



El Impacto de los Inversores Fotovoltaicos en los Sistemas de Medición Inteligente basados en PLC



ADVANT
systemy informatyczne

Aleksander Babś
Advant sp. z o.o.

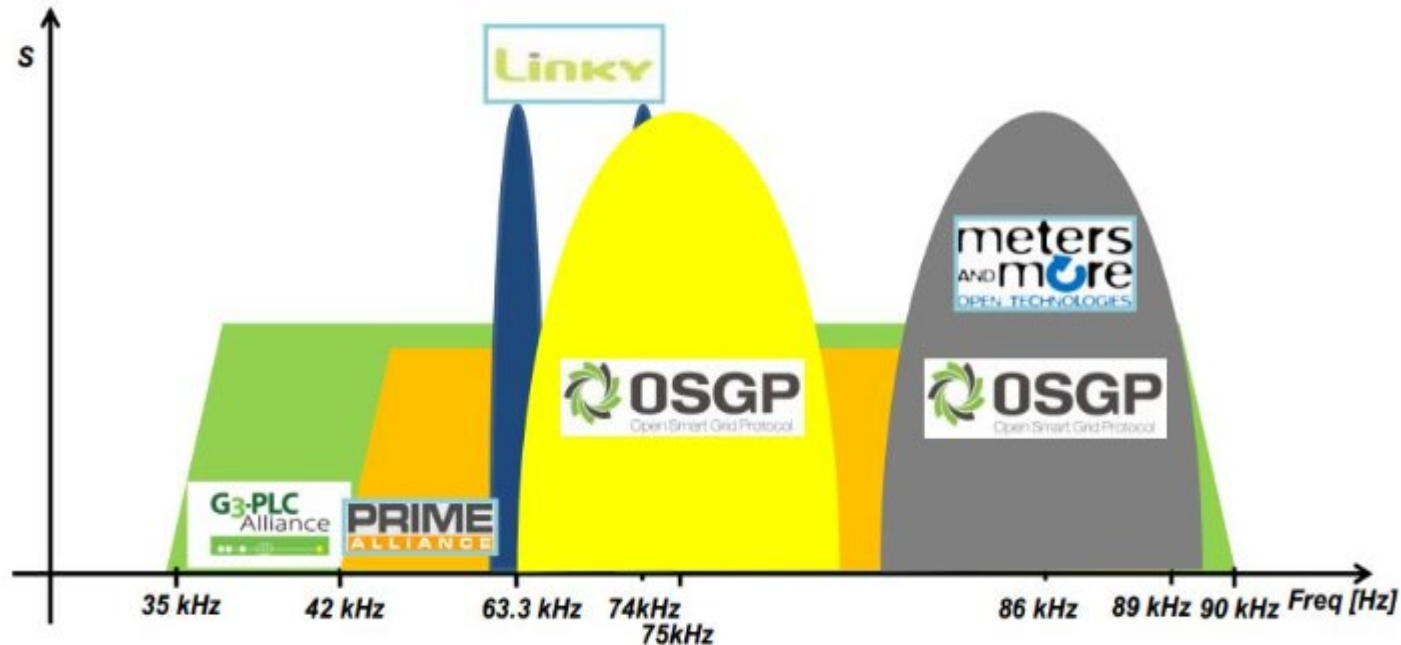
20.05.2021

PLC como primera opción para sistemas AMI

- El PLC (Comunicación por Línea Eléctrica) es actualmente el método más utilizado para transmitir datos en los sistemas nacionales de medición inteligente.
- Más de 2 millones de medidores que utilizan diversas tecnologías PLC, aprox. 80% en banda PRIME 1.3.6 CENELEC
- El PLC sigue siendo el método más económico para enviar datos (menos de \$10 USD por la ruta de comunicación completa, incluido el acoplamiento de Bajo Voltaje, el control y la lógica de transmisión)
- En general, los medidores de PLC admiten la creación automática de topologías de dispositivos, basados en algoritmos implementados y, como resultado, son baratos en implementación y mantenimiento. Los casos que exigen más esfuerzo (limpieza) son raros. En su mayoría son causados por dispositivos conectados a la red de Baja Tensión, generando perturbaciones en la banda de frecuencia utilizada por PLC de suficiente potencia.
- Los inversores fotovoltaicos como dispositivos electrónicos de potencia también pueden ser una fuente de perturbaciones que afectan el rendimiento de las tecnologías de transmisión de PLC.

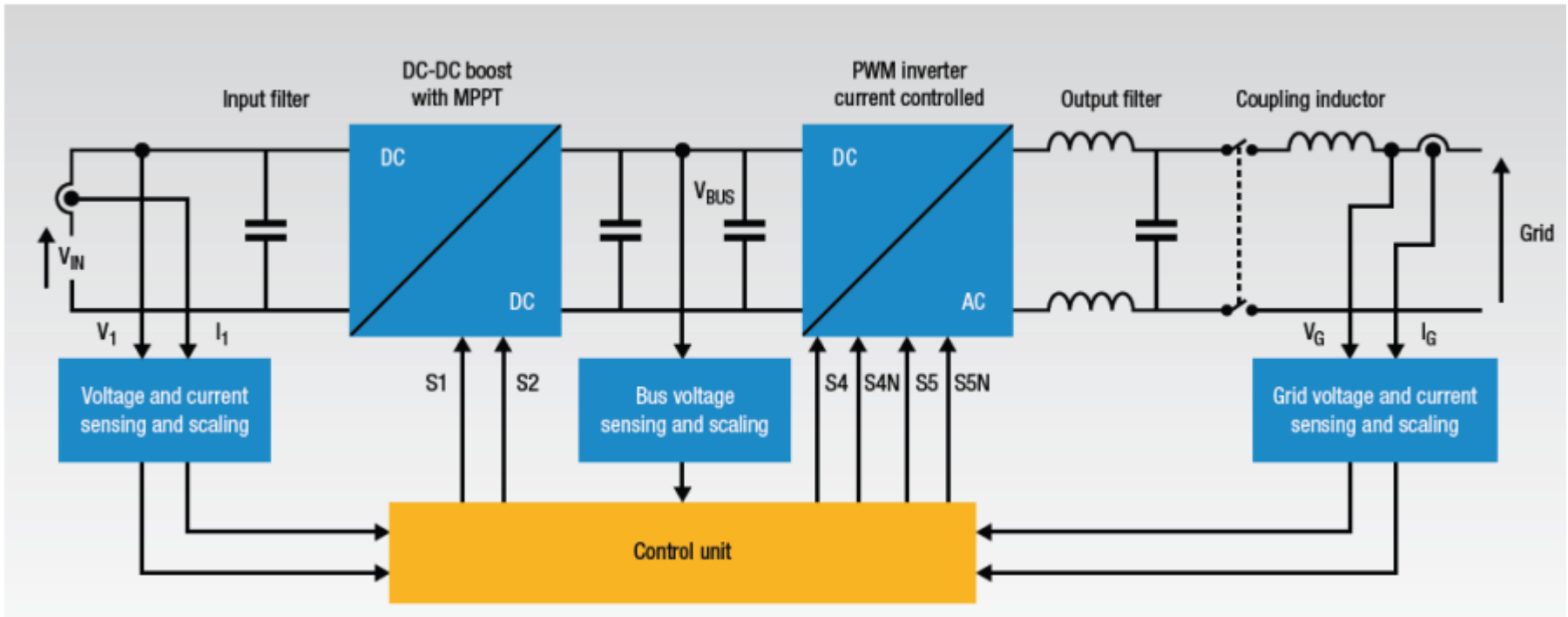
Inversores fotovoltaicos y PLC: ¿qué tienen en común?

- El PLC en banda <500 kHz es formalmente un PLC de banda estrecha, NB-PLC
- CENELEC A - 3 kHz - 95 kHz es la banda más utilizada en los sistemas AMI europeos.



- Es una banda que contiene frecuencias de funcionamiento típicas de circuitos de conmutación basados en transistores IGBT y MOSFET utilizados en inversores fotovoltaicos sin transformador.

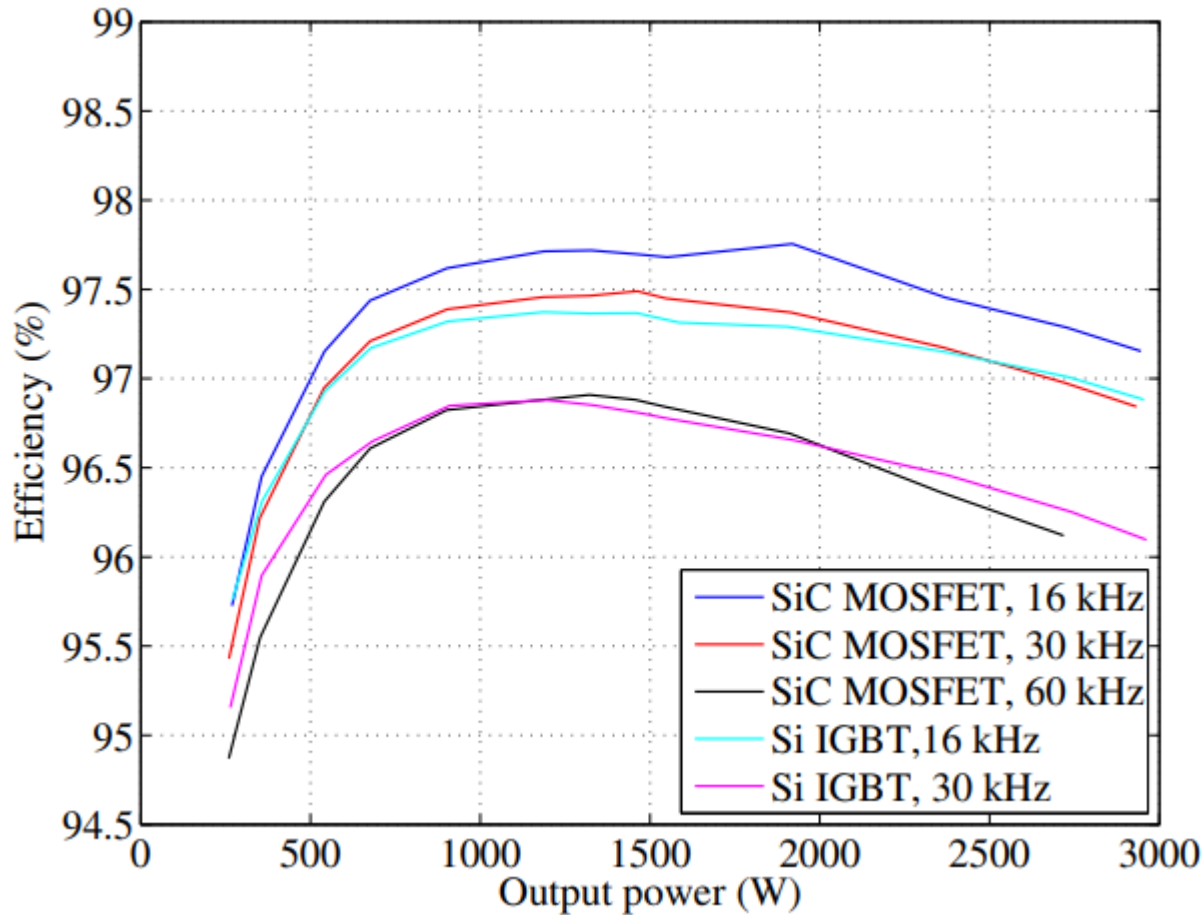
Inversores fotovoltaicos: construcción típica de hardware



Los inversores son dispositivos electrónicos de potencia no triviales, que se utilizan para transformar la Corriente Continua (CC), generada por paneles solares, en Corriente Alterna (CA) que cumplen los requisitos que permitirían que el inversor se conecte directamente a la red (On-Grid), o para alimentar dispositivos típicos (fuera de la red).

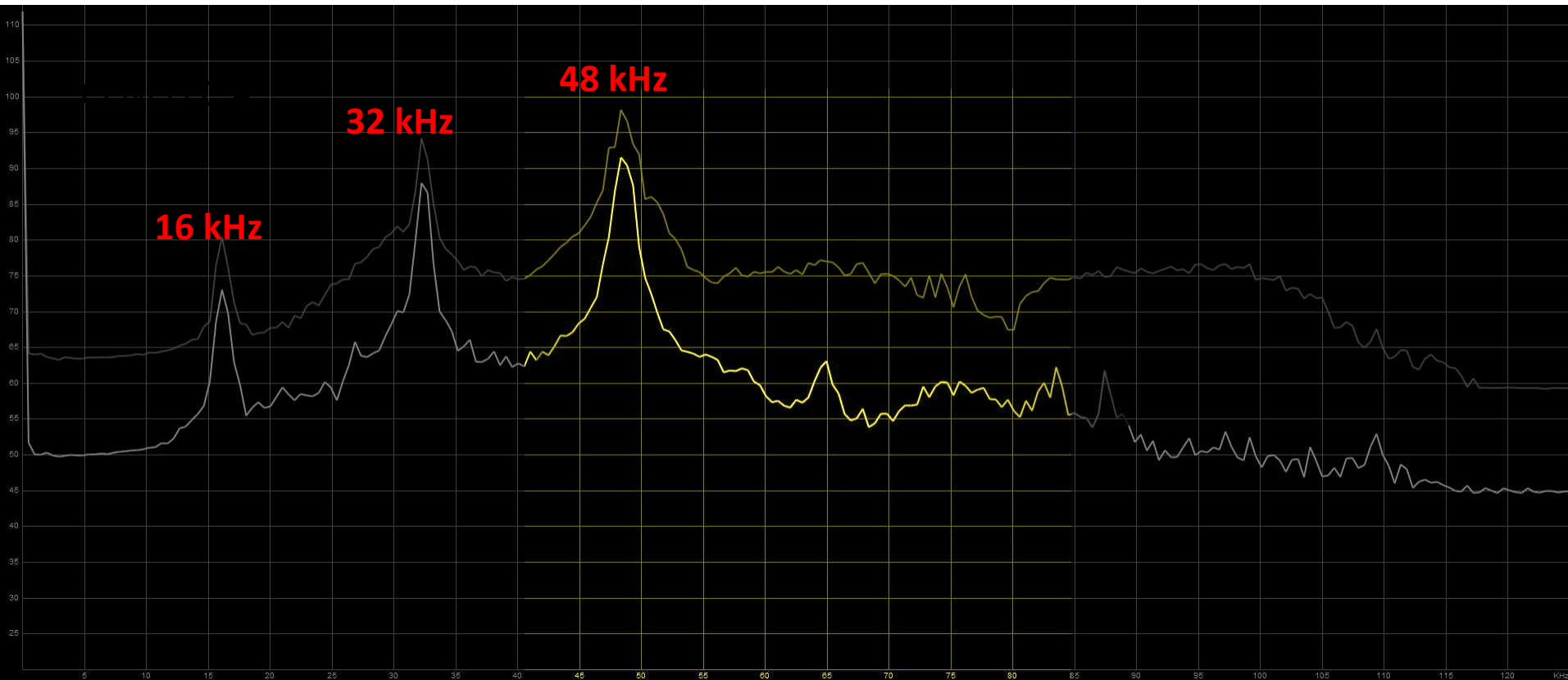
La conversión de corriente continua a alterna se realiza mediante un circuito PWM, que funciona a una frecuencia especificada.

Inversores fotovoltaicos: frecuencias de funcionamiento PWM



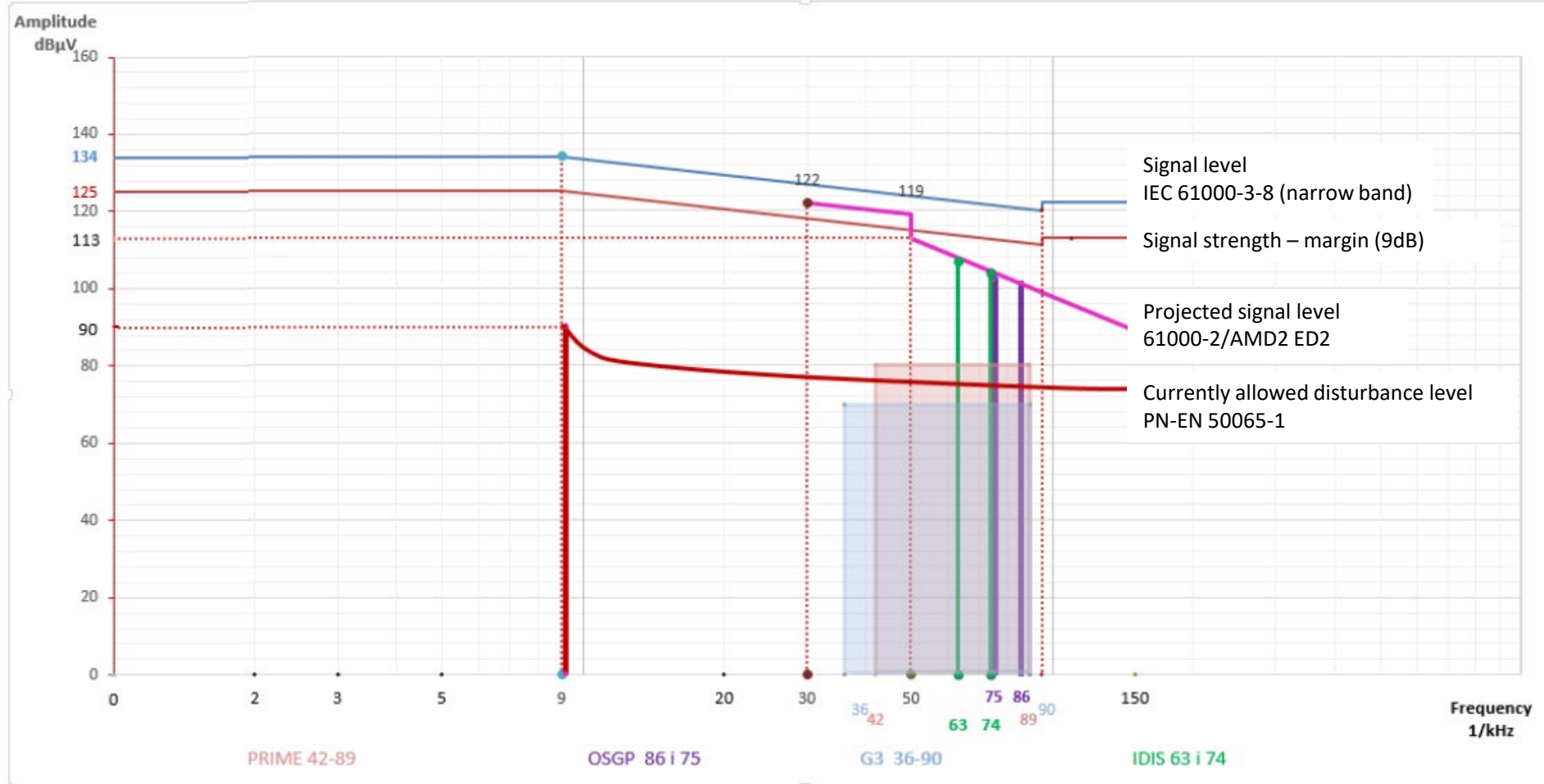
La frecuencia de 60 kHz está en la banda de frecuencia utilizada por PRIME PLC y G3-PLC

Frecuencias de funcionamiento PWM y CENELEC A



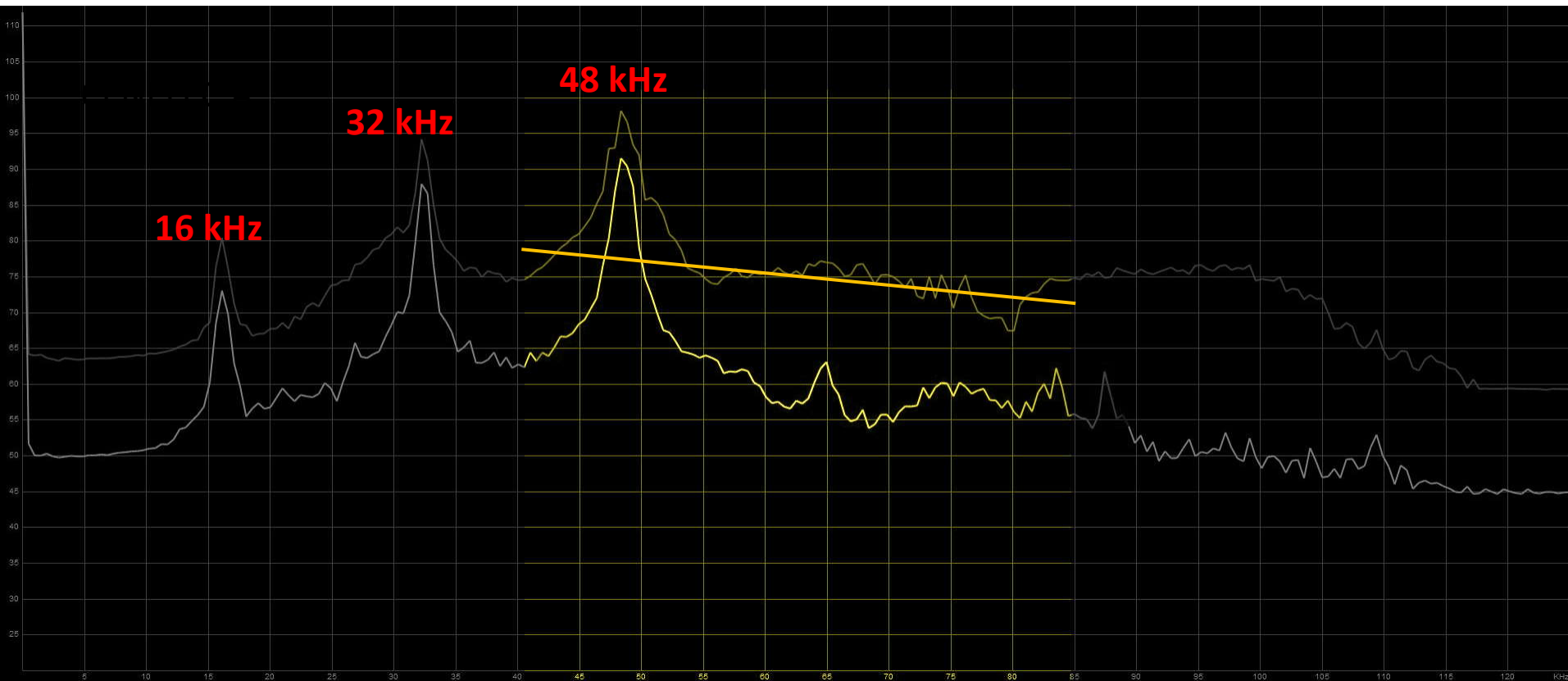
Espectro de frecuencia de un inversor fotovoltaico, cuyo circuito PWM está operando a una frecuencia base de 16 kHz, generando armónicos de 32 kHz y 48 kHz

Perturbación y Estándares



Fuente: "Perturbaciones conducidas en la red eléctrica pública de baja tensión y su impacto en la comunicación del PLC en la banda A de CENELEC", Universidad de Ciencia y Tecnología de Wrocław, Medidas de distribución de tauron, 2018

Después de superponer EN 50065 al espectro ...

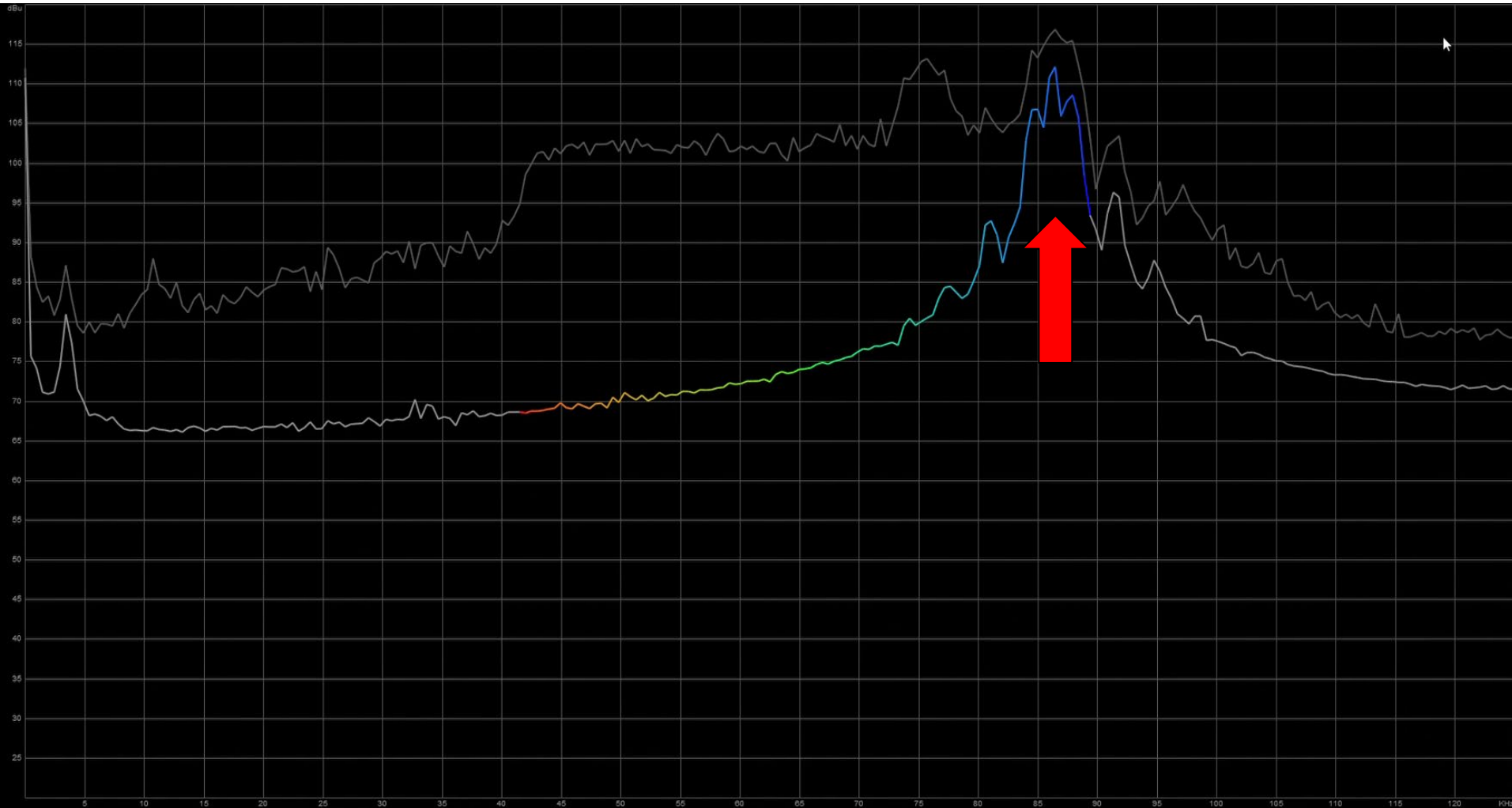


CENELEC A

El inversor bajo prueba genera perturbaciones por encima del rango permitido por PN EN 50065-1 a 48 kHz

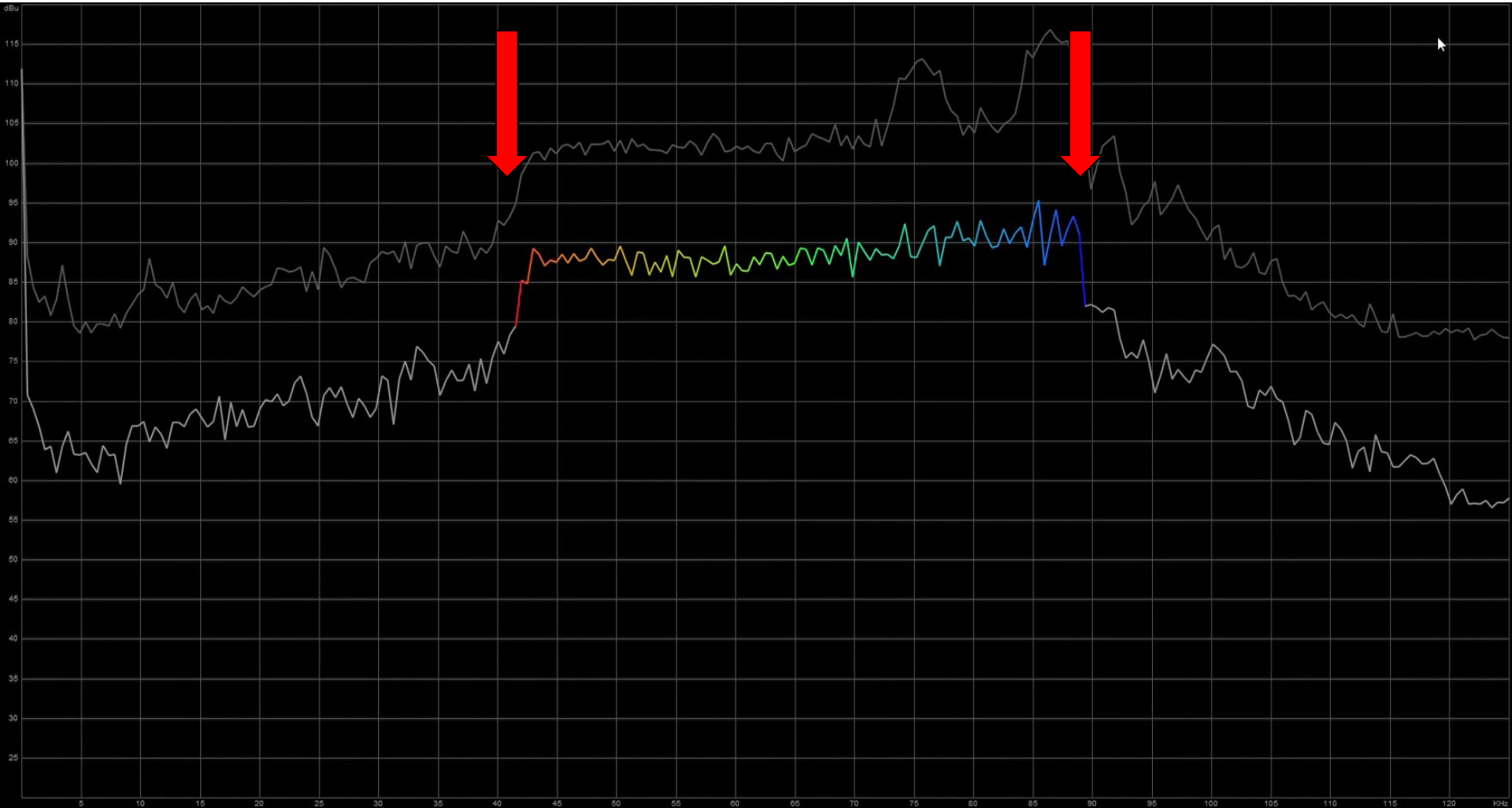
Marco OSGP

Baja probabilidad de que el Inversor Fotovoltaico genere perturbaciones en las frecuencias OSGP de 75 kHz y 86 kHz



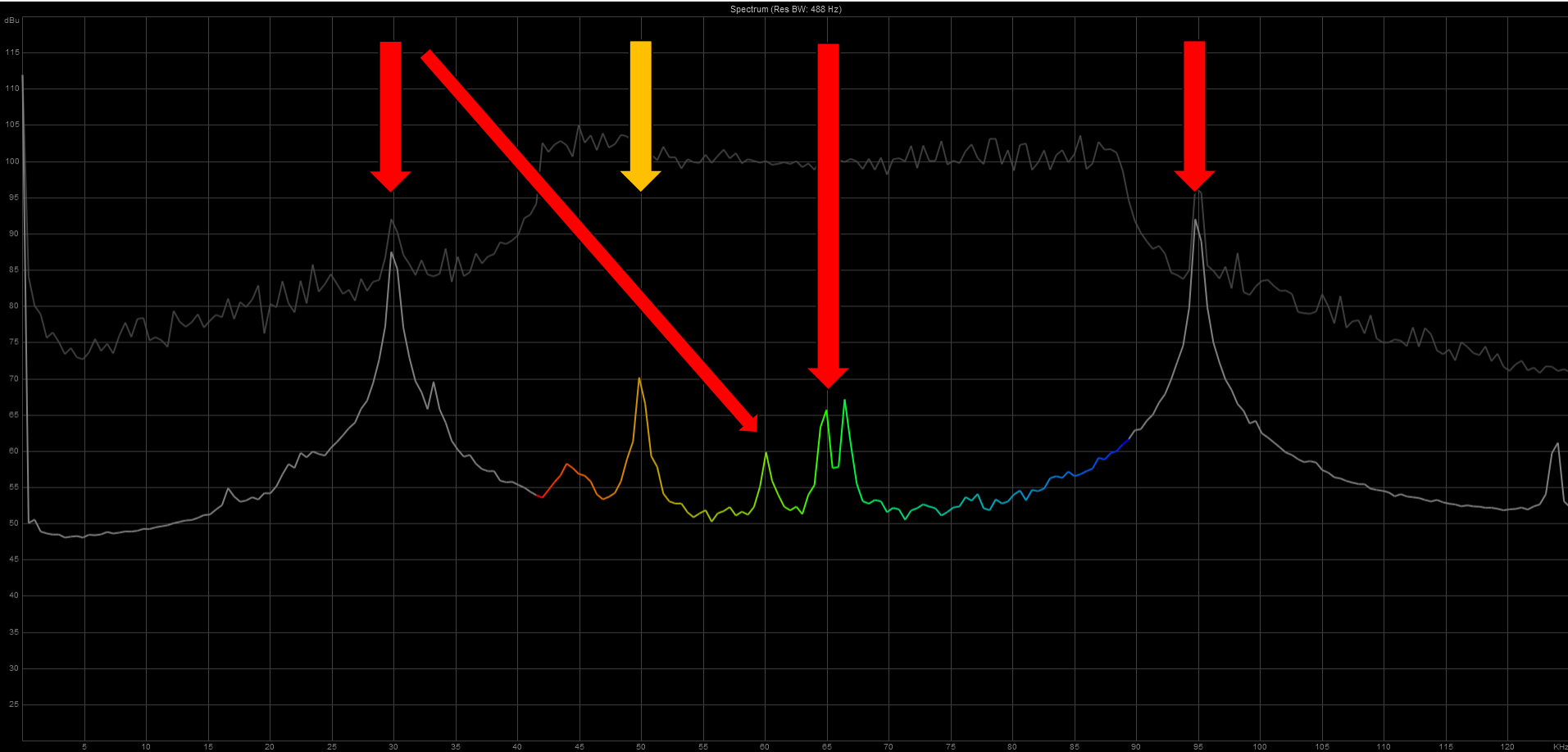
Marco PRIME

Probabilidad significativa de que el Inversor fotovoltaico genere perturbaciones en las frecuencias de funcionamiento PRIME: 42 kHz a 89 kHz (97 subportadoras espaciadas a 488 Hz)



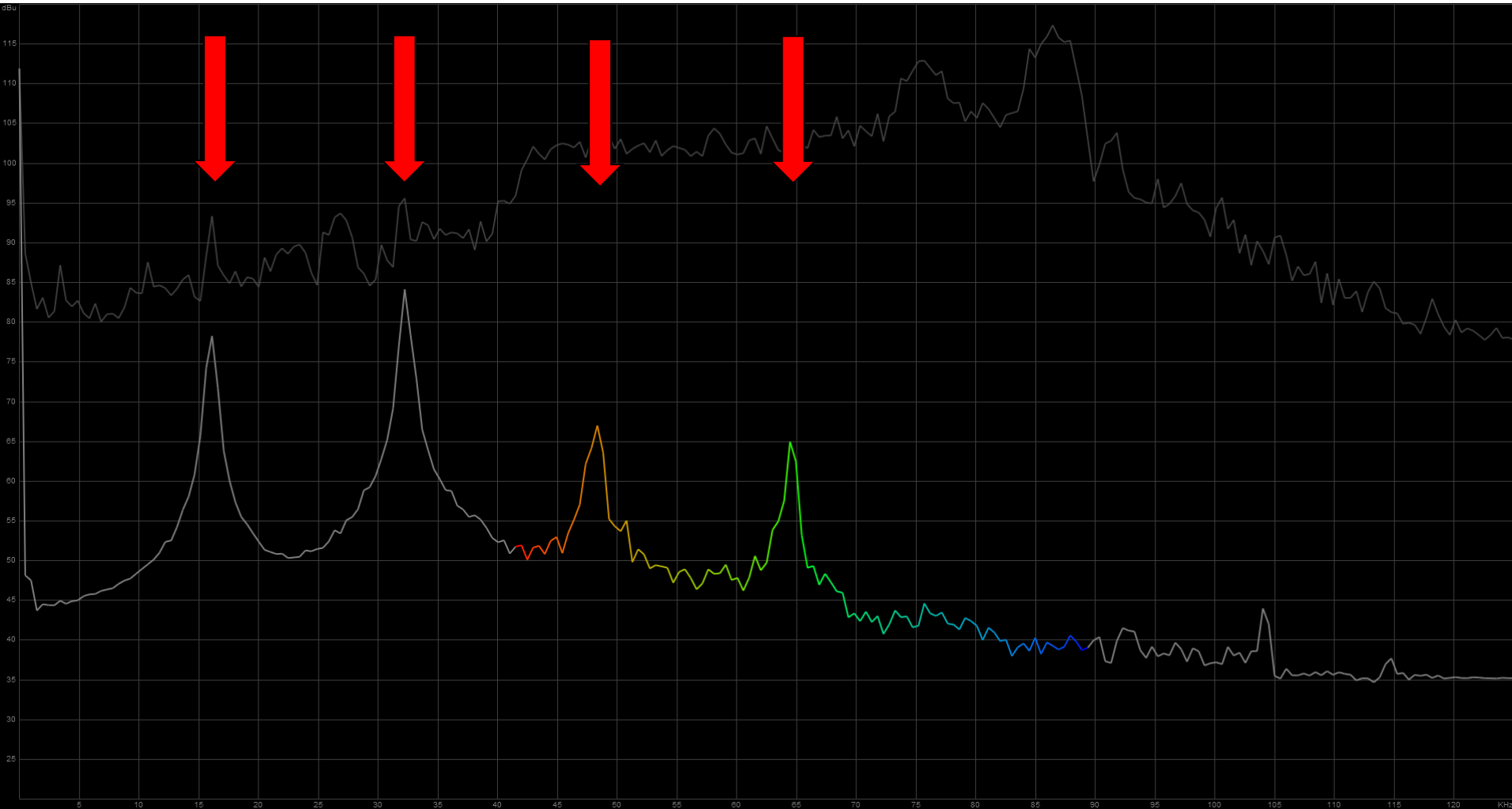
Disturbios

Inverter 1 Unknown source Inverter 2 Inverter 3
30 kHz and 60 kHz 50 kHz 65 kHz 95 kHz



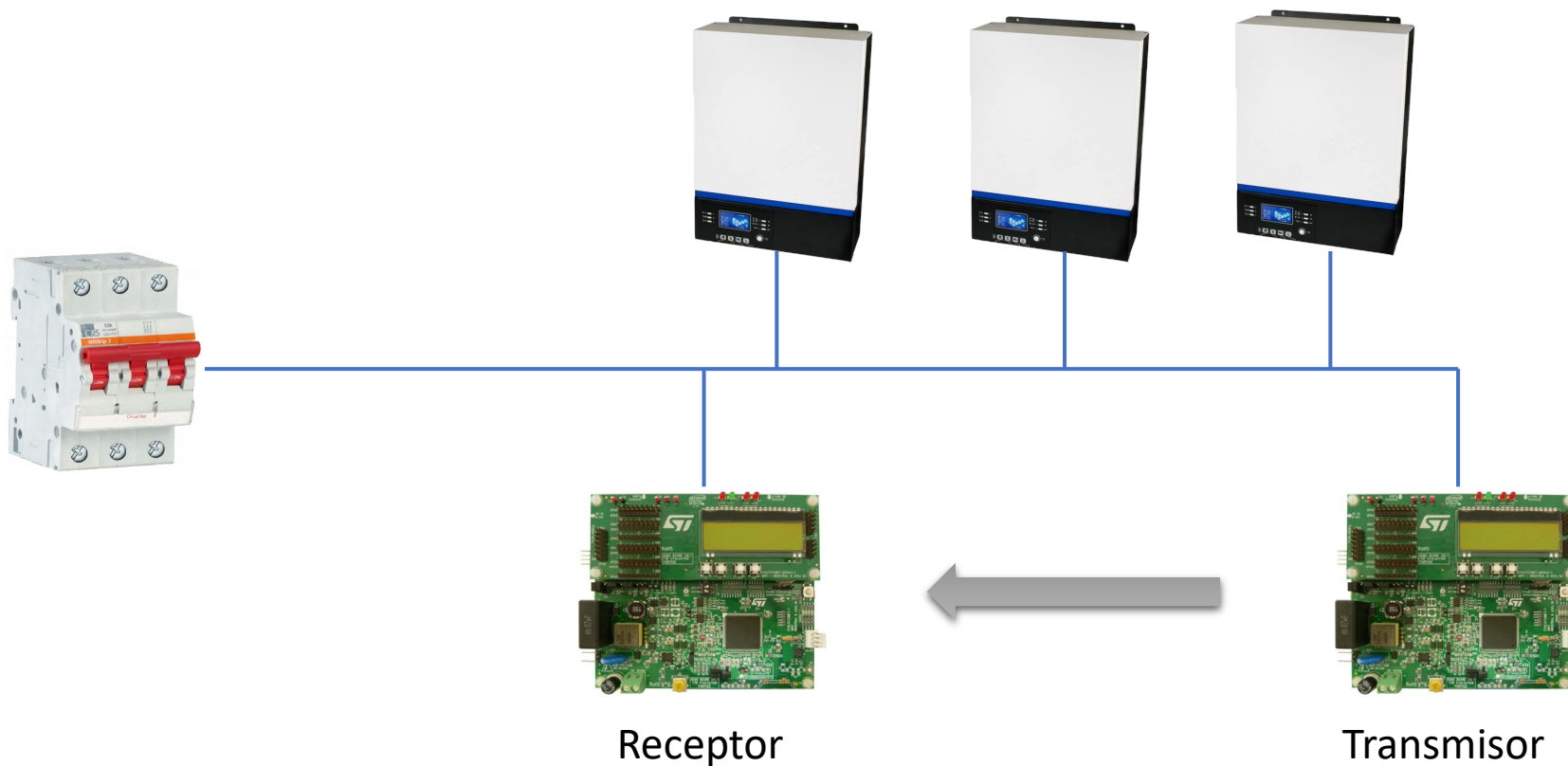
Disturbios

Inverter 1
16 kHz + 32 kHz + 48 kHz + 64 kHz



Pruebas de calidad de comunicación: diseño de banco de pruebas

Inversores y Microinversores



Pruebas de calidad de la comunicación - PRIME

A pesar de las perturbaciones inducidas por los inversores fotovoltaicos, toda la información fue enviada sin errores (tasa de error de bit = 0).

Las perturbaciones observadas no afectaron la calidad de la comunicación.

BER

Open COM Port

SN1

TX and RX
 Only TX
 Only RX

COM8 TX

SN2

COM10 TX

SN TX: 0080E14889A5
SN RX: 0080E1485AC5

Set Parameter

Header (54 bits): 3FFFFFFFFFFFFF

Payload (max 377 bytes): aabbccddeeff

Len: 6

Lvl: 0(max) - 7(min): 0

TX Scheme: 4: BPSK-FEC

Time (100-5000ms): 100

Num TX (1 - 100000): 30

Result Test

Num Tx: 30
Pkt Rcv: 30
FER: 2.000000E-001

Statistical attribute

PhyStatsCRCIncorrectCount: 0
PhyStatsCRCFailCount: 0

PHY Header Wrong pkt:
0
0.000000E+000 %

100%

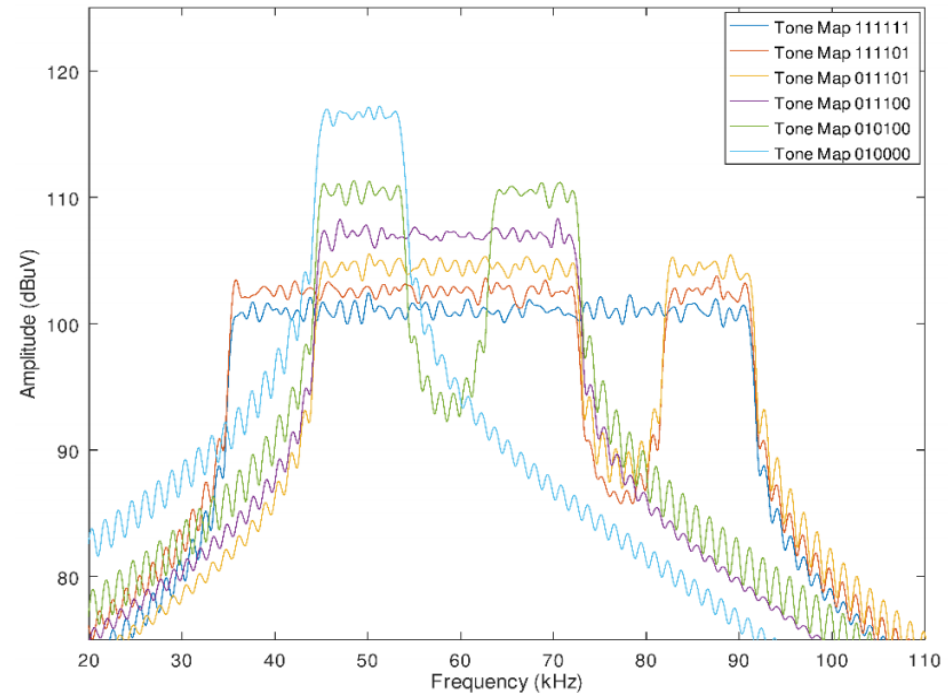
PIBAttr: 0x00a1 phyStatsCRCFailCount
Value[hex]: 0000
Status: 00 Success or Done

-- 20 maj 01:19:50 --
BER TESTER: START
-- 20 maj 01:20:03 --
BER TESTER: STOP
-- 20 maj 01:20:03 --
BER TESTER STOP
-- 20 maj 01:20:03 --
BER TESTER: COMPLETE
-- 20 maj 01:20:03 --
BER TESTER: STOP

Bit Sent: 3060
Bit Rcv: 3060
Wrong RX bits: 0
BER: 0.000000E+000

AMI PLC vs PV - posibles soluciones técnicas

- Uso de tecnologías PLC que permiten deshabilitar frecuencias en riesgo de ser perturbadas (por ejemplo, mapa de tonos G3-PLC)



- Uso de tecnologías PLC con mecanismos que mejoran la resistencia a las perturbaciones (por ejemplo, modo ROBO en PRIME 1.4)
- Uso de frecuencias más altas, por Ej. 350kHz - 500 kHz de la banda FCC, que está menos perturbada que la banda CENELEC A

Conclusiones

- Ninguno de los 8 inversores de cadena y 2 microinversores no generó perturbaciones que afecten negativamente a la comunicación PRIME ni OSGP. Sin embargo, el modelo 1 no cumplía con la norma PN EN 50065-1
- Si, después de arrancar un inversor fotovoltaico, la calidad de la comunicación del PLC se deteriora en un segmento dado de la red de baja tensión, se puede suponer que esto es causado por el inversor.
- Las tecnologías C que utilizan OFDM: varias subportadoras dentro de un rango de frecuencia específico, son más susceptibles a las perturbaciones generadas por los inversores que las tecnologías que utilizan dos frecuencias (primaria y secundaria) como en OSGP, por ejemplo.
- La salida de potencia activa actual (por ejemplo, 10% y 90% de la potencia nominal) no afecta el nivel de perturbaciones generadas.
- Existen métodos de laboratorio que permiten estudiar con precisión la influencia de un inversor fotovoltaico en particular en una tecnología PLC determinada



Gracias

Aleksander.Babs@advant.pl