



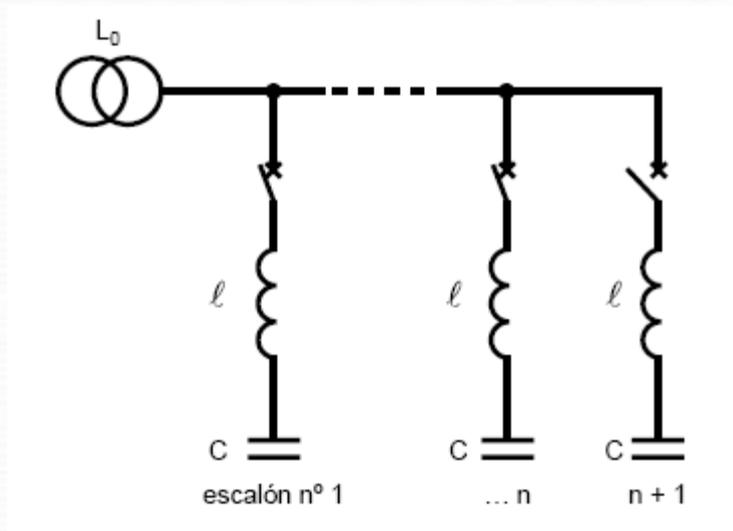
**APLICACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE
TRANSITORIOS ELECTROMAGNÉTICOS
A LA ESPECIFICACIÓN DE EQUIPOS**

PARTE 3



MANIOBRA DE BANCOS DE CONDENSADORES

ESQUEMA TÍPICO:



- División en “pasos” para evitar saltos de tensión excesivos
- Disyuntores especiales
- Reactores de choque para limitar las corrientes de energización

ESTUDIOS DE TRANSITORIOS ELECTROMAGNÉTICOS ASOCIADOS A LA MANIOBRA DE BANCOS DE CONDENSADORES:

- Energización del primer paso.**
- Energización “back to back”**
- Cortocircuitos cercanos**
- Apertura del paso**

MODELO DEL SISTEMA

Modelos típicos de estudios de sobretensiones de maniobra:

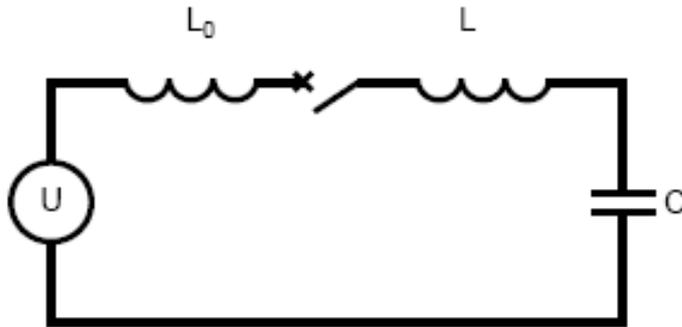
-Sistema externo: 2 barras atrás del banco de condensadores

-Disyuntor: llave ideal

-Elementos del banco: parámetros concentrados

-Se incluyen eventualmente las inductancias de las conexiones internas con modelo de parámetros concentrados (valor típico: 1 $\mu\text{H/m}$)

ENERGIZACIÓN DEL PRIMER PASO

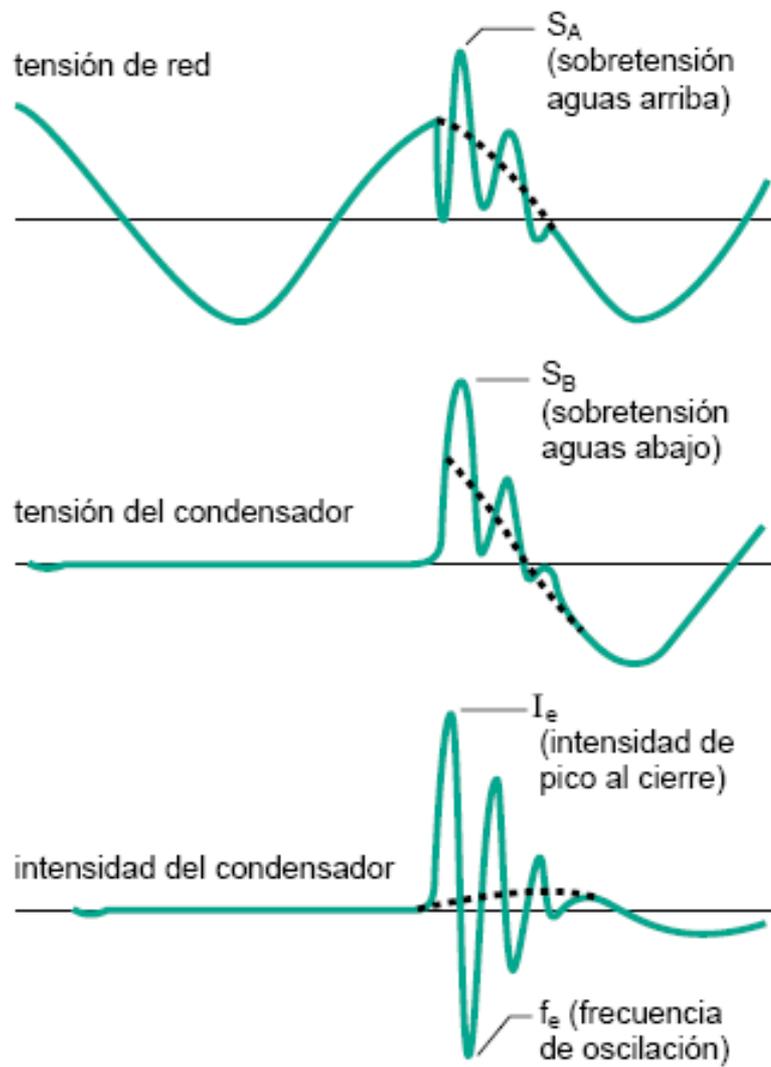


$$L \ll L_0$$

-Descripción cualitativa de la maniobra:

-Si el capacitor está inicialmente descargado, el cierre del disyuntor impone inicialmente un cortocircuito

-En los instantes siguientes la tensión del capacitor tiende a igualarse a la de la fuente, con “overshoots” durante el transitorio.



Fórmulas simplificadas para la corriente y frecuencia de energización (“inrush”):

$$I_e = \sqrt{2/3} \cdot U \sqrt{C/L_0}$$

$$f_e = 1/(2\pi) / \sqrt{C \cdot L_0}$$

Sobretensión de energización teórica: 2 p.u

Utilización de los valores calculados para el diseño de la instalación:

Corriente de inrush: disyuntor y también condensadores si hay un sólo paso

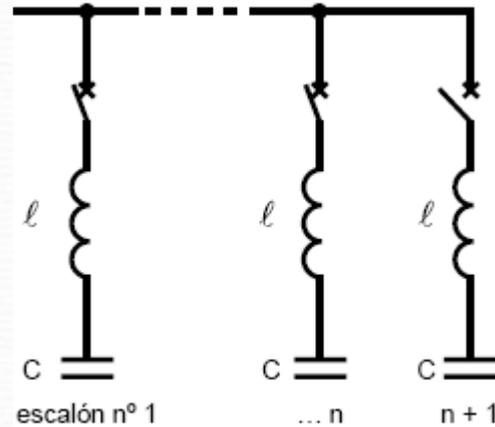
Frecuencia de inrush: Disyuntor

Sobretensión: Nivel de aislación a las sobretensiones de maniobra de toda la instalación.

Características particulares de la simulación:

-Escenario de alta tensión de premaniobra: falta fase-tierra

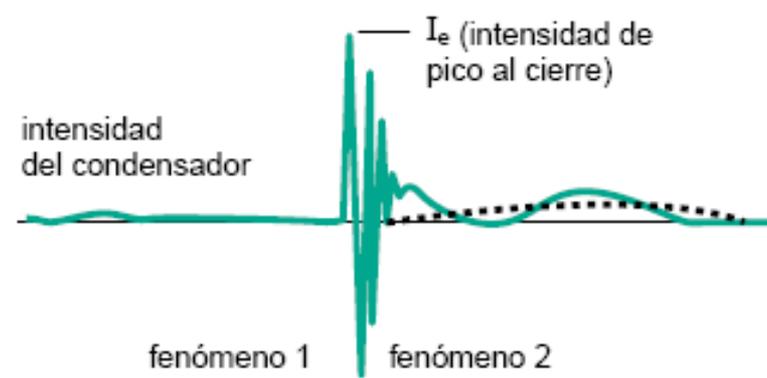
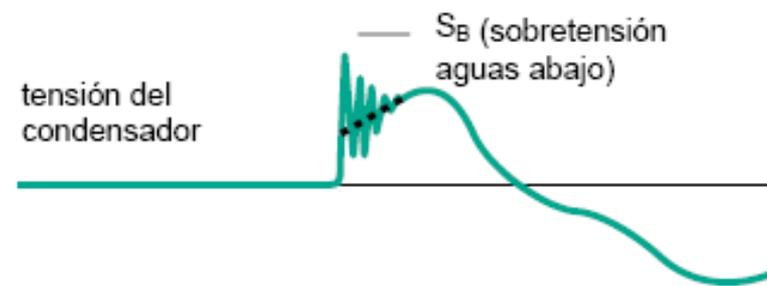
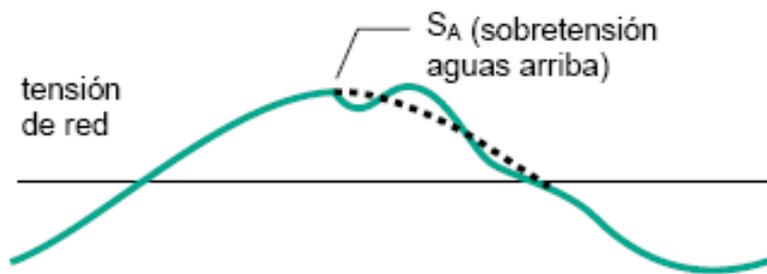
ENERGIZACIÓN BACK TO BACK



-Descripción cualitativa de la maniobra:

-Si el paso “n+1” está inicialmente descargado, el cierre del disyuntor impone inicialmente un cortocircuito, sobre el cuál descargan la red y los restantes bancos (corriente de “inrush” mayor que en el caso de energización del primer paso).

-En los instantes siguientes la tensión del capacitor tiende a igualarse a la del sistema, con “overshoots” durante el transitorio. Los pasos conectados tienden a limitar el overshoot (tensión de maniobra menor que en el caso de energización del primer paso)



Fórmulas simplificadas para la corriente y frecuencia de energización (“inrush”):

$$I_{\text{btb}} = n / (n + 1) \cdot \sqrt{2/3} \cdot U \sqrt{C / \ell}$$

$$f_{\text{btb}} = 1 / (2\pi) / \sqrt{C \cdot \ell}$$

Estas fórmulas simplificadas valen si se desprecia el aporte de corriente de la red externa.

Esta situación se da si la descarga de los restantes pasos es muy rápida: los picos de corriente de la red externa (“fenómeno 2”) y de los restantes pasos (“fenómeno 1”) no se superponen.

Como la frecuencia del “fenómeno 2” es la de la fórmula simplificada para la energización del primer paso, esta situación se da, por lo tanto, si:

$$f_{\text{btb}} \gg f_e$$

Utilización de los valores calculados para el diseño de la instalación:

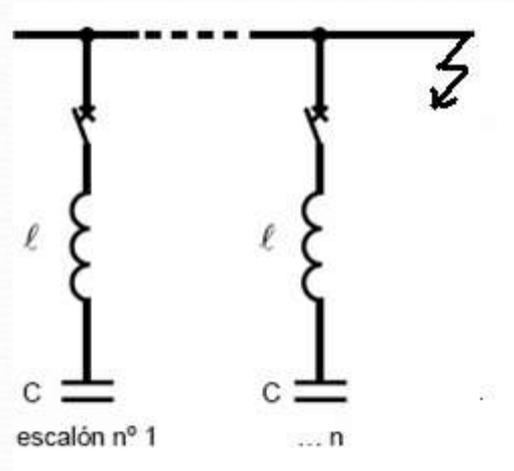
Corriente de inrush: disyuntor ,condensadores, reactor de choque

Frecuencia de inrush: Disyuntor

Table 5 – Preferred values of rated capacitive switching currents

Rated voltage	Line	Cable	Single capacitor bank	Back-to-back capacitor bank		
	Rated line-charging breaking current	Rated cable-charging breaking current	Rated single capacitor bank breaking current	Rated back-to-back capacitor bank breaking current	Rated back-to-back capacitor bank inrush making current	Frequency of the inrush current
U_r kV, r.m.s.	I_l A, r.m.s.	I_c A, r.m.s.	I_{sb} A, r.m.s.	I_{bb} A, r.m.s.	I_{bl} kA, peak	f_{bl} Hz
3,6	10	10	400	400	20	4 250
4,76	10	10	400	400	20	4 250
7,2	10	10	400	400	20	4 250
8,25	10	10	400	400	20	4 250
12	10	25	400	400	20	4 250
15	10	25	400	400	20	4 250
17,5	10	31,5	400	400	20	4 250
24	10	31,5	400	400	20	4 250
25,8	10	31,5	400	400	20	4 250
36	10	50	400	400	20	4 250
38	10	50	400	400	20	4 250
48,3	10	80	400	400	20	4 250
52	10	80	400	400	20	4 250
72,5	10	125	400	400	20	4 250

CORTOCIRCUITOS CERCANOS



-Descripción cualitativa de la maniobra:

Los capacitores cargados y la red externa descargan sobre la falta (corriente de “outrush”)

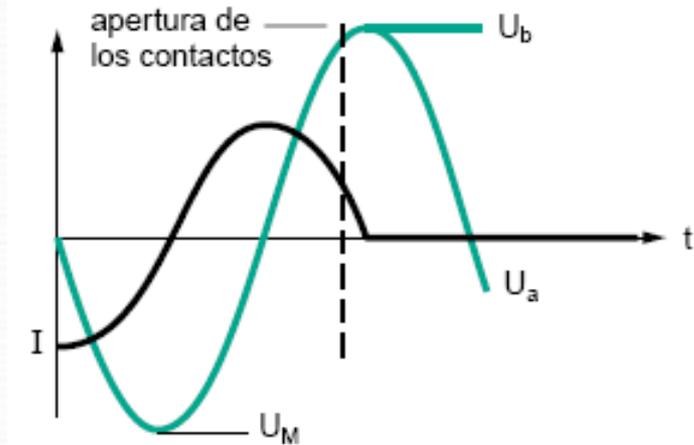
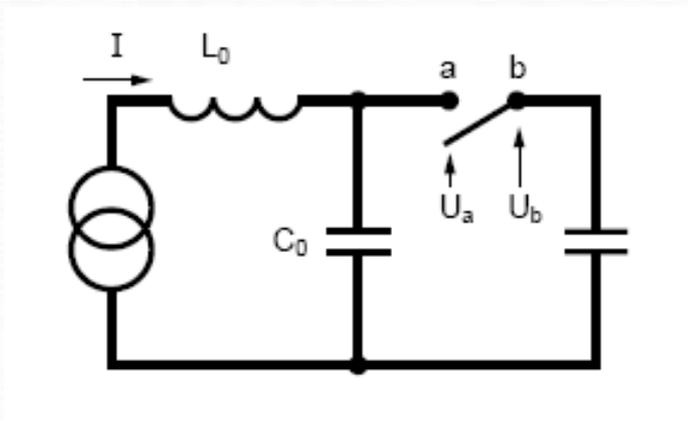
Cualitativamente es un fenómeno similar a la energización “back to back”

Utilización de los valores calculados para el diseño de la instalación:

Corriente de outrush: disyuntor ,condensadores, reactor de choque, disyuntores de líneas adyacentes al banco.

Frecuencia de outrush: reactor de choque

APERTURA DEL PASO



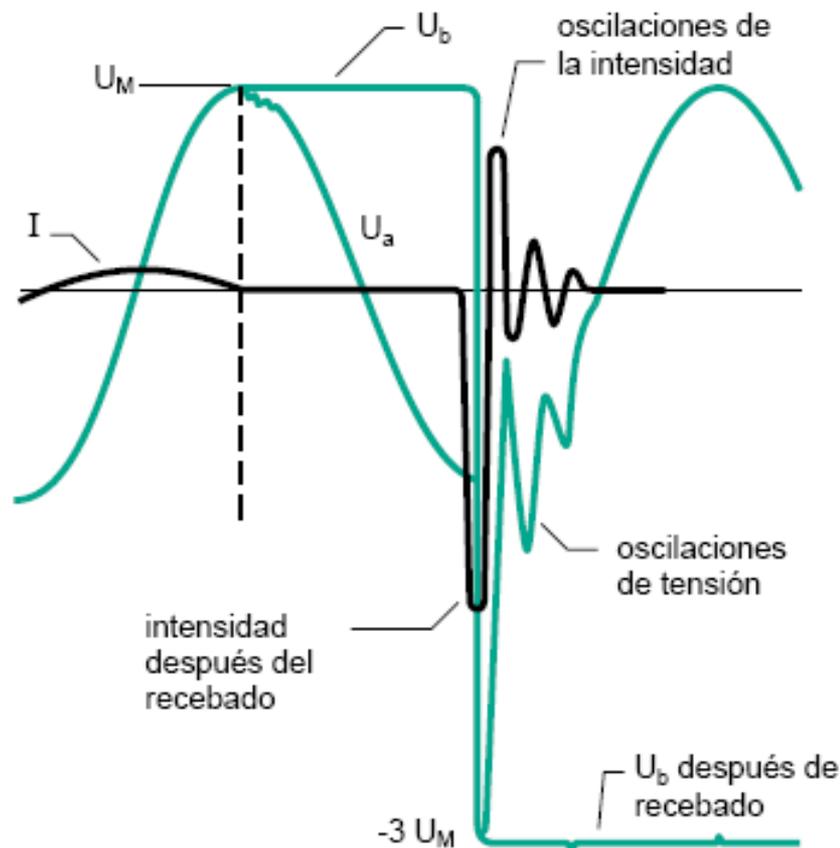
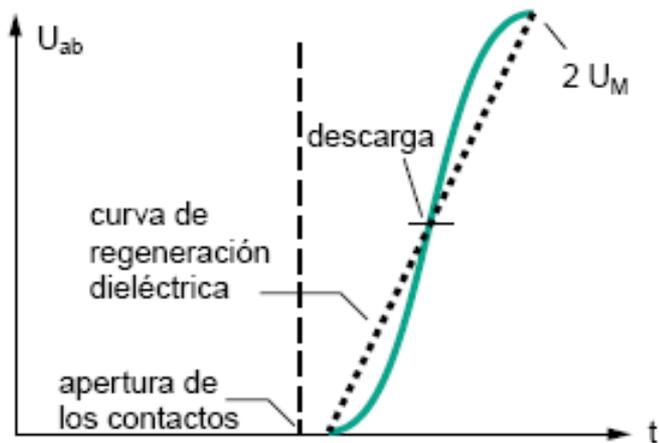
-Descripción cualitativa de la maniobra:

-Cuando el disyuntor abre, del lado del paso queda “atrapada” una tensión \approx valor de pico de la tensión de fuente.

(Corriente nula \rightarrow tensión máxima)

-Medio ciclo después, al invertirse la tensión de fuente, la tensión entre bornes del disyuntor pasa a ser \approx el doble de la tensión de preapertura.

Si la rigidez dieléctrica entre los contactos no se recupera suficientemente rápido puede ocurrir un recebado.



Utilización de los valores calculados para el diseño de la instalación:

Tensión entre contactos (TTR): disyuntor

Tensión durante recebado: todos los equipos (*)

Características particulares de la simulación:

-Escenario de alta tensión de premaniobra: falta fase-tierra, rechazo de carga

(*) La tensión durante el recebado sólo se analiza en casos particulares en que se presume que el disyuntor es propenso a reencender o recebar. En estos casos las sobretensiones obtenidas suelen ser de frente rápido (se comparan con el BIL)

CARACTERÍSTICAS DE LAS SIMULACIONES

-Energizaciones estadísticas (100 maniobras)

-Cortocircuitos sistemáticos (20 puntos de la onda de tensión)

APLICACIÓN DE LOS ESTUDIOS A LA ESPECIFICACIÓN DE EQUIPOS

<u>Equipo</u>	<u>Parámetro a definir</u>	<u>Caso crítico habitual</u>
Todos	Nivel de aislación maniobra	Energización banco aislado, con falta f-t
Todos	Nivel de aislación, impulso	Reencendido durante apertura
Condensadores	Corriente por operaciones de maniobra	Energización back-to-back
Condensadores	Corriente de "outrush"	Falta cercana
Reactor de choque	Corriente de "inrush" nominal	Falta cercana
Reactor de choque	Inductancia	Falta cercana

<u>Equipo</u>	<u>Parámetro a definir</u>	<u>Caso crítico habitual</u>
Disyuntor paso	Poder de cierre	Falta en bornes del disyuntor, todos los bancos en servicio
Disyuntor paso	Corriente y frecuencia de “inrush”	Energización
Disyuntor paso	TRT de apertura	Apertura
Disyuntor sección adyacente	Poder de cierre	Falta en sección adyacente

Nota Ver en los apuntes los estudios que se hacen para transformadores de corriente en los casos en que alimentan equipos secundarios de alta inductancia