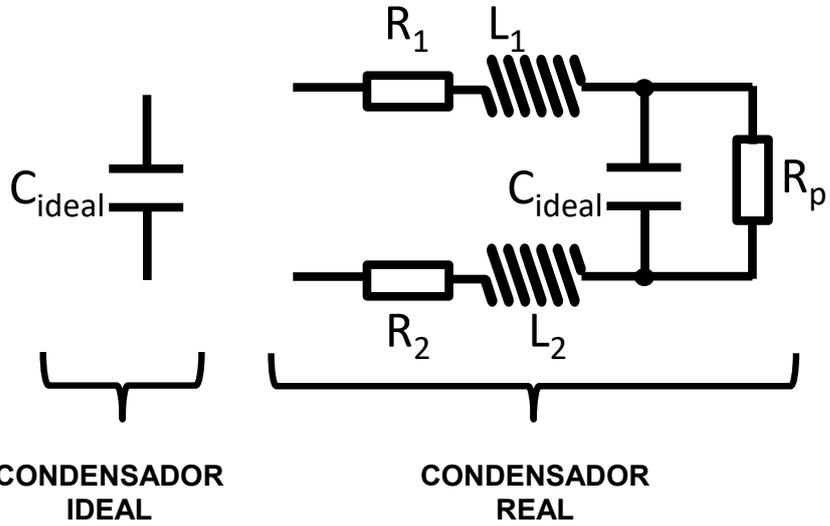


EL COMPORTAMIENTO EN FRECUENCIA DE BOBINAS Y CONDENSADORES REALES

2025

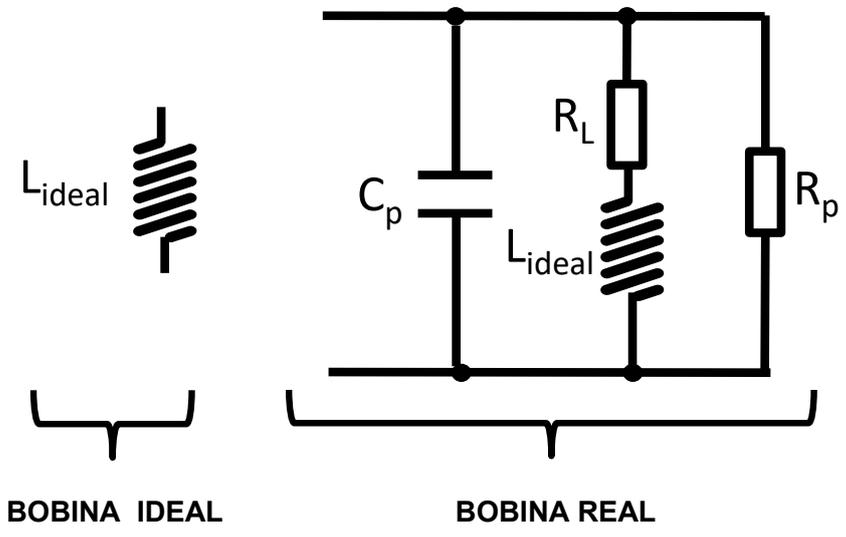
Para los que venimos del mundo industrial todo lo que sea por encima de 50 Hz nos suena raro. Pero en este ámbito en el que nos movemos en RYSEL AyC (frecuencias no deseadas que ya se miden en KHz o MHz) las cosas no se comportan como estamos acostumbrados. Partamos de los esquemas reales de los componentes:

CONDENSADOR



- R_p : resistencia de pérdidas del condensador.
- L_1, L_2 : inductancia de los terminales de entrada. (se podrían agrupar en una reactancia).
- R_1, R_2 : resistencia óhmica del cable de entrada (se podrían agrupar en una resistencia).

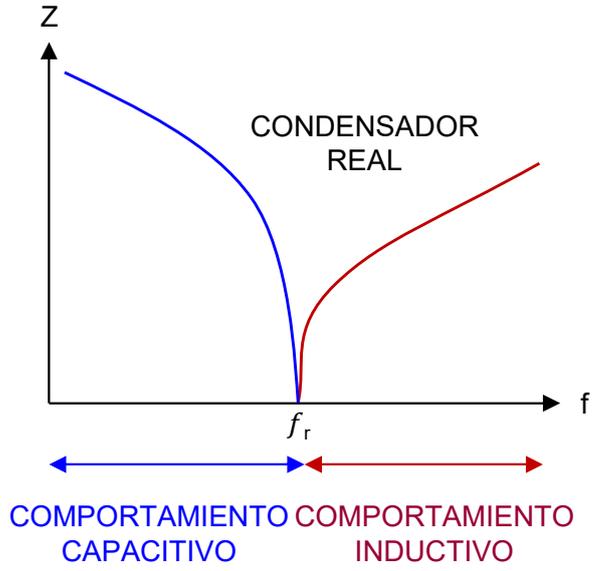
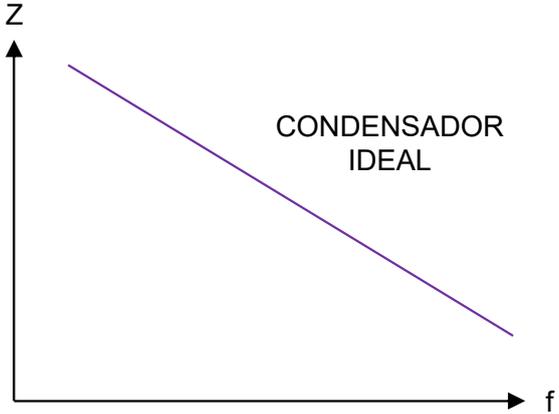
BOBINA



- R_p : resistencia de pérdidas del núcleo magnético.
- C_p : capacidad parásita (agrupada) del circuito.
- R_L : resistencia óhmica del cable inductor.

Si se hace un estudio espectral de los componentes reales, obtendremos resultados sorprendentes...

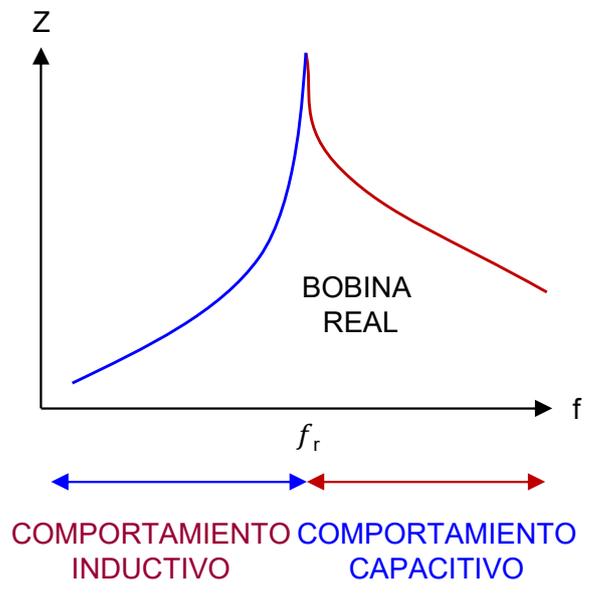
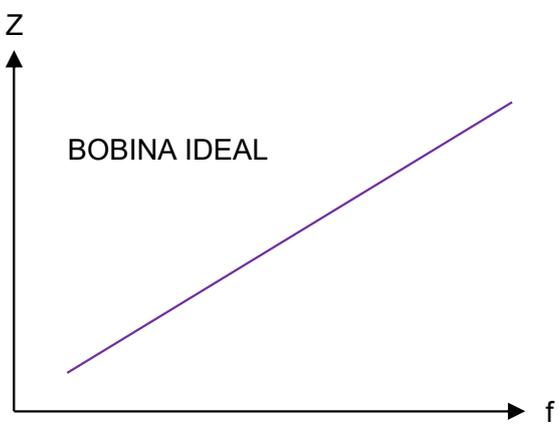
COMPORTAMIENTO DEL CONDENSADOR REAL EN FRECUENCIA A NIVEL DE IMPEDANCIA



Luego ya vemos que por encima de la frecuencia de autoresonancia, el comportamiento de un condensador real pasa a ser inductivo porque la impedancia de la parte capacitiva ya se redujo al mínimo y la de la parte inductiva (en serie) por pequeña que sea, adquiere importancia debido al aumento de la frecuencia.

¿SE PUEDE YA IMAGINAR LO QUE PASA CON LAS BOBINAS...?

COMPORTAMIENTO DE LA BOBINA REAL EN FRECUENCIA A NIVEL DE IMPEDANCIA



Luego ya vemos que por encima de la frecuencia de autoresonancia, el comportamiento de una bobina real pasa a ser capacitivo porque la parte inductiva ya llegó al máximo y la influencia de la parte capacitiva (en paralelo) por pequeña que sea, adquiere importancia debido al aumento de la frecuencia.

BIEN, ME SORPRENDE PERO ¿EN QUÉ ME PUEDE AFECTAR...?

PUES HABLANDO DE PERTURBACIONES DE ALTA FRECUENCIA, SI ESTAMOS POR ENCIMA DE ESA FRECUENCIA DE AUTORESONANCIA, EN TODO.

Cualquier inductancia intrínseca asociada a un cable, cualquier capacidad parásita cuando estamos hablando de perturbaciones no controladas de las que a priori no se sabe su frecuencia y pueden llegar a los MHz...

¿VA VIENDO EL PROBLEMA?

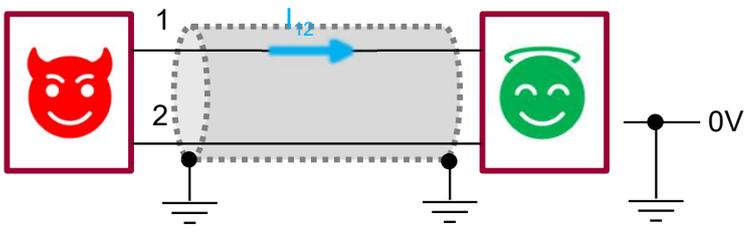
¡PONME UN EJEMPLO QUE AUN ASÍ NO TE CREO!

Pues venga, un clásico: una pantalla de un cable de una señal analógica puesta a tierra en un extremo o en los dos cuando un equipo "culpable" emite una perturbación conducida en modo diferencial.



CASO 1: AMBOS LADOS CON EL PLANO DE REFERENCIA A TIERRA

CORRIENTE DIFERENCIAL PERTURBADORA



Esa capacidad parásita C_p asociada a haber dejado flotante el lado derecho de la pantalla con respecto al plano de tierra juega un papel muy importante en el comportamiento del cable apantallado en función de la frecuencia de la perturbación conducida en modo diferencial.

Hasta el punto de que para frecuencias por debajo de la de autoresonancia interesa dejar flotante la pantalla en ese lado, pero por encima justamente lo contrario.

¿La pantalla se conecta en los dos lados o en uno?...

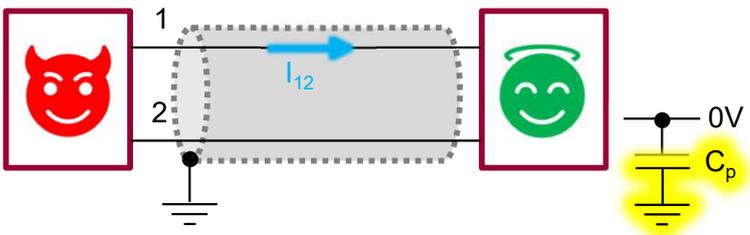
Depende...

¿De qué depende?...

De la frecuencia de la perturbación y de la de autoresonancia del sistema.

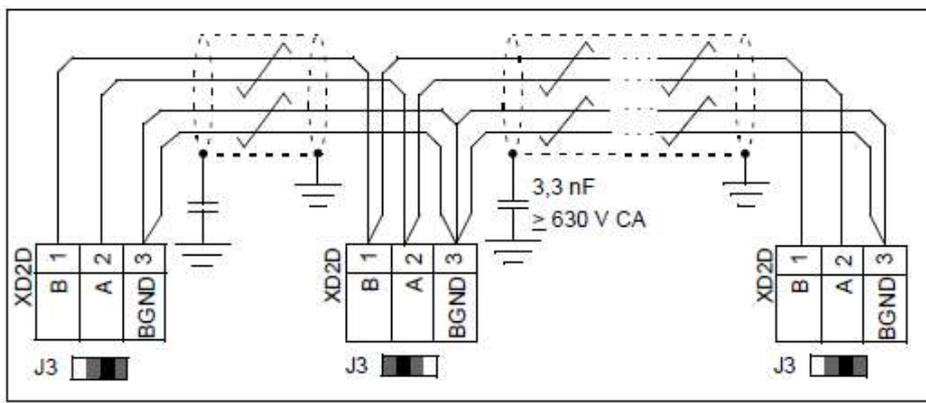
CASO 2: UN LADO FLOTANTE CON RESPECTO AL PLANO DE REFERENCIA A TIERRA

CORRIENTE DIFERENCIAL PERTURBADORA

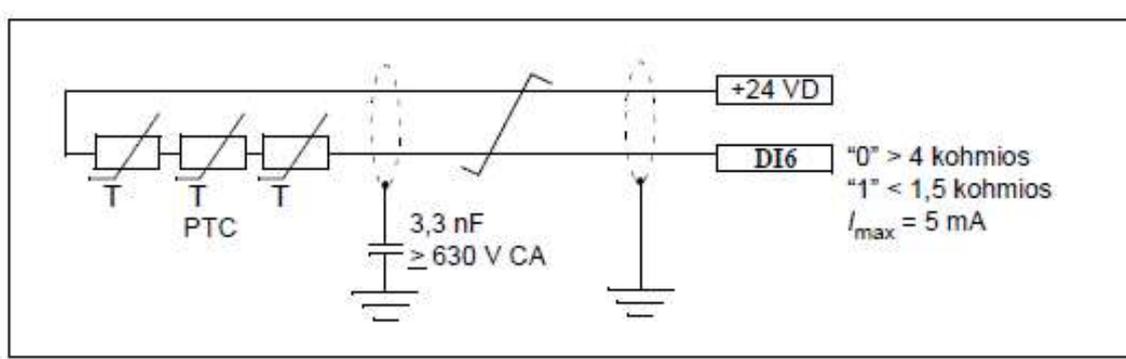


¡OTRO EJEMPLO MÁS, QUE NO ME ACABAS DE CREER!

Esta es la recomendación de un fabricante de variadores de primera línea para la tirada de cables de comunicaciones MODBUS RTU para hacer funciones de maestro/esclavo vía cable (el básico). Como ven, recomienda cable apantallado puesto a tierra pero en varios puntos sugiere la instalación de un condensador de 3'3 nF y 630 V entre la pantalla del cable y tierra. Iguales sugerencias se plantean para las analógicas y las digitales.



FUENTE: ABB ACS880-01 HARDWARE MANUAL



FUENTE: ABB ACS880-01 HARDWARE MANUAL



No conecte ambos extremos de la pantalla del cable directamente a tierra. Si no puede instalar un condensador en uno de los extremos, deje sin conectar ese extremo de la pantalla.

¡ABB nos está diciendo que mejor dejar un extremo flotante si no se puede poner ese condensador...!

Básicamente, si dejamos el extremo flotante lo que tendremos será una capacidad parásita del orden de 100 pF mientras que si colocamos el condensador que sugieren, lo que tendremos instalado entre pantalla y tierra será un paralelo entre la capacidad parásita y el condensador de 3'3 nF.

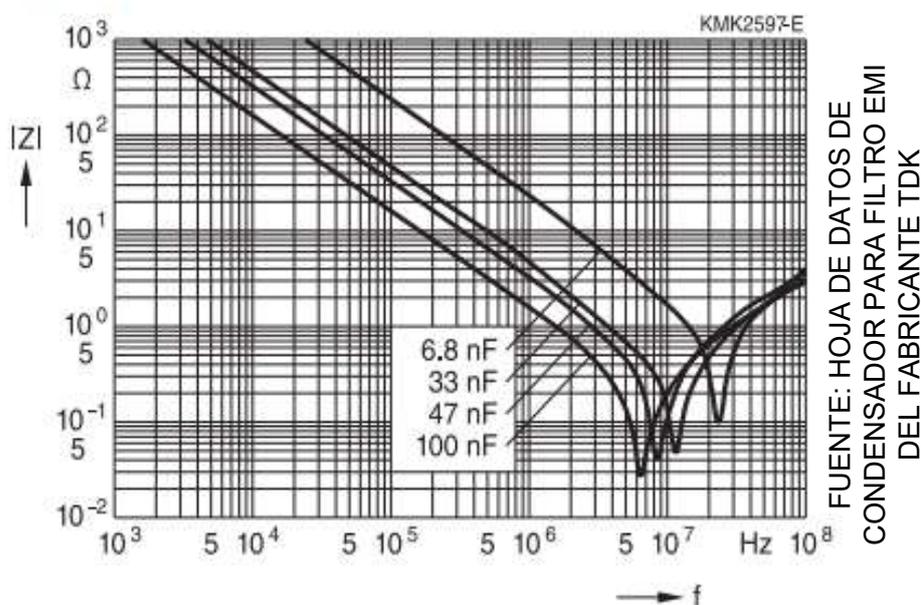
Si ponemos el condensador $C_{EQUIVALENTE} = 100 \cdot 10^{-12} + 3'3 \cdot 10^{-9}$ **sumando que se puede considerar despreciable.**
Si no lo ponemos serían esos 100 pF (empíricos).

La frecuencia de autoresonancia del condensador es

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Para un condensador de mercado de aproximadamente 3'3 nF y 630 V podemos tener una frecuencia de autoresonancia superior a 100 MHz por lo que seguimos asegurando un comportamiento adecuado como condensador siempre que las frecuencias de ruido estén por debajo de ese valor. Ahí es donde el fabricante sabe las frecuencias de ruido que se pueden esperar en base a su experiencia.

Impedance Z versus frequency (typical values)



No me voy a meter en más que lo que se dice en el título de este documento, y es la importancia que tiene la frecuencia en el comportamiento de los componentes básicos de los circuitos.

En una próxima publicación hablaremos de la realimentación que se produce entre la perturbación en modo común y en modo diferencial, en la que algo de esto tiene que ver.

Si desea contactar conmigo (Jose Carlos Álvarez Alonso) para hablar sobre su necesidad puede hacerlo en el 659 488 836 o enviándome un email a jcalvarez@rysel.es (insista o déjeme un mensaje si no le respondo porque a veces me pillan Ud. en obra y es difícil o imposible contestar al teléfono).

Estamos en Gijón, Principado De Asturias (esto es importante si va a requerir nuestros servicios).