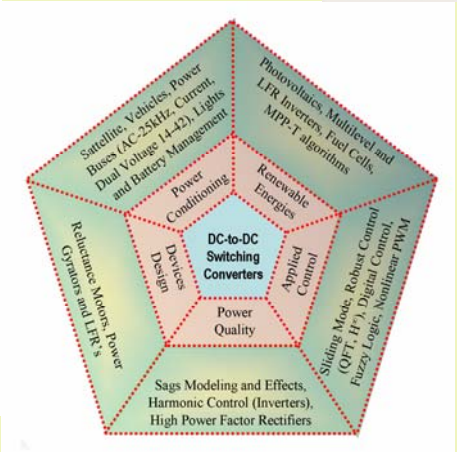
CONTROL DE CONVERTIDORES CONMUTADOS EN MODO DE DESLIZAMIENTO

L. MARTINEZ SALAMERO

UNIVERSIDAD ROVIRA I VIRGILI, TARRAGONA

Actividades de Investigación

GAEI Grup d'Automàtica i Electrònica Industrial

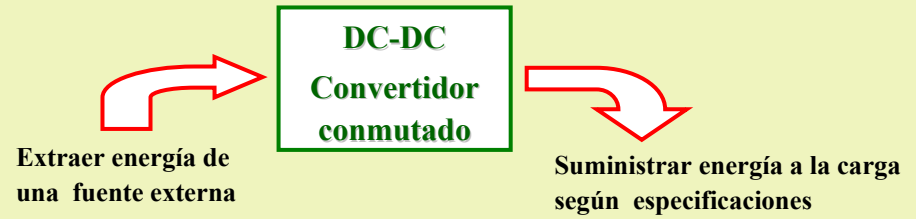


INDICE

I. INTRODUCCIÓN
II. CONTROL EN MODO DESLIZANTE
III. REGULACIÓN DE TENSIÓN BASADA EN PWM
IV. SIMULACIÓN Y RESULTADOS EXPERIMENTALES
V. SÍNTESIS DE ELEMENTOS CANÓNICOS PARA PROCESADO DE ENERGÍA
VI. CONCLUSIONES Y APLICACIONES FUTURAS

❑ *INTRODUCCIÓN*

- **Especificaciones Generales de un convertidor**



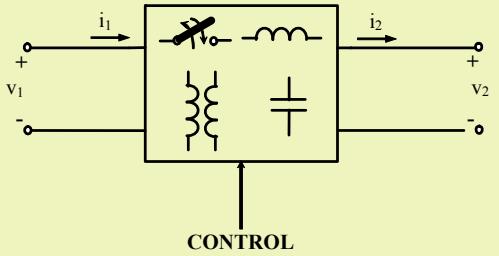
- Batería
- Panel PV
- Rectificador AC-DC
- Pila de Combustible

- Consumo constante y valores estrictos de tensión de salida (Instrumentación)
- Consumo pulsante (alimentación de láseres)
- Consumo variable (alimentación de motores)

❑ *INTRODUCCIÓN*

❑ CONVERTIDORES CC-CC COMO VSS

Cambio cíclico de topología:
Secuencia repetitiva de 2 o 3 configuraciones circuitales .



LOS CONVERTIDORES CONMUTADOS CC-CC SON SISTEMAS DE ESTRUCTURA VARIABLE

❑ *INTRODUCCIÓN*

CARACTERÍSTICAS ELECTRÓNICAS BASICAS DE UN SISTEMA PROCESADOR DE POTENCIA

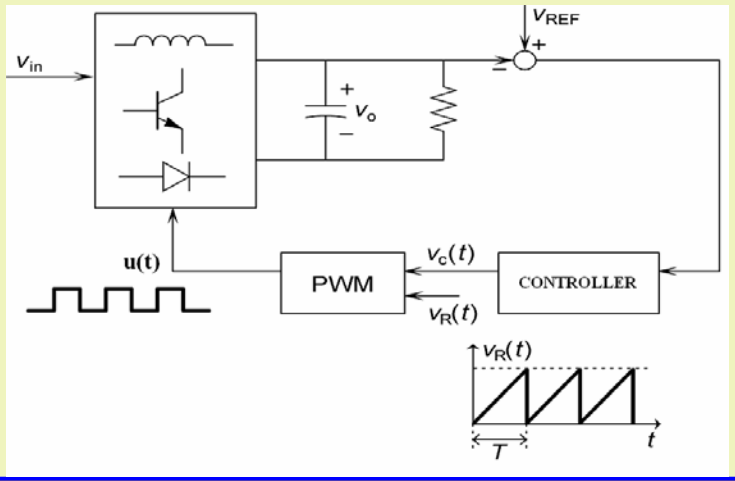
1) REGULACIÓN DE TENSIÓN
2) TRANSFERENCIA MAXIMA DE POTENCIA
3) CAPACIDAD DE ASOCIACIÓN
4) GENERACIÓN DE SEÑALES DE POTENCIA

EN ESTE SEMINARIO NOS CENTRAREMOS EN LA REGULACIÓN DE TENSIÓN

- REVISANDO EL ESTADO DEL ARTE BASADO EN SISTEMAS PWM
- COMPARANDO LOS SISTEMAS PWM CON LOS QUE EMPLEAN CONTROL DESLIZANTE
- ILUSTRANDO EL DISEÑO DE UN CONTROL DESLIZANTE EN CASACADA EN UN CONVERTIDOR “BOOST”

❑ REGULACIÓN DE TENSIÓN BASADA EN PWM

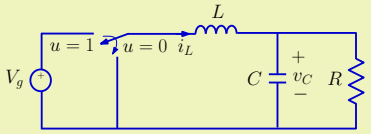
• DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN REGULADOR CONMUTADO BASADO EN PWM



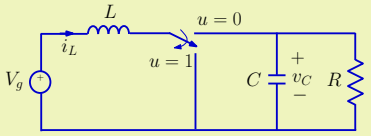
❑ REGULACIÓN DE TENSIÓN BASADA EN PWM

• MODELO DE PEQUEÑA SEÑAL DE BAJA FRECUENCIA

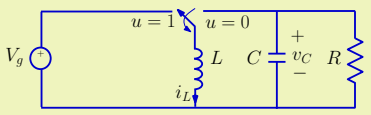
TRES CONVERTIDORES BASICOS CC-CC



"BUCK" $\frac{V_C}{V_G} = D$



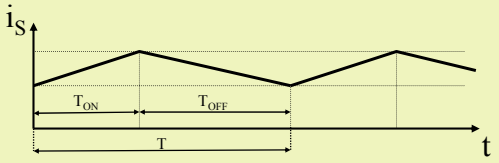
"BOOST" $\frac{V_C}{V_G} = \frac{1}{1-D}$



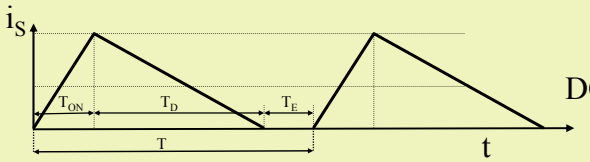
"BUCK-BOOST" $\frac{V_C}{V_G} = \frac{-D}{1-D}$

❑ *REGULACIÓN DE TENSIÓN BASADA EN PWM*

- **MODELO DE PEQUEÑA SEÑAL DE BAJA FRECUENCIA**
  - **MODOS DE CONDUCCIÓN**



CCM

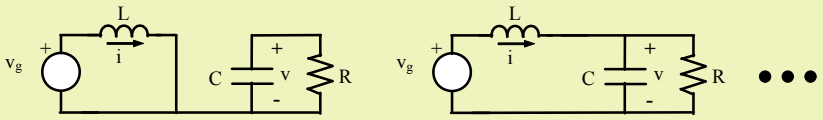


DCM

❑ *REGULACIÓN DE TENSIÓN BASADA EN PWM*

- **MODELO DE PEQUEÑA SEÑAL DE BAJA FRECUENCIA**
  - **CCM**

SECUENCIA REPETITIVA DE DOS CONFIGURACIONES DE CIRCUITO



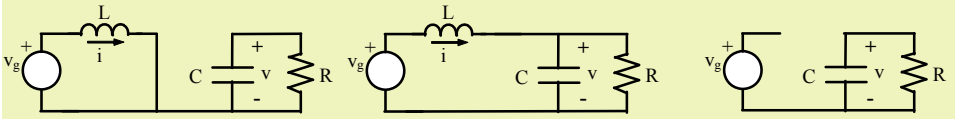
$$0 \le t \le T_{ON} \qquad T_{ON} \le t \le T$$

$$\dot{x} = A_1 x + B_1 \qquad \dot{x} = A_2 x + B_2$$

❑ REGULACIÓN DE TENSIÓN BASADA EN PWM

- **MODELO DE PEQUEÑA SEÑAL DE BAJA FRECUENCIA**
  - **DCM**

SECUENCIA REPETITIVA DE TRES CONFIGURACIONES DE CIRCUITO

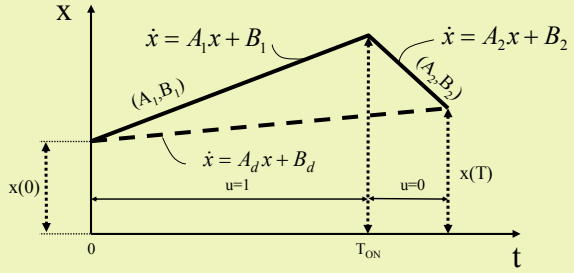


$$0 \le t \le T_{ON} \qquad T_{ON} \le t \le T_{ON} + T_D \qquad T_{ON} + T_D \le t \le T$$

$$\dot{x} = A_1 x + B_1 \qquad \dot{x} = A_2 x + B_2 \qquad \dot{x} = A_3 x + B_3$$

❑ REGULACIÓN DE TENSIÓN BASADA EN PWM

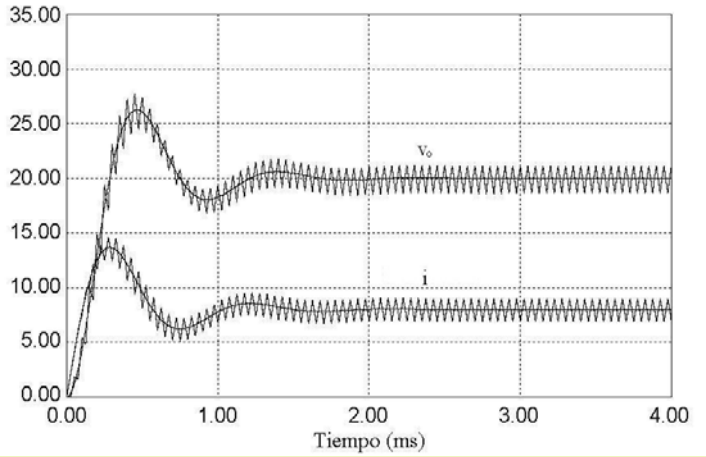
- **MODELO DE PEQUEÑA SEÑAL DE BAJA FRECUENCIA**
  - **PROMEDIADO**



$$\frac{x(T) - x(0)}{T} = A_d x + B_d$$

Middlebrook, R. D., and Cuk S., "A General Unified Approach to Modelling Switching-Converter Power Stages", 1976 IEEE PESC Record pp 18-34

RESPUESTA EN LAZO ABIERTO DE UN CONVERTIDOR CONMUTADO CC-CC. COMPORTAMIENTOS PROMEDIADO Y DE ALTA FRECUENCIA



❑ *REGULACIÓN DE TENSIÓN BASADA EN PWM*

- **MODELO DE PEQUEÑA SEÑAL DE BAJA FRECUENCIA**
  - **PROMEDIADO**

CCM

$$\dot{x} = A_1 x + B_1 \qquad t_{0k} < t < t_{0k} + t_{ON}$$

$$\dot{x} = A_2 x + B_2 \qquad t_{0k} + t_{ON} < t < t_{0k} + T$$

Modelo dinámico promediado

$$\dot{x} = A_d x + B_d \qquad t_{0k} < t < t_{0k} + T$$

donde

$$A_d = A_1 d + A_2 (1-d) \qquad B_d = B_1 d + B_2 (1-d)$$

con

$$d = \frac{t_{ON}}{T}$$

❑ REGULACIÓN DE TENSIÓN BASADA EN PWM

• **MODELO DE PEQUEÑA SEÑAL DE BAJA FRECUENCIA**

▪ **PROMEDIADO**

CCM

Régimen estacionario

$$X_{SS} = -A_{dSS}^{-1} B_{dSS}$$

donde

$$A_{dSS} = A_1 D + A_2 D'$$

$$B_{dSS} = B_1 D + B_2 D'$$

y

$$D = \frac{T_{ON}}{T} \; (Steady - state)$$

$$D' = 1 - D$$

❑ REGULACIÓN DE TENSIÓN BASADA EN PWM

• **MODELO DE PEQUEÑA SEÑAL DE BAJA FRECUENCIA**

▪ **PROMEDIADO**

CCM

Modelo dinámico

$$\dot{\hat{x}} = A_{dSS}\hat{x} + B_{dSS}\frac{1}{V_g}\hat{v}_g + [(A_1 - A_2)X_{SS} + B_{1SS} - B_{2SS}]\hat{d} + B_p\hat{i}_O$$

• $\hat{x}$ y $\hat{d}$ son variaciones superpuestas a X y D respectivamente

• $\hat{v}_g$ e $\hat{i}_o$ representan perturbaciones de tensión de entrada y de corriente de carga respectivamente

• $B_P = [0 \quad 1/C]^t$

❑ REGULACIÓN DE TENSIÓN BASADA EN PWM

• MODELO DE PEQUEÑA SEÑAL DE BAJA FRECUENCIA

▪ PROMEDIADO

CCM

Tabla 1. Funciones de transferencia

$G_g(s)=\left.\frac{\hat{V}_C(s)}{\hat{V}_g(s)}\right\vert_{\substack{\hat{d}(s)=0\\ \hat{i}_O(s)=0}} \equiv$	**Función de transferencia entrada-salida**
$G(s)=\left.\frac{\hat{V}_C(s)}{\hat{D}(s)}\right\vert_{\substack{\hat{v}_g(s)=0\\ \hat{i}_O(s)=0}} \equiv$	**Función de transferencia salida-control**
$Z_O(s)=\left.\frac{\hat{V}_C(s)}{\hat{I}_O(s)}\right\vert_{\substack{\hat{v}_g(s)=0\\ \hat{d}(s)=0}} \equiv$	**Impedancia de salida**
$M(s)=\left.\frac{\hat{D}(s)}{\hat{V}_{ctrl}(s)}\right\vert_{\substack{\hat{v}_g(s)=0\\ \hat{i}_O(s)=0}} \equiv$	**Función descriptiva del modulador PWM (Middlebrook, 1981)**
$G_C(s)=\left.\frac{\hat{V}_{ctrl}(s)}{\hat{E}(s)}\right\vert_{\substack{\hat{v}_g(s)=0\\ \hat{i}_O(s)=0}} \equiv$	**Función de transferencia del controlador**

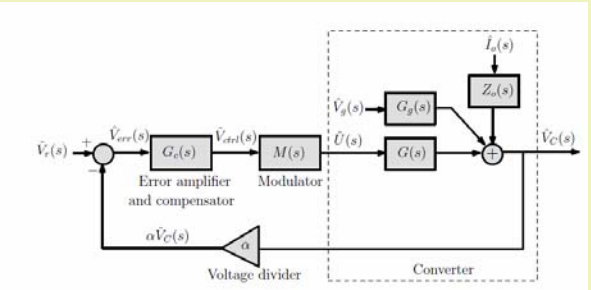
❑ REGULACIÓN DE TENSIÓN BASADA EN PWM

• MODELO DE PEQUEÑA SEÑAL DE BAJA FRECUENCIA

▪ PROMEDIADO

CCM

MODELO DINÄMICO DE UN REGULADOR CONMUTADO CC-CC



❑ *REGULACIÓN DE TENSIÓN BASADA EN PWM*

• **MODELO DE PEQUÑA SEÑAL DE BAJA FRECUENCIA**

▪ **PROMEDIADO**

CCM

DISEÑO DEL CONTROLADOR ($G_C(s)$): Técnicas basadas en Bode y Nyquist

▪ **G(s) es una función de transferencia de fase mínima ⇒ control en modo de tensión**

▪ **G(s) es una función de transferencia de fase no mínima⇒ control en modo de corriente**

▪ **Alto grado de estandarización**

▪ **Chips analógicos específicos que aseguran buen margen de fase , amplio ancho de banda y error de seguimiento nulo en régimen estacionario a tensiones de referencia de tipo escalón .**

▪ **Control en cascada en el caso de control en modo de corriente :**

- **Un lazo interno para controlar la dinámica del inductor**
- **Un lazo externo para establecer la referencia del lazo interno y regular la tensión de salida**
- **Necesidad de una rampa externa adicional para compensar la inestabilidad intríseca del lazo interno para ciclos de trabajo superiores al 50%**

❑ *CONTROL EN MODO DE DESLIZAMIENTO*

• **CONTROL EQUIVALENTE**

▪ **LOS CONTROLADORES CLÁSICOS BASADOS EN PWM SON DISEÑADOS UTILIZANDO FUNCIONES DE TRANSFERENCIA LINEALES OBTENIDAS DESPUÉS DE LINEALIZAR UN SISTEMA NO LINEAL CON ENTRADA DE CONTROL DISCONTINUO.**

PARA ESTE TIPO DE SISTEMAS LA MANERA NATURAL DE TRATAR EL DISEÑO DEL CONTROLADOR ES UTILIZAR LA TEORÍA DE CONTROL EN MODO DE DESLIZAMIENTO DEBIDO A LA NATURALEZA COMUTATIVA DE ESTOS SISTEMAS .

▪ **LAS ECUACIONES DEL CONVERTIDOR PUEDE ESCRIBIRSE ASÍ:**

$$\dot{x} = A_1 x + B_1 \quad for \quad u = 1$$
$$\dot{x} = A_2 x + B_2 \quad for \quad u = 0$$

EN FORMA COMPACTA

$$\dot{x} = A_2 x + B_2 + [(A_1 - A_2)x + (B_1 - B_2)]u$$

❑ CONTROL EN MODO DE DESLIZAMIENTO

• **CONTROL EQUIVALENTE**

Definiendo

$$A = A_2, \quad \delta = B_2, \quad B = A_1 - A_2, \quad \gamma = B_1 - B_2$$

se obtiene la siguiente descripción bilineal

$$\dot{x} = (Ax + \delta) + (Bx + \gamma)u = f(t, x, u)$$

Denominamos

$f^+ = f(t, x, u^+)$ **al campo vectorial correspondiente a** $u=u^+$
(trayectoria por encima de la superficie deslizante)

De forma similar, $f^- = f(t, x, u^-)$ **corresponde a** $u=u^-$
(trayectoria por debajo de la superficie deslizante)

u^+ **es 1 o 0 y** u^- **es el complementario de** u^+

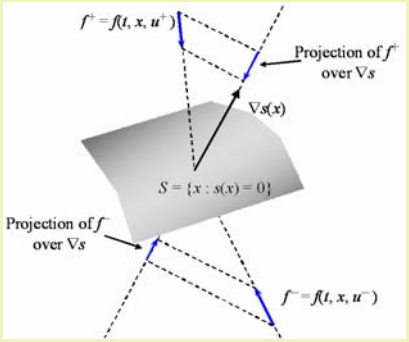
❑ CONTROL EN MODO DE DESLIZAMIENTO

• **CONTROL EQUIVALENTE**

HABRÁ UN MODO DESLIZANTE SI LAS PROYECCIONES DE LOS CAMPOS VECTORIALES f^+ Y f^- SON DE SIGNO OPUESTO Y APUNTAN HACIA LA SUPERFICIE S DEFINIDA POR $S=\{x: s(x)=0\}$

$$\lim_{s \to 0^+} \langle \nabla s, f^+ \rangle < 0$$

$$\lim_{s \to 0^-} \langle \nabla s, f^- \rangle > 0$$



❑ CONTROL EN MODO DE DESLIZAMIENTO

• **CONTROL EQUIVALENTE**

DINÁMICA IDEAL DESLIZANTE

$$\begin{aligned} s(x) &= 0 \\ \langle \nabla s, f(t,x,u_{eq}) \rangle &= 0 \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad \frac{ds}{dt} = 0$$

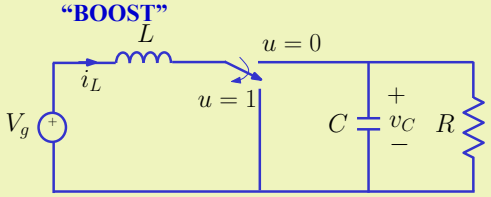
$$\langle \nabla s, (Ax+\delta) + (Bx+\gamma)u_{eq} \rangle = 0$$

$$u_{eq} = -\frac{\langle \nabla s, Ax+\delta \rangle}{\langle \nabla s, Bx+\gamma \rangle}$$

$$\langle \nabla s, Bx+\gamma \rangle \neq 0 \qquad \textbf{(Condición de transversalidad)}$$

❑ CONTROL EN MODO DE DESLIZAMIENTO

• **METODOLOGÍA DE DISEÑO DEL CONTROL EN CASCADA. EJEMPLO "BOOST"**



$$\frac{di_L}{dt} = -\frac{v_C}{L}(1-u) + \frac{V_g}{L}$$

$$\frac{dv_C}{dt} = \frac{i_L}{C}(1-u) - \frac{v_C}{RC}$$

i) $\quad s = V_{ref} - v_C \qquad (V_{ref} > 0)$

ii) $\quad s = I_{ref} - i_L \qquad (I_{ref} > 0)$

❑ CONTROL EN MODO DE DESLIZAMIENTO

• METODOLOGÍA DE DISEÑO DEL CONTROL EN CASACADA. EJEMPLO "BOOST"

i) $s = V_{ref} - v_C$ ⇒ $\dfrac{di_L}{dt} = \dfrac{V_g}{L} - \dfrac{V_{ref}^{\,2}}{LRi_L}$

que tiene un punto de equilibrio inestable $I_L = \dfrac{V_{ref}^{\,2}}{V_g R}$

ii) $s = I_{ref} - i_L$

existe deslizamiento en la región $v_C > V_g > 0$

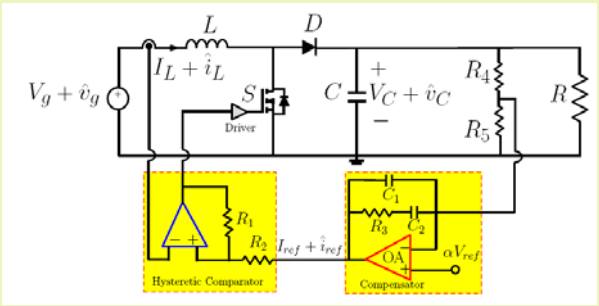
$$\frac{dv_C}{dt} = -\frac{v_C}{RC} + \frac{V_g I_{ref}}{v_C C}$$

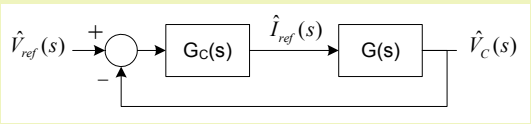
tiene un punto de equilibrio $V_C = \sqrt{V_g R I_{ref}}$

que es estable.

❑ CONTROL EN MODO DE DESLIZAMIENTO

• METODOLOGÍA DE DISEÑO DEL CONTROL EN CASACADA.
•EJEMPLO "BOOST". RED COMPENSADORA





❑ CONTROL EN MODO DE DESLIZAMIENTO

• METODOLOGIA DE DISEÑO DEL CONTROL EN CASCADA. EJEMPLO "BOOST". RED COMPENSADORA

$$\frac{d\hat{v}_C}{dt} = a\hat{v}_C + b_1\hat{i}_{ref} + b_2\frac{d\hat{i}_{ref}}{dt} + b_3\hat{v}_g$$

$$a = -\frac{2}{RC},\ b_1 = \frac{V_g}{V_{ref}C}, b_2 = -\frac{V_{ref}L}{V_gRC},\ b_3 = \frac{V_{ref}}{V_gRC}$$

$$G(s) = \frac{\hat{V}_C(s)}{\hat{I}_{ref}(s)} = \frac{b_2 s + b_1}{s - a}$$

$$G_C(s) = K_C\left(\frac{s+z}{s}\right)\left(\frac{p}{s+p}\right) \qquad K_C = \frac{R_3C_2}{R_4(C_1+C_2)} \qquad z = \frac{1}{R_3C_2}$$

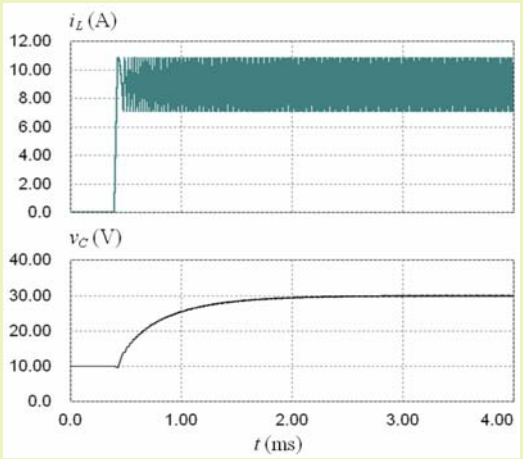
$$\alpha = \frac{R_5}{R_4+R_5} \qquad p = \frac{C_1+C_2}{R_3C_1C_2}$$

DISEÑO SIMPLIFICADO:

$$z = -a \qquad p = \frac{-b_1}{b_2} \quad \Rightarrow \quad 0 < K_C < \frac{-1}{b_2}$$ **para estabilidad**

❑ CONTROL EN MODO DE DESLIZAMIENTO

• METODOLOGÍA DE DISEÑO DEL CONTROL EN CASCADA. EJEMPLO "BOOST" . RESULTADOS DE SIMULACIÓN. START-UP

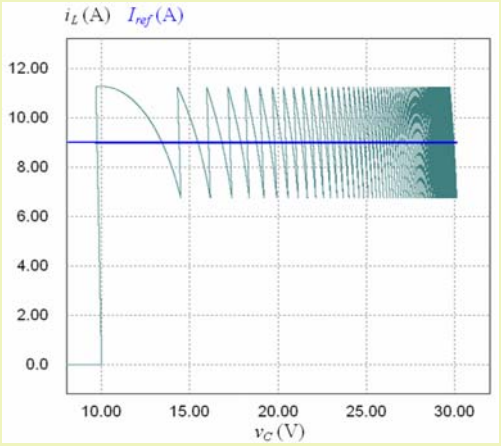


Parameters:
Vg= 10 V
L=29 mH
C= 100 mF
R= 10 Ω

$v_C(0) = Vg$
$i_L(0) = 0$ A

❑ CONTROL EN MODO DE DESLIZAMIENTO

• METODOLOGÍA DE DISEÑO DEL CONTROL EN CASCADA. EJEMPLO "BOOST". RESULTADOS DE SIMULACIÓN. ARRANQUE (PLANO DE FASE)

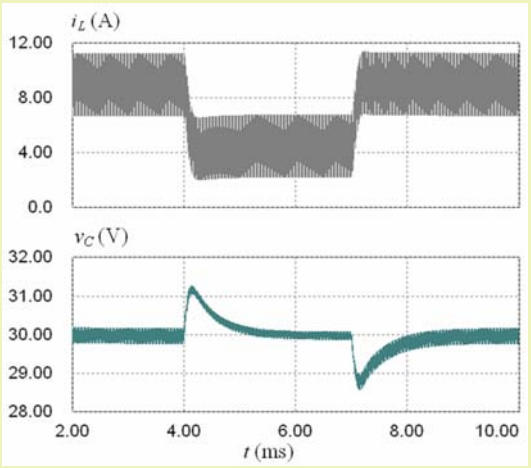


Parameters:
Vg= 10 V
L=29 mH
C= 100 mF
R= 10 Ω

$v_C(0) = Vg$
$i_L(0) = 0$ A

❑ CONTROL EN MODO DE DESLIZAMIENTO

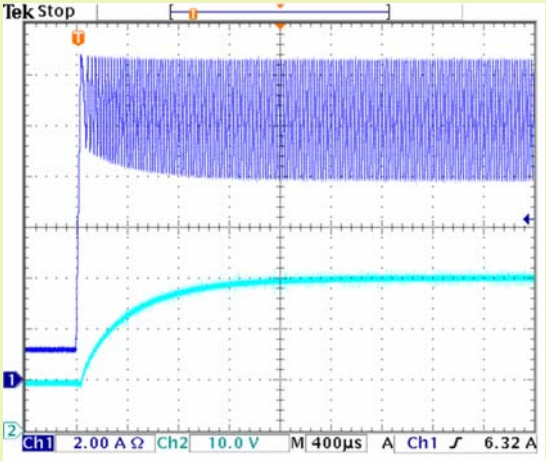
• METODOLOGÍA DE DISEÑO DEL CONTROL EN CASCADA. EJEMPLO "BOOST". RESULTADOS DE SIMULACIÓN. RESPUESTA A UNA PERTURBACIÓN DE CARGA



Parameters:
Vg= 10 V
L=29 mH
C= 100 mF
R= 10 Ω

❑ *CONTROL EN MODO DE DESLIZAMIENTO*

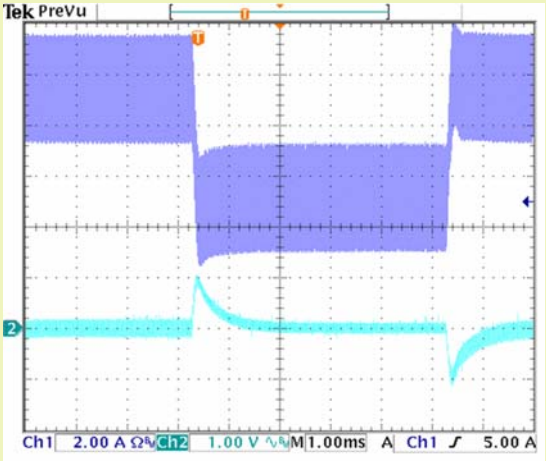
• **METODOLOGÍA DE DISEÑO DEL CONTROL EN CASCADA. EJEMPLO "BOOST". RESULTADOS EXPERIMENTALES. ARRANQUE**



Parameters:
Vg= 10 V
L=29 mH
C= 100 mF
R= 10 Ω

❑ *CONTROL EN MODO DE DESLIZAMIENTO*

• **METODOLOGÍA DE DISEÑO DEL CONTROL EN CASCADA. EJEMPLO "BOOST.RESULTADOS EXPERIMENTALES. RESPUESTA A UNA PERTURBACIÓN DE CARGA**



Parameters:
Vg= 10 V
L=29 mH
C= 100 mF
R= 10 Ω

❑ *CONCLUSIONES DE LA REGULACIÓN DE TENSIÓN*

❑ REVISIÓN DE LA REGULACIÓN DE TENSIÓN EN CONVERTIDORES CONMUTADOS CC-C BASADA EN LA TÉCNICA PWM

- DISEÑO EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA
- DISEÑO DE PEQUEÑA SEÑAL A PARTIR DE UN MODELO PROMEDIADO
- VÁLIDO PARA BAJAS FRECUENCIAS DE MODULACIÓN

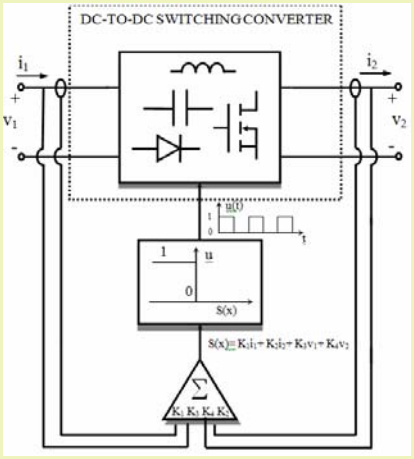
❑ LA TÉCNICA DEL MODO DE DESLIZAMIENTO BASADA EN EL MÉTODO DEL CONTROL EQUIVALENTE ESTÁ ESPECIALMENTE INDICADA PARA DISEÑAR EL SISTEMA DE REGULACIÓN

- PERSPECTIVA ANALÍTICA DE LA DINÁMICA PROMEDIADA DEL CONVERTIDOR
- ILUSTRADA EN EL DISEÑO DEL CONTROL EN CASCADA DE UN CONVERTIDOR BOOST
- NO SE REQUIERE RAMPA EXTERNA DE COMPENSACIÓN
- EL CONTROL DESLIZANTE EN CACADA ES UNA SOLUCIÓN COMPETITIVA PARA LA REGULACIÓN DE TENSIÓN DE CONVERTIDORES DE POTENCIA

❑ PROBLEMAS ABIERTOS EN EL ANÁLISIS DE MUCHOS ESQUEMAS DE CONTROL QUE UTLIZAN HISTÉRESIS

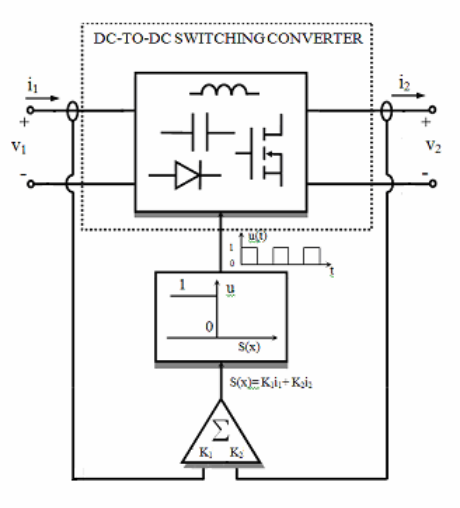
❑ SÍNTESIS DE ELEMENTOS CANÓNICOS PARA PROCESADO DE POTENCIA

DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN ELEMENTO CANÓNICO GENERALIZADO PARA EL PROCESADO DE POTENCIA



SÍNTESIS DE ELEMENTOS CANÓNICOS PARA PROCESADO DE POTENCIA

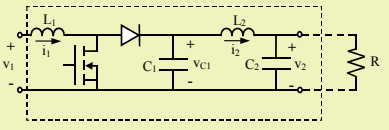
- TRANSFORMADOR CC-CC



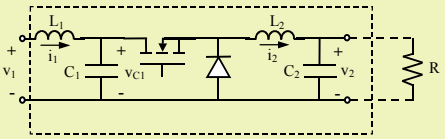
SÍNTESIS DE ELEMENTOS CANÓNICOS PARA PROCESADO DE POTENCIA

TRANSFORMADOR CC-CC

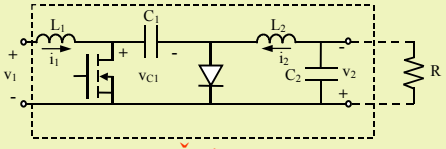
4 ESTRUCTURAS CON CORRIENTES DE ENTRADA Y DE SALIDA NO PULSANTES



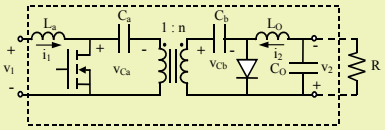
BIF



BOF



Ćuk

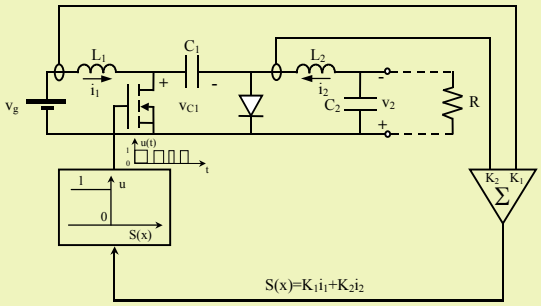


Ćuk con aislamiento galvanico

SÍNTESIS DE ELEMENTOS CANÓNICOS PARA PROCESADO DE POTENCIA

TRANSFORMADOR CC-CC

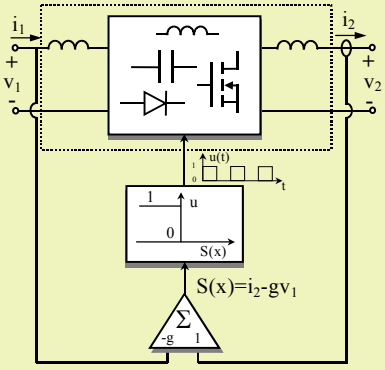
CONVERTIDOR DE ĆUK AUTOOSCILANTE EN MODO DE DESLIZAMIENTO



MODO DE CONDUCCIÓN CONTINUA

SÍNTESIS DE ELEMENTOS CANÓNICOS PARA PROCESADO DE POTENCIA

GIRADOR DE POTENCIA



CONTROL DESLIZANTE CON

$S(x)=i2 - gv1$

EN RÉGIMEN ETACIONARIO

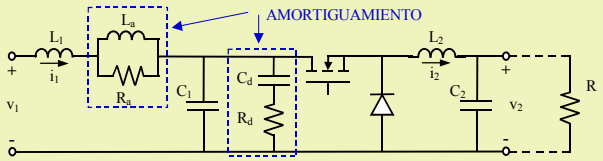
$I1 = gV2$
$I2 = gV1$

SÍNTESIS DE ELEMENTOS CANÓNICOS PARA PROCESADO DE POTENCIA

GIRADOR DE POTENCIA

ESTABILIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE 4º ORDEN CON COMPARTAMIENTO IMPUESTO DE GIRADOR DE POTENCIA

RED DE AMORTIGUAMIENTO EN BIF



Ecuación característica $\left(s+\frac{1}{RC_2}\right)P(s)=0$ (sin La // Ra)

$$P(s)=s^3+\left(\frac{1}{R_dC_d}+\frac{1}{R_dC_1}-\frac{g^2R}{C_1}\right)s^2+\left(\frac{1}{L_1C_1}-\frac{g^2R}{R_dC_dC_1}\right)s+\frac{1}{L_1C_1R_dC_d}=0$$

Condiciones de estabilidad

$$R_dC_d<\frac{(C_1+C_d)}{g^2R} \qquad R_dC_d>g^2RL_1$$

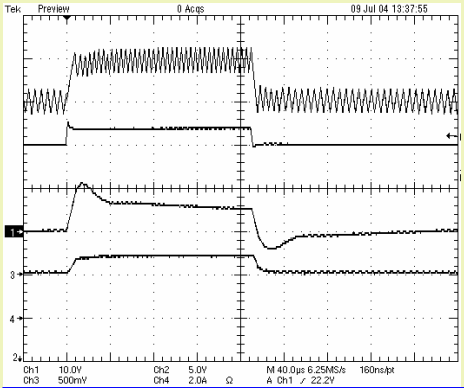
$$g^2RR_d{}^2C_d{}^2+g^2RL_1(C_1+C_d)(1+gR)<(g^4R^2L_1+C_d(1+gR))R_dC_d$$

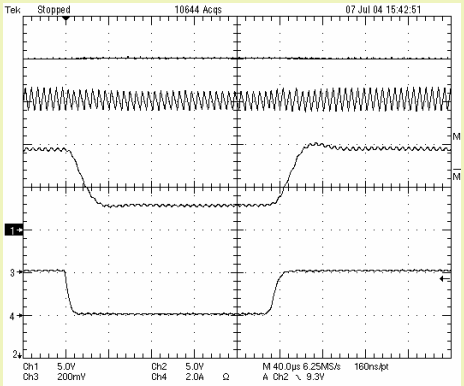
SÍNTESIS DE ELEMENTOS CANÓNICOS PARA PROCESADO DE POTENCIA

GIRADOR DE POTENCIA

RESULTADOS EXPERIMENTALES DE UN GIRADOR G BASADO EN BIF OPERANDO EN DESLIZAMIENTO

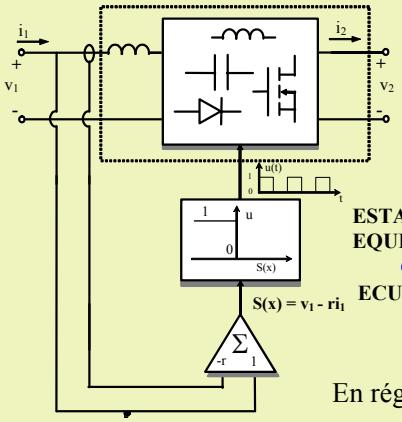
Tensión de entrada pulsante:20–24–20 V Resistencia de carga pulsante: 1 - 0.5 - 1 Ω





SÍNTESIS DE ELEMENTOS CANÓNICOS PARA PROCESADO DE POTENCIA
RESISTOR LIBRE DE PÉRDIDAS

DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN REGULADOR CONMUTADO CON CARACTERÍSTICAS DE LFR



CONTROL EN MODO DE DESLIZAMIENTO CON

$$S(x)=v1 - ri1$$

ESTABILIDAD ALREDEDOR DEL PUNTO DE EQUILIBRIO

CONVERTIDOR BOOST:

ECUACIÓN CARACTERÍSTICA

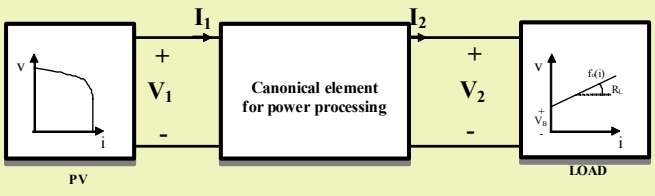
$$\left(s+\frac{2}{RC}\right)=0$$

ESTABLE

En régimen estacionario

$$V_1 = rI_1$$
$$V_1 I_1 = V_2 I_2$$

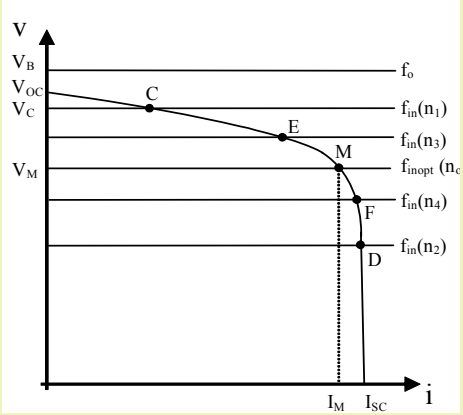
SÍNTESIS DE ELEMENTOS CANÓNICOS PARA PROCESADO DE POTENCIA
ADAPTACIÓN DE IMPEDANCIAS



Adaptación de un generador fotovoltaico (PV) a una carga CC utilizando un elemento canónico para procesado de potencia

SÍNTESIS DE ELEMENTOS CANÓNICOS PARA PROCESADO DE POTENCIA

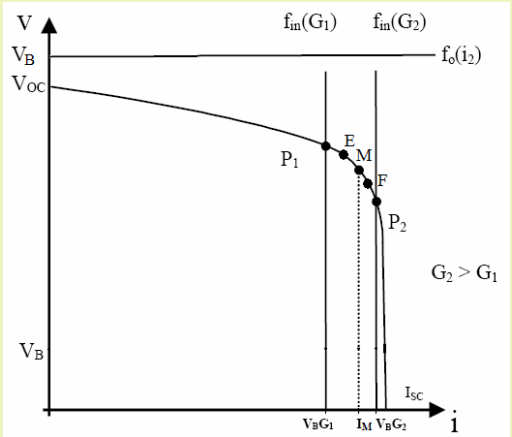
ADAPTACIÓN DE IMPEDANCIAS



Puntos de trabajo de un panel PV para adaptación de impedancia con un transformador CC-CC

SÍNTESIS DE ELEMENTOS CANÓNICOS PARA PROCESADO DE POTENCIA

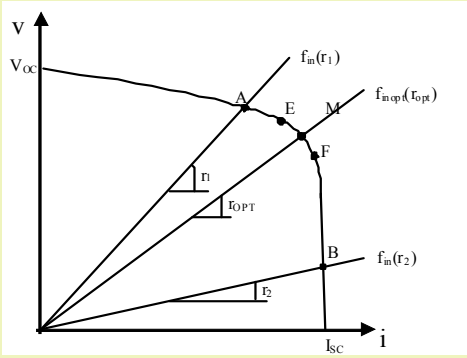
ADAPTACIÓN DE IMPEDANCIA



Puntos de trabajo de un panel PV para adaptación de impedancia con un girador de potencia

SÍNTESIS DE ELEMENTOS CANÓNICOS PARA PROCESADO DE POTENCIA

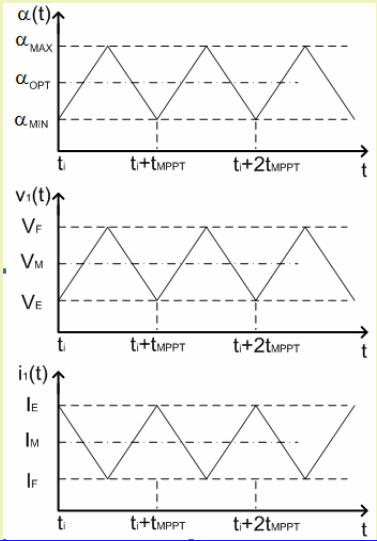
ADAPTACIÓN DE IMPEDANCIA



Puntos de trabajo de un panel PV para adaptación de impedancia con un resistor libre de pérdidas

SÍNTESIS DE ELEMENTOS CANÓNICOS PARA PROCESADO DE POTENCIA

ADAPTACIÓN DE IMPEDANCIA



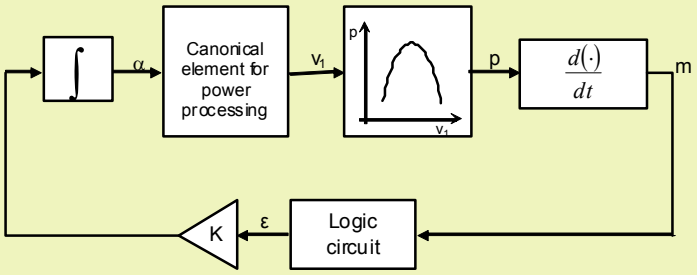
Comportamiento periódico en régimen estacionario del parámetro descriptivo de un elemento canónico para procesado de potencia

tensión del panel

corriente del panel

SÍNTESIS DE ELEMENTOS CANÓNICOS PARA PROCESADO DE POTENCIA

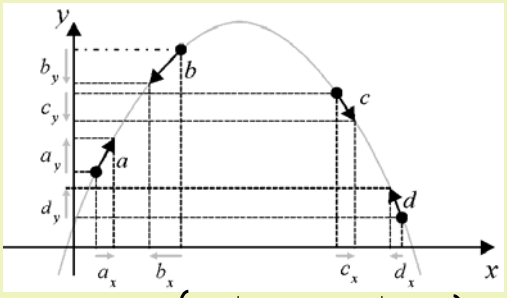
ADAPTACIÓN DE IMPEDANCIA



Generación de α(t) mediante un sistema de seguimeinto del punto de máxima potencia basado en la búsqueda del valor extremo

SÍNTESIS DE ELEMENTOS CANÓNICOS PARA PROCESADO DE POTENCIA

ADAPTACIÓN DE IMPEDANCIA

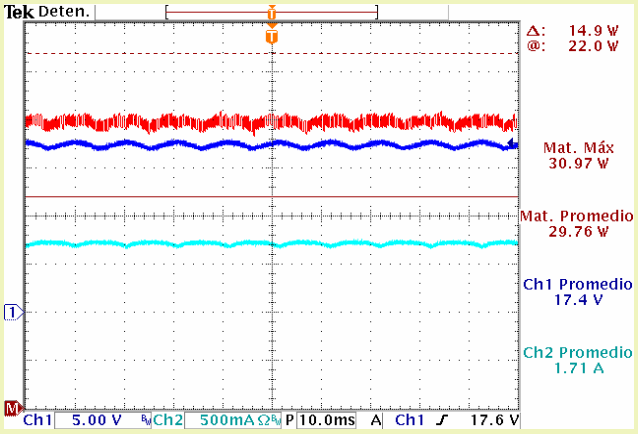


$$\frac{dy}{dx} = \frac{dy/dt}{dx/dt} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \left.\frac{dx}{dt}\right|_{t^+} = K \;\; if \;\; \left.\frac{dy}{dx}\right|_{t^-} > 0 \\ \left.\frac{dx}{dt}\right|_{t^+} = -K \;\; if \;\; \left.\frac{dy}{dx}\right|_{t^-} < 0 \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{dx}{dt} = K\, sign\left(\frac{dy}{dx}\right)$$

Leyva, R., Queinnec I., Alonso, C., Cid-Pastor, A., Lagrange D. and Martinez-Salamero L., " Maximum power point tracking of PV systems using extremum seeking control" IEEE Trans. on Aerospace and Electronic Systems, Vol. 42 No. 1, January 2006, pp 249-258

SÍNTESIS DE ELEMENTOS CANÓNICOS PARA PROCESADO DE POTENCIA

ADAPTACIÓN DE IMPEDANCIA



SÍNTESIS DE ELEMENTOS CANÓNICOS PARA PROCESADO DE POTENCIA. CONCLUSIONES

- UN PROCEDIMIENTO SISTEMÁTICO PARA IMPLEMENTAR LOS TRES ELEMENTOS CANÓNICOS
- TODOS LOS ELEMENTOS SE SINTENTIZAN A PARTIR DE MODOS DESLIZANTES
- PUEDEN DISEÑARSE COMO MÓDULOS ESTANDARIZADOS
- SE REQUIREN TÉCNICAS DE BAJA POTENCIA PARA SU IMPLEMENTACIÓN
- PERMITEN EL DISEÑO MODULAR
- LOS DISEÑOS DE POTENCIA ELEVADA PUEDEN CONSEGUIRSE AUMENTANDO EL NÚMERO DE ELEMENTOS
- TODOS LOS ELEMENTOS CANÓNICOS RESUELVEN EL PROBLEMA DE LA ADAPATACIÓN DE IMPEDANCIAS EN CONTINUA
- INTEGRACIÓN MICROELECTRÓNICA DEL ELEMENTO CANÓNICO GENERALIZADO