

FCEfyN - UNC - ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

DOCENTE: Prof. Esp. Ing. Adrián Claudio Agüero

ALUMNO: Ferraris Domingo Jesus

Trabajo practico teorico 3:

Rectificacion.

1. Analisis.

Se hizo un analisis teorico de un circuito rectificador trifasico de onda completa con carga resistiva pura e inductiva pura. Ademas uniendo los analisis se sacaron conclusiones para una carga resistiva-inductiva.

Para cada caso se pusieron los parametros importantes de los diodos en funcion de las caracteristicas de la carga, siguiendo los siguientes pasos:

- Calcular la corriente media en la carga.
- Calcular corrientes media y eficaz por diodo.
- Relacionar corriente media y eficaz por diodo con la media de la carga.
- Calcular la tension media en la carga.
- Relacionar la anterior con la tension de pico inversa por diodo.

Como ya sabemos vamos a aplicar las siguientes integrales para el calculo de valor medio y eficaz.

$$IF(media) = IFav = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} iD_{(t)} dt$$

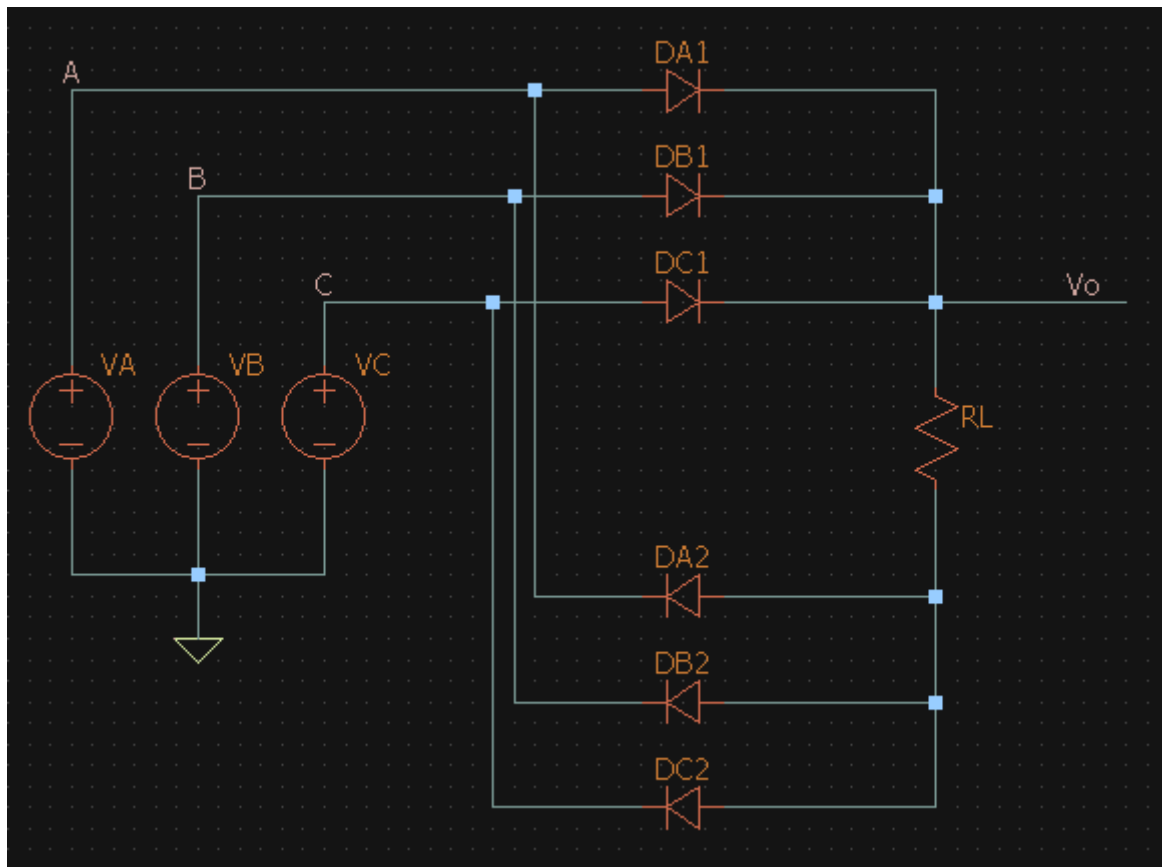
$$IF(ef) = IF = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} (iD_{(t)})^2 dt}$$

$$IL(media) = Io = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} io_{(t)} dt$$

$$VL(media) = Vo = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} vo_{(t)} dt$$

Carga resistiva.

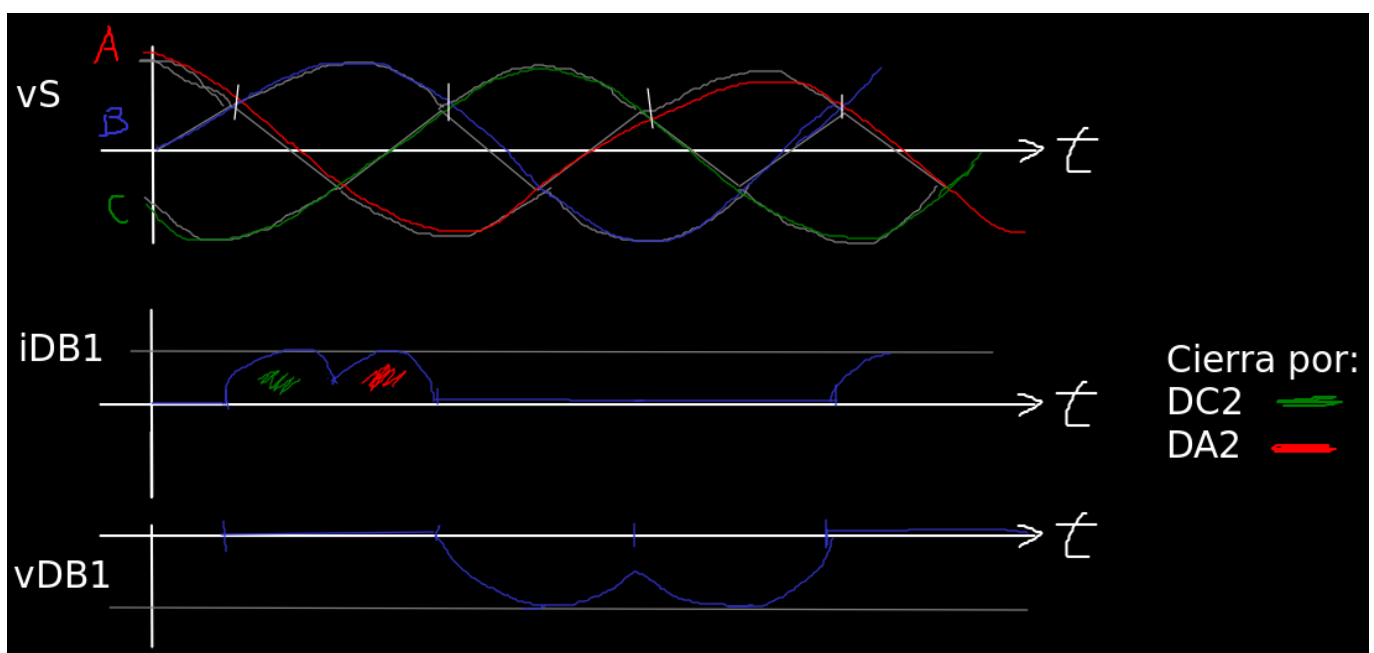
Nuestro circuito para el caso de la resistiva pura nos queda:



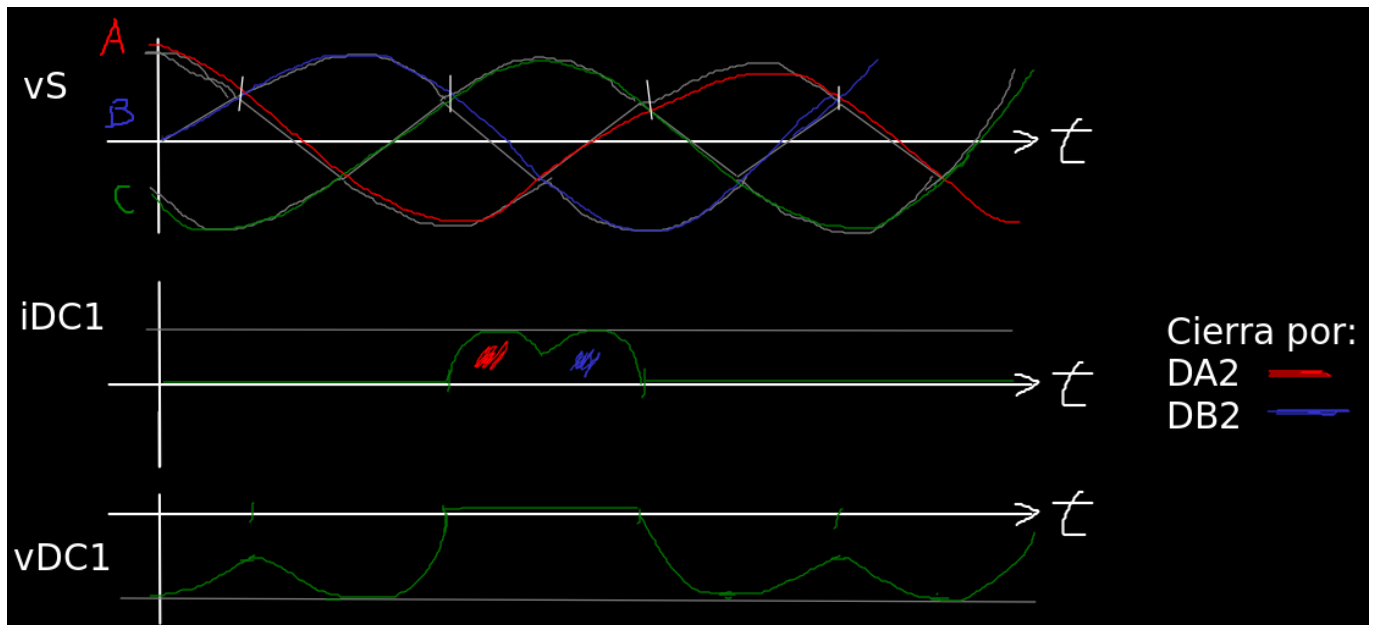
Donde conducirá un diodo por fase y la corriente retornará por uno de los 2 diodos inferiores alternadamente en cada ángulo de conducción.

Cuando la fase B sea positiva hará entrar en conducción al diodo B1 y este cerrará el circuito por medio del diodo C2 la mitad del tiempo y A2 la segunda mitad del tiempo.

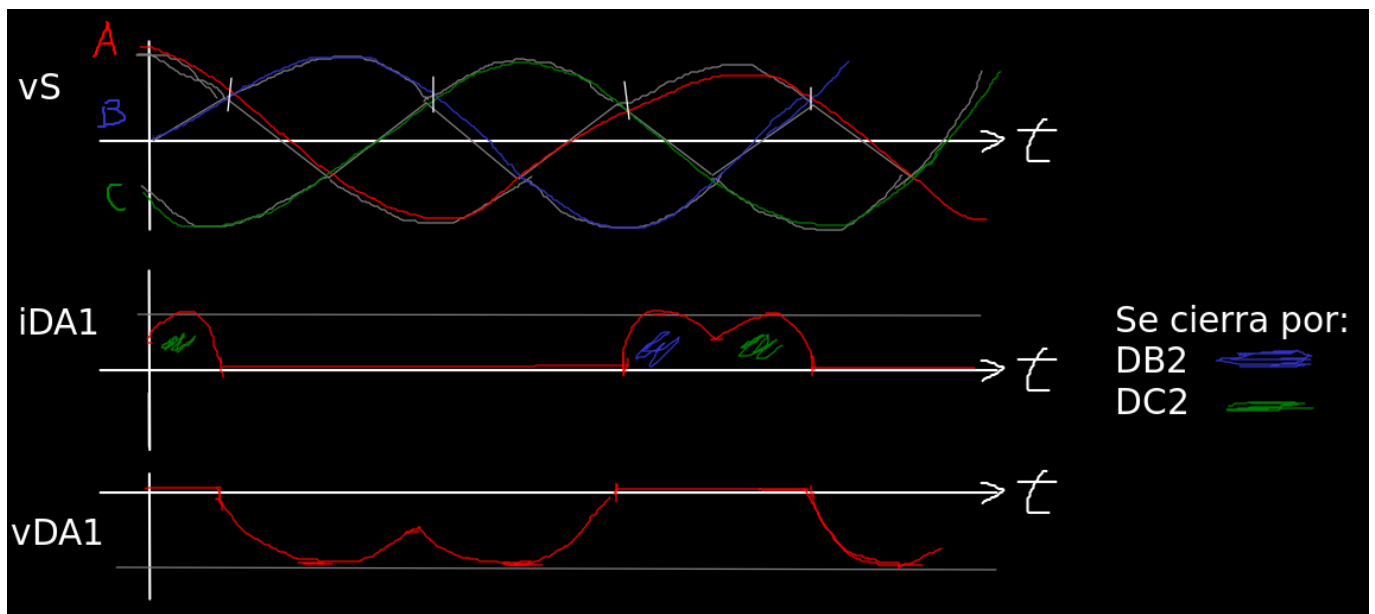
Durante el tiempo que este no conduzca, estará en inversa y soportará como máximo una tensión inversa igual a la tensión de línea.



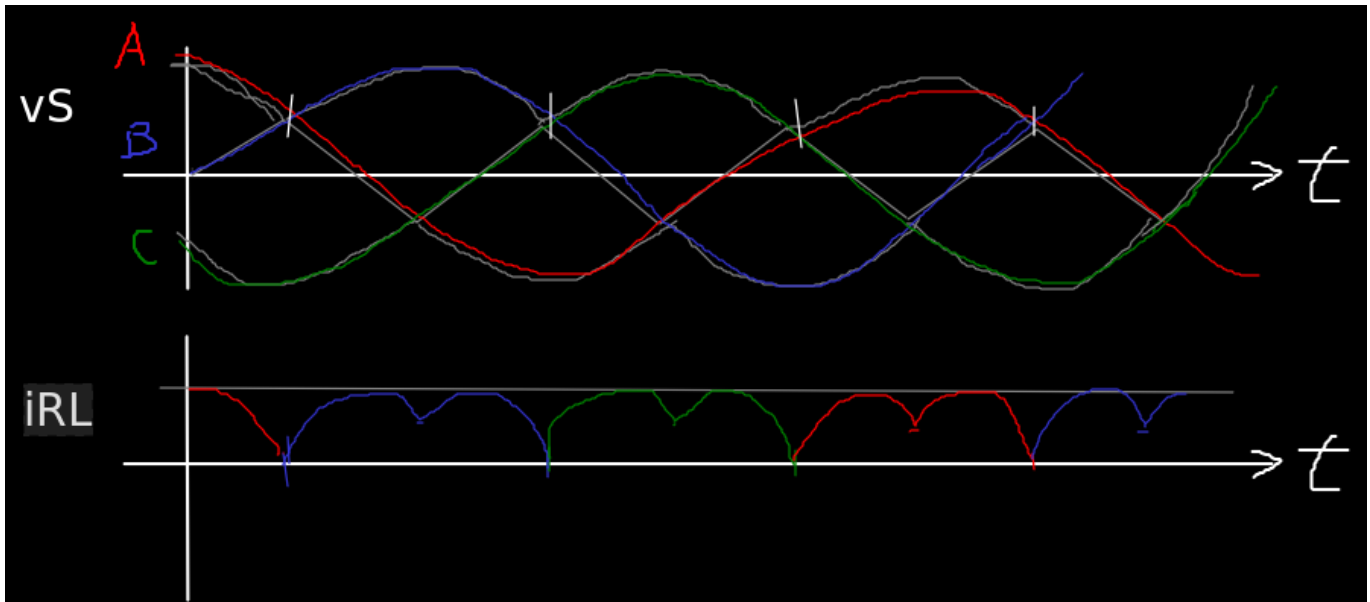
Seguidamente entra en conducción el diodo C1 y cierra por A2 y B2.



Y por ultimo el diodo C1 que cierra por A2 y B2 repitiendo luego toda la secuencia.

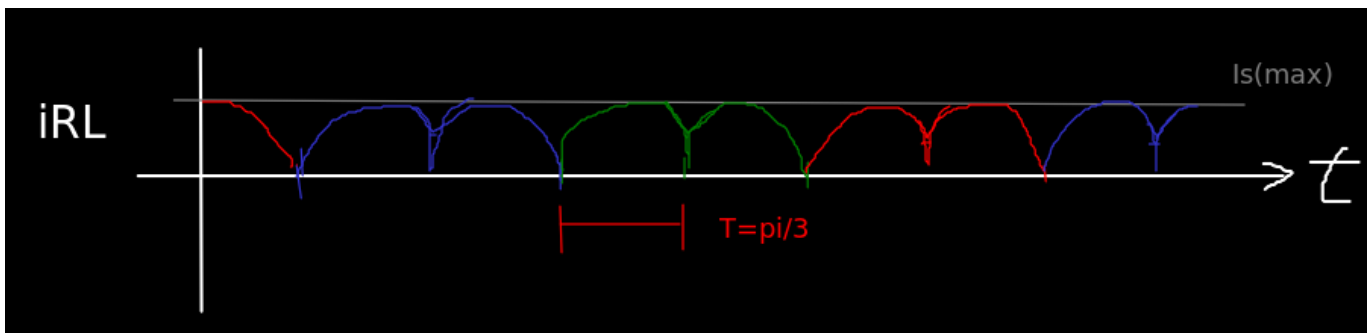


La corriente en la carga sera la superposicion de todas las fases aportadas por los diodos, generando una continua pulsante de periodo igual a la mitad del angulo de conduccion de cada diodo.



Calculo de coeficientes

Comenzamos por saber la expresion para la corriente media por la carga basandonos en el grafico analizado y aplicando la definicion de valor medio.

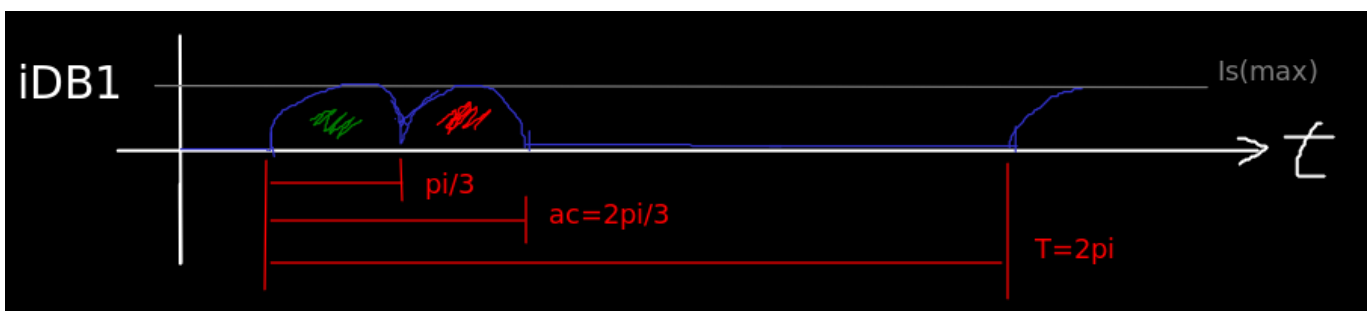


Donde la corriente es continua pulsante y la aproximamos los pulsos por cosenos de periodo $\pi/3$, que integramos en el intervalo $[-\pi/6; \pi/6]$.

aplicando la definicion de valor medio y con cambio de variable, resolvemos una integral angular:

$$I_o = \frac{3}{\pi} \int_{-\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{6}} I_{s_p} \cos(\theta) d\theta = 3 \cdot \frac{I_{s_p}}{\pi}$$

Continuamos con el valor medio y eficaz por diodo viendo las características de la forma de onda de corriente.



Esta tiene un periodo de 2π , un angulo de conduccion de $2\pi/3$ conformado por 2 pulsos de corriente, cada uno de duracion $\pi/3$.

En este caso tomamos medio pulso de corriente, aproximamos por coseno, e integramos en un intervalo simetico $\pm \pi/6$. Finalmente multiplicamos por 2 para tener el valor medio de el pulso completo.

$$IF_{av} = 2 \cdot \left[\frac{1}{2\pi} \int_{-\pi/6}^{\pi/6} I_{sp} \cos(\theta) d\theta \right] = \frac{I_{sp}}{\pi}$$

dividiendo miembro a miembro (m2m) IF_{av} e I_o , despejando IF_{av} tenemos:

$$IF_{av} = \frac{1}{3} \cdot I_o = K_{av} \cdot I_o$$

Y para el valor eficaz:

$$IF^2 = 2 \cdot \left[\frac{1}{2\pi} \int_{-\pi/6}^{\pi/6} [I_{sp} \cos(\theta)]^2 d\theta \right] = \frac{2\pi + 3\sqrt{3}}{12\pi} \cdot (I_{sp})^2$$

$$IF = \sqrt{\frac{2\pi + 3\sqrt{3}}{12\pi}} \cdot I_{sp} = A \cdot I_{sp}$$

dividiendo m2m IF e I_o , y despejando IF :

$$IF = \frac{\pi}{3} \cdot A \cdot I_o = \frac{\pi}{3} \cdot \sqrt{\frac{2\pi + 3\sqrt{3}}{12\pi}} \cdot I_o$$

Finalmente:

$$IF = 0.578 \cdot I_o = K_{rms} \cdot I_o$$

Continuamos con la tension media sobre la carga aplicando la definicion del valor medio, y teniendo en cuenta que sobre la carga cae la tension entre lineas y su FO es identica a la de la corriente.

$$V_o = \frac{3}{\pi} \int_{-\pi/6}^{\pi/6} V_{Lp} \cos(\theta) d\theta = \frac{3}{\pi} \cdot V_{Lp}$$

como en este circuito se tiene una tension inversa en los diodos igual a la tension de linea maxima:

$$V_o = \frac{3}{\pi} \cdot V_{RRM}$$

despejando la tension de pico inversa:

$$V_{RRM} = \frac{\pi}{3} \cdot V_o = 1.047 \cdot V_o = K_{RRM} \cdot V_o$$

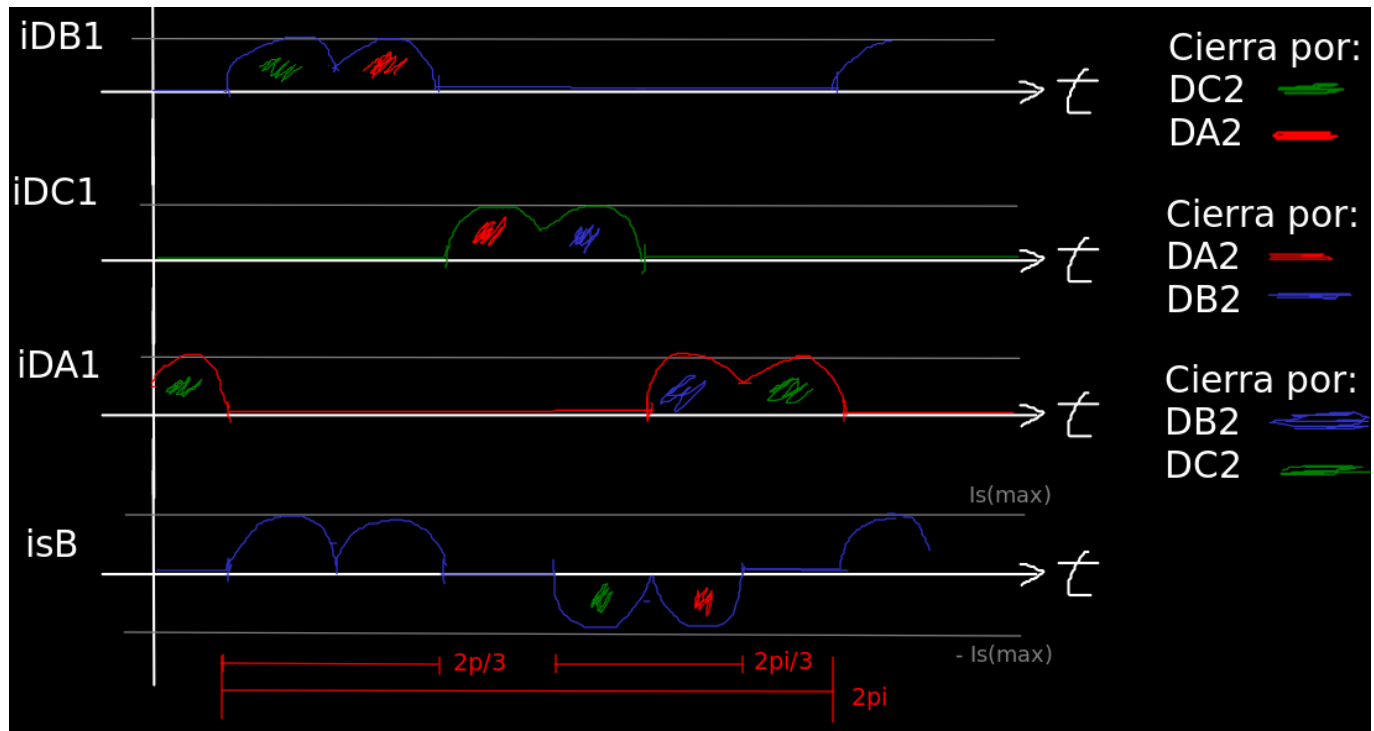
Con lo cual tenemos las corrientes y tensiones de calculo importante en funcion de la corriente y tension necesaria en la carga.

Para la potencia del secundario primero analizamos las formas de onda (FO) de la corriente por fase, luego calculamos su valor eficaz. Como esto queda en funcion de la corriente pico de la fase podemos relacionarla

con la corriente media en la carga Finalmente sacamos la potencia aparente del secundario como 3 veces la aparente de una fase ($3 \cdot V_s \cdot I_s$).

Para este circuito la corriente por fase es bi-direccional, por ejemplo, cuando la tension de la fase B es la mas alta, conduce el diodo DB1 generando 2 pulsos de corriente directa. Pero ademas DA1 o DC1 cerraran parte de su tiempo de conduccion por DB2, esto genera 2 pulsos mas de corriente inversa por la fase B.

superponiendo todos los efectos tenemos la corriente del secundario por fase B:



Esta es de periodo 2π , con 4 pulsos en total, 2 pulsos negativos y 2 pulsos positivos, que duran un angulo de conduccion cada uno.

calculando el valor eficaz de la corriente de una fase:

$$I_s^2 = 4 \cdot \left[\frac{1}{2\pi} \int_{-\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{6}} [I_{sp} \cos(\theta)]^2 d\theta \right] = \frac{2\pi + 3\sqrt{3}}{6\pi} \cdot (I_{sp})^2$$

$$I_s = \sqrt{\frac{2\pi + 3\sqrt{3}}{6\pi}} \cdot I_{sp} = B \cdot I_{sp}$$

recordando del analisis anterior que:

$$I_o = 3 \cdot \frac{I_{sp}}{\pi}$$

dividiendo m2m y despejando I_s :

$$I_s = B \cdot \frac{\pi}{3} \cdot I_o = \sqrt{\frac{2\pi + 3\sqrt{3}}{6\pi}} \cdot \frac{\pi}{3} \cdot I_o$$

$$I_s = 0.817 \cdot I_o$$

Luego sabiendo que la VRRM es la tension entre lineas podemos relacionar el valor eficaz de la fase con la V_o .

$$V_{RRM} = V_{Lp} = \sqrt{3} \cdot V_{sp} = \sqrt{3} \cdot \sqrt{2} \cdot V_s = \sqrt{6} \cdot V_s = \frac{\pi}{3} \cdot V_o$$

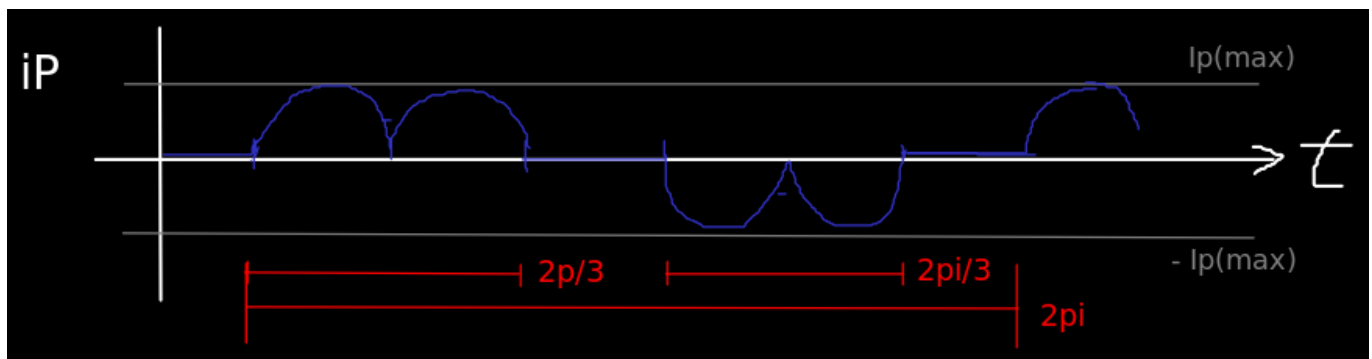
despejando V_s tenemos:

$$V_s = 0.427 \cdot V_o$$

como la potencia aparente en el secundario es la de las 3 fases tenemos finalmente que:

$$S_s = 3 \cdot V_s \cdot I_s = 1.048 \cdot V_o \cdot I_o = K_s \cdot P_o(av)$$

Ahora, sobre el primario tenemos la misma corriente por fase del secundario pero con valor medio nulo ya que la continua no genera flujo variable en el transformador. Observamos que en este rectificador la corriente por fase del secundario tiene valor medio nulo, por lo que la del primario tendra la misma forma de onda (esto no es asi en un rectificador de media onda).



Solo la amplitud esta afectada por la relacion de transformacion n .

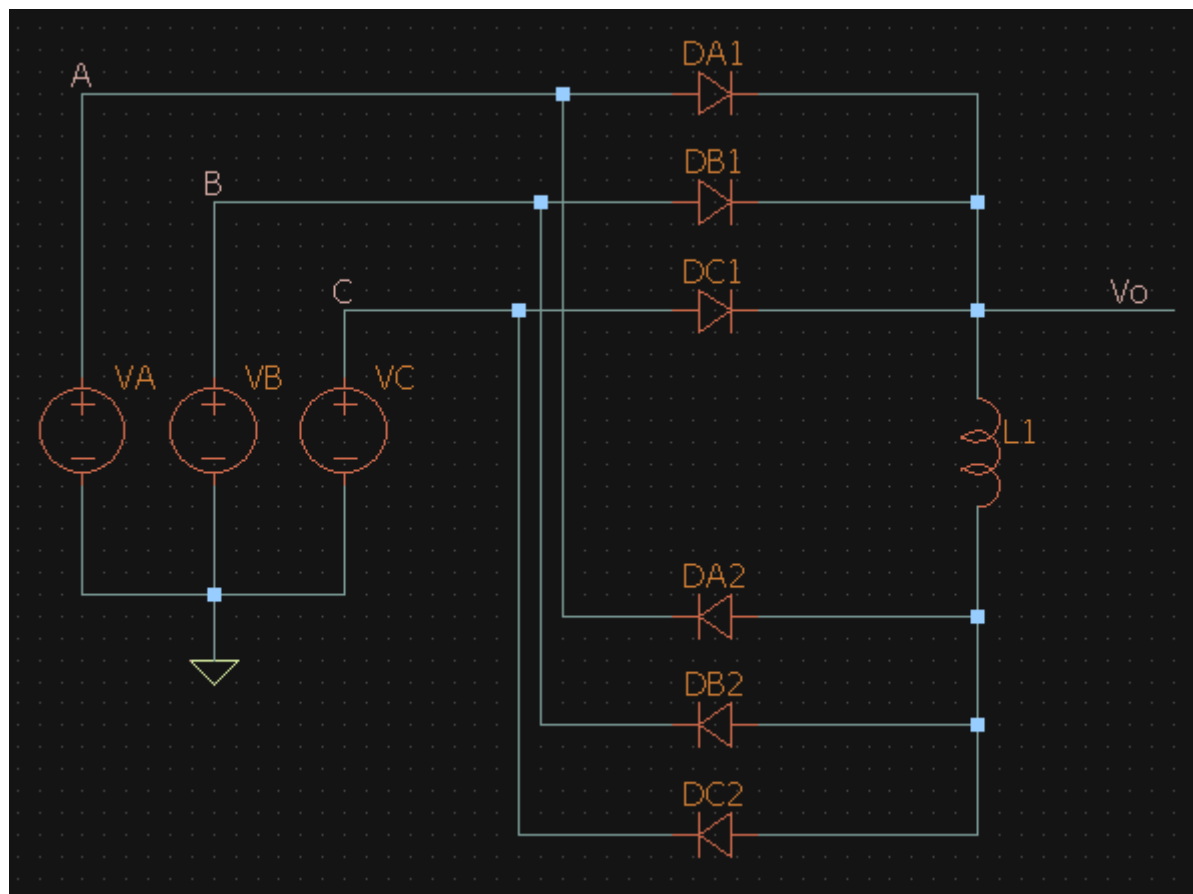
finalmente para la potencia del primario:

$$\begin{aligned} S_p &= 3 \cdot V_p \cdot I_p = 3 \cdot n \cdot V_s \cdot \frac{I_s}{n} \\ &= 1.048 \cdot V_o \cdot I_o = K_p \cdot P_o(av) \end{aligned}$$

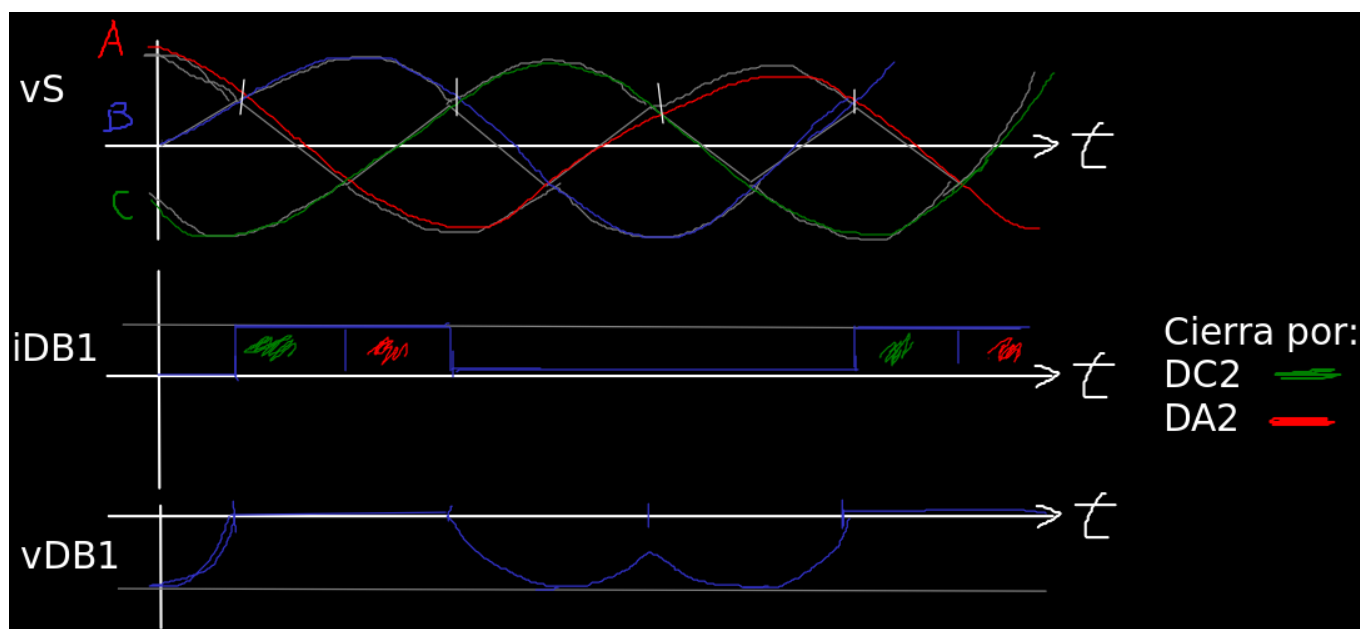
Vemos que la potencia en el primario es igual a la del secundario, lo cual es normal en estos analisis considerando el transformador ideal y sin perdidas.

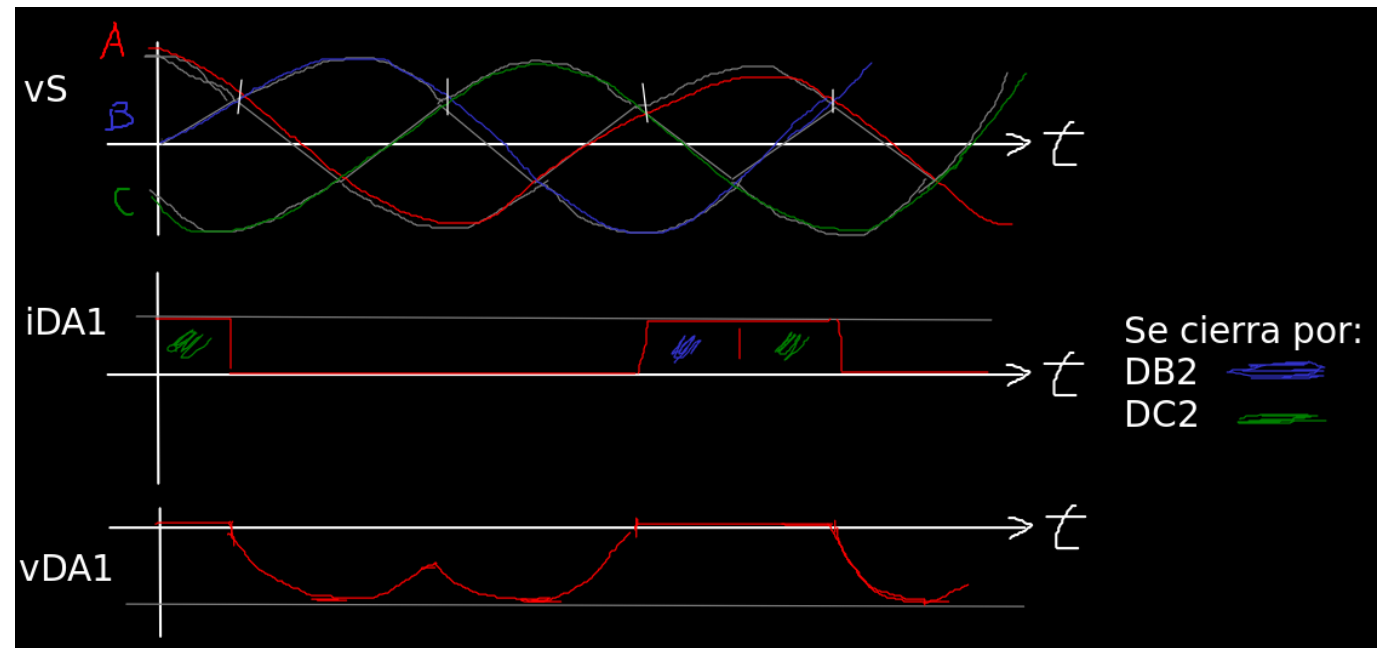
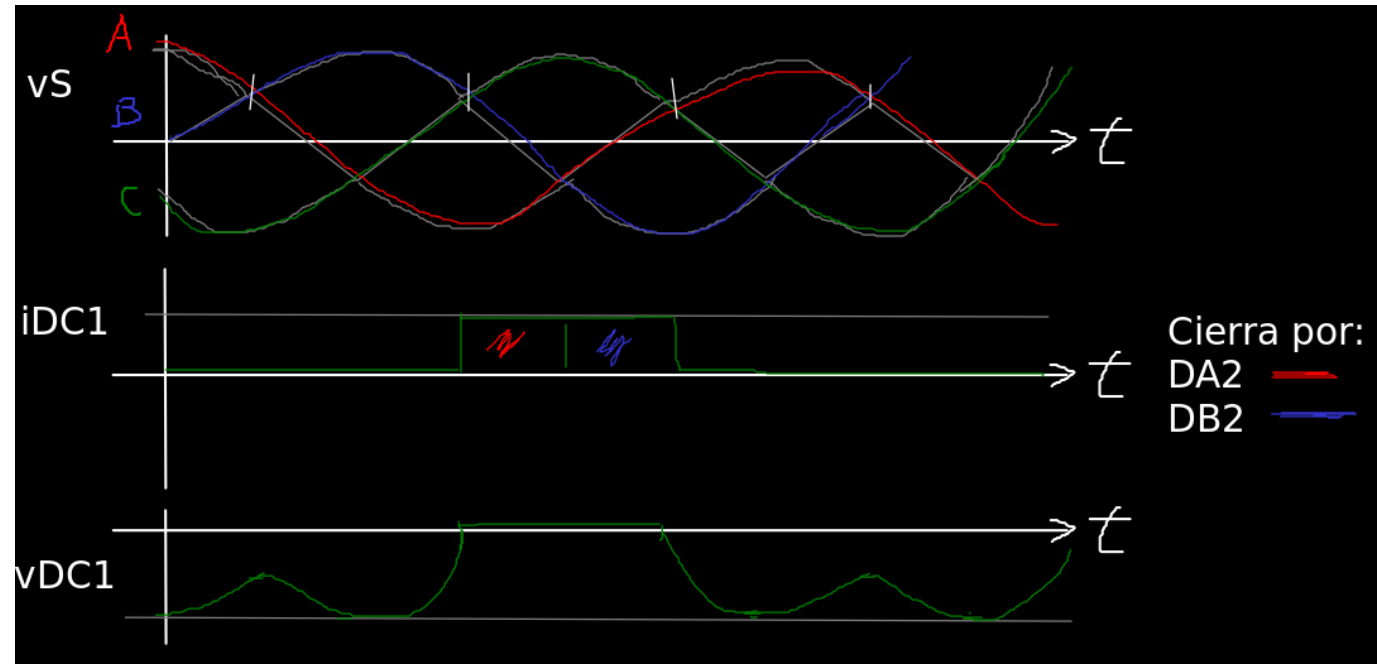
Carga inductiva.

El circuito analizado es el siguiente:

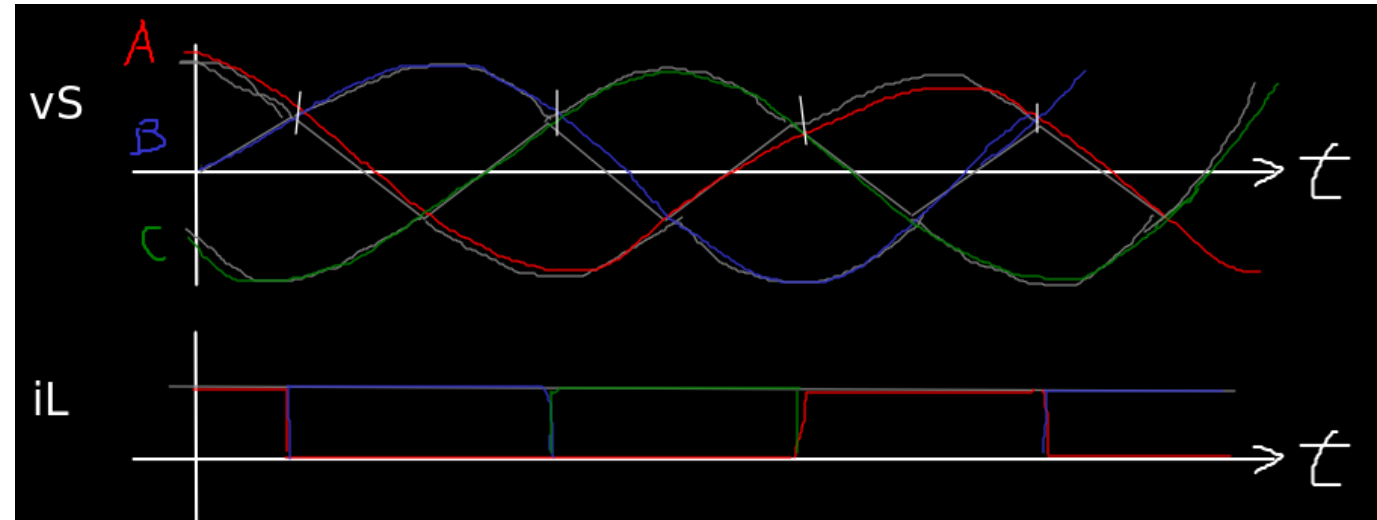


En este caso con carga inductiva ideal, viendo hacia la carga se tiene una impedancia muy grande para la corriente de señal, por lo tanto esta es nula. Lo que implica que solo hay corriente continua por los diodos en forma de pulsos cuadrados de periodo 2π .



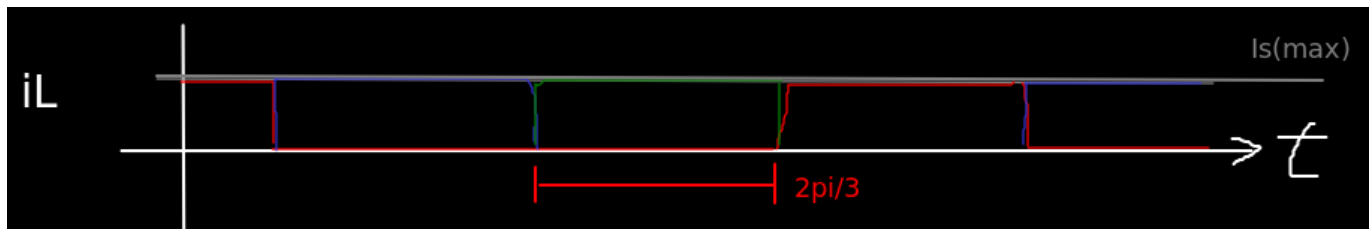


Luego la carga superpone todos los pulsos obteniendo en este caso una continua pura (en el caso ideal).



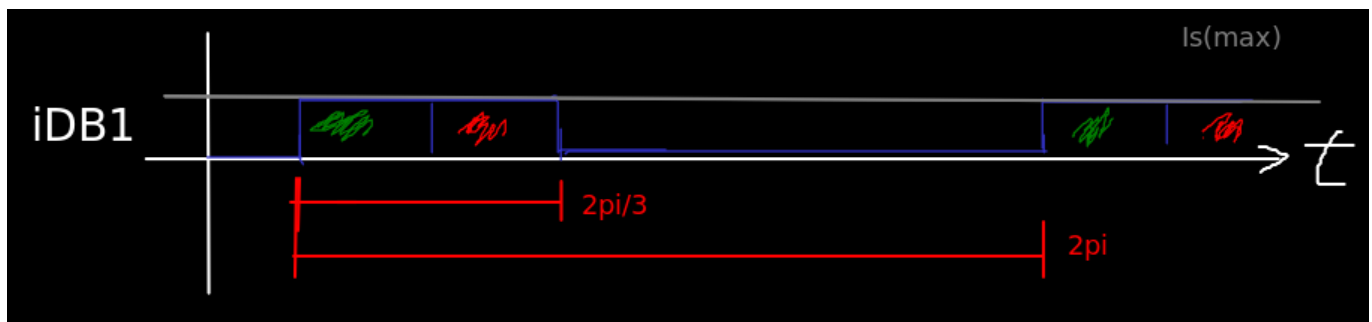
Calculo de coeficientes

Como es continua, buscamos su valor medio durante un angulo de conduccion:



$$I_o = \frac{3}{2\pi} \int_{-\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{3}} I_{sp} d\theta = \frac{3}{2\pi} \cdot \frac{2\pi}{3} I_{sp} = I_{sp}$$

Luego para las corrientes por diodo tomamos un pulso de corriente, aproximamos por rectangulos de base $2\pi/3$ y altura I_{sp} (pico).



aplicando definicion de valor medio, tenemos:

$$IF_{av} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{3}} I_{sp} d\theta = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{2\pi}{3} \cdot I_{sp} = \frac{1}{3} \cdot I_{sp}$$

como $I_s(\max)$ es igual a I_o , tenemos:

$$IF_{av} = \frac{1}{3} \cdot I_o = K_{av} \cdot I_o$$

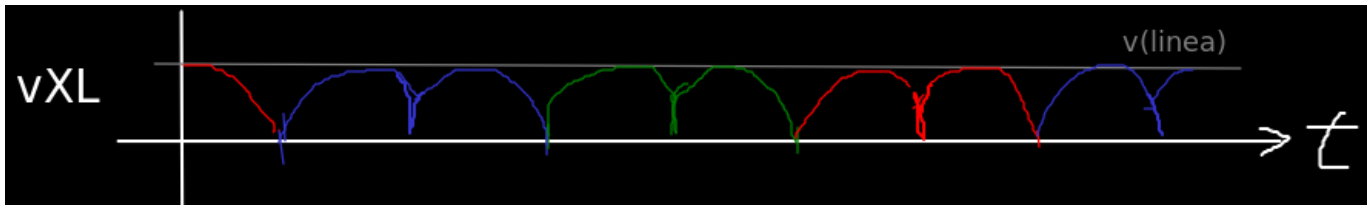
Seguidamente para el valor eficaz por diodo:

$$IF^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{3}} (I_{sp})^2 d\theta = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{2\pi}{3} \cdot (I_{sp})^2 = \frac{1}{3} \cdot (I_{sp})^2$$

tomando raiz cuadrada, tenemos:

$$IF = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot I_o = K_{rms} \cdot I_o$$

Pero en el inductor debe caer toda la tension aplicada:



Luego la tension media sobre la carga es identica a la del caso resistivo.

$$V_o = \frac{3}{\pi} \int_{-\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{6}} V_{L_p} \cos(\theta) d\theta = \frac{3}{\pi} \cdot V_{L_p}$$

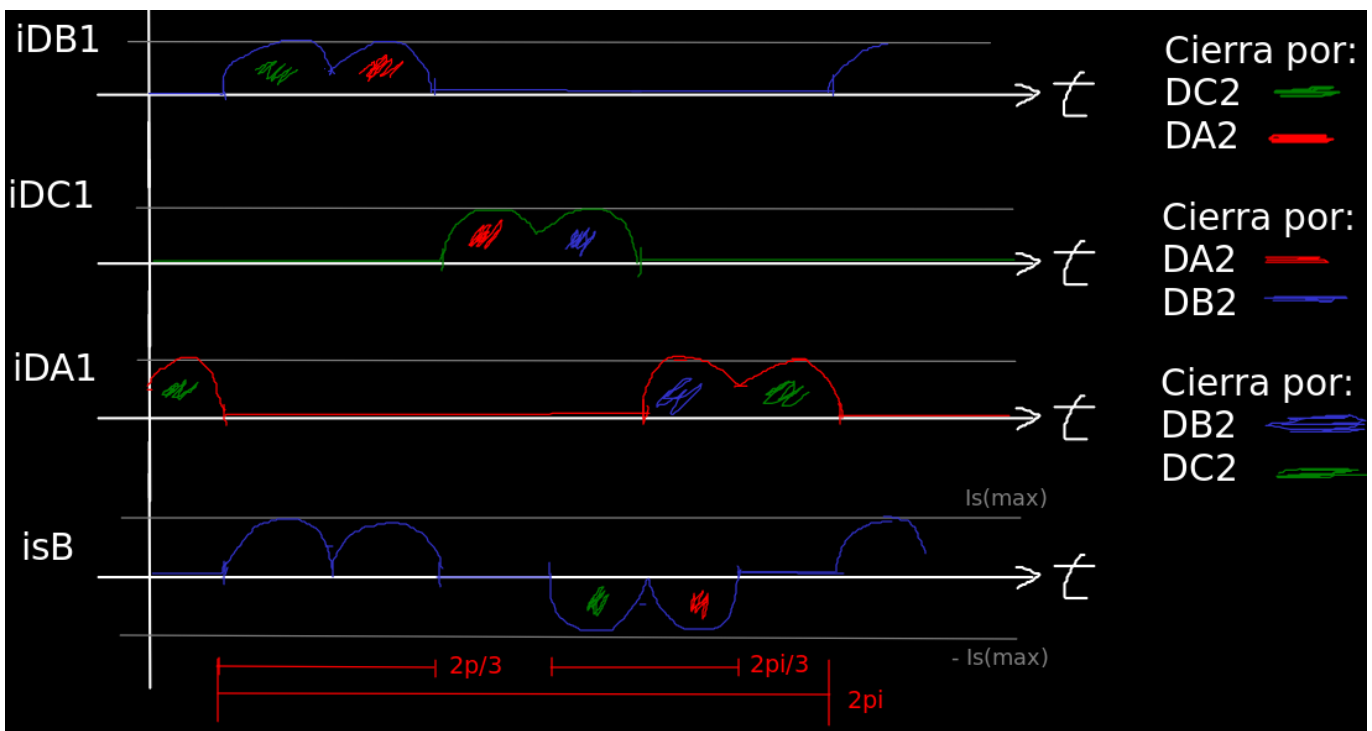
de esta forma tenemos tambien tenemos la misma VRRM:

$$V_{RRM} = \frac{\pi}{3} \cdot V_o = 1.047 \cdot V_o = K_{RRM} \cdot V_o$$

Para la potencia del secundario utilizando el mismo metodo que para el caso resistivo tenemos:

Para este circuito la corriente por fase es bi-direccional, por ejemplo, cuando la tension de la fase B es la mas alta, conduce el diodo DB1 generando 2 pulsos de corriente directa. Pero ademas DA1 o DC1 cerraran parte de su tiempo de conduccion por DB2, esto genera 2 pulsos mas de corriente inversa por la fase B.

superponiendo todos los efectos tenemos la corriente del secundario por fase B:



Esta es de periodo 2π , con 4 pulsos en total, 2 pulsos negativos y 2 pulsos positivos, que duran un angulo de conduccion cada uno.

calculando el valor eficaz de la corriente de una fase:

$$I_s^2 = 4 \cdot \left[\frac{1}{2\pi} \int_{-\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{6}} [I_{sp} \cos(\theta)]^2 d\theta \right] = \frac{2\pi + 3\sqrt{3}}{6\pi} \cdot (I_{sp})^2$$

$$I_s = \sqrt{\frac{2\pi + 3\sqrt{3}}{6\pi}} \cdot I_{sp} = B \cdot I_{sp}$$

recordando del analisis anterior que:

$$I_o = 3 \cdot \frac{I_{sp}}{\pi}$$

dividiendo m2m y despejando Is:

$$I_s = B \cdot \frac{\pi}{3} \cdot I_o = \sqrt{\frac{2\pi + 3\sqrt{3}}{6\pi}} \cdot \frac{\pi}{3} \cdot I_o$$

$$\mathbf{I_s = 0.817 \cdot I_o}$$

Luego sabiendo que la VRRM es la tension entre lineas podemos relacionar el valor eficaz de la fase con la Vo.

$$V_{RRM} = V_{Lp} = \sqrt{3} \cdot V_{sp} = \sqrt{3} \cdot \sqrt{2} \cdot V_s = \sqrt{6} \cdot V_s = \frac{\pi}{3} \cdot V_o$$

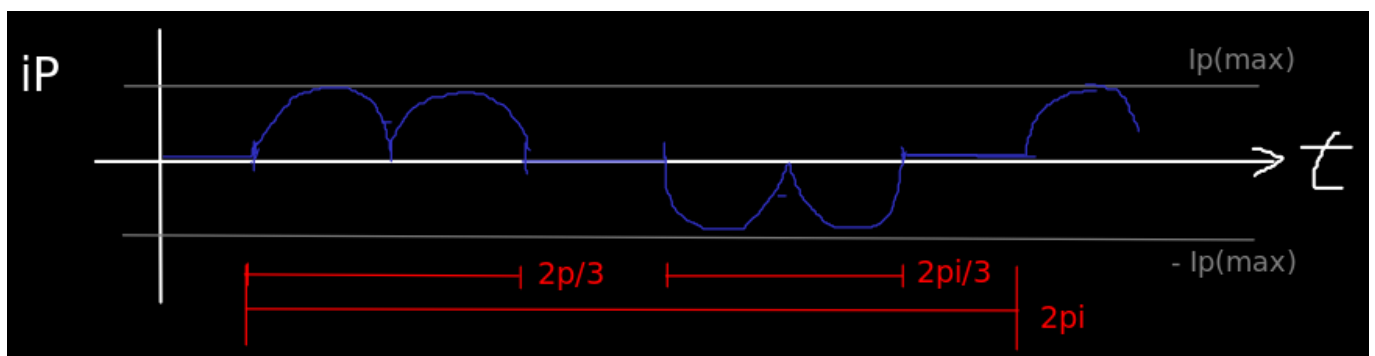
despejando Vs tenemos:

$$\mathbf{V_s = 0.427 \cdot V_o}$$

como la potencia aparente en el secundario es la de las 3 fases tenemos finalmente que:

$$\mathbf{S_s = 3 \cdot V_s \cdot I_s = 1.048 \cdot V_o \cdot I_o = K_s \cdot P_o(av)}$$

Ahora, sobre el primario tenemos la misma corriente por fase del secundario pero con valor medio nulo ya que la continua no genera flujo variable en el transformador. Observamos que en este rectificador la corriente por fase del secundario tiene valor medio nulo, por lo que la del primario tendra la misma forma de onda (esto no es asi en un rectificador de media onda).



Solo la amplitud esta afectada por la relacion de transformacion n.

finalmente para la potencia del primario:

$$S_p = 3 \cdot V_p \cdot I_p = 3 \cdot n \cdot V_s \cdot \frac{I_s}{n}$$

$$\mathbf{= 1.048 \cdot V_o \cdot I_o = K_p \cdot P_o(av)}$$

Vemos que la potencia en el primario es igual a la del secundario, lo cual es normal en estos analisis considerando el transformador ideal y sin perdidas.

Conclusion para una carga RL.

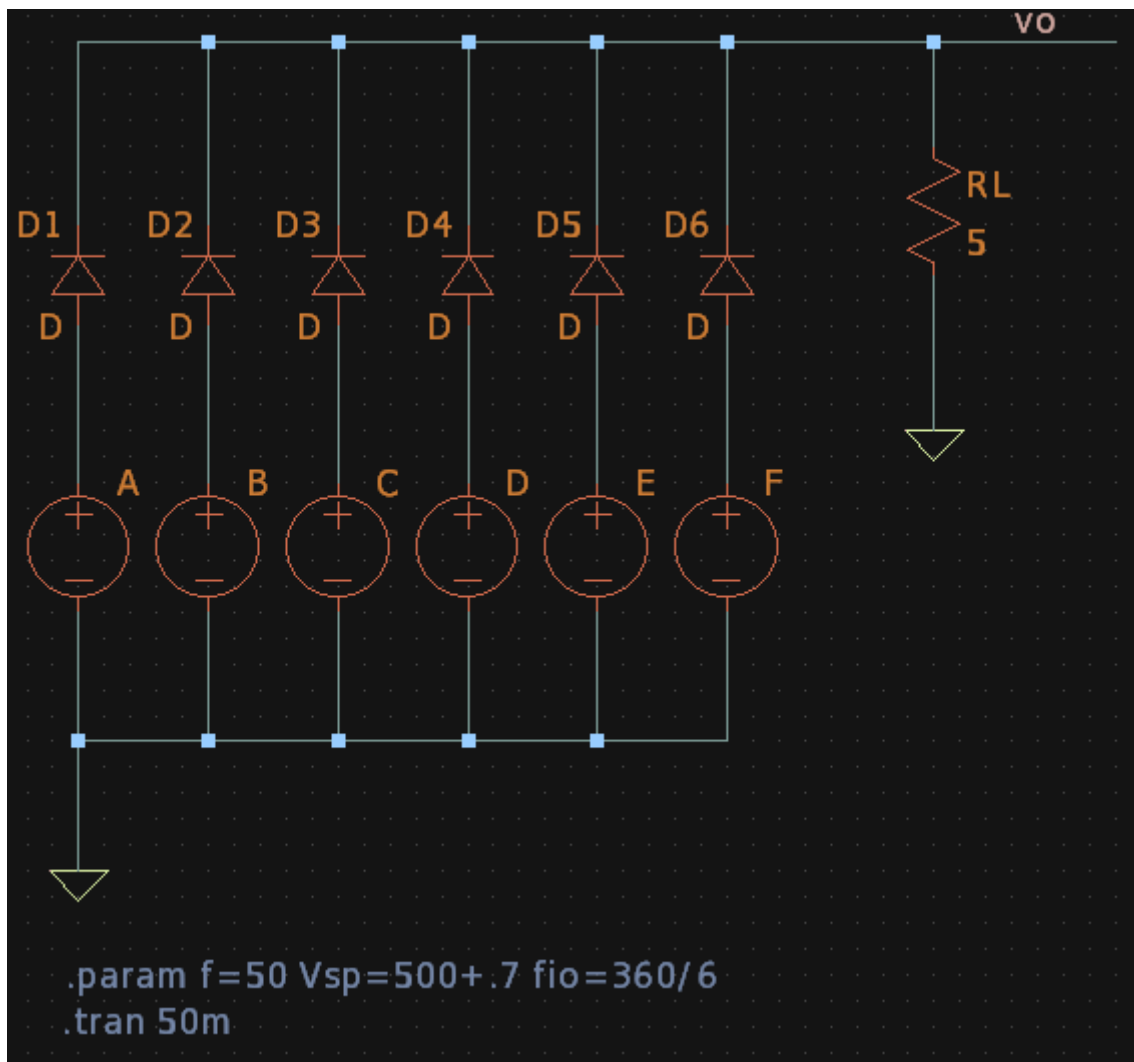
En el ultimo analisis lo importante es destacar que si bien la tension que cae en el inductor es alterna, sobre su rama cicula corriente continua.

Por tanto si cambiamos por una carga RL aseguramos una corriente continua sobre la resistencia, que tambien da una tension continua sobre la misma, debiendo caer toda la componente de alterna en el inductor.

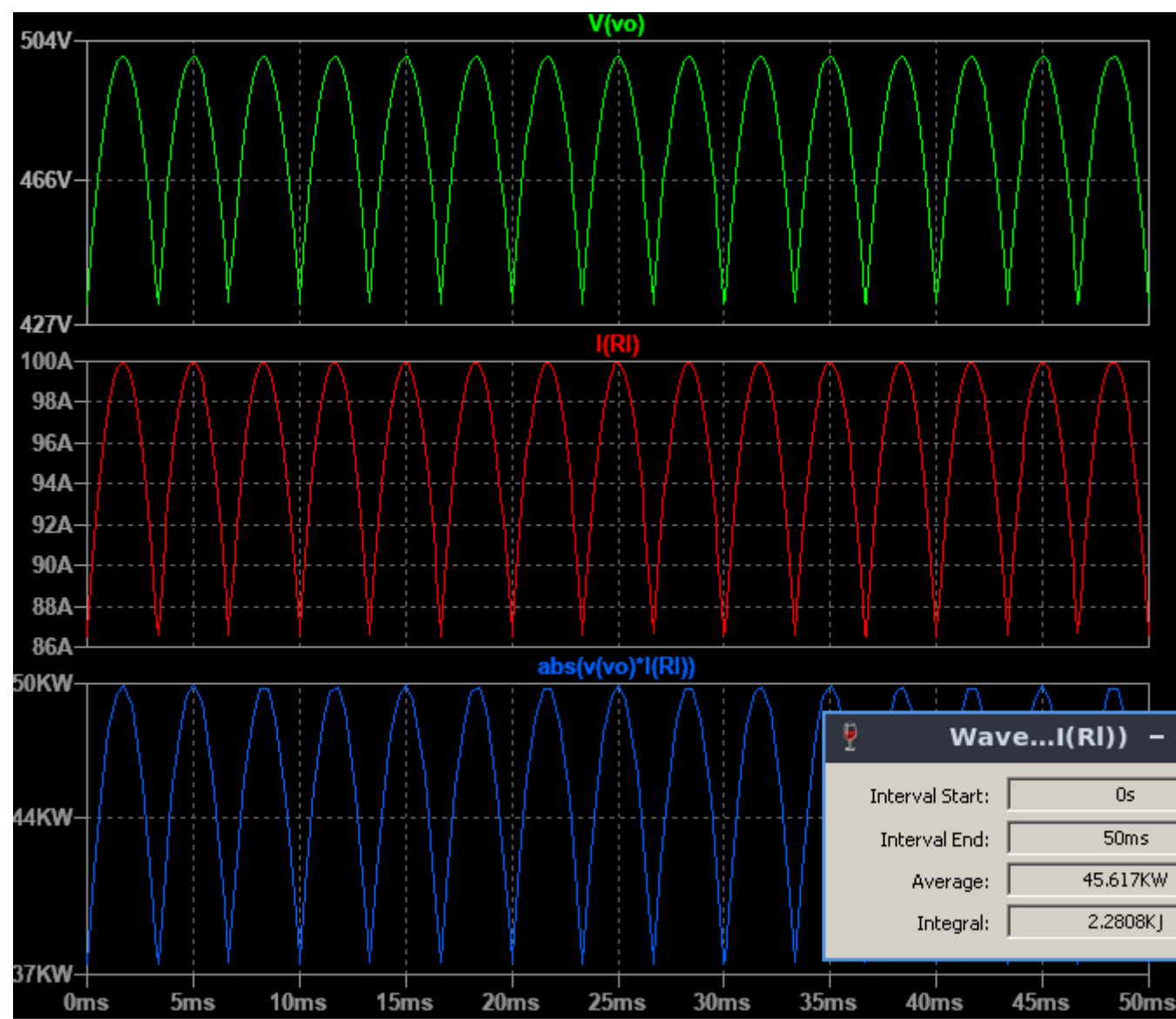
El inductor actua como un filtro pasa bajo cortando todas las componentes distintas del valor medio (en caso ideal).

2. Simulacion rectificador hexafasico.

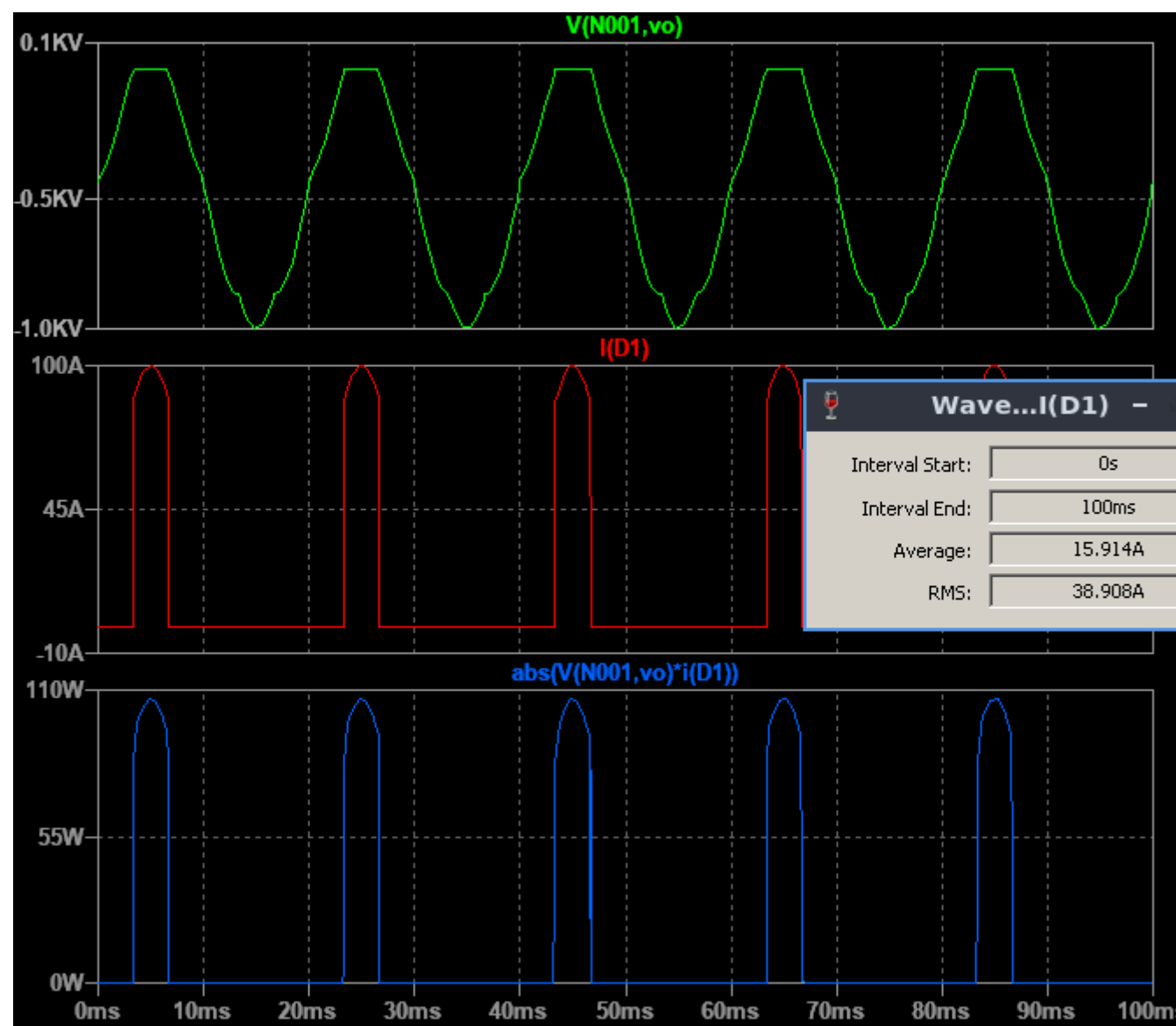
puente rectificador hexafasico de media onda con carga resistiva, tension de 500V mas tension de conduccion de diodo, desfases de 60°



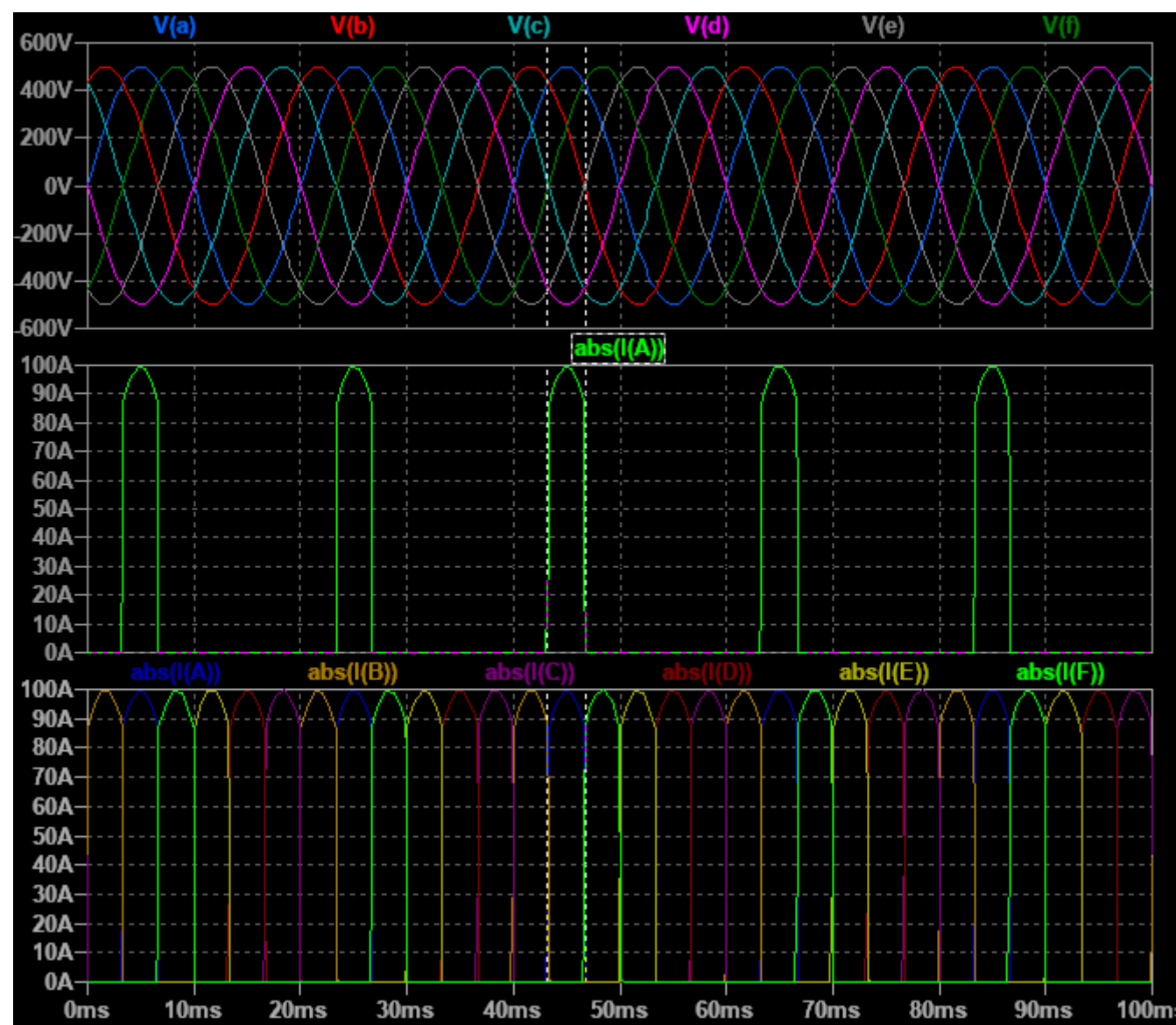
tension, corriente y potencia en carga



tcp en un diodo, sacar tension pico inversa, es la tension entre lineas



secundario todas las fases



secundario una fase

