impacto sobre el factor de potencia de la instalación de BT.

5. RESULTADOS. PRUEBAS EN CAMPO.

Para verificar experimentalmente la validez de los razonamientos presentados se instaló en uno de los controladores un filtro de RF siguiendo también las consideraciones de conexión enunciadas anteriormente.

Se realizaron nuevas mediciones de las tensiones luego de la instalación del filtro. Estas demostraron que la tensión perturbadora entre el neutro y la tierra de seguridad en el tablero de BT se reduce a unos cuatro voltios crestas, nivel compatible con la susceptibilidad del resto del equipamiento.

Comparando este nivel con el correspondiente a la instalación original resulta un factor de atenuación de la perturbación del orden de 100 veces.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

La instalación presentaba un severo incumplimiento de los requerimientos de compatibilidad electromagnética que establecen las normas.

Las fuentes perturbadoras son los drivers de los motores y los equipos que ya han resultado susceptibles son los controles electrónicos del sistema hidráulico del escenario, pero dada la magnitud de las interferencias medidas es probable que se presenten, en el futuro, problemas en otros equipos o sistemas aún no puestos en marcha o instalados.

Para estos casos de Compatibilidad Electromagnética (EMC) la solución consiste en la instalación de filtros de RF en la alimentación de potencia e inmediatamente a monte de cada driver. Como se explicó anteriormente esto permite la circulación de las corrientes perturbadoras por un circuito controlado y compacto, evitando la contaminación de la red de alimentación - la que al ser compartida por el resto de otros sistemas actúa como vehículo de la perturbación - y, también, del medio ambiente en la forma campo magnético de inducción y radiación electromagnética.

Los filtros de RF deben especificarse para que cada módulo cumpla con la norma de emisión correspondiente al ambiente de operación, residencial, comercial o industrial, que más se adecue a la índole de las tareas que se desarrollen en esa parte del Centro de Espectáculos. [1] [2] [3]

Normalmente los propios fabricantes de drivers recomiendan los filtros necesarios para sus equipos.

Los filtros deben complementarse con la adecuada selección del cable que vincula el driver con el motor. El cable debe tener un blindaje continuo - no son

aconsejables los blindajes tipo malla o los de cintas helicoidales -. Los más adecuados son los del tipo continuo de desarrollo longitudinal y convenientemente traslapados, generalmente corrugados para proveer de flexibilidad al conjunto. Deben cumplir con la norma correspondiente. [4]

Los recorridos de los conductores entre los drivers y los motores deben limitarse al mínimo para que la capacidad de los cables resulte la más reducida posible y por consiguiente las corrientes perturbadoras resultantes.

El conexiónado entre el blindaje del cable y el terminal de tierra del filtro debe ser muy corto.

Este caso también pone en evidencia que las prácticas de instalación convencionales no aseguran la adecuada compatibilidad electromagnética de estos sistemas y que se requiere de la aplicación de técnicas específicas para la interconexión de estos equipos.

La conexión a tierra no cumple un rol de importancia en este fenómeno, si se han cumplido con los requerimientos anteriores. La instalación de puesta a tierra debe ser la normal, ajustada al cumplimiento de los requisitos de seguridad eléctrica y de servicio de la red de potencia.

7. REFERENCIAS.

[1].- IEC61800-3.- Adjustable speed electrical power drive systems. Part 3: EMC product standard including specific test methods.

[2].- EN50081-1.- Electromagnetic compatibility. Generic emission standard Part 1. Residencial, commercial and light industry.

[3].- EN50081-2.- Electromagnetic compatibility. Generic emission standard Part 2. Industrial environment.

[4].- IRAM 2268.- Cables con conductores de cobre aislados con material termoplástico a base de PVC para control, señalización, medición, protección y comandos eléctricos protegidos contra perturbaciones electromagnéticas.