



INVERSORES

ELECTRÓNICA DE POTENCIA

1er SEMESTRE 2012

IIE

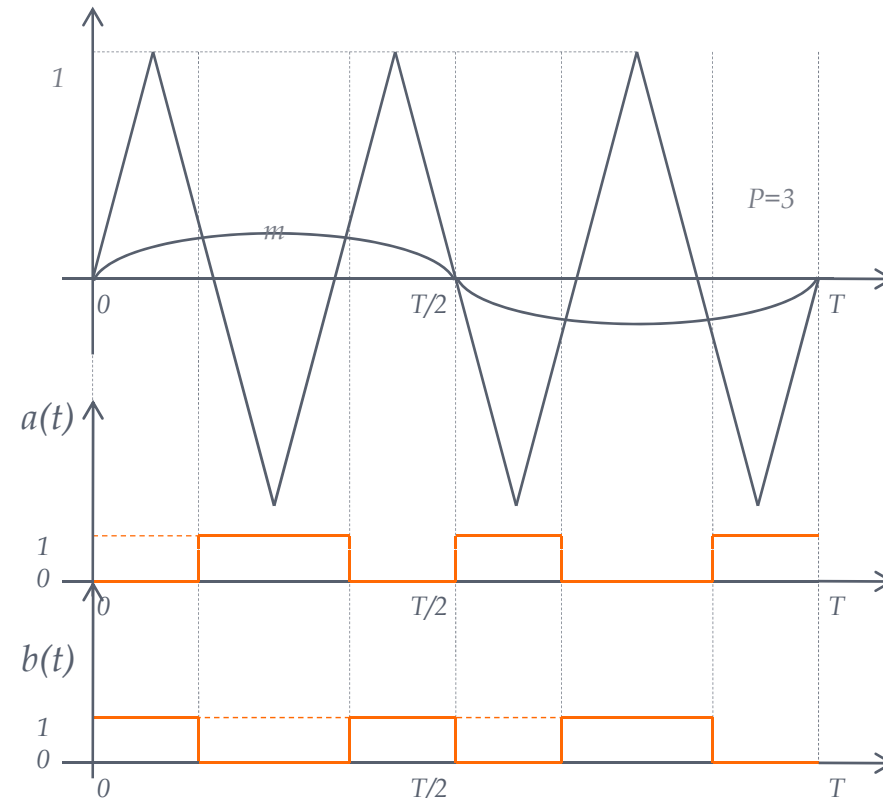
PLAN DE TRABAJO

1. Rama inversora.
2. Puente inversor.
3. **Técnicas de control para reducir o eliminar armónicos.**
 - a) **Técnicas de reducción de armónicos.**
 - Control por desfase de ondas.
 - **PWM sinusoidal**
 - b) Técnicas de eliminación explícita de armónicos.
 - PWM calculado
4. Generalización a sistemas trifásicos.
 - a) Conexión Fork.

PWM SINUSOIDAL: DOS ESTADOS

- PWM significa Pulse Width Modulation (Modulación por ancho de pulso).
- Ambas ramas del puente se comandan con la señal de control PWM sinusoidal $a(t)$, pero en forma complementaria.
- La señal de control se genera por comparación de una onda sinusoidal (modulante) de frecuencia $f=1/T$ y amplitud m , con una onda triangular de frecuencia $p*f$ y amplitud unidad (portadora).

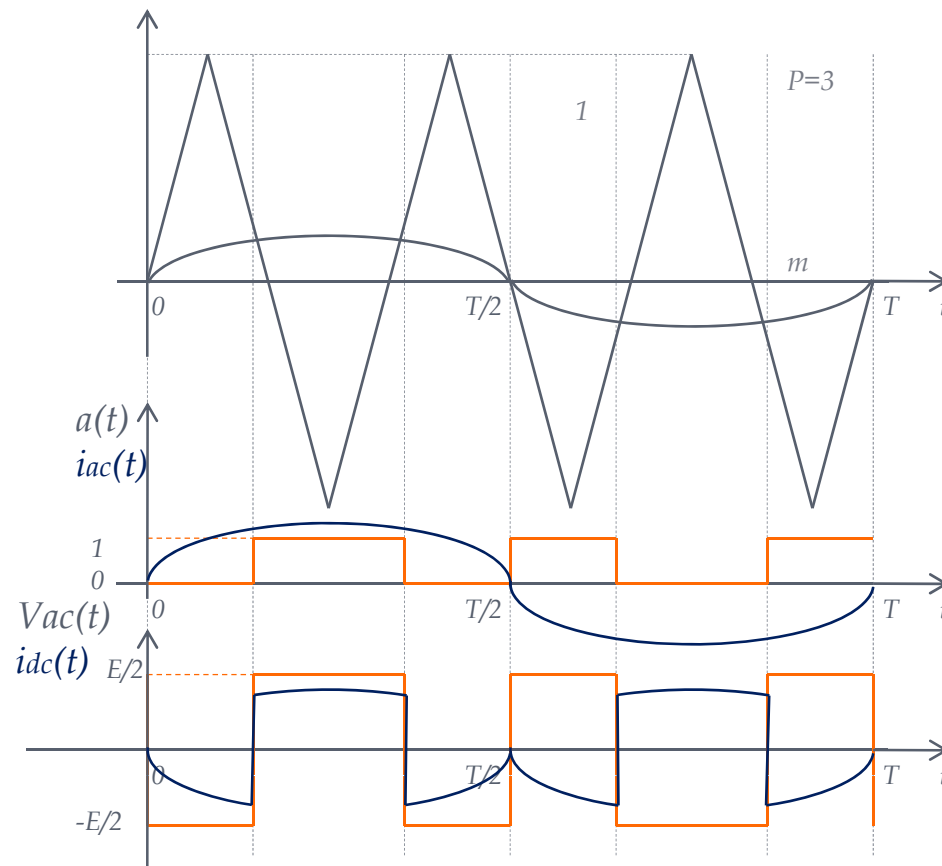
- m es el índice de modulación y debe ser menor que 1
- p es la razón de las frecuencias. Es conveniente que sea impar para que la señal generada tenga simetría de segunda especie y no tenga armónicos pares.



- La tensión en la carga será igual a la de la fuente de continua con igual u opuesta polaridad, por lo que la tensión de salida tendrá dos estados de salida.

PWM SINUSOIDAL: DOS ESTADOS

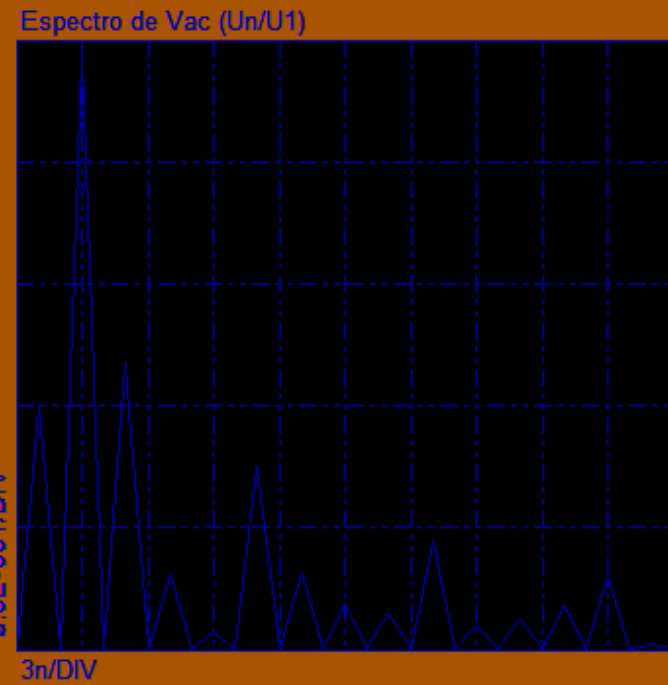
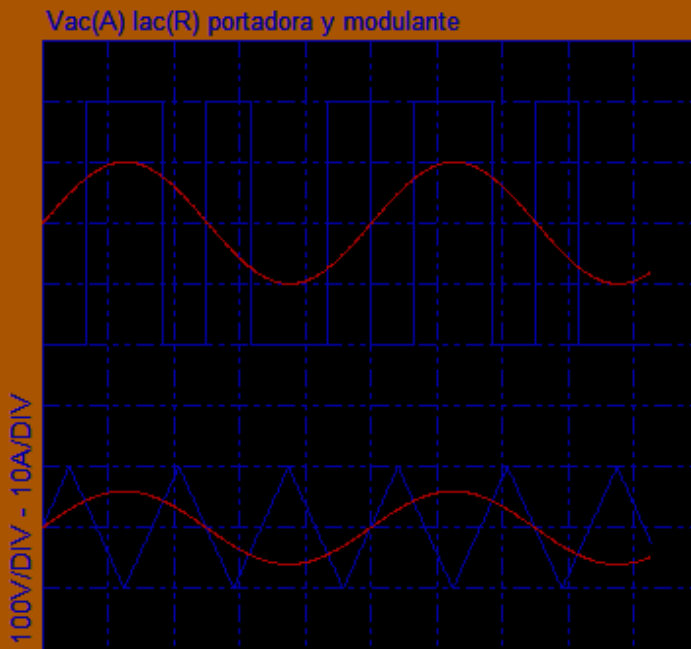
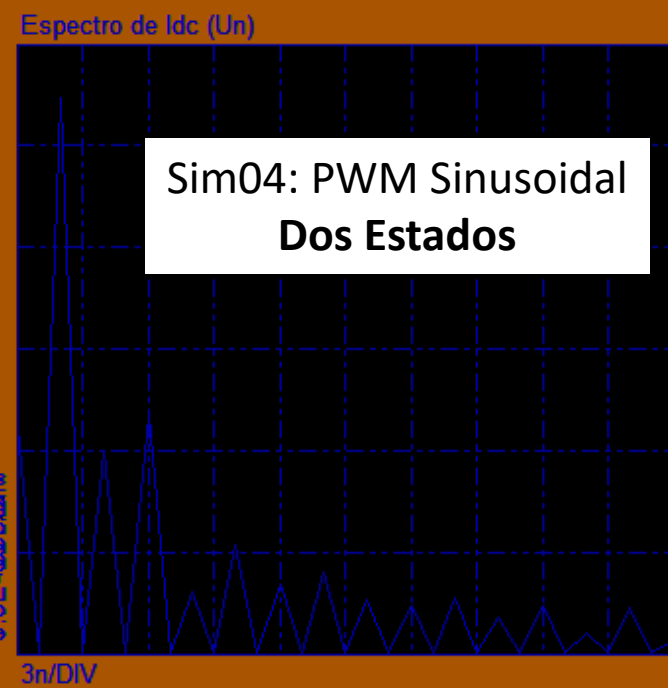
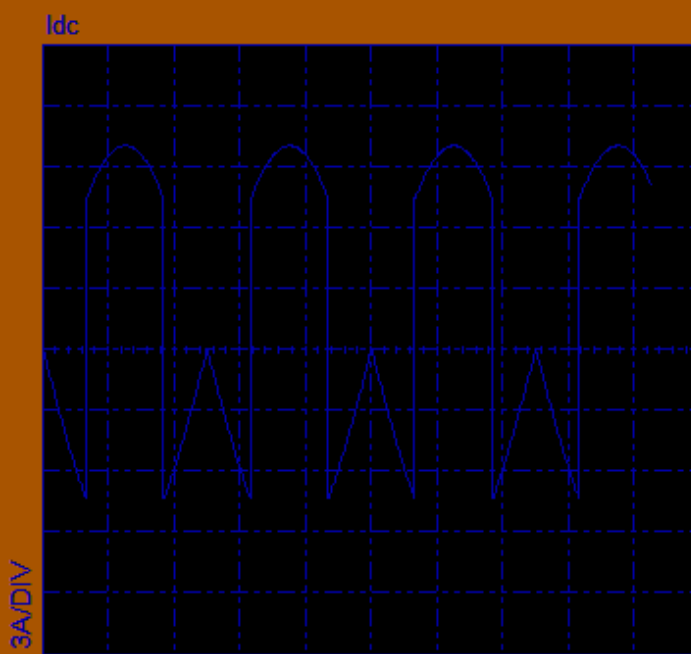
- Estas son las formas de onda para la tensión de salida, y la corriente que entrega la fuente de continua, para un puente inversor que alimenta una carga modelada como fuente de corriente sinusoidal, con control PWM sinusoidal dos estados.
- **Simulación 4.**



$$m = 0,6$$

$$p = 3$$

$$\varphi = 0^\circ$$



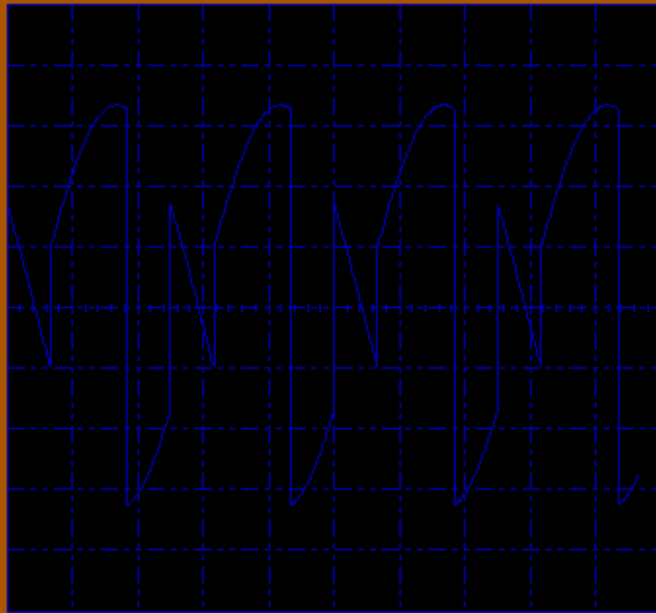
$$m = 0,6$$

$$p = 3$$

$$\varphi = 30^\circ$$

Idc

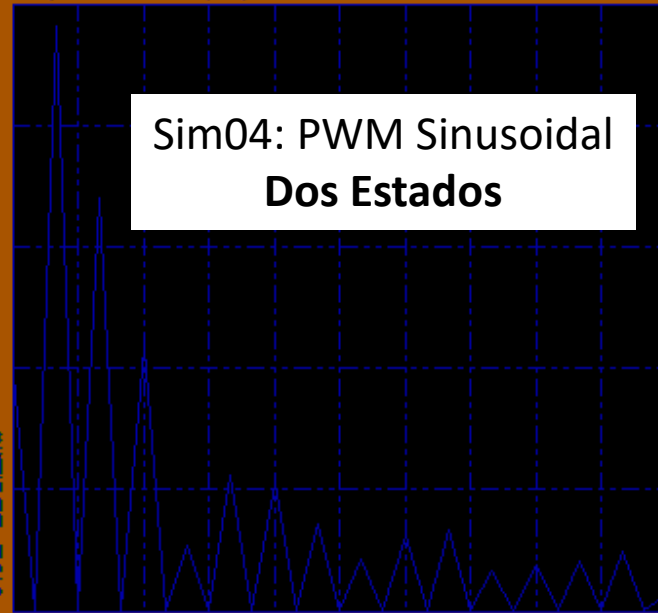
3A/DIV



Espectro de Idc (Un)

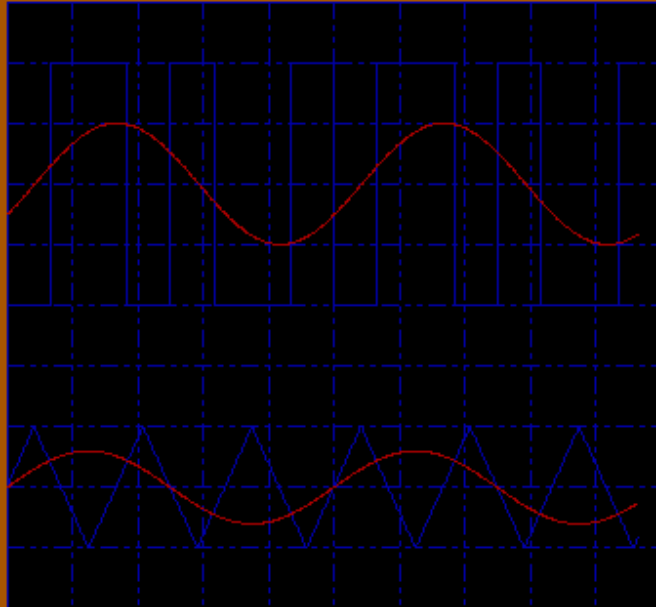
5.0E-001/DIV

3n/DIV



Vac(A) Iac(R) portadora y modulante

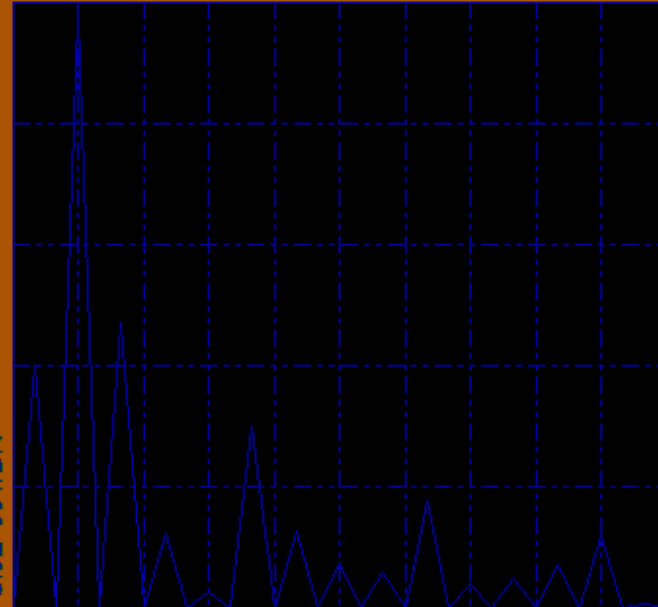
100V/DIV - 10A/DIV



Espectro de Vac (Un/U1)

5.0E-001/DIV

3n/DIV

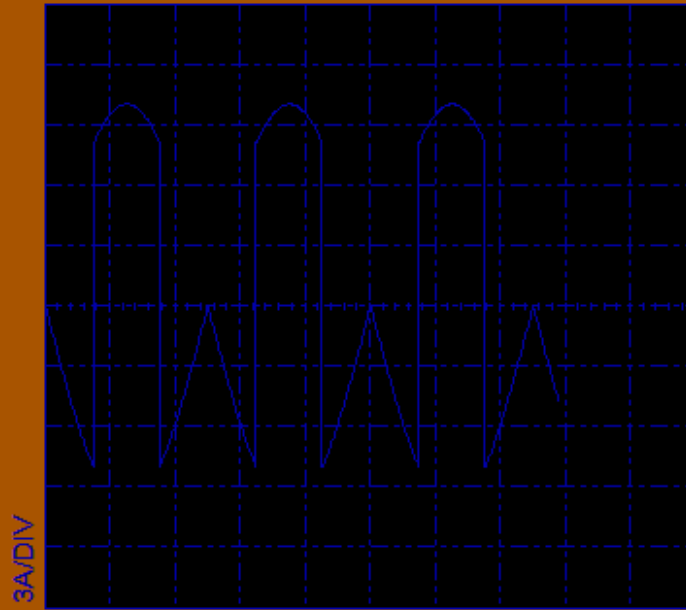


$$m = 0,3$$

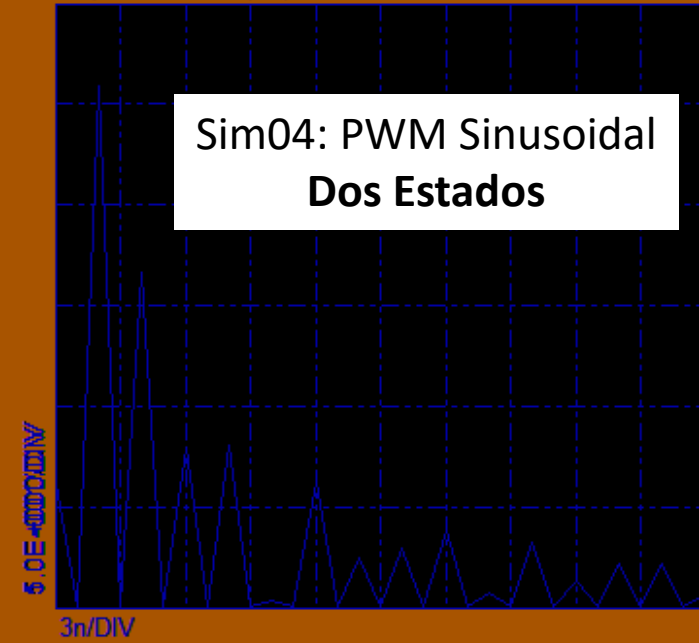
$$p = 3$$

$$\varphi = 0^\circ$$

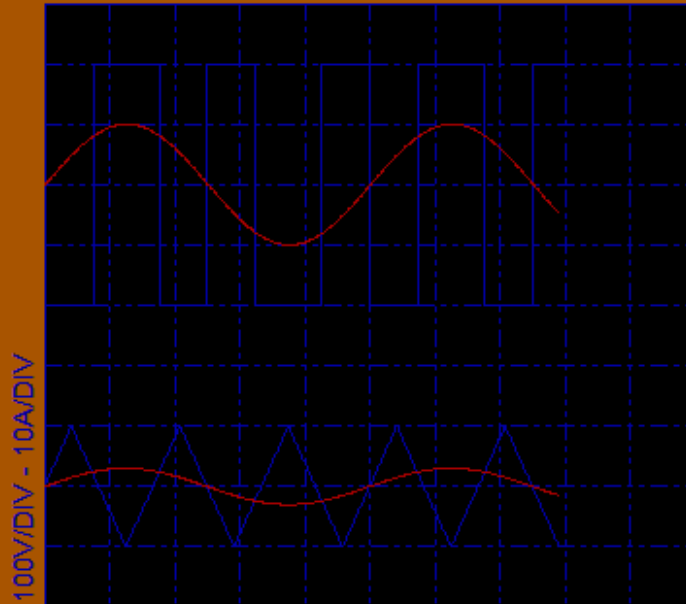
Idc



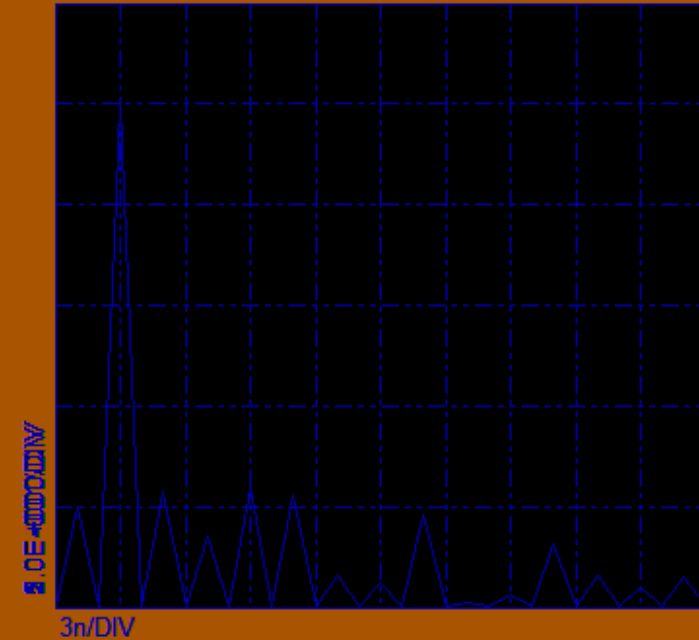
Espectro de Idc (Un)



Vac(A) Iac(R) portadora y modulante



Espectro de Vac (Un/U1)



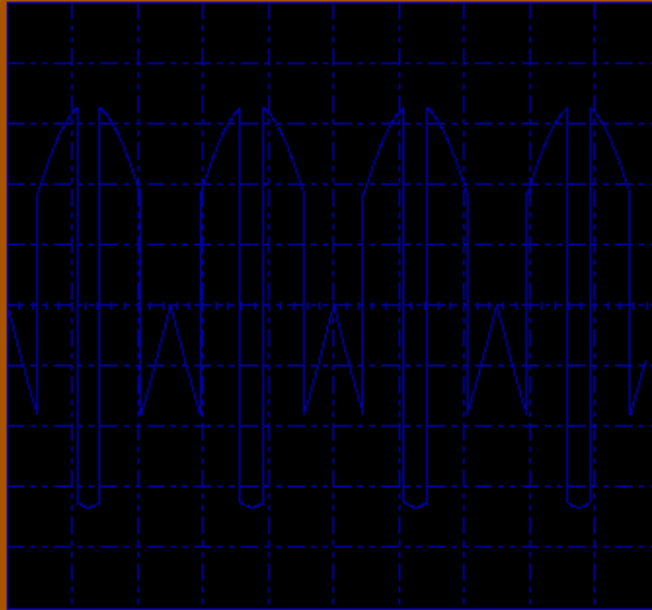
$$m = 0,3$$

$$p = 5$$

$$\varphi = 0^\circ$$

Idc

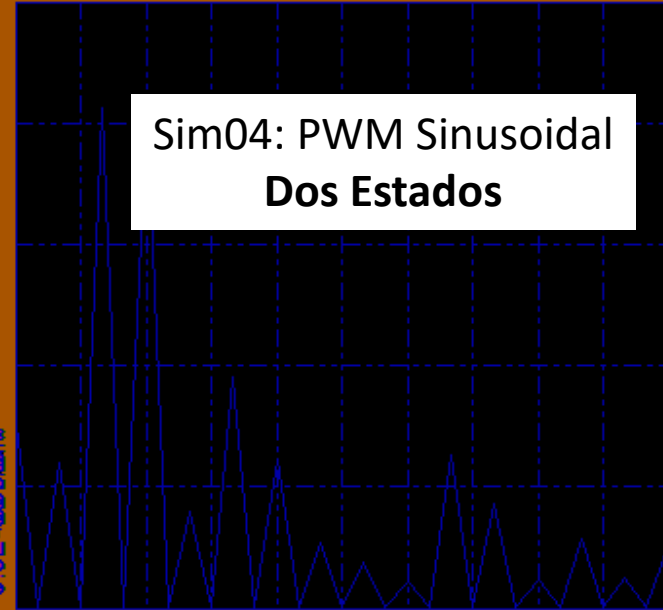
3A/DIV



Espectro de Idc (Un)

5.0E-000/DIV

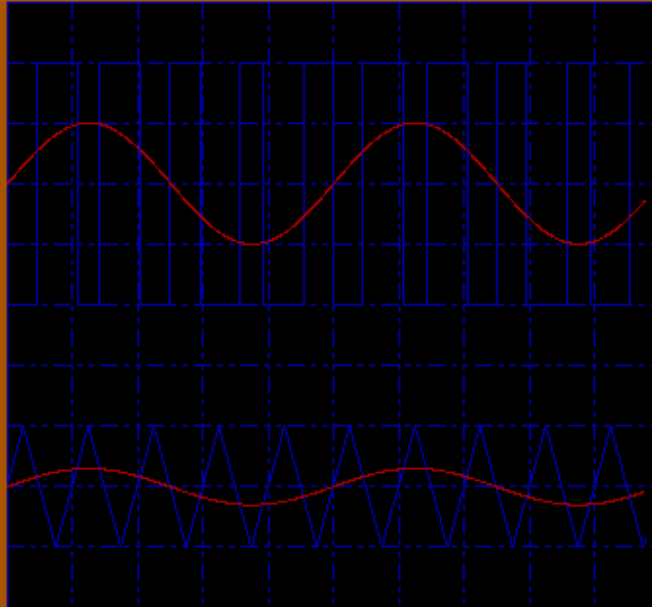
3n/DIV



Sim04: PWM Sinusoidal
Dos Estados

Vac(A) Iac(R) portadora y modulante

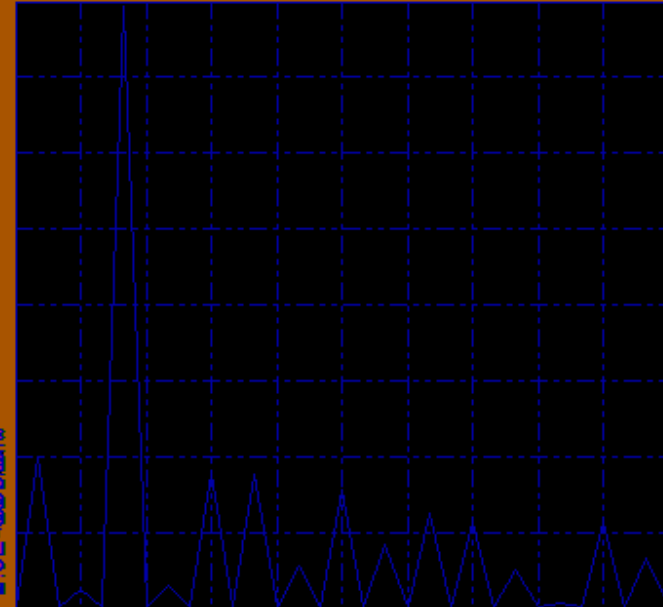
100V/DIV - 10A/DIV



Espectro de Vac (Un/U1)

5.0E-000/DIV

3n/DIV



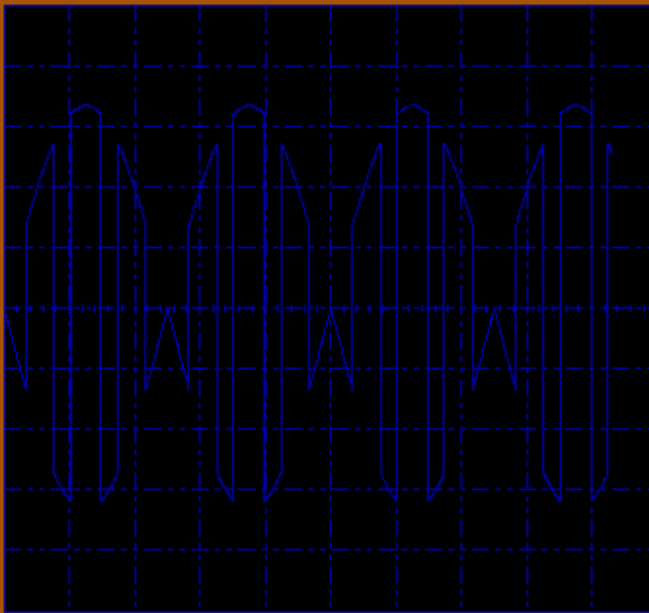
$$m = 0,3$$

$$p = 7$$

$$\varphi = 0^\circ$$

Idc

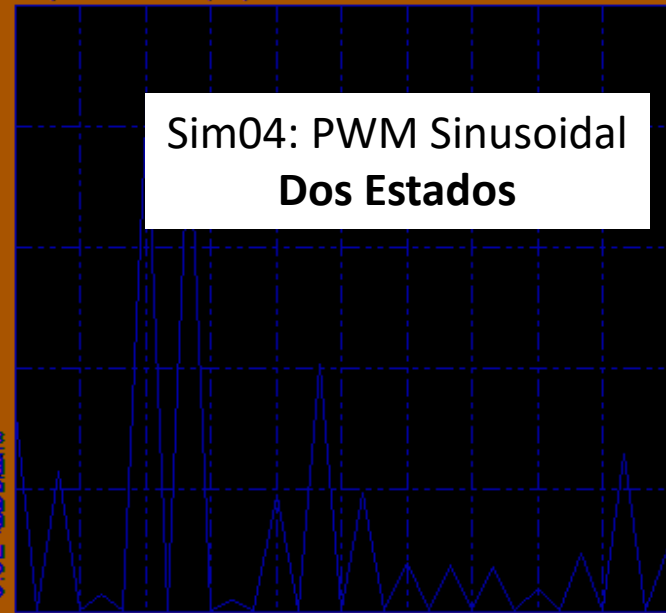
3A/DIV



Espectro de Idc (Un)

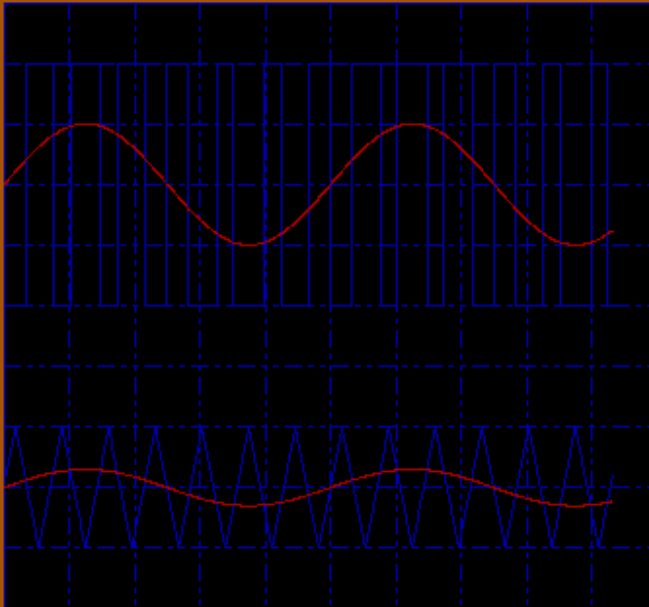
5.0E-006/DIV

3n/DIV



Vac(A) Iac(R) portadora y modulante

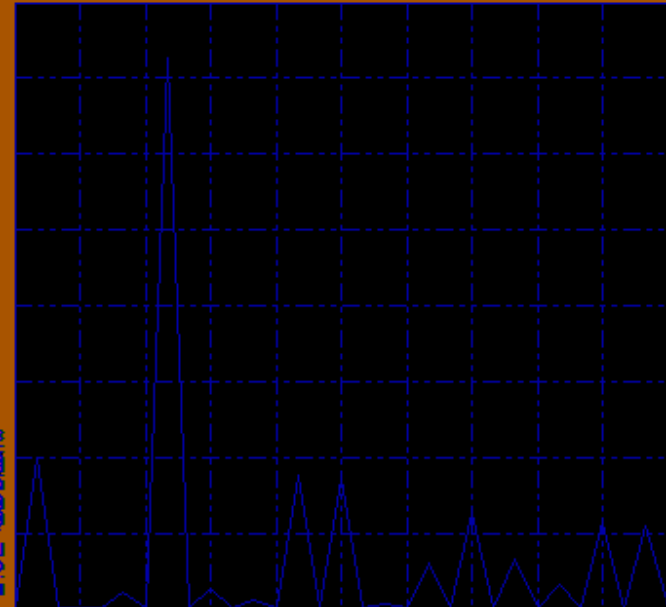
100V/DIV - 10A/DIV



Espectro de Vac (Un/U1)

5.0E-006/DIV

3n/DIV

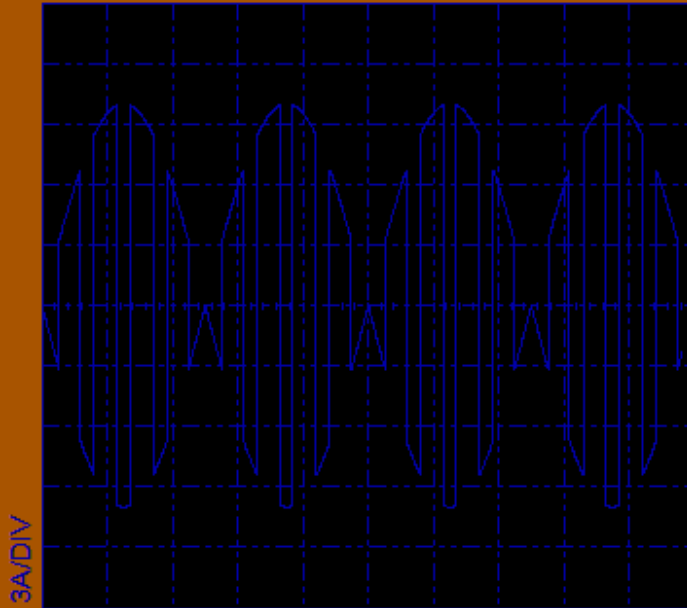


$$m = 0,3$$

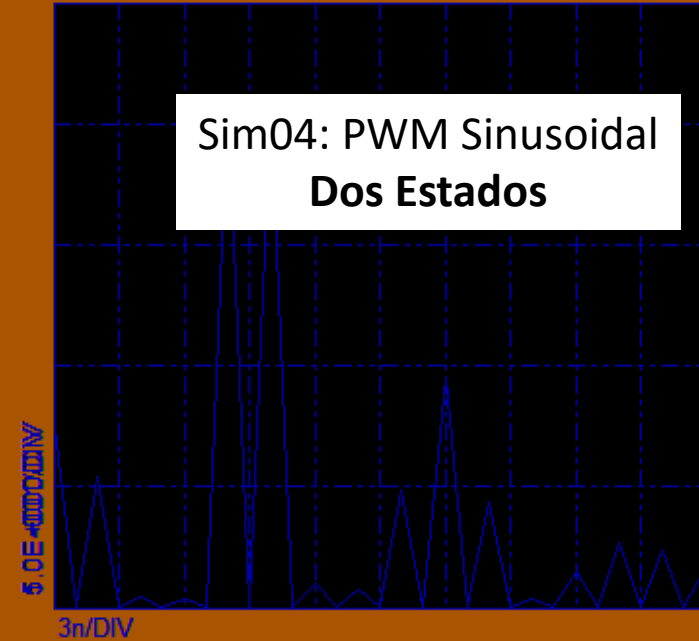
$$p = 9$$

$$\varphi = 0^\circ$$

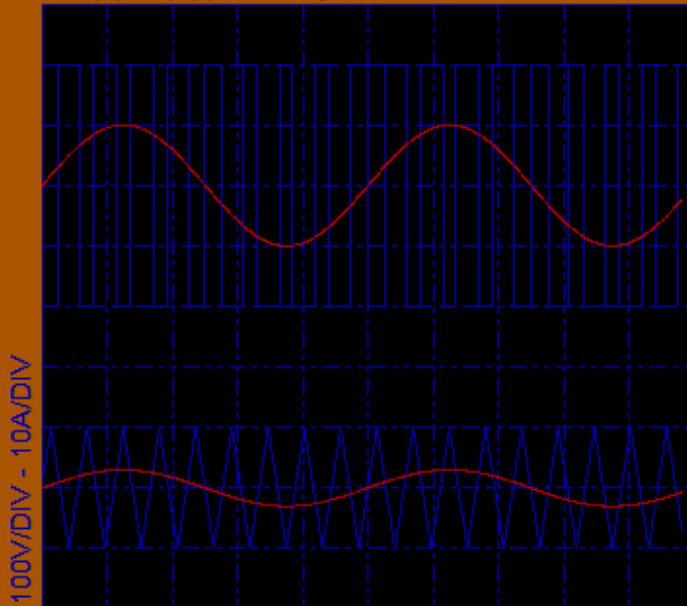
Idc



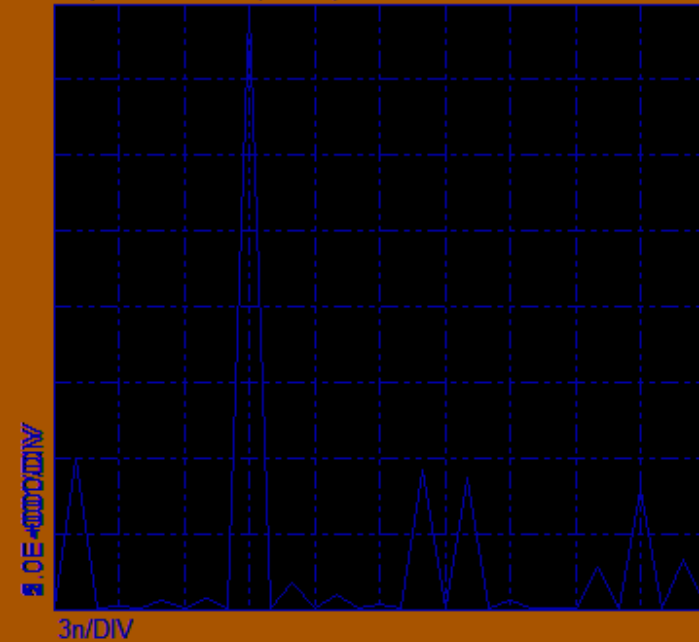
Espectro de Idc (Un)



Vac(A) Iac(R) portadora y modulante



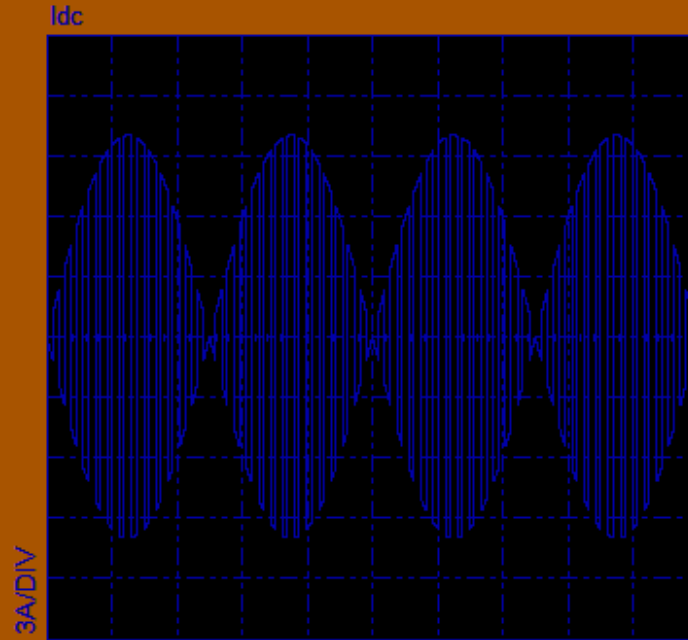
Espectro de Vac (Un/U1)



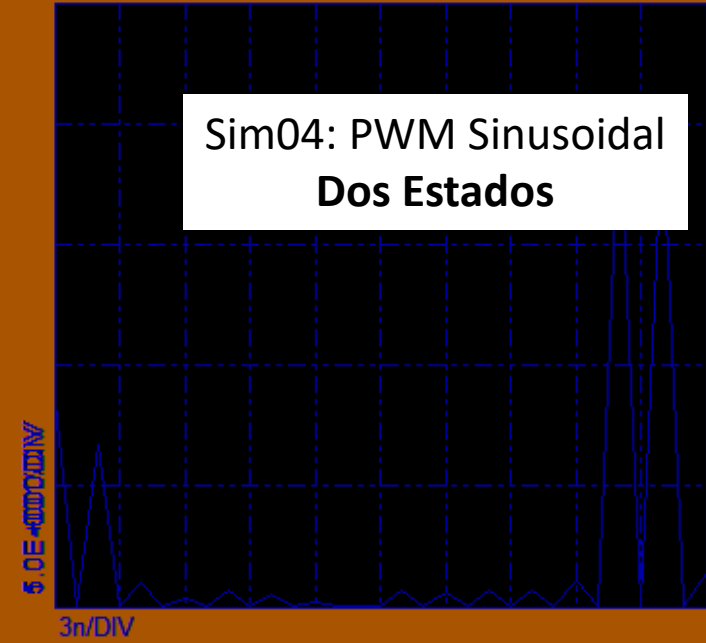
$$m = 0,3$$

$$p = 27$$

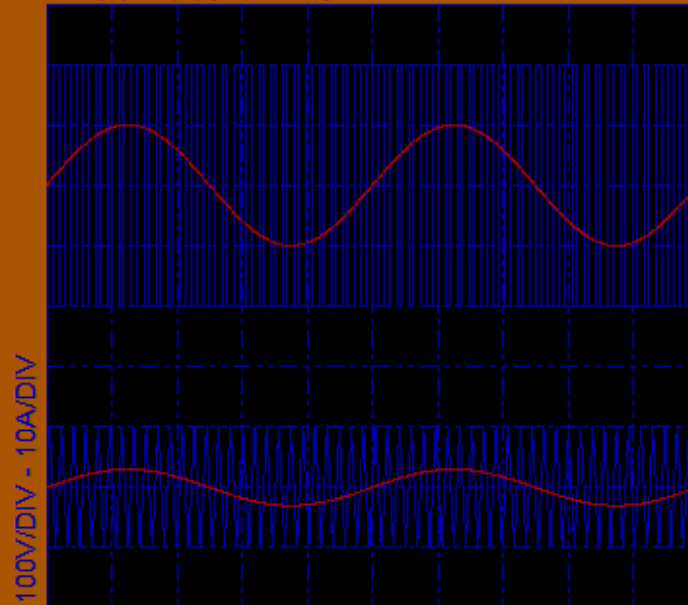
$$\varphi = 0^\circ$$



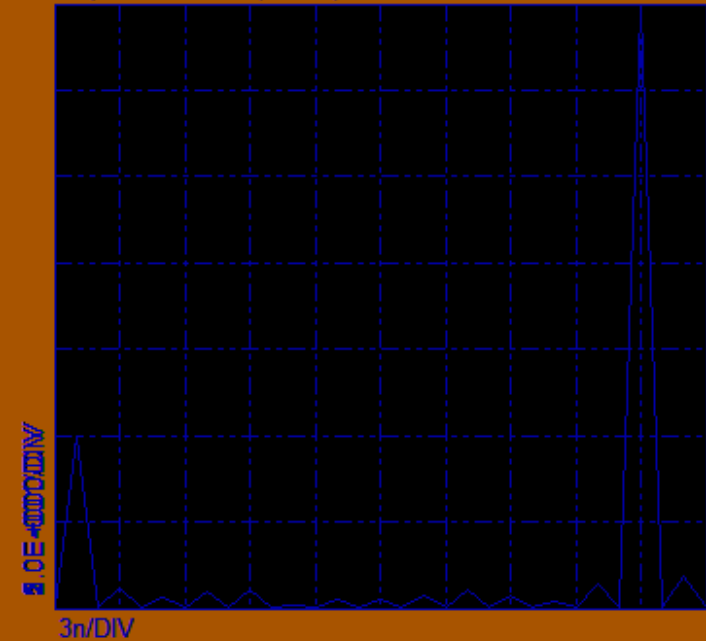
Espectro de Idc (Un)



Vac(A) lac(R) portadora y modulante



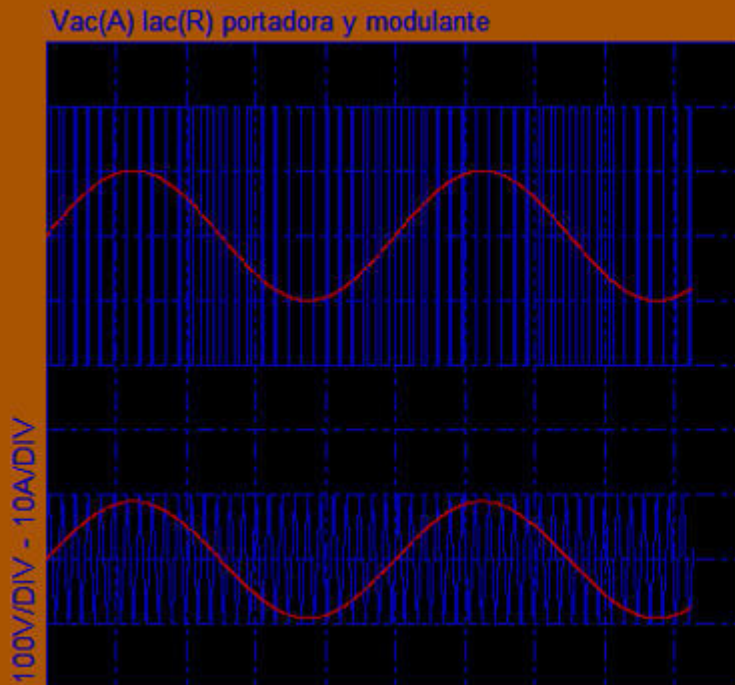
Espectro de Vac (Un/U1)



$$m = 0,9$$

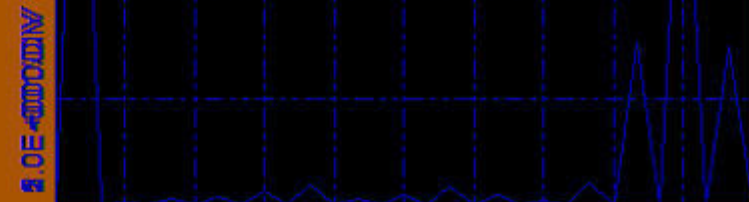
$$p = 27$$

$$\varphi = 0^\circ$$



Espectro de Vac (Un/U1)

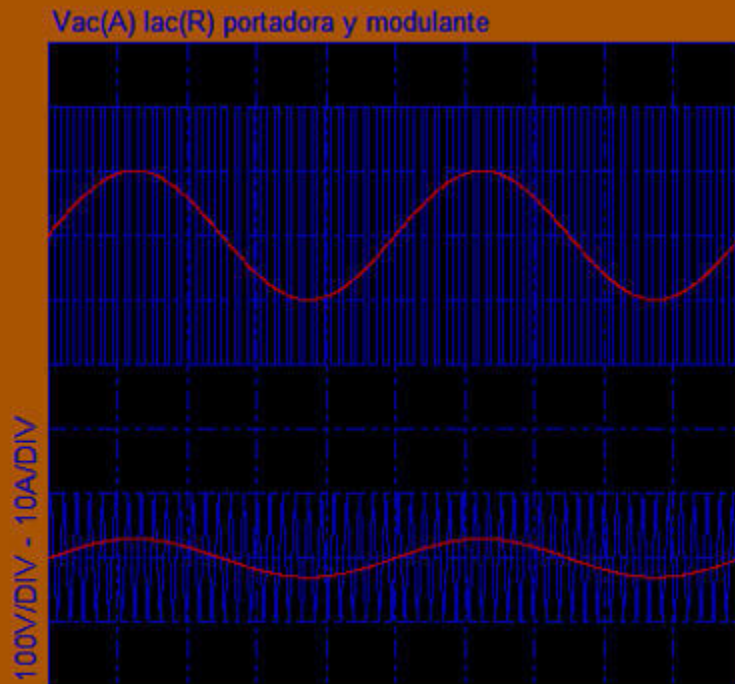
Sim04: PWM Sinusoidal
Dos Estados



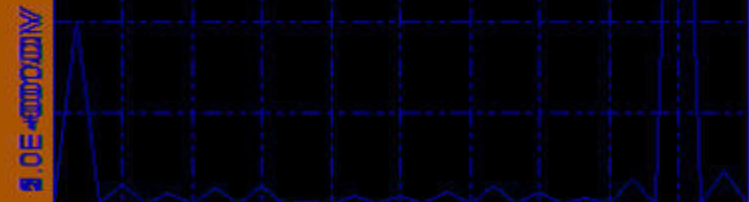
$$m = 0,3$$

$$p = 27$$

$$\varphi = 0^\circ$$



Espectro de Vac (Un/U1)



PWM SINUSOIDAL: DOS ESTADOS

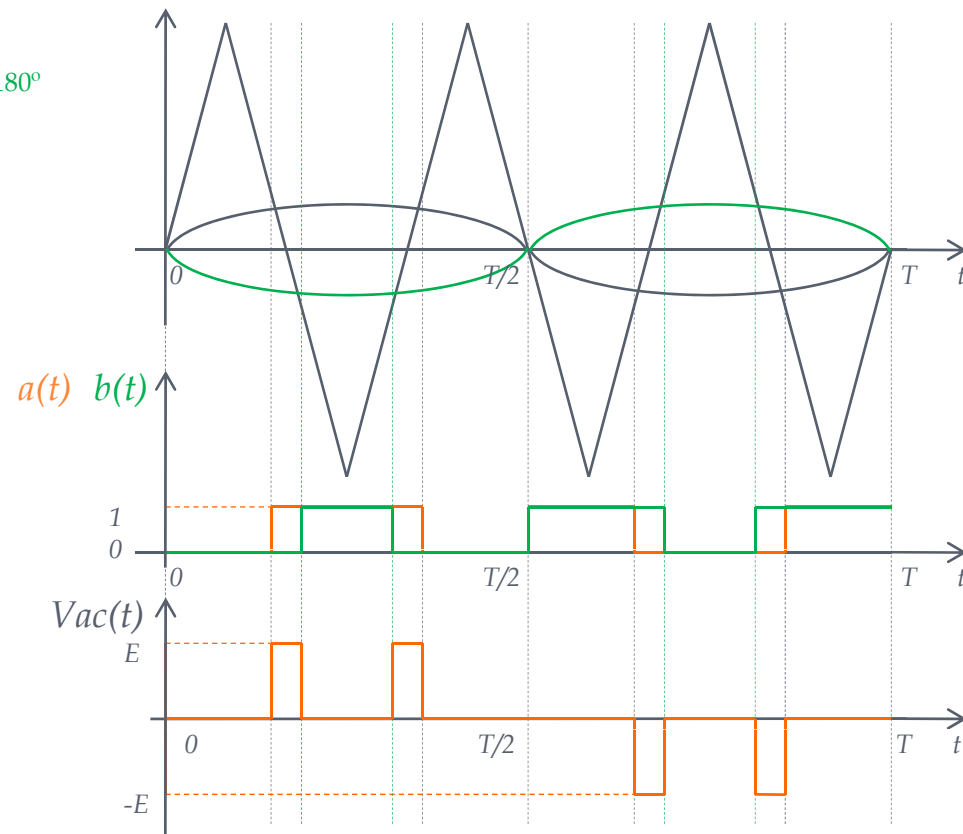
- Al aumentar p , el espectro de la tensión de salida se va desplazando hacia la derecha, apareciendo como primer armónico con valor importante f^*p , y dejando incambiado el primer armónico.
- La distorsión armónica teórica calculada con todos los armónicos no se ve afectada, pero al limitar el cálculo al armónico 25 la misma decae al aumentar p .
- Al modificar m , el valor del primer armónico varía de forma proporcional, razón por la cual m es el índice de modulación.
- Por tanto, con éste método es posible no solo controlar el valor del primer armónico, sino que también es posible limpiar el residuo armónico inmediato al primer armónico.
- Al realizar este tipo de PWM estamos desplazando el espectro de energía de los armónicos superiores hacia frecuencias mayores, haciendo su incidencia en la carga menos nociva.

PWM SINUSOIDAL: TRES ESTADOS

- Ambas ramas del puente se comandan con señales de control PWM sinusoidal.
- Una rama con una cierta modulante, y la otra rama con la misma modulante desfasada 180° .
- Haciendo esto, la carga tendrá intervalos con tensión nula permitiendo al inversor tener tres estados de salida.

PWM sinusoidal
Modulante original
Modulante desfasada 180°

○ Simulación 5.



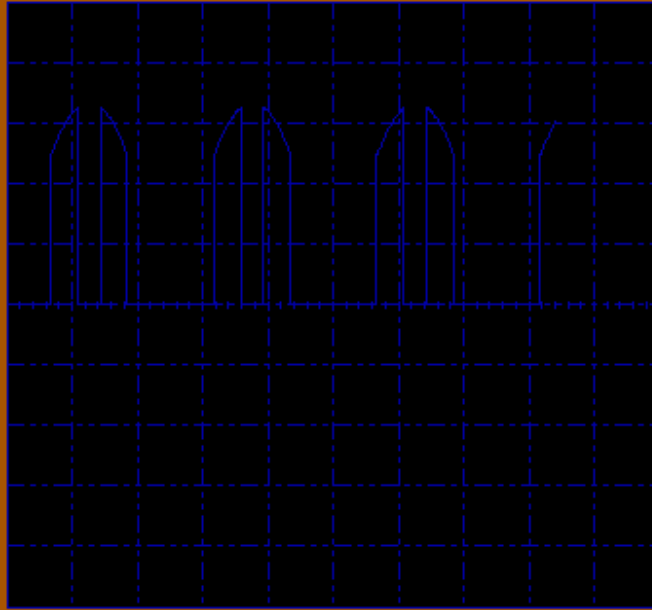
$$m = 0,6$$

$$p = 3$$

$$\varphi = 0^\circ$$

Idc

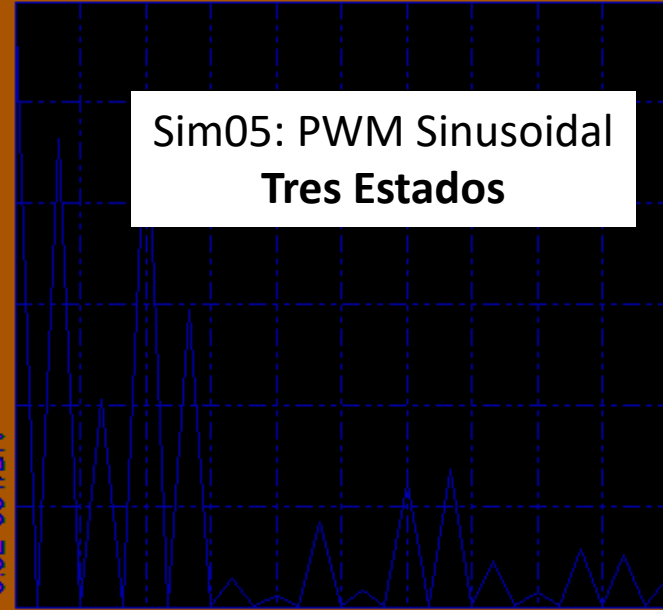
3A/DIV



Espectro de Idc (Un)

5.0E-001/DIV

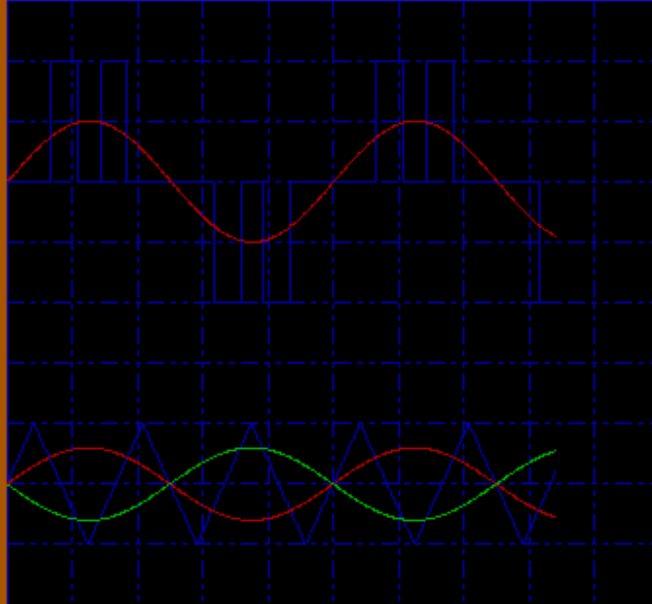
3n/DIV



Sim05: PWM Sinusoidal
Tres Estados

Vac(A) Iac(R) portadora y modulante

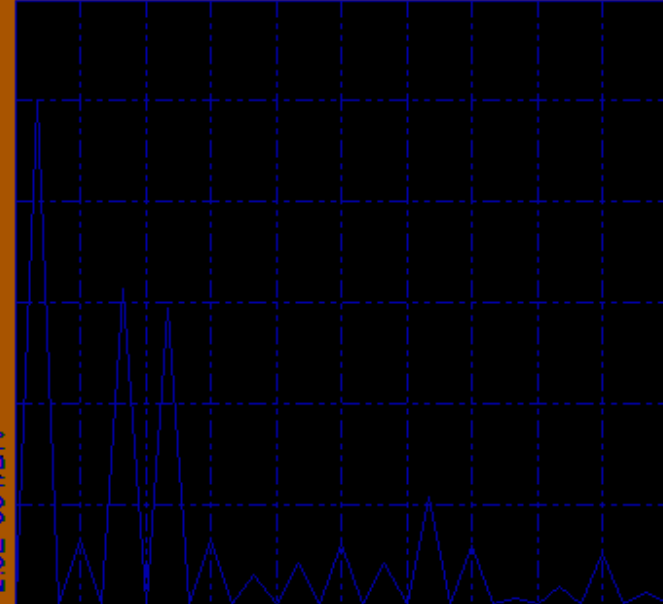
100V/DIV - 10A/DIV



Espectro de Vac (Un/U1)

2.0E-001/DIV

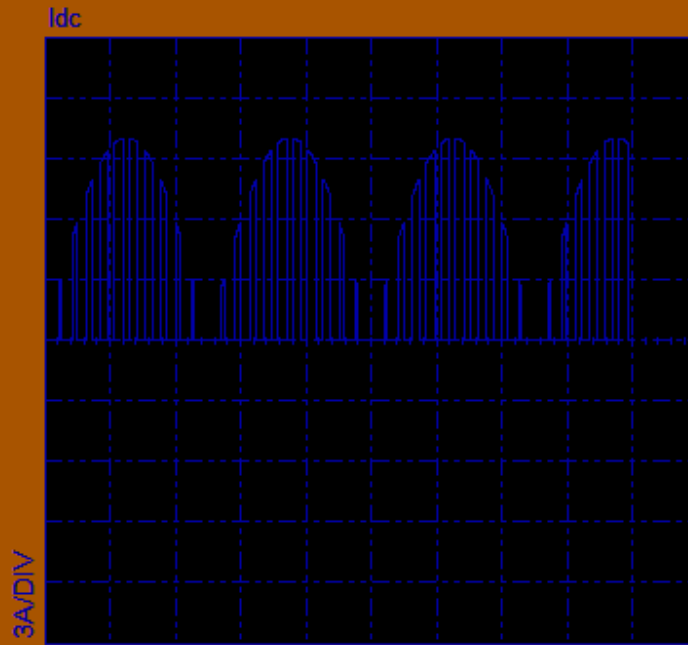
3n/DIV



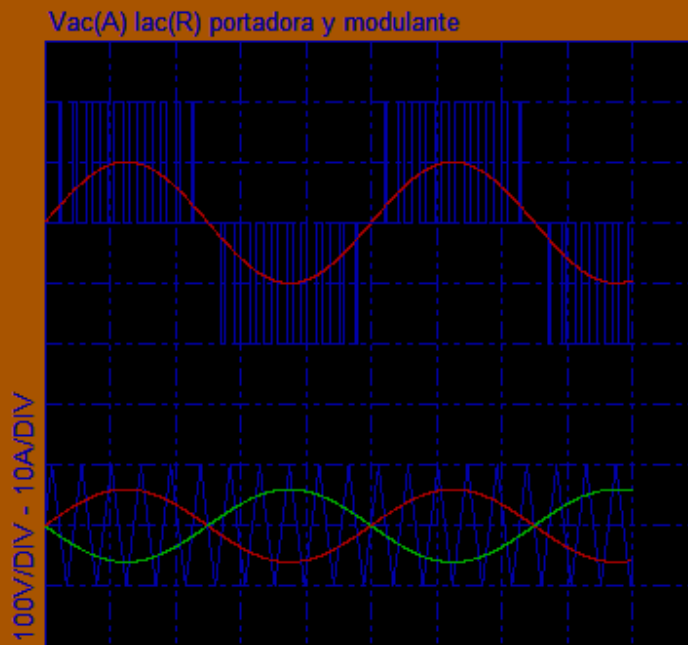
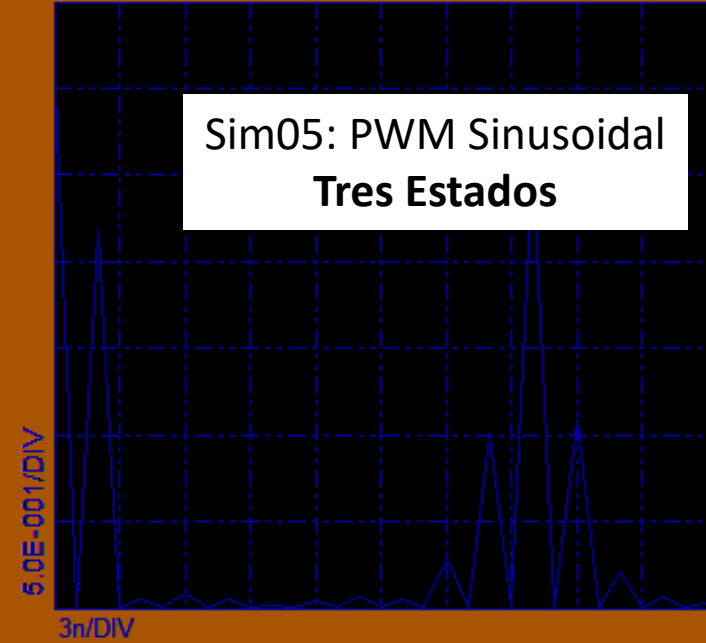
$$m = 0,6$$

$$p = 11$$

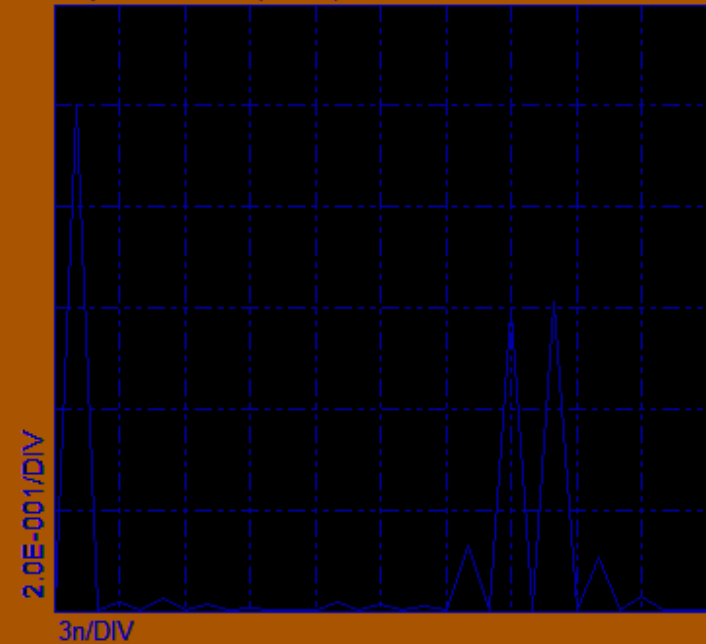
$$\varphi = 0^\circ$$



Espectro de Idc (Un)



Espectro de Vac (Un/U1)

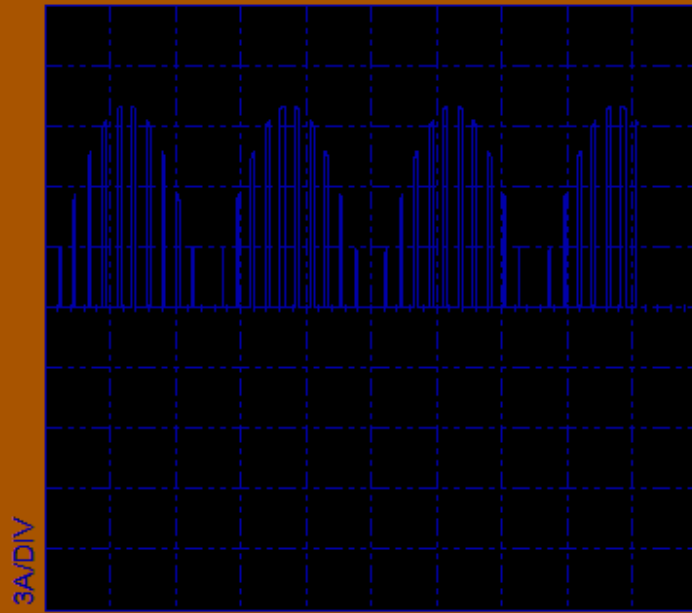


$$m = 0,3$$

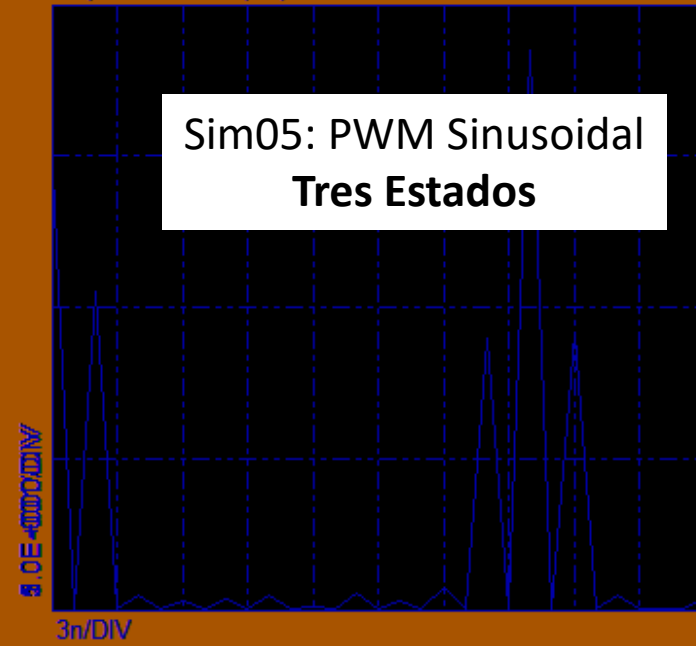
$$p = 11$$

$$\varphi = 0^\circ$$

Idc

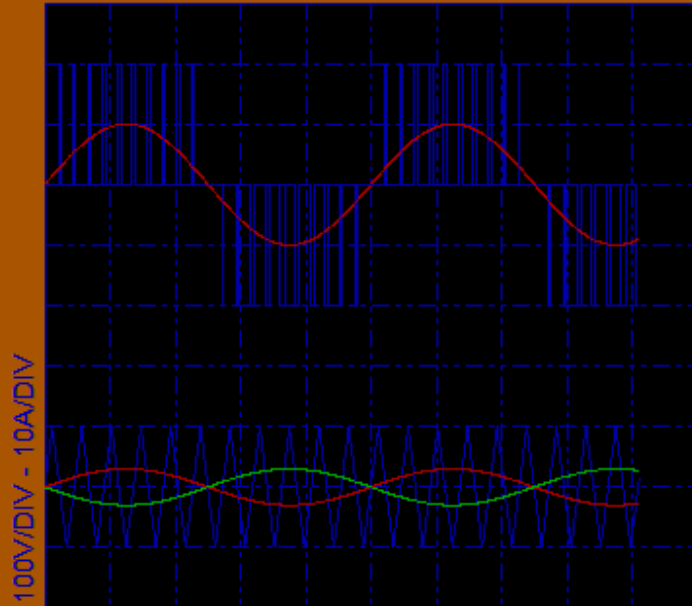


Espectro de Idc (Un)

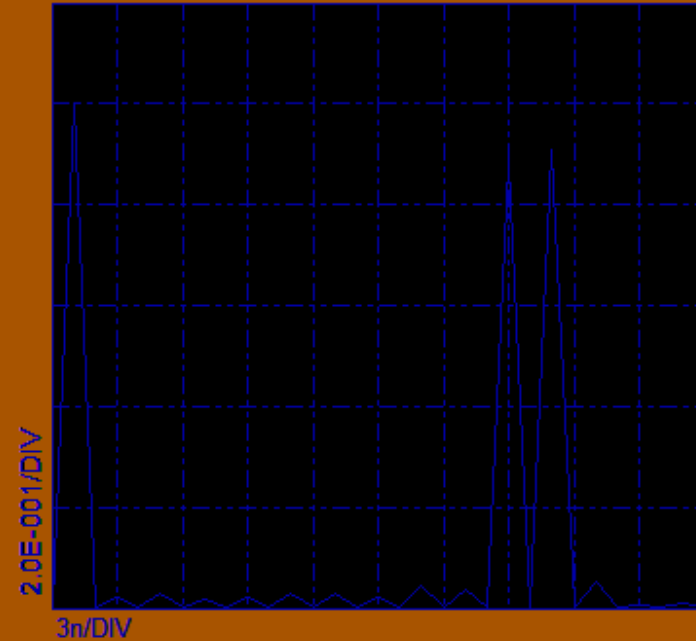


Sim05: PWM Sinusoidal
Tres Estados

Vac(A) Iac(R) portadora y modulante



Espectro de Vac (Un/U1)



PWM SINUSOIDAL: TRES ESTADOS VS DOS ESTADOS

- A mismos p y m , el espectro de la tensión de salida se reduce ahora entre f y $2 \cdot p \cdot f$, disminuyendo la distorsión armónica aún más.
- La distorsión armónica en un inversor con control PWM tres estados con frecuencia de portadora p y la de otro con control PWM dos estados y frecuencia de portadora $2 \cdot p$ serán similares, siendo siempre mayor para el control PWM dos estados.
- Esta forma de control es más inteligente si lo que se desea es tener una tensión positiva en el primer semiciclo. Es mejor realizar conmutaciones sin llevar la tensión a la polaridad opuesta.

PWM SINUSOIDAL: CONCLUSIONES

- Al modificar m controlamos el primer armónico de tensión.
- Al aumentar p reducimos el contenido armónico entre las frecuencias f y f^*p (o f y 2^*f^*p).
- El primer armónico de valor considerable aparece en la frecuencia f^*p (o 2^*f^*p).
- La cantidad de armónicos que reducen su valor si realizamos M conmutaciones en un cuarto de período de onda de la fundamental es $M-1$.

p	Armónicos reducidos	$M=N^{\circ}$ de conmutaciones en $1/4$ período*	Cantidad de armónicos reducidos
3		1	0
5	3 ^o	2	1
7	3 ^o , 5 ^o	3	2
9	3 ^o , 5 ^o , 7 ^o	4	3
11	3 ^o , 5 ^o , 7 ^o , 9 ^o	5	4
n	3 ^o , 5 ^o ,, $(n-2)^{\circ}$	$(n-1)/2=M$	$(n-3)/2=M-1$

* No se considera el origen.