

ESTUDIO DE UN MOTOR DE INDUCCION



EN REGIMEN TRANSITORIO Y
PERMANENTE

CON EL PORTUNUS 6.1

POR

ELOY BELTRAN BELTRAN

INDICE

	PAGINA
1) ANTECEDENTES	003
1. 1) PROCEDIMIENTO DE ENSAYO ARRANQUE DIRECTO	003
1. 2) PROCEDIMIENTO DE ENSAYO VARIADOR DE FRECUENCIA BUCLE ABIERTO	003
1. 3) PROCEDIMIENTO DE ENSAYO CONTROL ESCALAR BUCLE CERRADO	004
1. 4) CONCLUSIONES	004
1. 5) NOTIFICACIONES DEL AUTOR	005
1. 6) CARACTERISTICAS DE LA MAQUINA Y MAGNITUDES ELECTRICAS	006
1. 7) CARACTERISTICAS DEL CUERPO VISCOSO (ROZAMIENTO MECANICO)	006
1. 8) CARACTERISTICAS DE LA FUENTE DE ALIMENTACION	007
1. 9) CALCULOS CON LOS DATOS DE VACIO, CCTO Y MAGNITUDES ELECTRICAS	007
2) ENSAYO PRIMERO ARRANQUE DIRECTO	009
2. 1 CONCLUSIONES	013
3) ENSAYO SEGUNDO VARIADOR DE FRECUENCIA CONTROL ESCALAR EN BUCLE ABIERTO	014
3. 1) PAR CONSTANTE(SIN CARGA) FRECUENCIA VARIABLE	015
3. 2) PAR Y FRECUENCIA VARIABLE: DETERMINACION DEL PAR MAXIMO DE ARRANQUE	302
3. 3) PAR VARIABLE FRECUENCIA CONSTANTE	309
3. 4) PAR VARIABLE EN EL TIEMPO CON FALLO	361
3. 5) MODELOS MATEMATICOS A PARTIR DE DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO	367
3. 6) CONCLUSIONES	370
4) ENSAYO TERCERO CONTROL ESCALAR EN BUCLE CERRADO	376
4. 1) COMPORTAMIENTO NORMAL, OSCILATORIO Y SOBREOSCILATORIO-INESTABLE	377
4. 2) ENSAYO DE RESPUESTA	392
4. 3) COMPORTAMIENTO DE LA VELOCIDAD SOBRE LA ACCION PROPORCIONAL (K_p)	392
4. 4) ENSAYO DE COMPORTAMIENTO DE LA VELOCIDAD VARIANDO EL PAR.	392
4. 5) GRAFICO Y ECUACION DEL TIEMPO DE RESPUESTA VARIANDO K_i	396
4. 6) GRAFICO Y ECUACION DE LA VELOCIDAD VARIANDO K_p	397
4. 7) CONCLUSIONES	398
4. 8) FUNCIONES DE TRANSFERENCIA	400
4. 8. 1) EL REGULADOR PROPORCIONAL INTEGRAL	400
4. 8. 2) EJEMPLO DE DISEÑO DE UN REGULADOR PROPORCIONAL INTEGRAL	402
4. 8. 3) DIAGRAMA DE BLOQUES PARA NUESTRO MOTOR	408

1) ANTECEDENTES:

En el presente motor de inducción, se va a analizar la tensión y la corriente en la fase R, tomándose los valores en régimen permanente a los 4 segundos del arranque de la máquina y el desfase en grados producido entre la tensión y la corriente.

Por otro lado, se hace también un análisis del periodo en régimen transitorio para determinar la corriente pico de arranque, así como el desfase producido entre la tensión e intensidad de la fase R, estos últimos valores de desfase se cogieran: pasando por valores nulos (corte abcisas), y también en valores máximos o picos para determinar la simetría de la onda senoide en régimen transitorio, restando el desfase producido para valores pico y para corte en abcisa o valores nulos, cuanto más se aproxime a 0° , más simétrica será la onda, y este valor será absoluto.

También se verá en dicho periodo transitorio el comportamiento de la velocidad.

Finalmente se calculará el deslizamiento para cada caso, ya que cada ensayo tendrá un número de casos.

1.1) PROCEDIMIENTO DE ENSAYO ARRANQUE DIRECTO

Verificaremos el modelo con el funcionamiento en vacío y rotor bloqueado así como carga nominal. Y añadiremos controles para modificar el par visualizando así la velocidad y la intensidad.

1.2) PROCEDIMIENTOS DEL ENSAYO VARIADOR DE FRECUENCIA BUCLE ABIERTO

-PAR CONSTANTE-

Dejando el Par constante, con valor nulo, es decir, sin carga, se irá variando la frecuencia de alimentación del estator, con valores de tensión pico que el variador de frecuencia irá suministrando a su merced en incremento hasta la frecuencia nominal del motor, después se observará a partir de la frecuencia nominal que la tensión suministrada por el variador de frecuencia será constante, rompiéndose la proporcionalidad entre tensión frecuencia, analizaremos por otro lado el periodo transitorio, periodo permanente, Tensión pico, Intensidad pico de arranque, Intensidad pico y la Velocidad. Y en ningún momento se mostrará la intensidad media/eficaz instantánea, ya que nos referimos siempre a valores pico.

Este ensayo se realizará en dos partes, uno hasta frecuencia nominal, y el segundo desde frecuencia nominal hasta los 150Hz.

-PAR Y FRECUENCIA VARIABLE-

Variamos la frecuencia y el par, para determinar el par de arranque que puede ofrecer la maquina a cada frecuencia, y elaboraremos una grafica del par de arranque maximo en funcion de la frecuencia a la que la maquina es capaz de vencer. Por lo tanto , por encima de dichos valores de par, la maquina no podria arrancar, lógicamente esto se comprueba con el Portunus cuando la velocidad da negativa, es decir, el par resistente era mayor que el que me proporciona nuestro motor, girando en sentido contrario.

-PAR VARIABLE-

A una frecuencia nominal fija (50Hz), variaremos el par y veremos como varian las magnitudes anteriormente citadas, la intensidad, la velocidad, el deslizamiento y el desfase tension intensidad.

*Luego finalmente veremos en una sola toma de ensayo la variacion de la intensidad con el par (definida por una ecuacion exponencial negativa) típica cuando se obtienen los datos de temperatura en un objeto cuando se somete a una fuente de calor.

Justo despues de cada ensayo se obtendra una tabla de datos y su correspondiente grafica, y se elaborará un modelo matematico por ajuste a mínimos cuadrados comprobando su veracidad sustituyendo en funcion de la variable su valor numerico, dando un valor con ajuste de error expresado en la variable (R).

Para la obtencion de los modelos matematicos se suprimiran aquellos valores que sean ostentosamente erroneos para reducir el error, todo ello se comentará y se hara un breve comentario de cada resumen del ensayo y finalmente se concluirán.

1.3) ENSAYO CONTROL ESCALAR BUCLE CERRADO

Se variarán K_p y K_i y tambien la velocidad de referencia que queramos, se tomaran conclusiones de los resultados.

1.4) CONCLUSIONES

Se expondran las observaciones y finalmente se concluirán los hechos en funcion de mi capacidad de observacion y mis conocimientos.

Tambien se hara un resumen de ecuaciones y modelos matematicos de los casos de ensayo, siendo estas ecuaciones creadas a partir de datos empiricos y ajustadas para que su error sea el menor posible.

1.5) NOTIFICACIONES DEL AUTOR

(*) NOTA: Cuando se lea RP o RT delante de una variable, es para identificar el régimen permanente o el régimen transitorio a la que han sido ensayadas.

(*) NOTA: Cuando se lea, Desfase Intensidad-Tensión, es para remarcar que el tiempo de la intensidad se está restando con el tiempo de la tensión, los valores instantáneos del desfase se obtienen en el corte del eje de abscisas, es decir, cuando los valores de Tensión e Intensidad sean nulos. Y también se toman tiempos, cuando los valores de dichas variables sean máximos. Lógicamente, la máquina de inducción con circuito predominantemente inductivo, la corriente siempre irá en retraso con la tensión, y ese retraso vendrá expresado en grados, llamado desfase, pero veremos que este fenómeno, (el inductivo) se reduce cuando la frecuencia de alimentación es muy pobre o está muy por encima de la nominal.

(*) NOTA: Los periodos de tiempo están referidos a la onda de la tensión, ya que el periodo transitorio no es de mismo valor que la corriente por el desfase entre ellas.

(*) NOTA: El periodo base para saber el desfase en régimen transitorio se tomará del periodo transitorio, que es distinto del periodo permanente, y para saber el desfase en régimen permanente, se tomará de la inversa de la frecuencia o periodo permanente, siendo este el periodo calculado en cada ensayo.

1.6) CARACTERISTICAS DE LA MAQUINA Y MAGNITUDES ELECTRICAS:

Es una maquina de induccion, motor de induccion con rotor de jaula de ardilla, donde es alimentado con frecuencia alterna-senoidal en el estator. Esta maquina tendra un deslizamiento que calcularemos en cada ensayo y veremos su variacion en funcion de la frecuencia de alimentacion.

*Magnitudes electricas:

- Resistencia del Estator : 3 Ohmios
- Resistencia del Rotor: 2,25 Ohmios
- Inductancia del Estator: 0,014H
- Inductancia del Rotor: 0,014H
- Inductancia General: 0,191H
- Numero de Polos: 2
- Momento de inercia: $0,000754 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

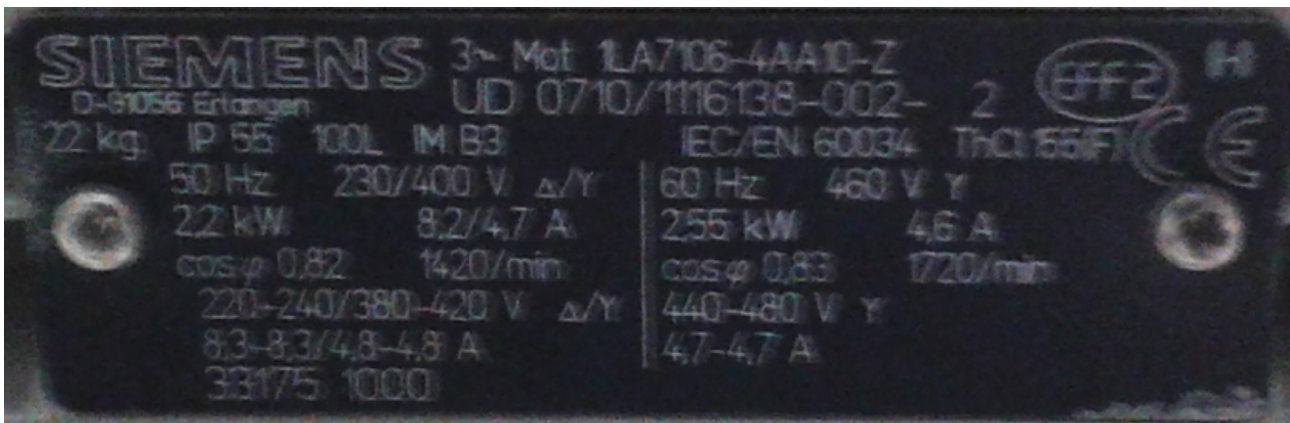
*Ensayos en vacio:

- $U_{10}=400\text{V}; I_{10}=3,5 \text{ A}; P_{10}=296\text{W}$
- $U'_{10}=200\text{V}; I'_{10}=1,1 \text{ A}; P'_{10}=81,8\text{W}$

*Ensayos en cortocircuito

- $U_{1CC}=83,4 \text{ V}; I_{1CC}=28,28 \text{ A}; P_{1CC}=354,8 \text{ W}$

Placa de características de nuestro motor:



1.7) CARACTERISTICAS DEL CUERPO VISCOSO (ROZAMIENTOS MECANICOS):

- Momento de Inercia: $0,00754\text{kg} \cdot \text{m}^2$
- Friccion del Viscoso: $0,00159\text{Nm} \cdot \text{s/rad}$

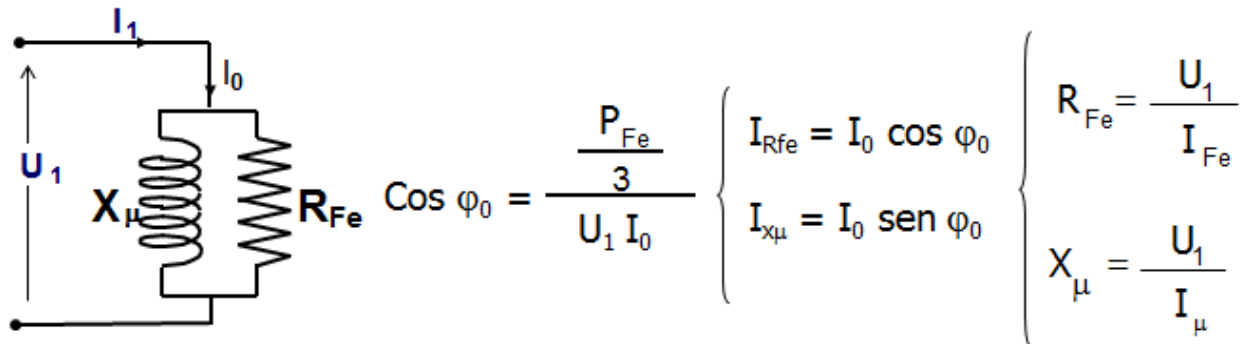
1.8) CARACTERISTICAS DE LA FUENTE DE ALIMENTACION:

- Tension pico: 325,25V
- Frecuencia Nominal : 50Hz

1.9) CALCULOS CON LOS DATOS DE LOS ENSAYOS EN VACIO Y EN CCTO Y LAS MAGNITUDES ELECTRICAS

$$\cos \phi_0 = \frac{296W}{230 \cdot 3,5} = 82,96^\circ \quad I_{R_{Fe}} = 3,5 \cdot \cos 82,96^\circ = 0,42896 A$$

$$I_{X_\mu} = 3,5 \cdot \sin 82,96^\circ = 3,4736 A \quad \text{como se observa...}$$



$$R_{Fe} = 230 \frac{V}{0,42896} = 536,18 \Omega$$

$$X_\mu = 230 \frac{V}{3,4736} = 66,214 \Omega$$

Y con los datos de cortocircuito mas de lo mismo...

Tenemos:

$$\cos \phi_{cc} = \frac{P_{cc}}{U_{1cc} I_{1N}} \left\{ \begin{array}{l} R_{cc} = R_1 + R'_2 \\ X_{cc} = X_1 + X'_2 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} R_{cc} = R_1 + R'_2 = \frac{U_{1cc}}{I_{1N}} \cos \phi_{cc} \\ X_{cc} = X_1 + X'_2 = \frac{U_{1cc}}{I_{1N}} \sin \phi_{cc} \end{array} \right.$$

$$Z = \frac{U_{1cc}}{I_{1N}} \left\{ \begin{array}{l} R_{cc} = Z \cos \phi_{cc} \\ X_{cc} = Z \sin \phi_{cc} \end{array} \right.$$

R_1 se obtiene por medición directa sobre los devanados del estator

X_{cc} se reparte entre X_1 y X'_2 a falta de otra información $X_1 = X'_2$

Las inntensidad nominal I1N se mira en la placa de características de nuestro motor: y resulta que hay 8,2Amperios porque nuestro motor esta conectado en triangulo, porque hay 230V en triangulo, y lo se porque los valores pico de la fuente trifasica son 325V por lo tanto, al dividir entre raiz de 2 son 230V.

$$\cos\phi_{CC} = \frac{354,8}{83,4 \cdot 8,2} = 80,041^\circ \text{ por otro lado la Impedancia } Z = \frac{83,4}{8,2} = 10,17 \Omega$$

Por otro lado R1 X1 etc se hace referencia al estator, y R2 y X2 referencia el rotor.

Entonces..como X1 y X'2 son equivalentes las resistencias de cortocircuito son :

$$R_{CC} = 10,17 \cdot \cos 80,041^\circ = 1,758834 \Omega \quad X_{CC} = 10,17 \cdot \text{sen } 80,041^\circ = 10,01675 \Omega$$

Vamos a comprobar si lo que os estoy contando es una mentira:

$$R_{CC} = \frac{U_{1CC}}{I_{1N}} \cdot \cos\phi_{CC} \quad X_{CC} = \frac{U_{1CC}}{I_{1N}} \cdot \text{sen}\phi_{CC}$$

$$R_{CC} = \frac{83,4}{8,2} \cdot \cos 80,041^\circ = 1,75896 \Omega \quad X_{CC} = \frac{83,4}{8,2} \cdot \text{sen } 80,041^\circ = 10,0174 \Omega$$

Los datos de la inductancia me los dan en Henrios, que son 0,014H tanto X1 como X'2, asi que lo pasamos a Ohmios tal que así.

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,014 = \frac{7}{5} \cdot \pi \Omega \quad \rightarrow \quad X_1 \equiv X'_2 = \frac{7}{5} \cdot \pi \Omega \quad ***/-PERO...-*/**/*$$

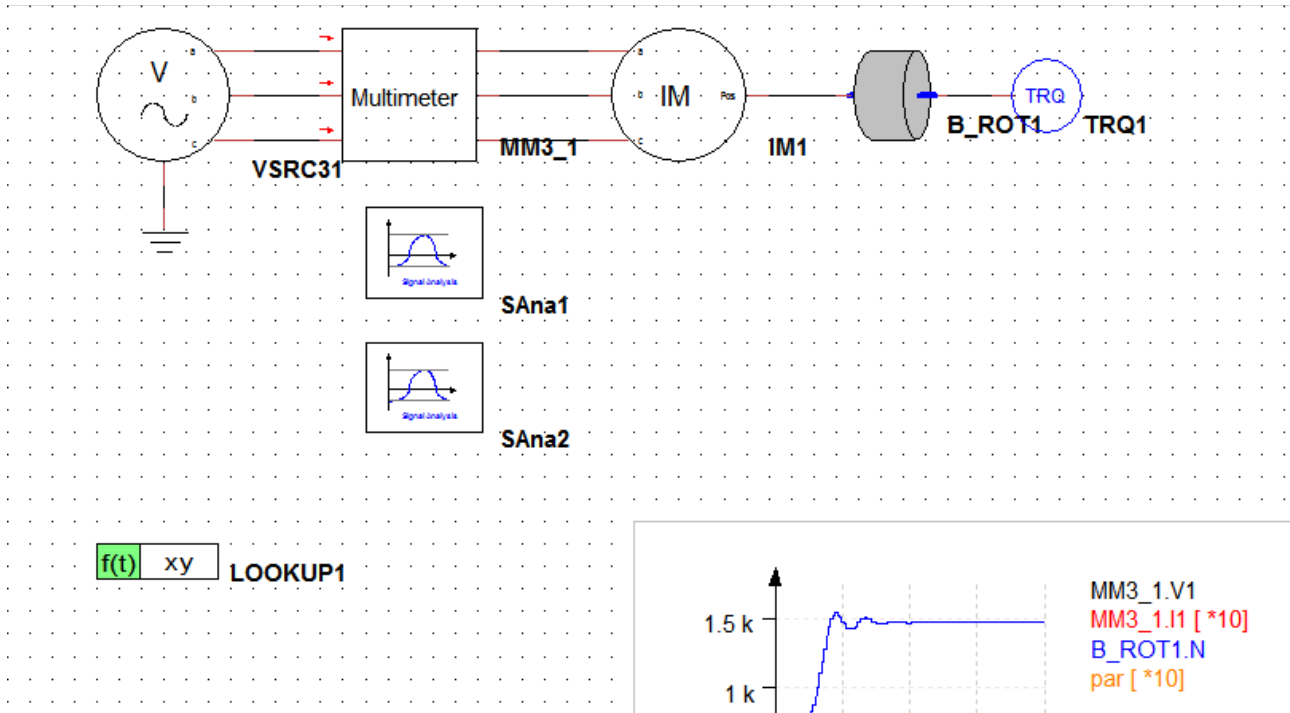
Pero como dicen que la en Xcc se reparten X1 y X'2 por igual..

$$R_{CC} = R_1 + R'_2 ; \quad X_{CC} = X_1 + X'_2 \quad \rightarrow \quad X_{CC} = 5,008 + 5,008 = 10,016 \Omega \quad \text{Por lo tanto}$$

$$X_1 \equiv X'_2 = 5,008 \Omega$$

En cuanto a la resistencia del estator y del rotor ya nos la dan 3 y 2,25 Ohmios respectivamente.

2) ENSAYO PRIMERO ARRANQUE DIRECTO



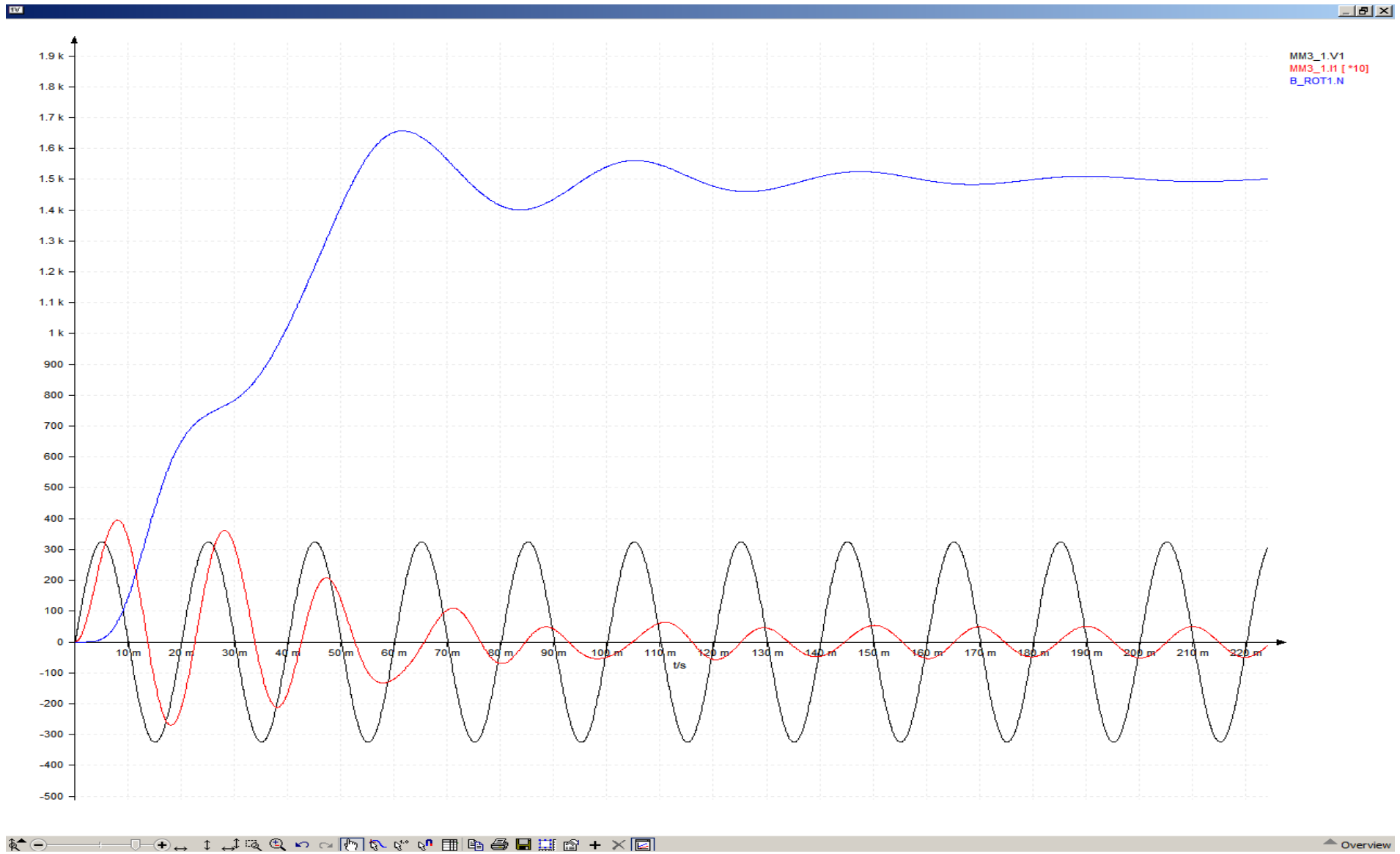
Como ya hemos provado todo lo que tenemos que ensayar con el variador de frecuencia de control escalar en bucle abierto.

Aqui solo se va a ver el arranque ,y como reacciona la velocidad cuando hay variaciones de par en el tiempo, pero esto ya se ensayará despues con el variador de frecuencia, al igual que el par maximo de arranque, y magnitudes en vacio y en carga. etc etc.

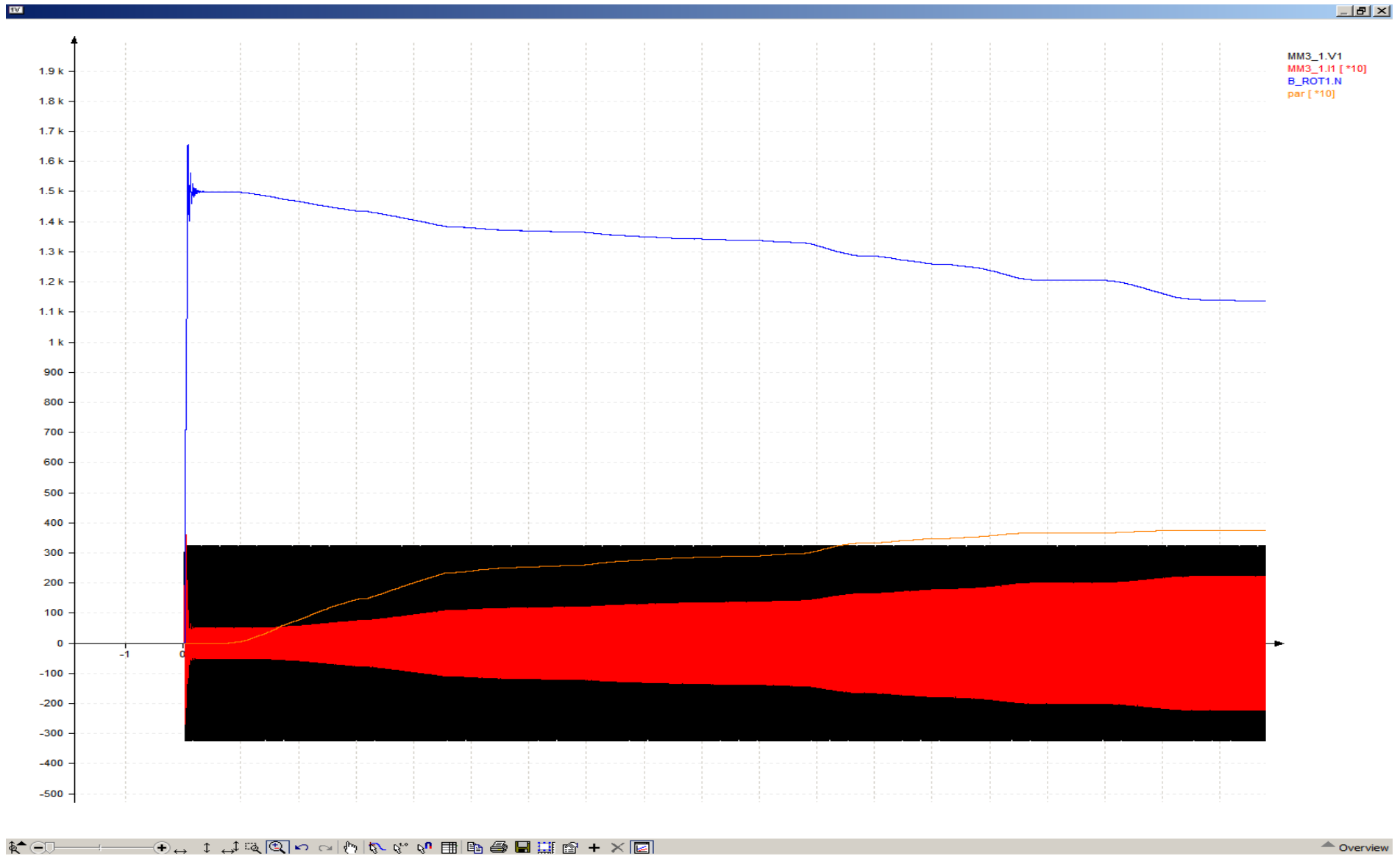
Vamos a ver el arranque transitorio de la velocidad/intensidad en el siguiente grafico, obviamente a frecuencia nominal.

Como se observa , el la corriente de arranque pico en el primer ciclo de onda llega a los 40Amperios.

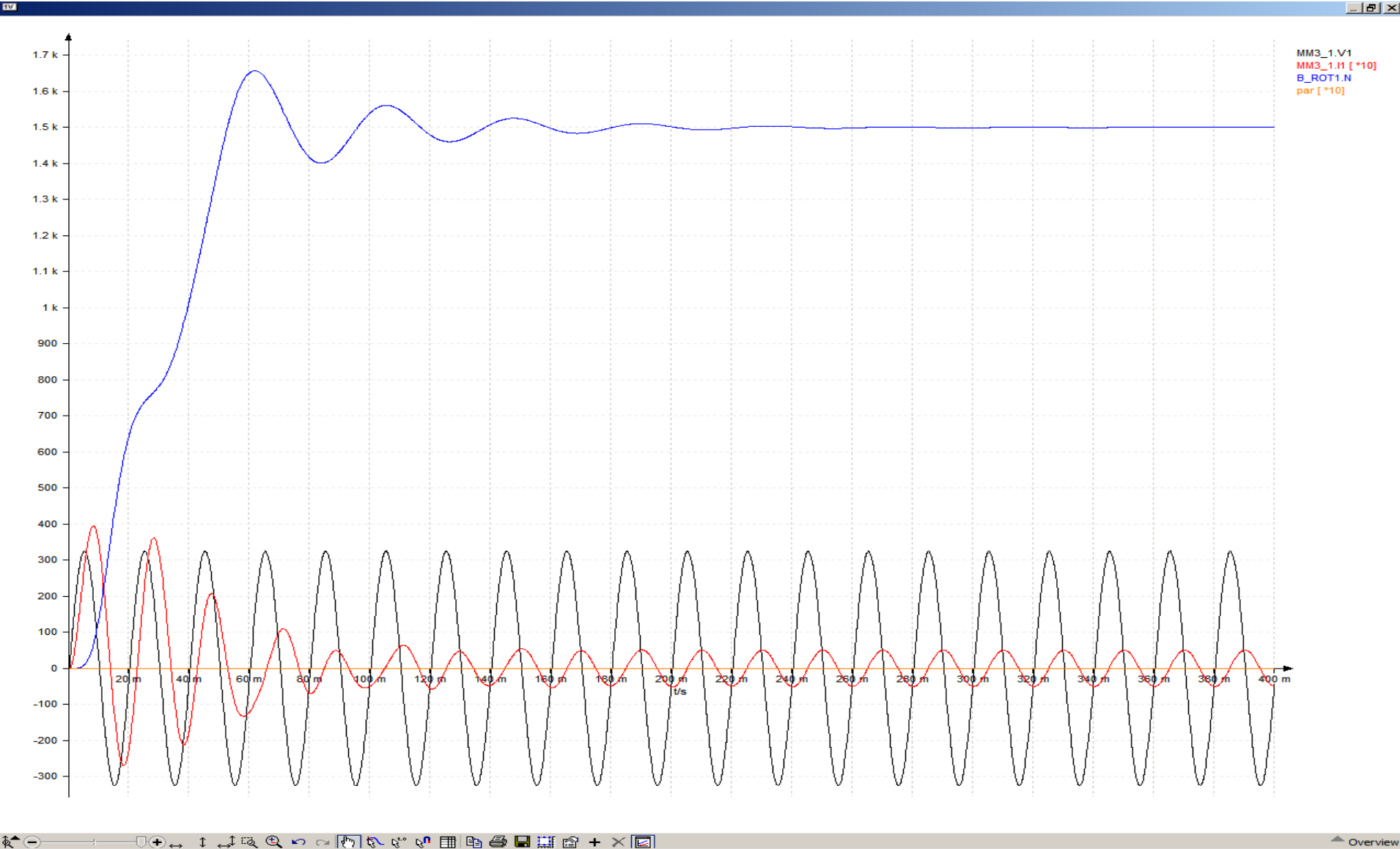
ARRANQUE DIRECTO



Variamos progresivamente el PAR en el tiempo y se observa como baja la velocidad, lo que no pasa con el Bucle cerrado.



Aqui se observa el transitorio de velocidad en el arranque , en apenas un cuarto de segundo se estabiliza.



2.1) CONCLUSIONES

Se obtiene la velocidad sin carga a 1499,51rpm y a medida que aumentamos el par, la velocidad baja, a causa del deslizamiento provocado por la diferencia de velocidades entre el campo giratorio del estator y de la velocidad del rotor que intenta seguir la velocidad de dicho campo.

La intensidad eficaz son 3,56Amperios sin carga, y ésta aumentará a medida que aumentamos el par, como se observa de color rojo en las graficas anteriores y se estudiará mas adelante sacando ecuaciones que la definan en funcion del par con el variador de frecuencia.

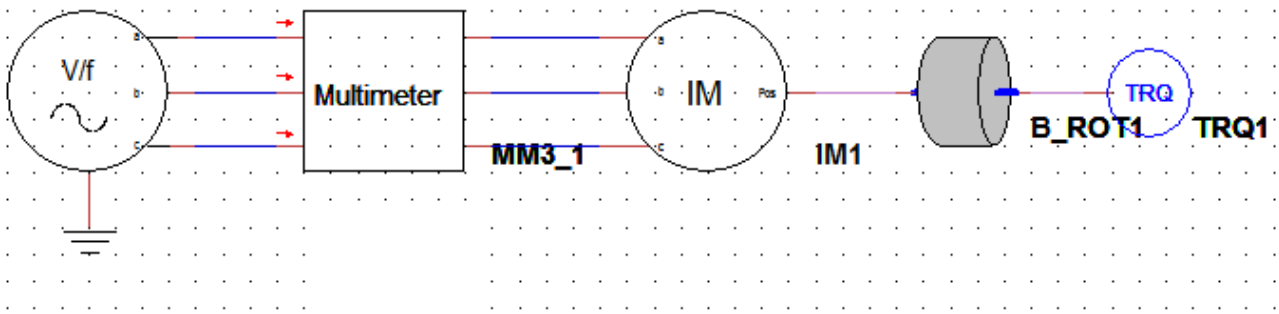
Por tanto el ensayo se da por terminado, el par nominal calculado es

$$T = \frac{Pu}{N \cdot \frac{2\pi}{60}} = \frac{2200}{1500 \cdot 2 \cdot \frac{\pi}{60}} = \frac{2200}{50\pi} = 14 Nm$$
, la potencia util (Pu) la sacamos de la

placa de caracteristicas de nuestro motor

El valor de la corriente pico de cortocircuito es de 34Amperios que vienen siendo al dividir entre la raiz de 2, de 24Amperios eficaces

3) ENSAYO SEGUNDO: VARIADOR DE FRECUENCIA CONTROL ESCALAR EN BUCLE ABIERTO:



Las variables (frecuencia y par) serán modificadas mediante el uso de unas barras de una ventana de control.

Y los datos de velocidad y otros valores serán obtenidos tanto en dicha ventana de control, como en otra externa gráfica donde se visualizarán las ondas senoidales de la corriente y tensión, viendo también la variación de la velocidad en el tiempo en cada arranque, ya sea, variando la frecuencia en cada ensayo o el par.

Finalmente se concluirán los resultados obtenidos, valores, y gráficas y se elaborarán modelos matemáticos a partir de los resultados obtenidos mediante el uso del excel.

3. 1

–PAR CONSTANTE–

FRECUENCIA VARIABLE

-FRECUENCIA VARIABLE SIN CARGA-

CASO 1 :-Frecuencia de alimentacion: 0,9Hz-

-Periodo transitorio: 1,1111s
-Periodo calculado: 1,1111s
-Tension pica a pico: 5,855V
-Corriente pica a pico: 1,819A
-Corriente de arranque: 1,819A
-Velocidad del rotor: 26,87 rpm

-RT Desfase Intensidad-Tension: 619,3284ms-555,555ms= 20,66258° (corta abcisas)

-RT Desfase Intensidad-Tension: 346,55ms-278ms = 22,21° (valores maximos)

-RT Simetria de la onda: 22,21°- 20,66258°= 1,54762°

-RP Desfase Intensidad-Tension: 3,95405s-3,88889s = 19,9746° (corta absisas)

-RP Desfase Intensidad-Tension: 3,67625s-3,6112895s= 21,0472° (valores maximos)

-RP Simetria de la onda : 21,0472° -19,9746°= 1,0726°

CALCULOS EN ENSAYO:

$$\text{Periodo calculado} = \frac{1}{\text{frecuencia de alimentacion}}$$

$$\text{RT Desfase } V/I = \frac{(t_{\text{intensidad}} - t_{\text{tension}}) \cdot 360^\circ}{t_{\text{periodo transitorio}}}$$

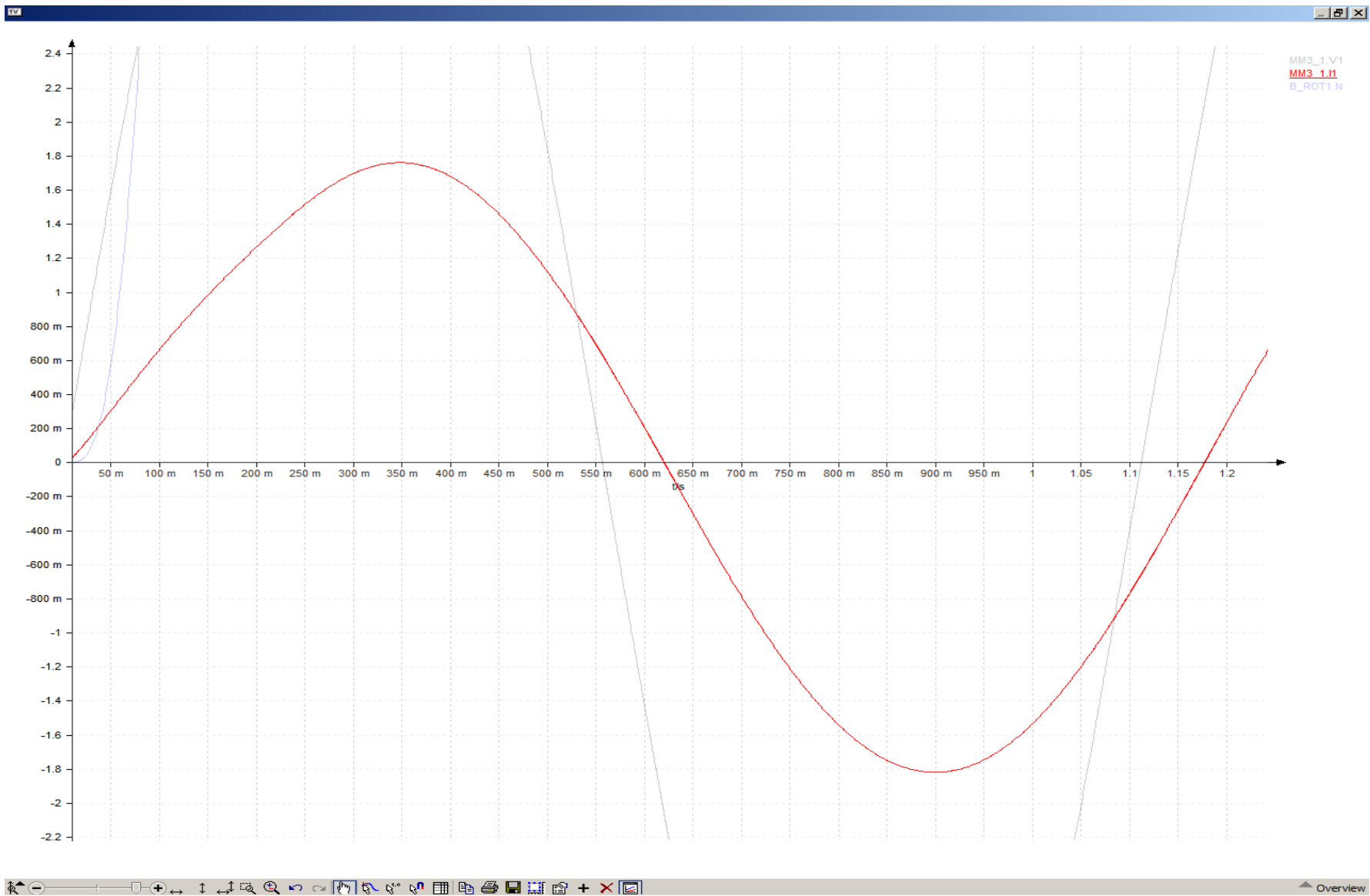
$$\text{RP Desfase } V/I = \frac{(t_{\text{intensidad}} - t_{\text{tension}}) \cdot 360^\circ}{t_{\text{periodo calculado}}}$$

$$\text{Simetria de Onda} = \text{Desfase } V/I(\text{abcisas}) - \text{Desfase } V/I(\text{valores maximos})$$

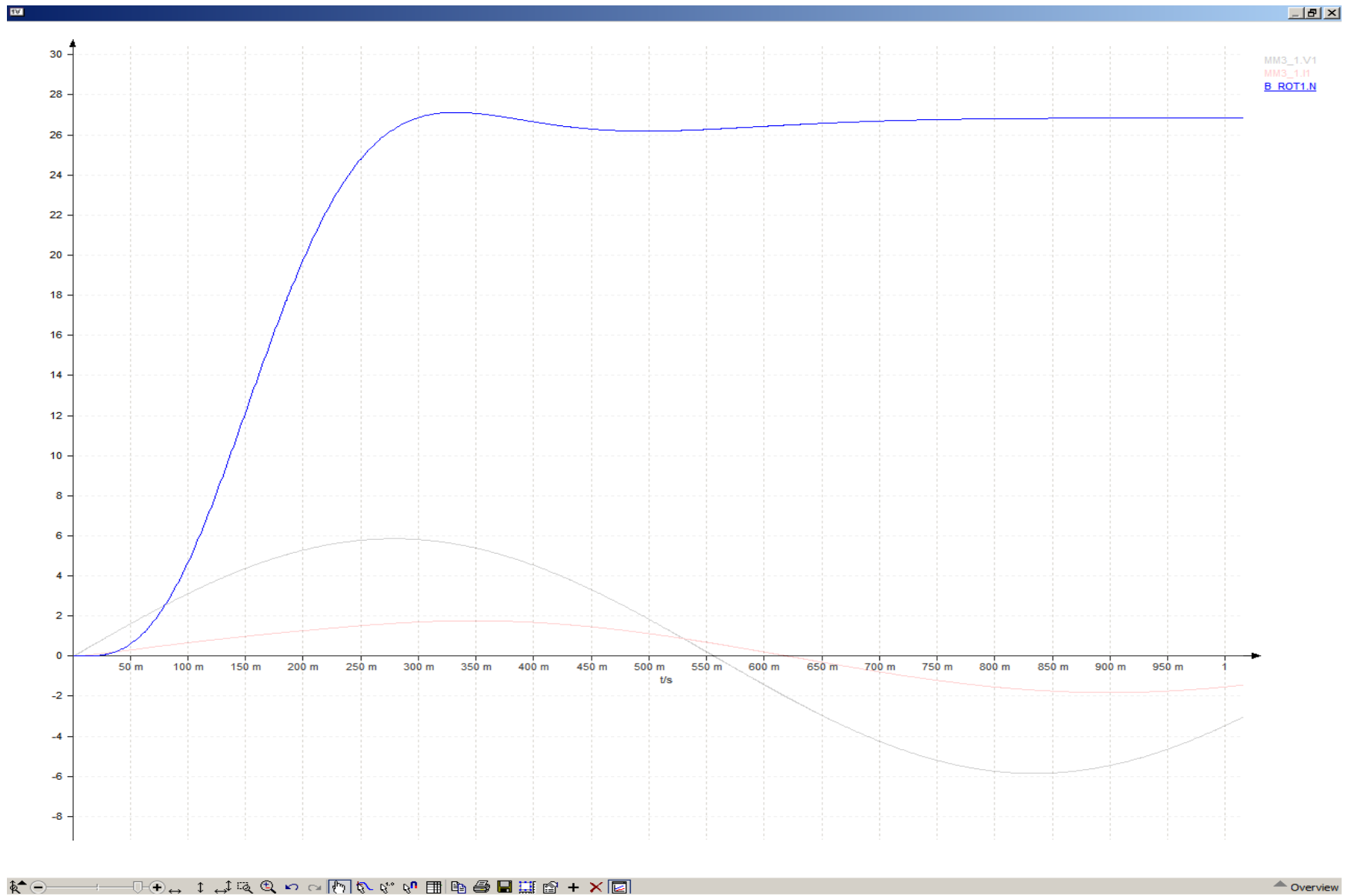
OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 0,9 \text{ Hz}}{2} = 27 \text{ rpm} \quad S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{27 - 26,87}{27} \cdot 100 = 0,4815 \%$$

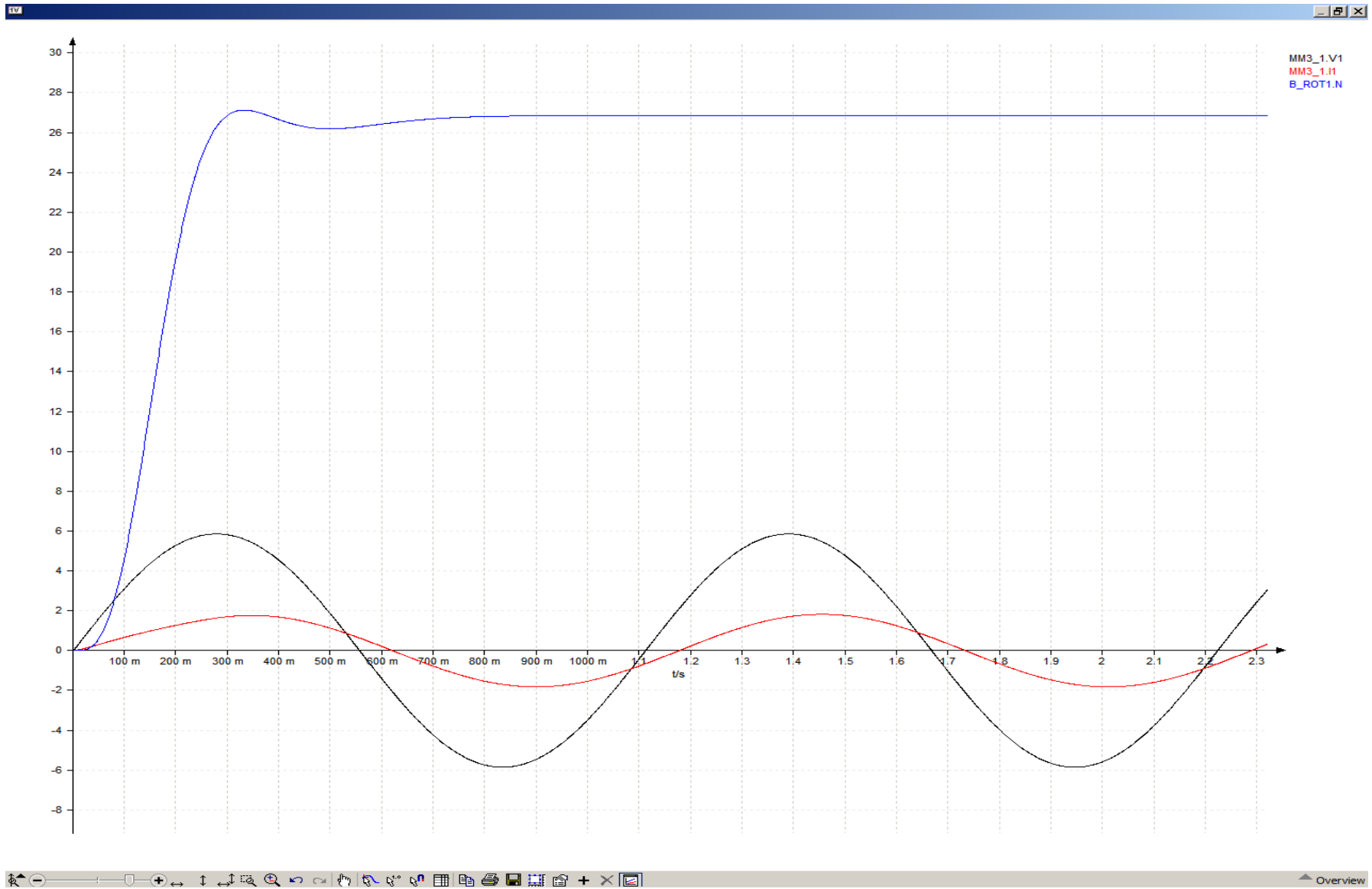
-ONDA TRANSITORIA DE INTENSIDAD DE ARRANQUE-



-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR-



-RESUMEN GRAFICO (Relacion tension/frecuencia proporcional)-



CASO 2 -Frecuencia de alimentacion: 1,785Hz-

- Periodo transitorio: 560 ms
- Periodo calculado: 560,22 ms
- Tension pica a pico: 11,61V
- Corriente pica a pico: 3,07A
- Corriente de arranque: -3,08A la corriente negativa es mayor que la positiva
- Velocidad del rotor: 53,46 rpm

-RT Desfase Intensidad-Tension: $333,294\text{ms}-280,115\text{ms}= 34,186^\circ$ (corta abcisas)

-RT Desfase Intensidad-Tension: $190,2\text{ms}-140,1\text{ms} = 32,20^\circ$ (valores maximos)

-RT Simetria de la onda: $1,9865^\circ$

-RP Desfase Intensidad-Tension: $3,97982\text{s}-3,92155\text{s} = 37,44457^\circ$ (corta absisas)

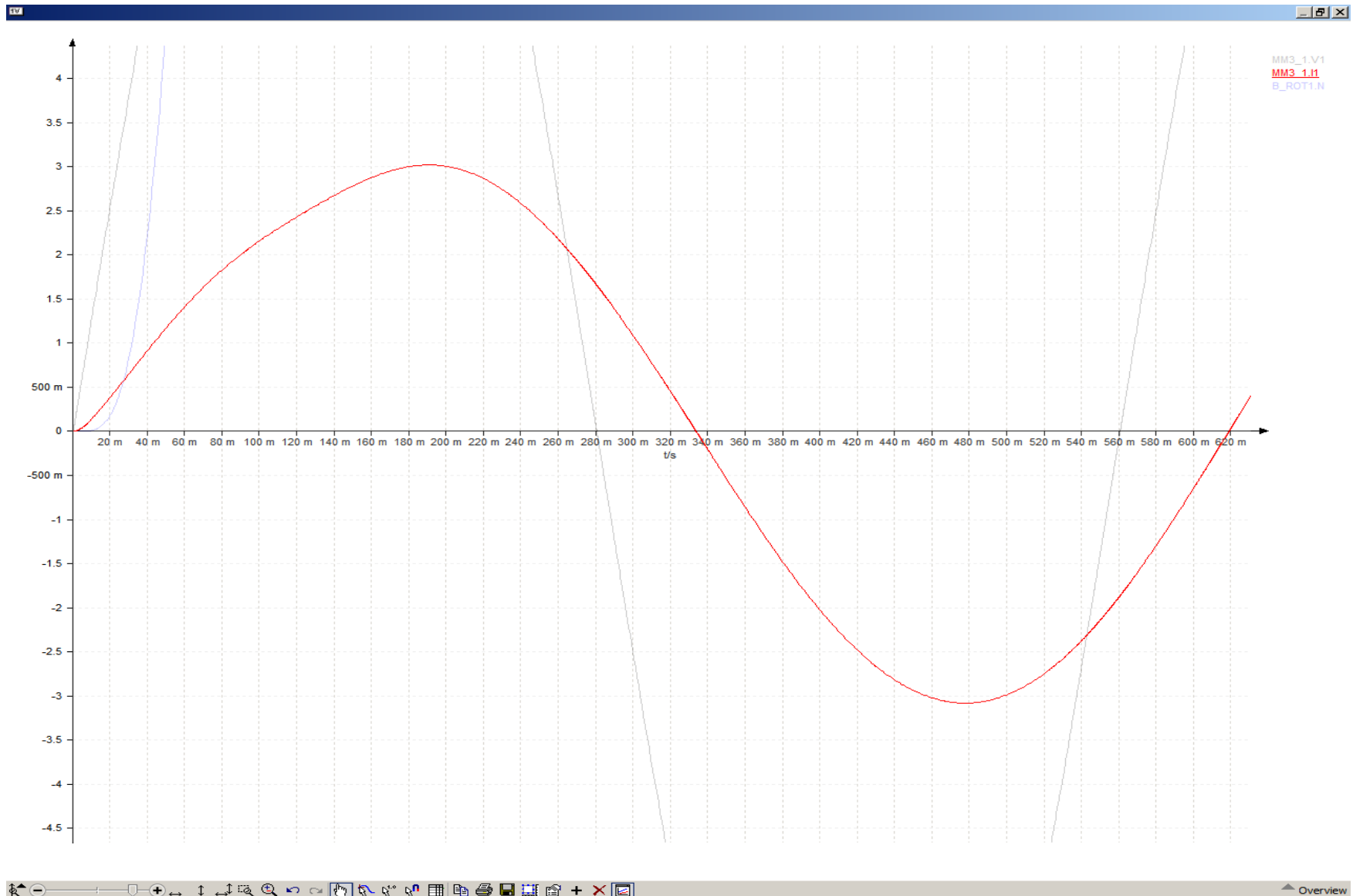
-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,1198\text{s}-4,0616\text{s}= 37,3996^\circ$ (valores maximos)

-RP Simetria de la onda : $37,44457^\circ-37,3996= 0,04497^\circ$

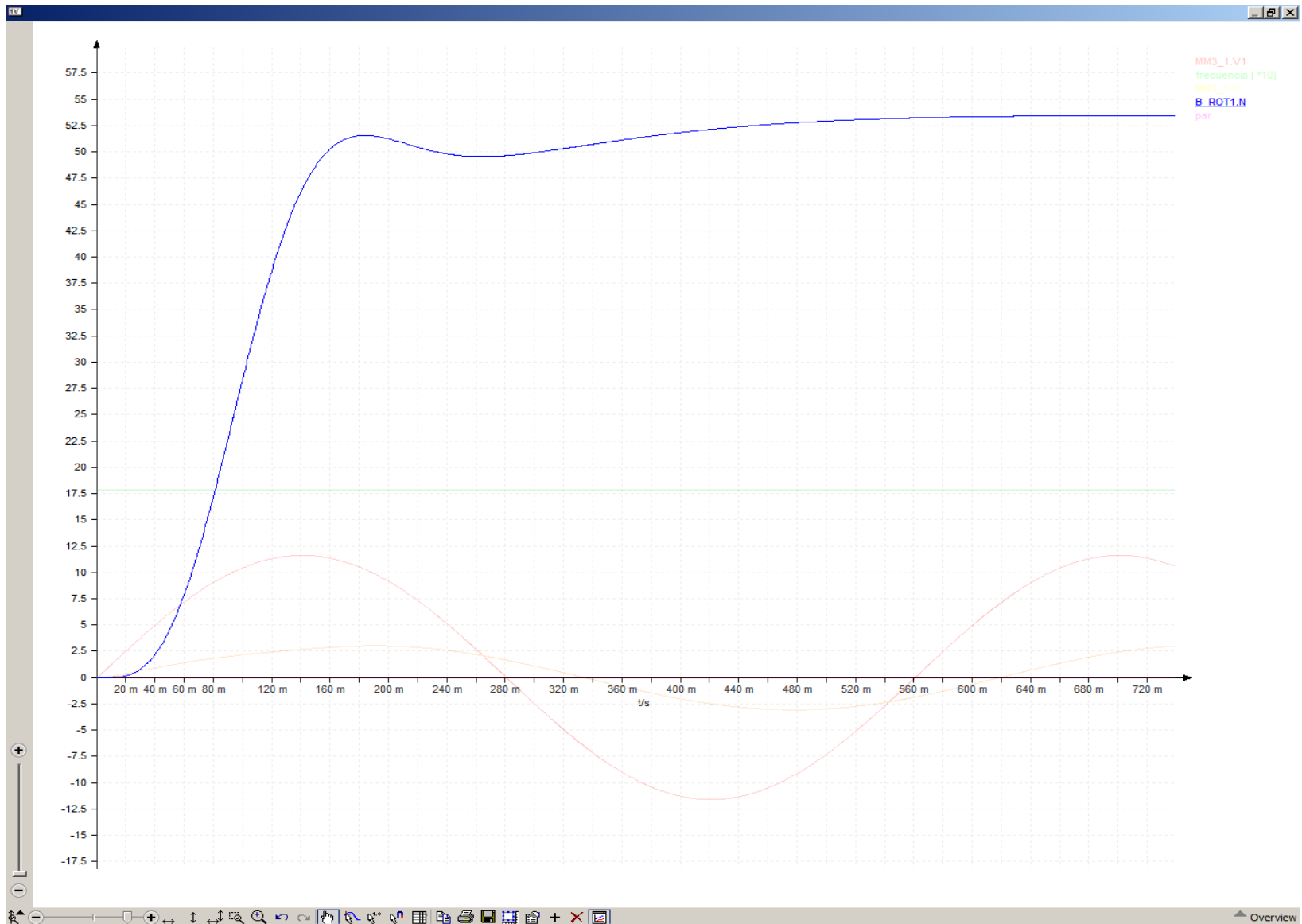
OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 1,785 \text{ Hz}}{2} = 53,55 \text{ rpm} \quad S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{53,55 - 53,46}{53,55} \cdot 100 = 0,168 \%$$

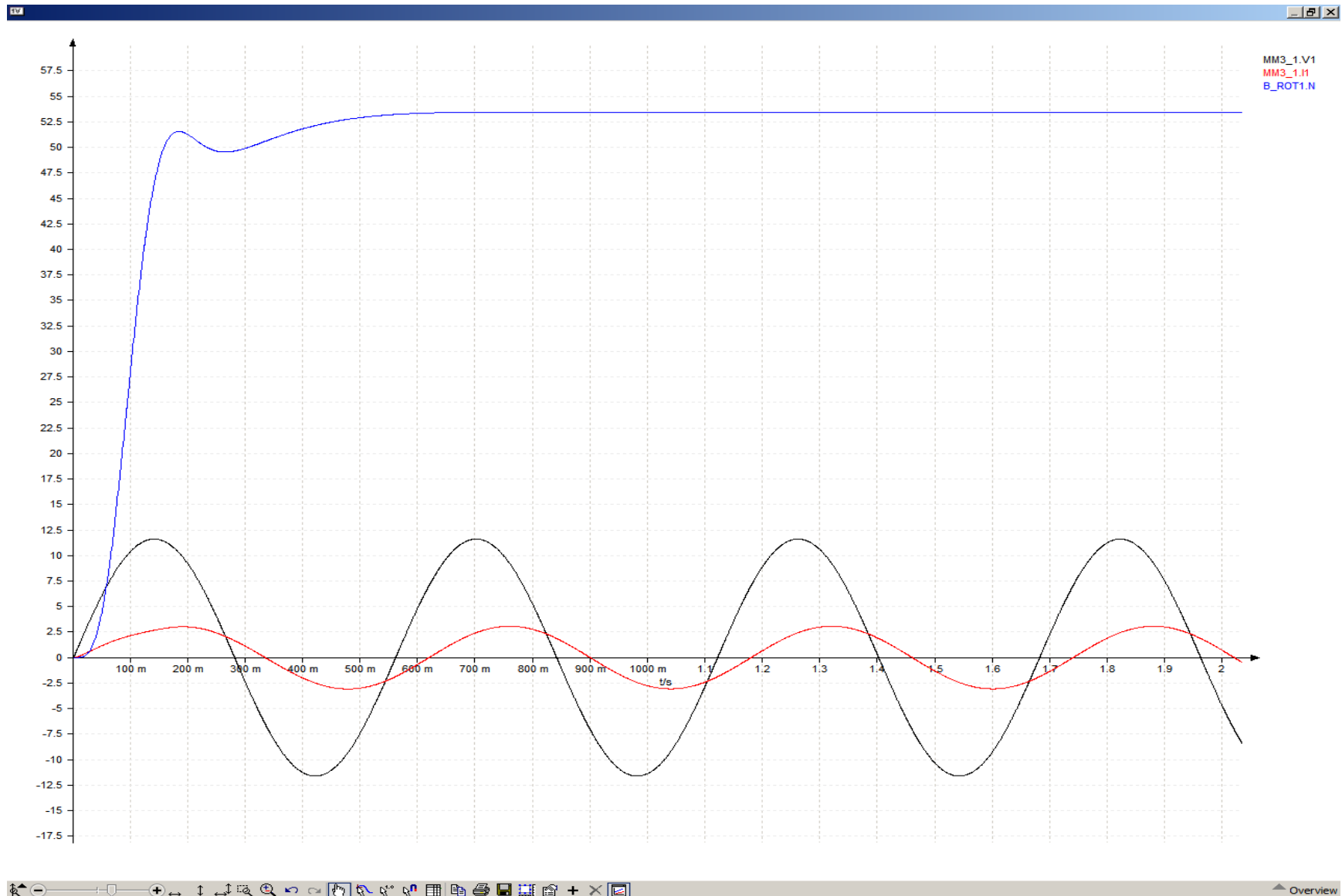
-ONDA TRANSITORIA DE INTENSIDAD DE ARRANQUE-



-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR-



-RESUMEN GRAFICO (Relacion tension/frecuencia proporcional)-



CASO 3 -Frecuencia de alimentacion: 2,685Hz-

-Periodo transitorio: 372,4 ms
-Periodo calculado: 372,4 ms
-Tension pica a pica: 17,5V
-Corriente pica a pica: 3,82A
-Corriente de arranque: 4,03A
-Velocidad del rotor: 80,46 rpm

-RT Desfase Intensidad-Tension: 230,4ms-186,22ms = 42,709 ° (corta abcisas)

-RT Desfase Intensidad-Tension: 131ms-93,1ms = 40,93° (valores maximos)

-RT Simetria de la onda: 42,709°-40,93° = 1,777°

-RP Desfase Intensidad-Tension: 3,96132s-3,910615s = 49,0166° (corta absisas)

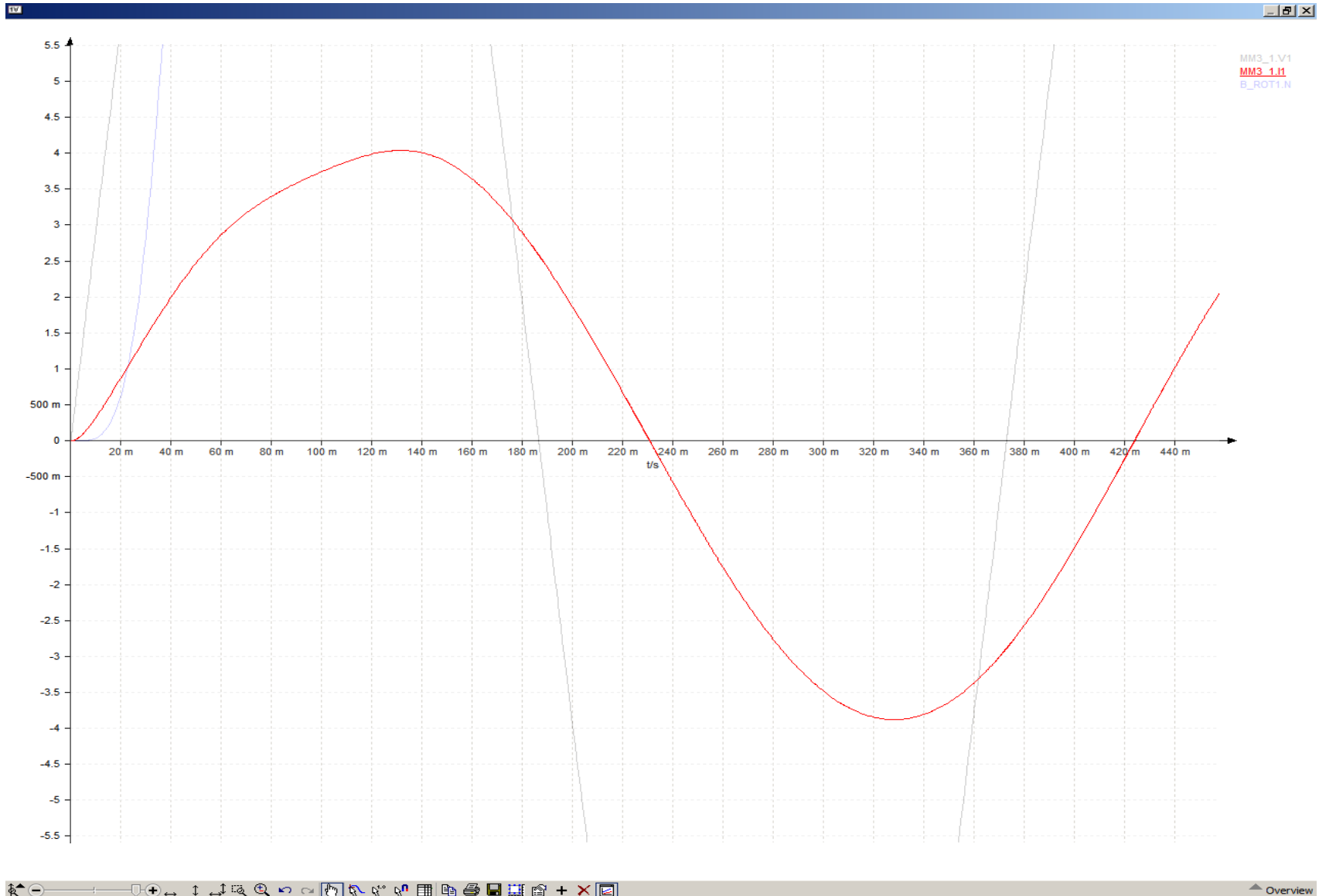
-RP Desfase Intensidad-Tension: 3,8682s-3,8177s = 48,818° (valores maximos)

-RP Simetria de la onda : 49,0166°- 48,818° = 0,19812°

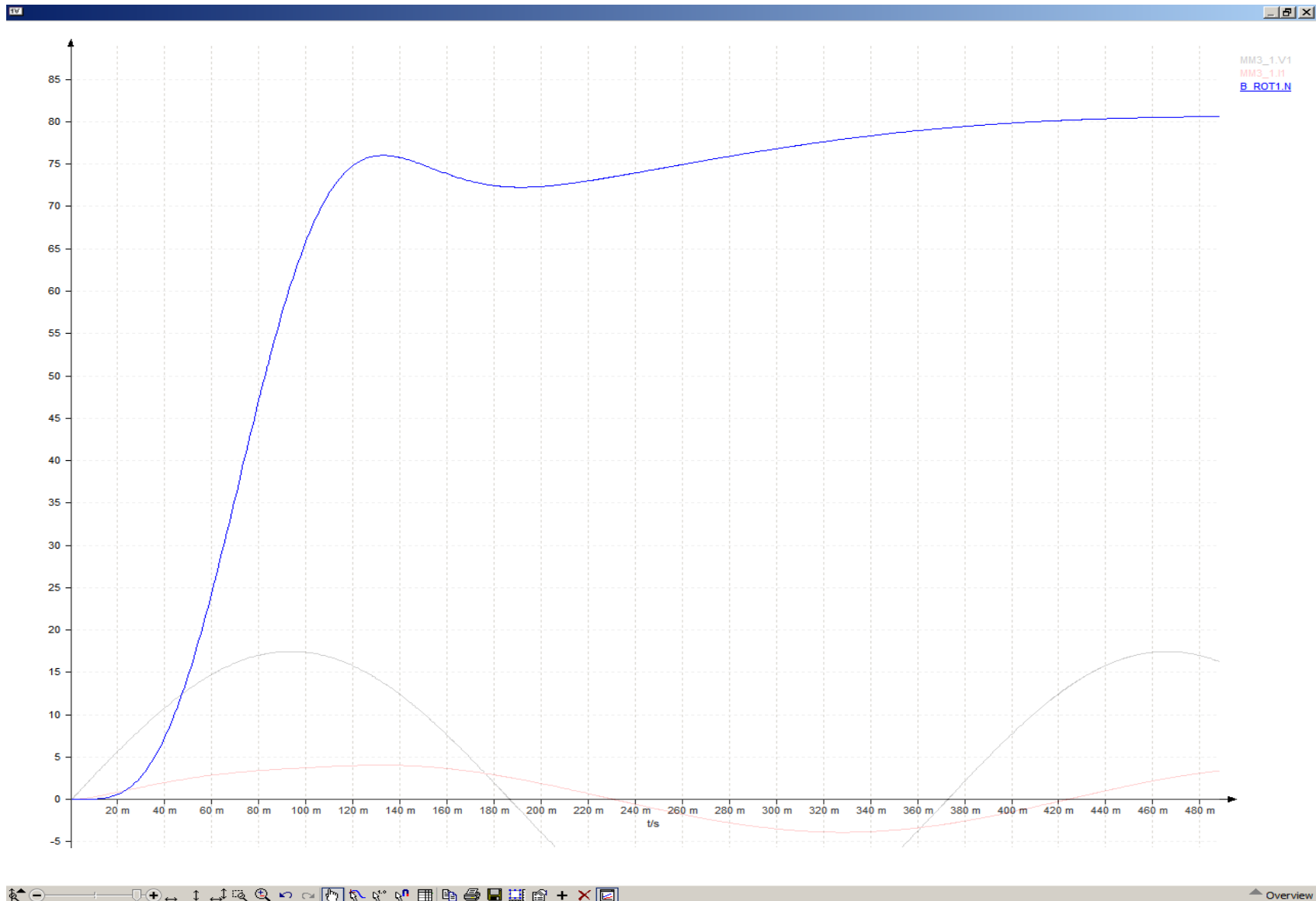
OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 2,685 \text{ Hz}}{2} = 80,55 \text{ rpm} \quad S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{80,55 - 80,46}{80,55} \cdot 100 = 0,112 \%$$

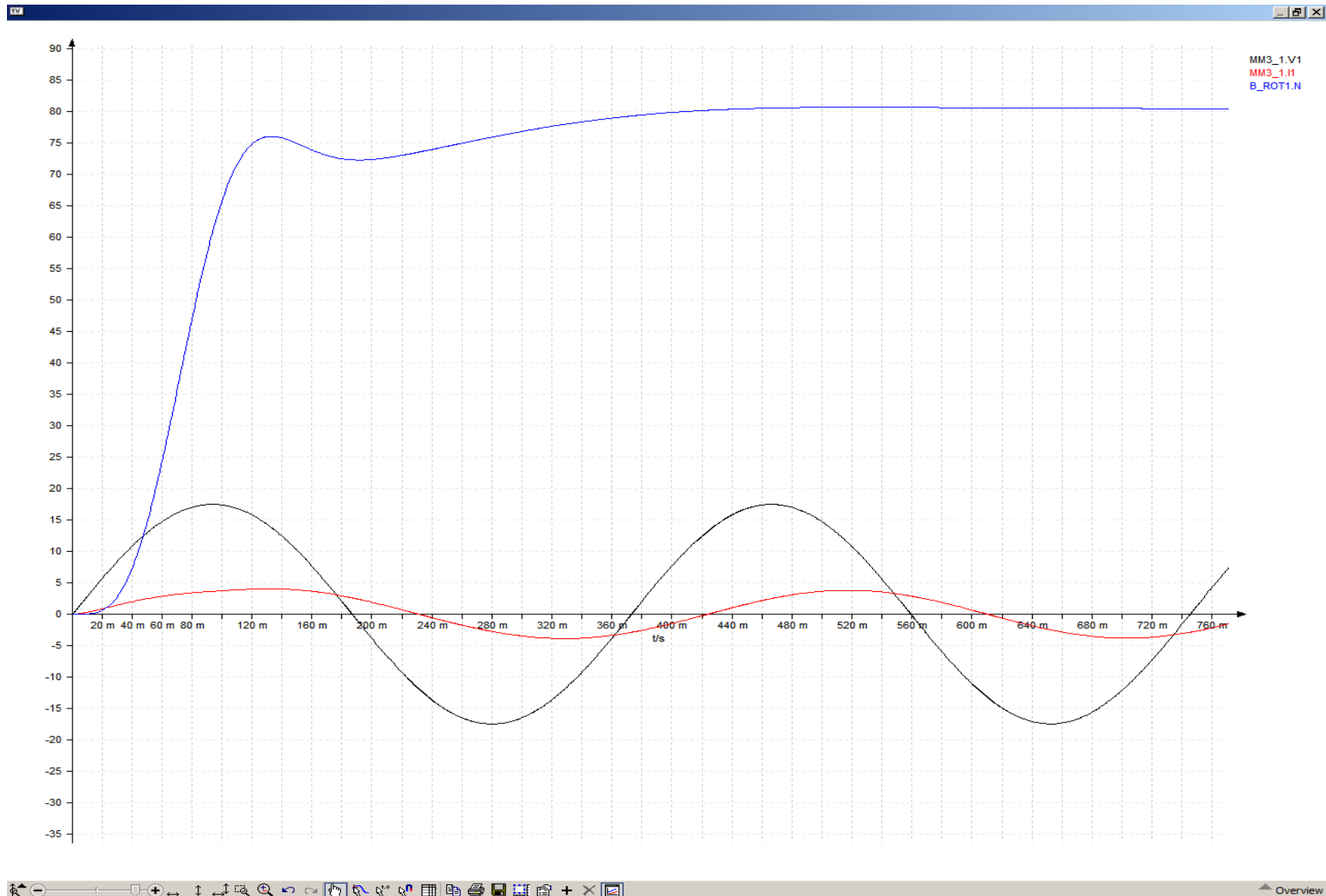
-ONDA TRANSITORIA DE INTENSIDAD DE ARRANQUE-



-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR-



-RESUMEN GRAFICO (Relacion tension/frecuencia proporcional)-



CASO 4 -Frecuencia de alimentacion: 4,47Hz-

-Periodo transitorio: 223,72 ms
-Periodo calculado: 223,71 ms
-Tension pica a pico: 29,07V
-Corriente pica a pico: 4,48A
-Corriente de arranque: 5,75A
-Velocidad del rotor: 134 rpm

-RT Desfase Intensidad-Tension: $144,053\text{ms} - 111,85\text{ms} = 48,3663^\circ$ (corta abcisas)
-RT Desfase Intensidad-Tension: $69,7\text{ms} - 56,26\text{ms} = 37,8565^\circ$ (valores maximos)
-RT Simetria de la onda: $48,3663^\circ - 37,8565^\circ = 10,5098^\circ$

-RP Desfase Intensidad-Tension: $3,96577\text{s} - 3,921568\text{s} = 71,131^\circ$ (corta absisas)
-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,035564\text{s} - 3,99144\text{s} = 71,0023^\circ$ (valores maximos)
-RP Simetria de la onda : $71,131^\circ - 71,0023^\circ = 0,1286^\circ$

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

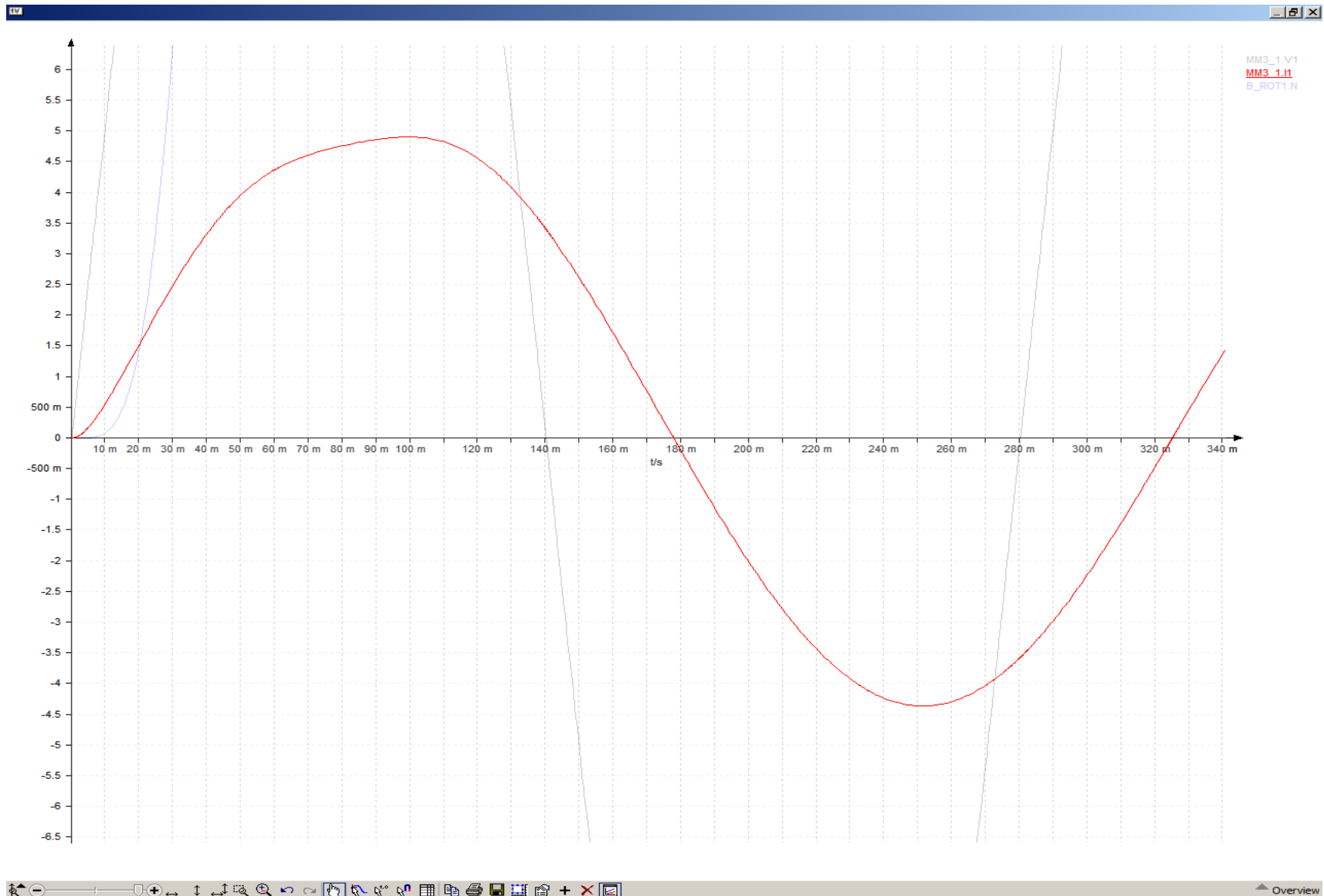
$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 4,47 \text{ Hz}}{2} = 134,1 \text{ rpm} \quad S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{134,1 - 134}{134,1} \cdot 100 = 0,0745 \%$$

Hay mas delizamiento, que el anterior caso, y ademas la frecuencia real está por encima de la nominal.

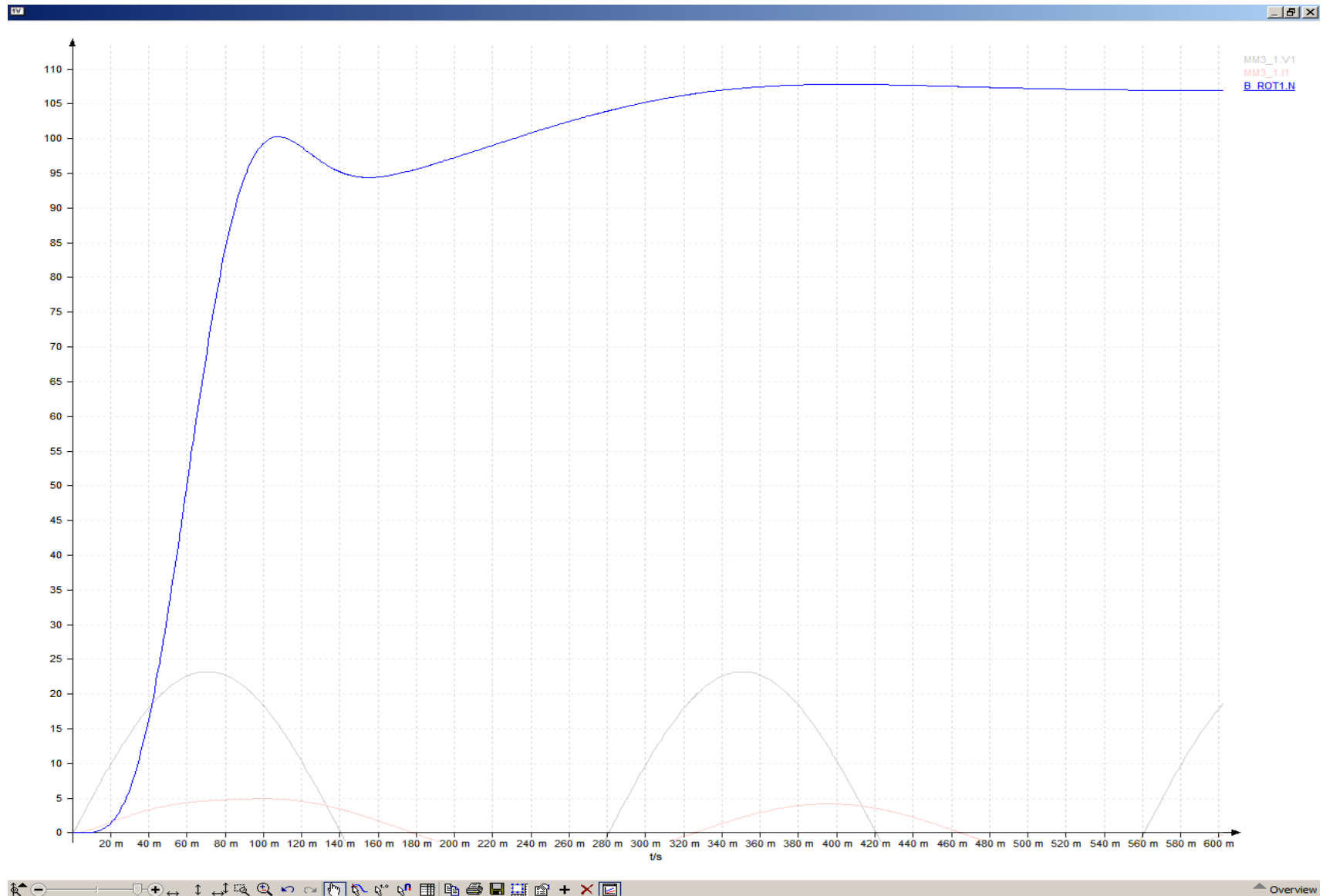
La onda transitoria está perceptiblemente deforme, con una simetria muy mala de $10,5^\circ$

Pero se concluye tras observar la simetria en regimen permanente , despues de 4 segundos del arranque, que a medida que la frecuencia de alimentacion va subiendo la simetria de las ondas se mejora.

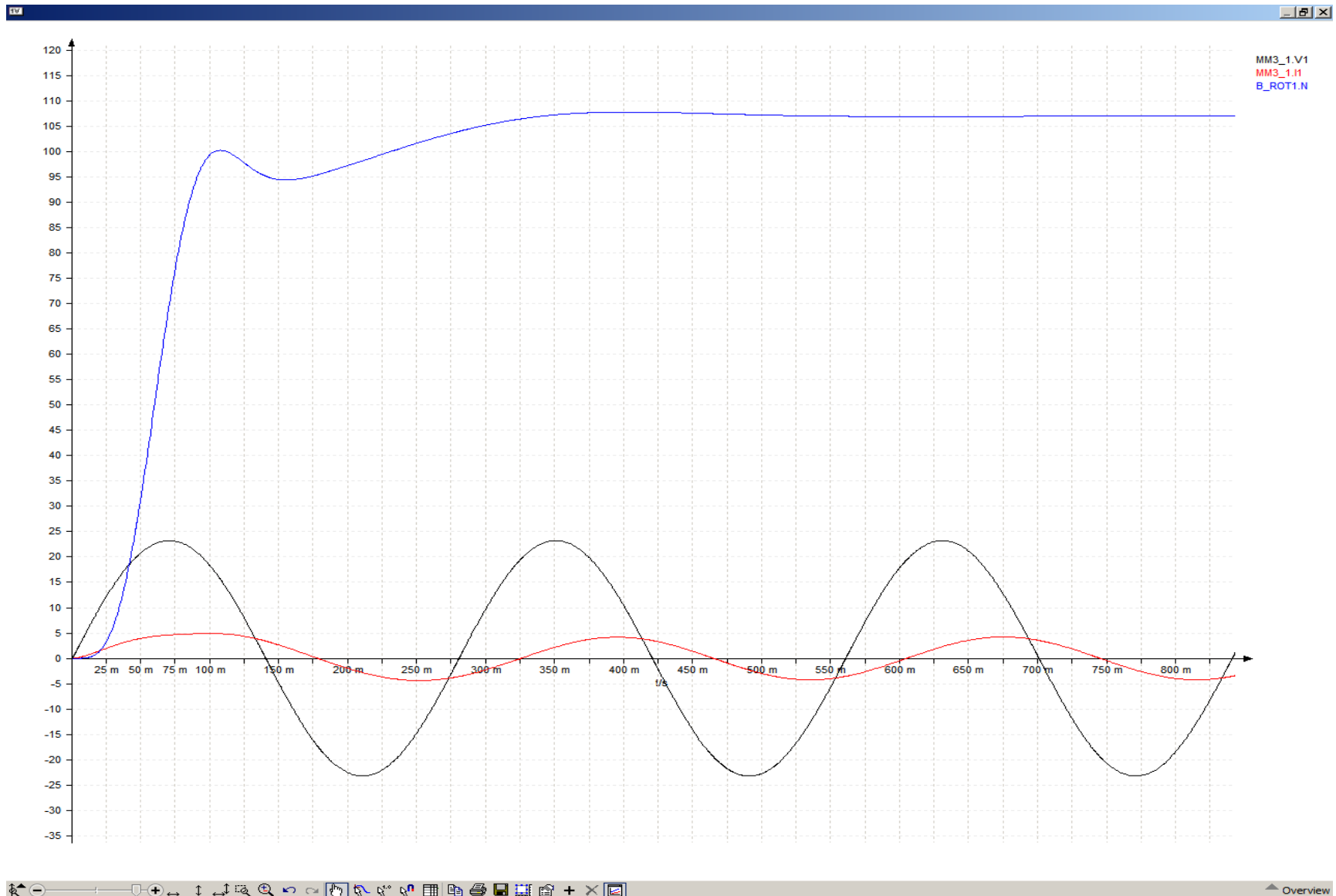
-ONDA TRANSITORIA DE INTENSIDAD DE ARRANQUE-



-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR-



-RESUMEN GRAFICO (Relacion tension/frecuencia proporcional)-



CASO 5 -Frecuencia de alimentacion: 5,355Hz-

-Periodo transitorio: 186,9 ms
-Periodo calculado: 186,74 ms
-Tension pica a pico: 34,9V
-Corriente pica a pico: 4,628A
-Corriente de arranque: 6,8A
-Velocidad del rotor: 160,54 rpm

-RT Desfase Intensidad-Tension: $122,3365\text{ms}-93,37\text{ms}= 55,79422^\circ$ (corta abcisas)

-RT Desfase Intensidad-Tension: $52,2\text{ms}-46,641\text{ms} = 11,17^\circ$ (valores maximos)

-RT Simetria de la onda: $55,79422^\circ-11,17^\circ = 44,622^\circ$

-RP Desfase Intensidad-Tension: $3,95601\text{s}-3,921568\text{s} = 66,39777^\circ$ (corta absisas)

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,002341\text{s}-3,968453\text{s}= 65,2738^\circ$ (valores maximos)

-RP Simetria de la onda : $66,39777^\circ-65,2738^\circ = 1,123933^\circ$

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 5,355 \text{ Hz}}{2} = 160,65 \text{ rpm}$$
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{160,65 - 160,54}{160,65} \cdot 100 = 0,068471 \%$$

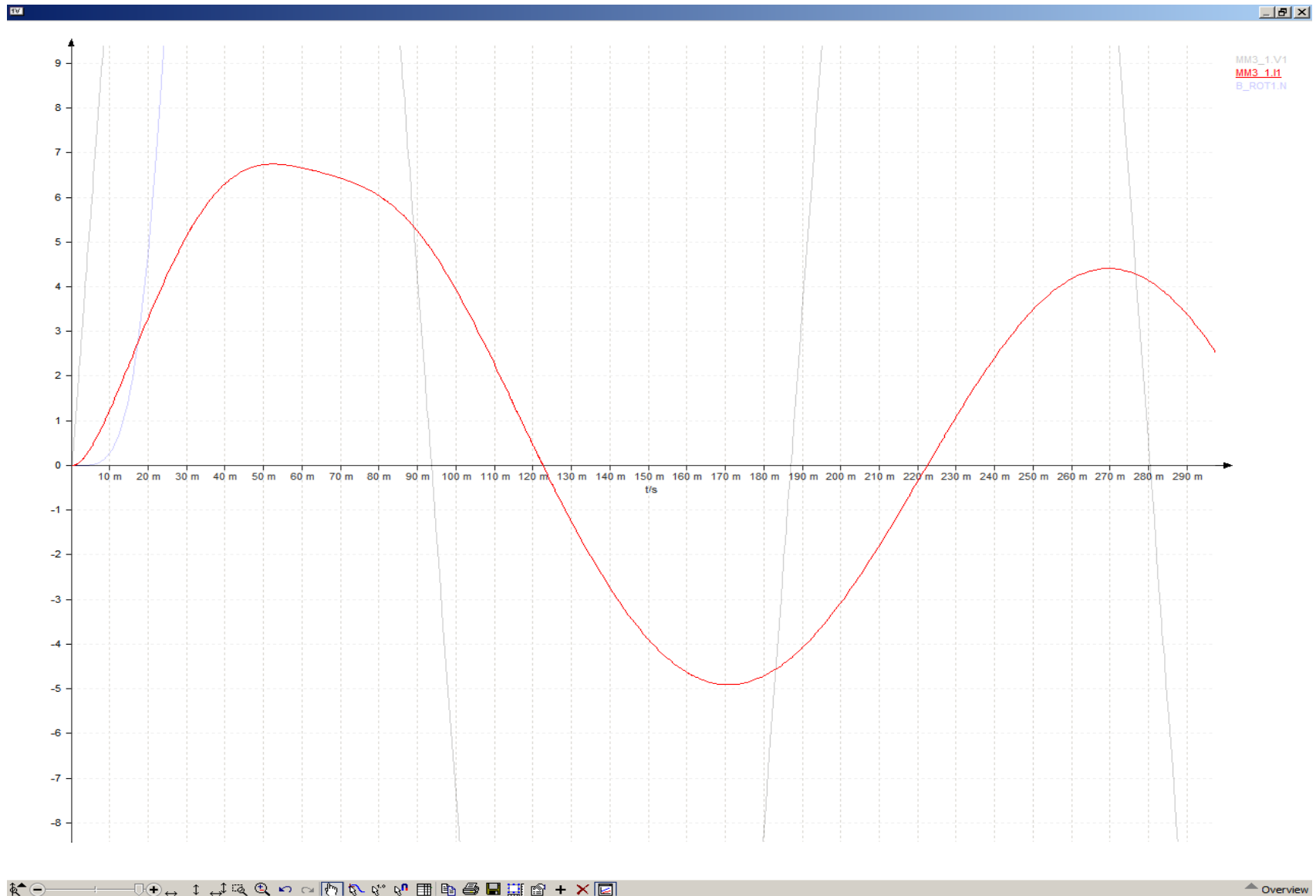
Hay mas deslizamiento, que el anterior caso.

La onda transitoria está perceptiblemente deformada, con una simetria muy mala de $10,5^\circ$

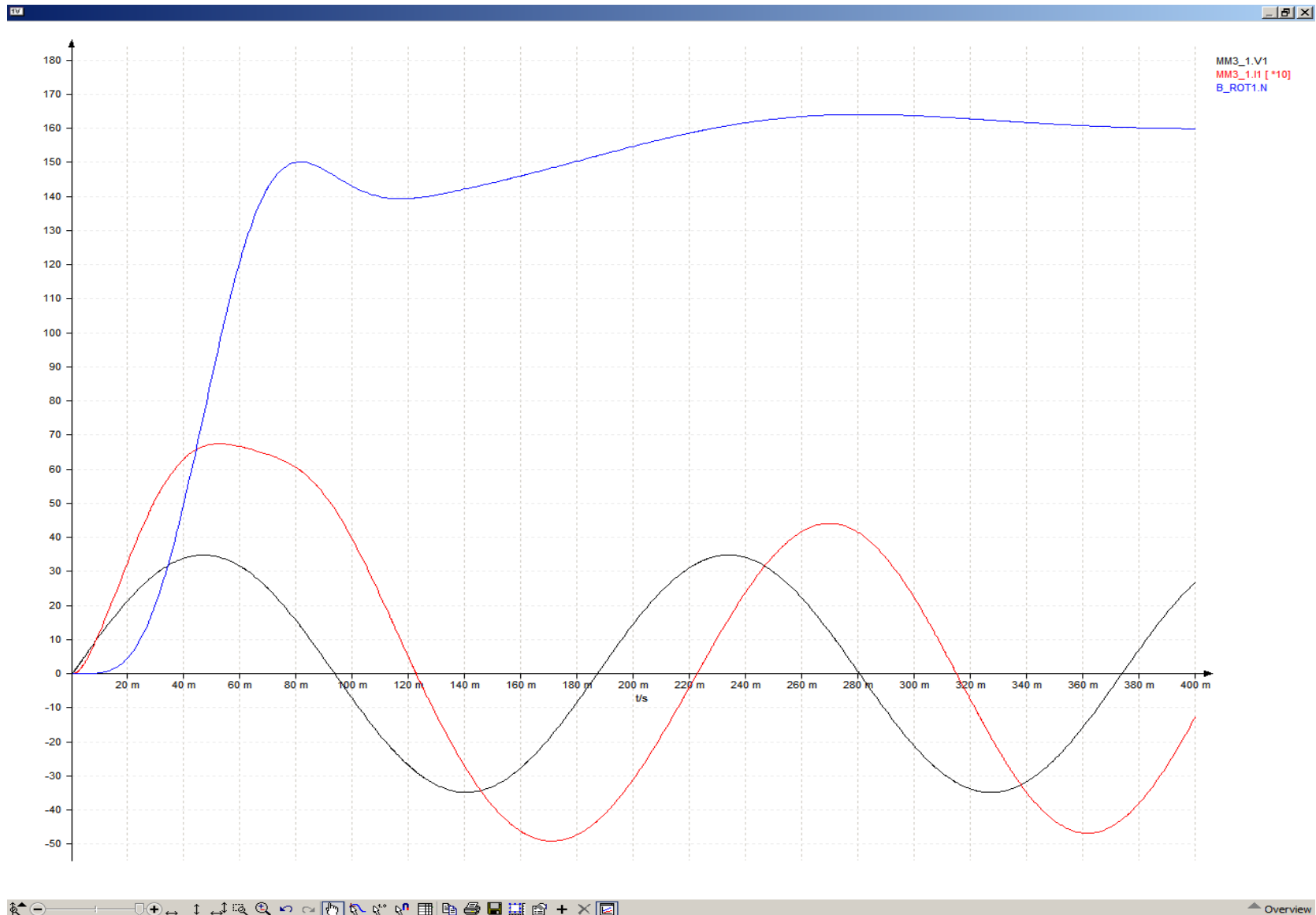
Pero se concluye tras observar la simetria en regimen permanente , despues de 4 segundos del arranque, que a medida que la frecuencia de alimentacion va subiendo la simetria de las ondas se mejora.

Por otro lado , el periodo transitorio de la tension real y el calculado son practicamente iguales, y en adelante no se pondrán, porque practicamente el calculado es su equivalente.

-ONDA TRANSITORIA DE INTENSIDAD DE ARRANQUE-



-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 6 -Frecuencia de alimentacion: 6,255Hz-

-Periodo transitorio: 159,872 ms
-Periodo calculado: 159,872 ms
-Tension pica a pico: 40,7V
-Corriente pica a pico: 4,73A
-Corriente de arranque: 7,8A
-Velocidad del rotor: 187,53 rpm

-RT Desfase Intensidad-Tension: $106,0172\text{ms}-79,94\text{ms}= 58,72067^\circ$ (corta abcisas)

-RT Desfase Intensidad-Tension: $44,293\text{ms}-40,28\text{ms} = 9,03648^\circ$ (valores maximos)

-RT Simetria de la onda: $58,72067^\circ -9,03648^\circ = 49,6842^\circ$

-RP Desfase Intensidad-Tension: $3,947715\text{s}-3,9168665\text{s} = 69,4647^\circ$ (corta absisas)

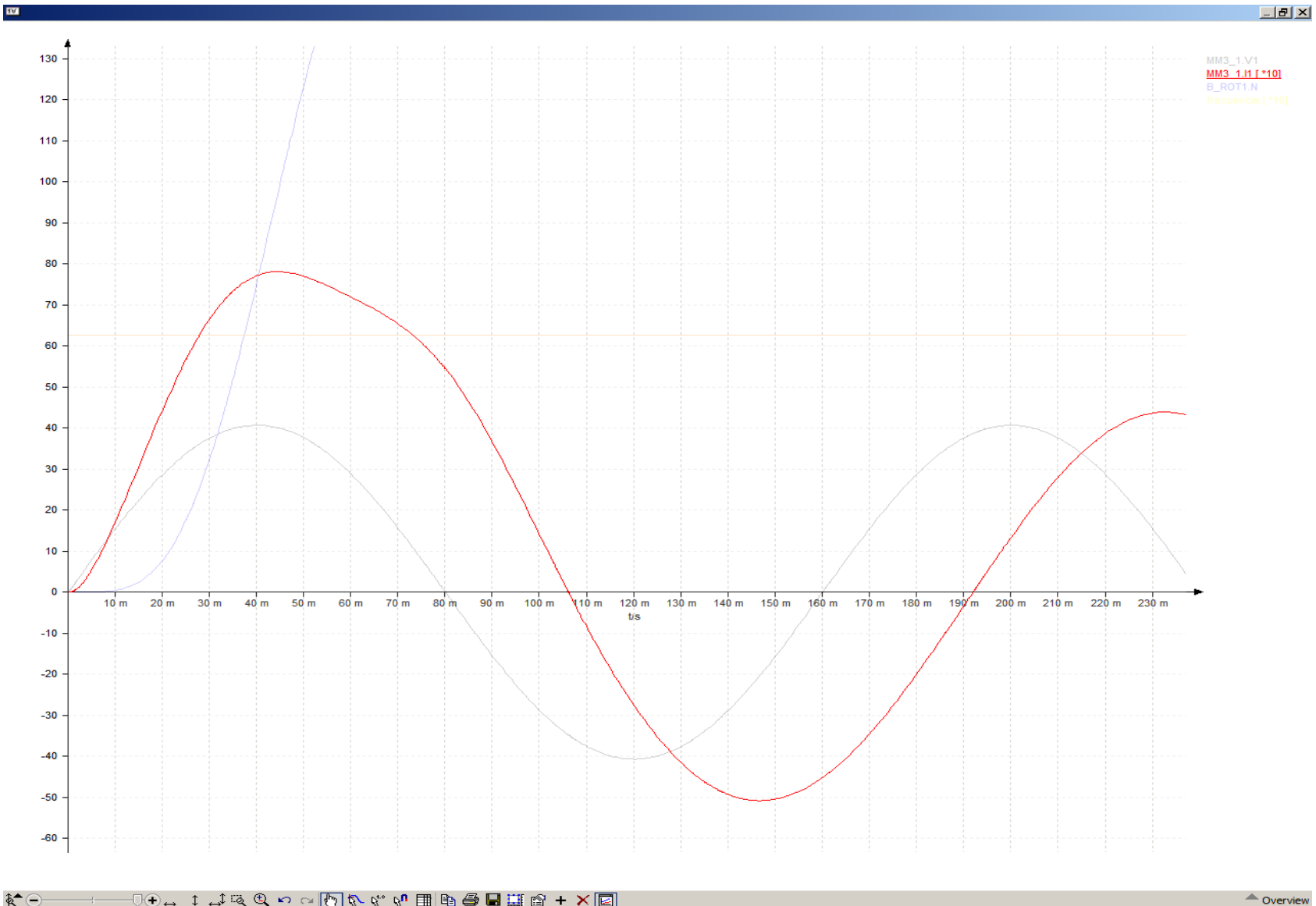
-RP Desfase Intensidad-Tension: $3,908047\text{s}-3,8765211\text{s}= 70,99^\circ$ (valores maximos)

-RP Simetria de la onda : $69,4647^\circ -70,99^\circ = 1,52536^\circ$

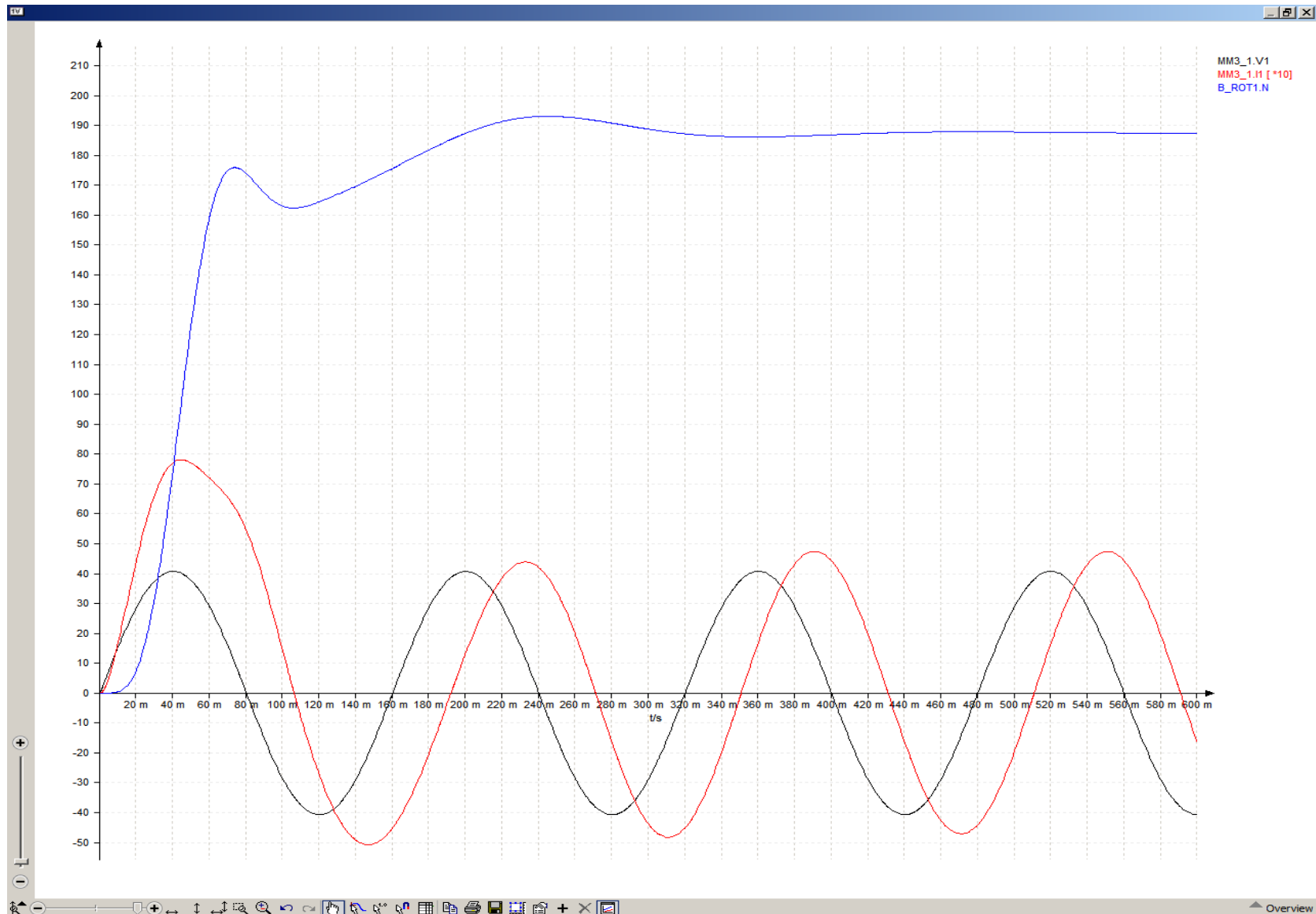
OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 6,255 \text{ Hz}}{2} = 187,65 \text{ rpm} \quad S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{187,65 - 187,53}{187,65} \cdot 100 = 0,0639 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE INTENSIDAD DE ARRANQUE escalada 10 veces-



-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 7 -Frecuencia de alimentacion: 7,14Hz-

-Periodo calculado: 140,056ms
-Tension pica a pico: 46,448V
-Corriente pica a pico: 4,79704A
-Corriente de arranque: 8,8577A
-Velocidad del rotor: 214,08 rpm

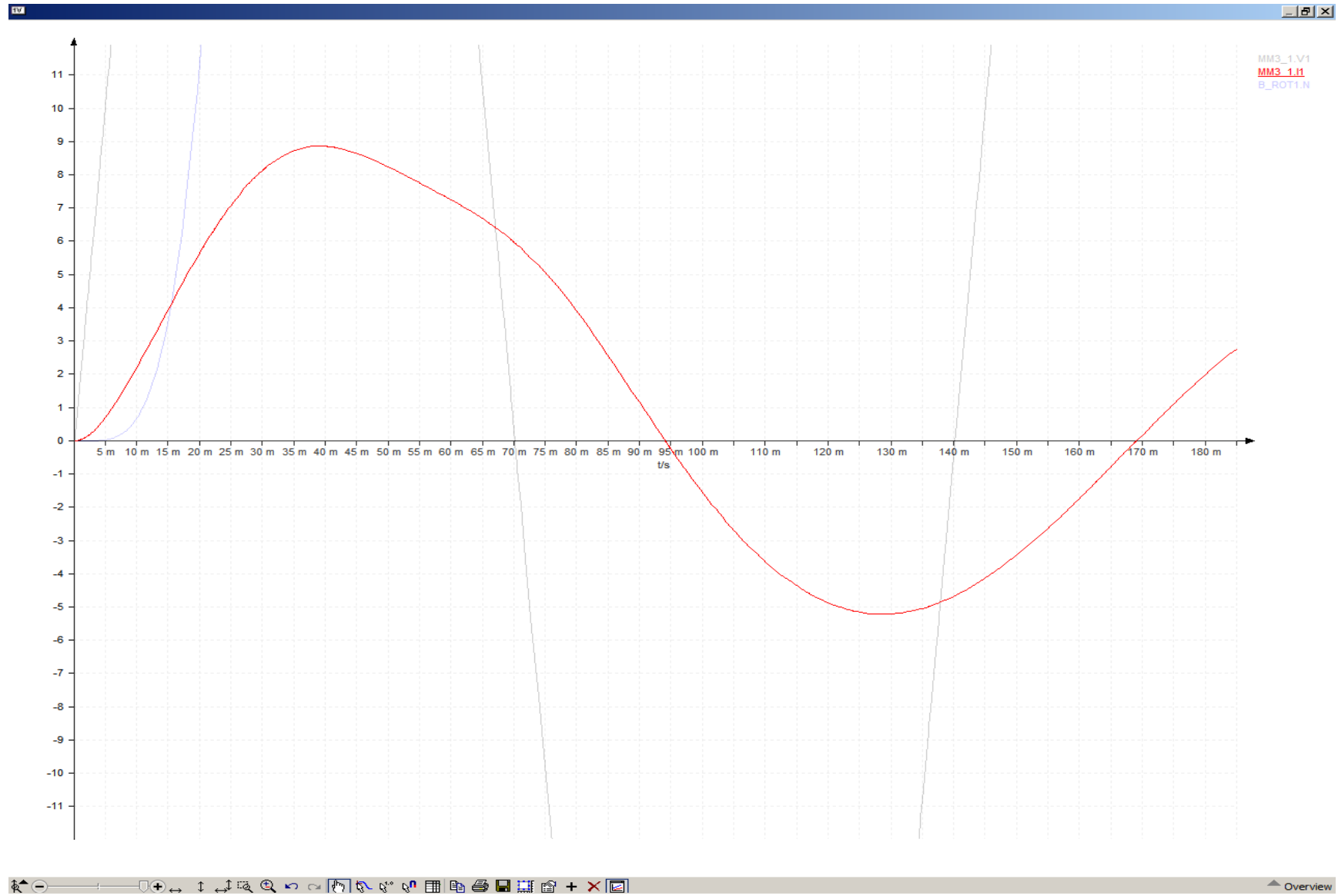
-RT Desfase Intensidad-Tension: $93,935\text{ms}-70,028\text{ms}=61,45056^\circ$ (corta abcisas)
-RT Desfase Intensidad-Tension: $39,07\text{ms}-35,068\text{ms}=10,29445^\circ$ (valores maximos)
-RT Simetria de la onda: $61,45056^\circ-10,29445^\circ=51,1561^\circ$

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,019532\text{s}-3,9916\text{s}=71,796424^\circ$ (corta absisas)
-RP Desfase Intensidad-Tension: $3,98478\text{s}-3,9561\text{s}=73,719^\circ$ (valores maximos)
-RP Simetria de la onda : $71,796424^\circ-73,719^\circ=1,922683^\circ$

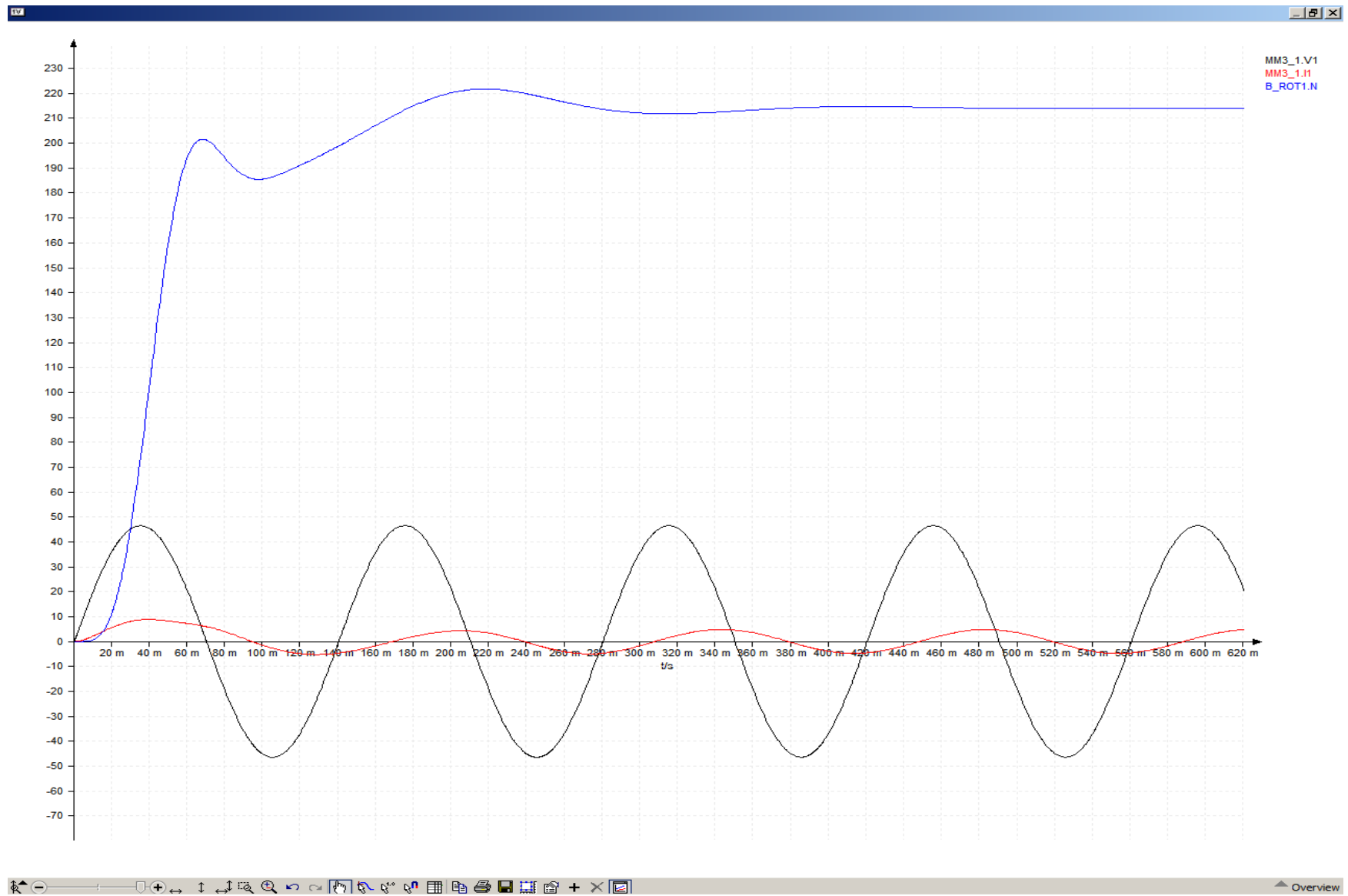
OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 7,14 \text{ Hz}}{2} = 214,2 \text{ rpm} \quad S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{214,2 - 214,08}{214,2} \cdot 100 = 0,05602 \%$$

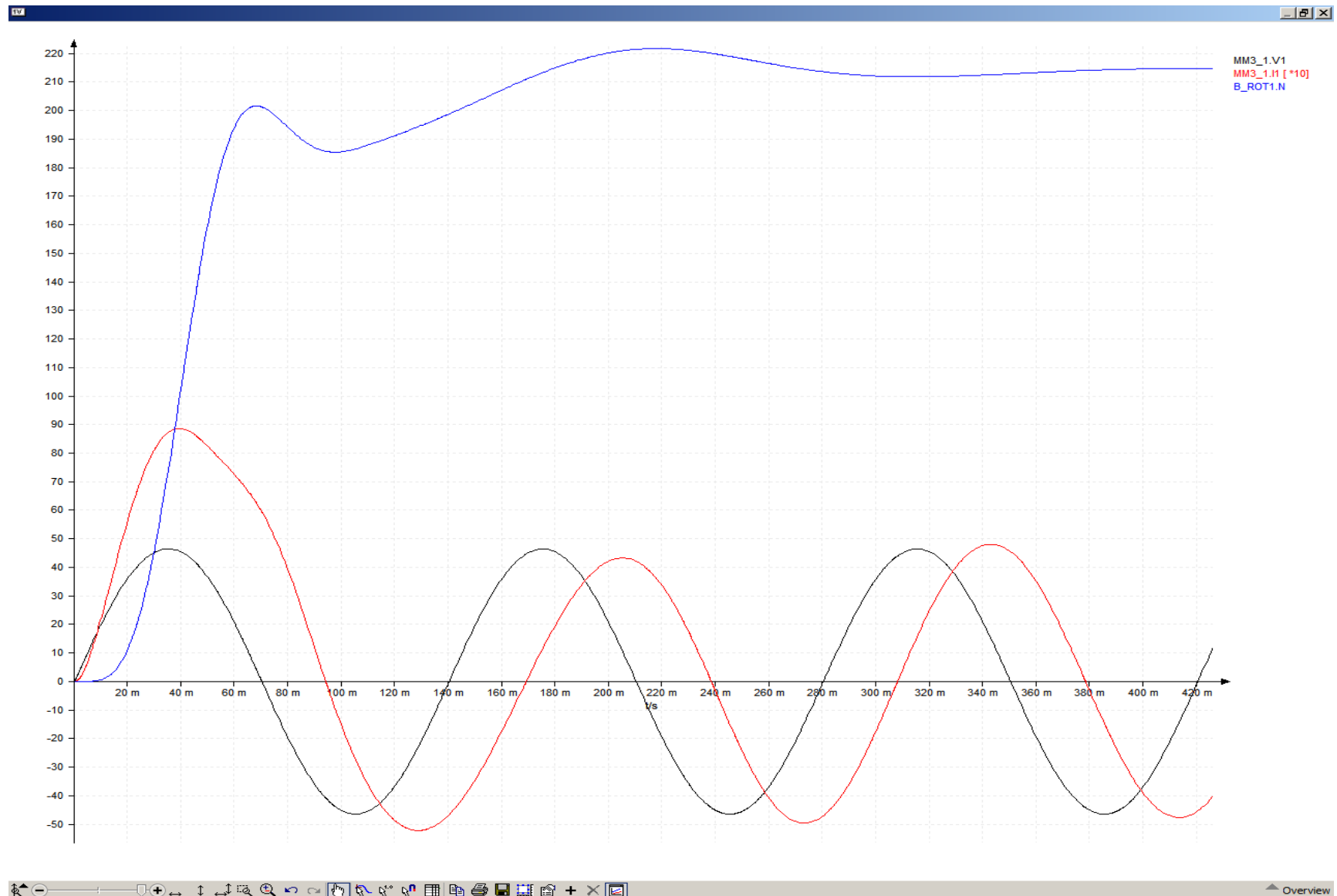
-ONDA TRANSITORIA DE INTENSIDAD DE ARRANQUE



ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad-



-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 8 -Frecuencia de alimentacion: 8,04Hz-

-Periodo calculado: 124,378ms
-Tension pica a pico: 52,3V
-Corriente pica a pico: 4,85A
-Corriente de arranque: 9,92A
-Velocidad del rotor: 241,07 rpm

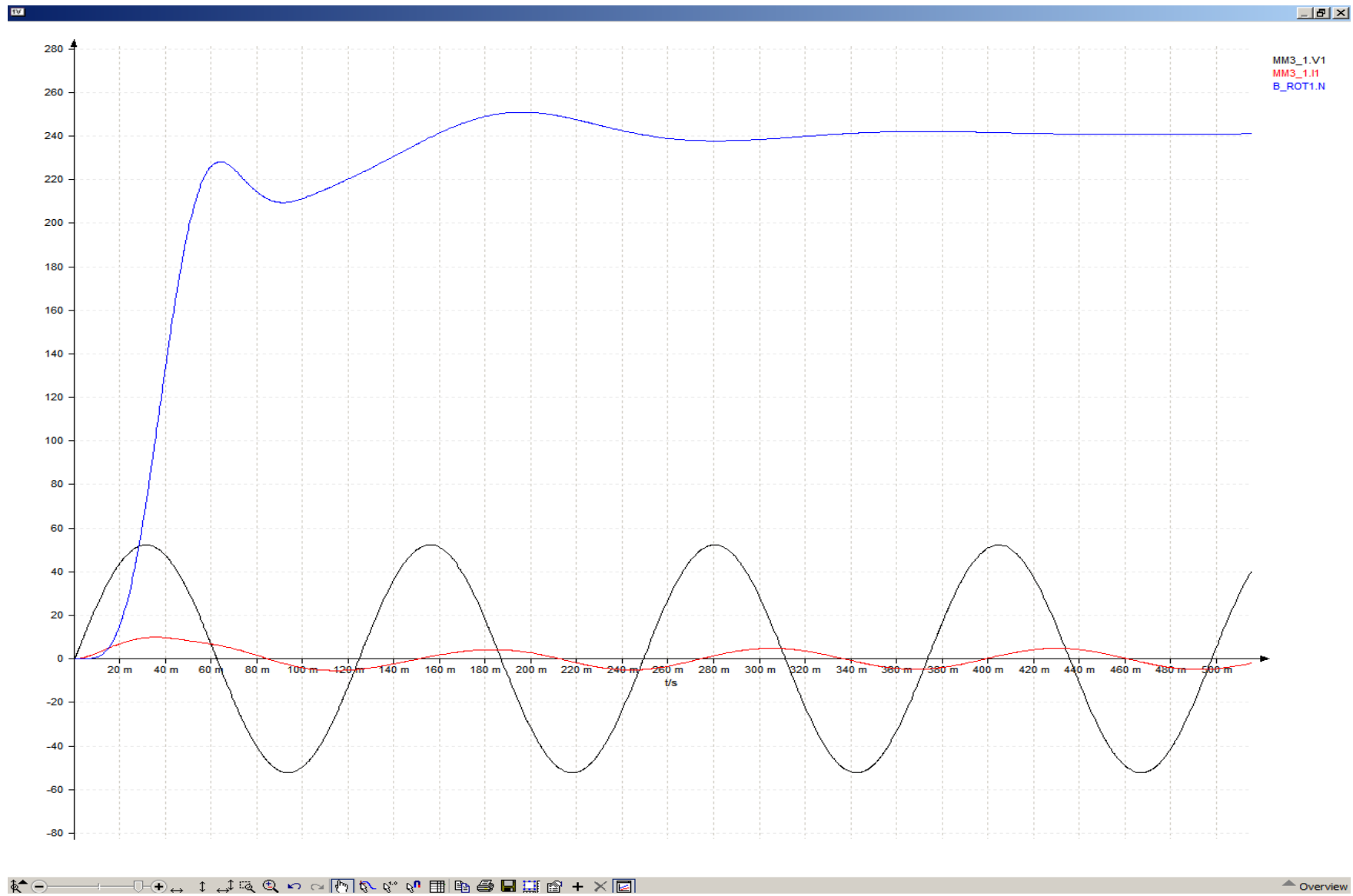
-RT Desfase Intensidad-Tension: $84,38\text{ms} - 62,19\text{ms} = 64,2268^\circ$ (corta abcisas)
-RT Desfase Intensidad-Tension: $35,15\text{ms} - 31,375\text{ms} = 10,92636^\circ$ (valores maximos)
-RT Simetria de la onda: $64,2268^\circ - 10,92636^\circ = 53,3^\circ$

-RP Desfase Intensidad-Tension: $3,94337\text{s} - 3,9179\text{s} = 73,72^\circ$ (corta absisas)

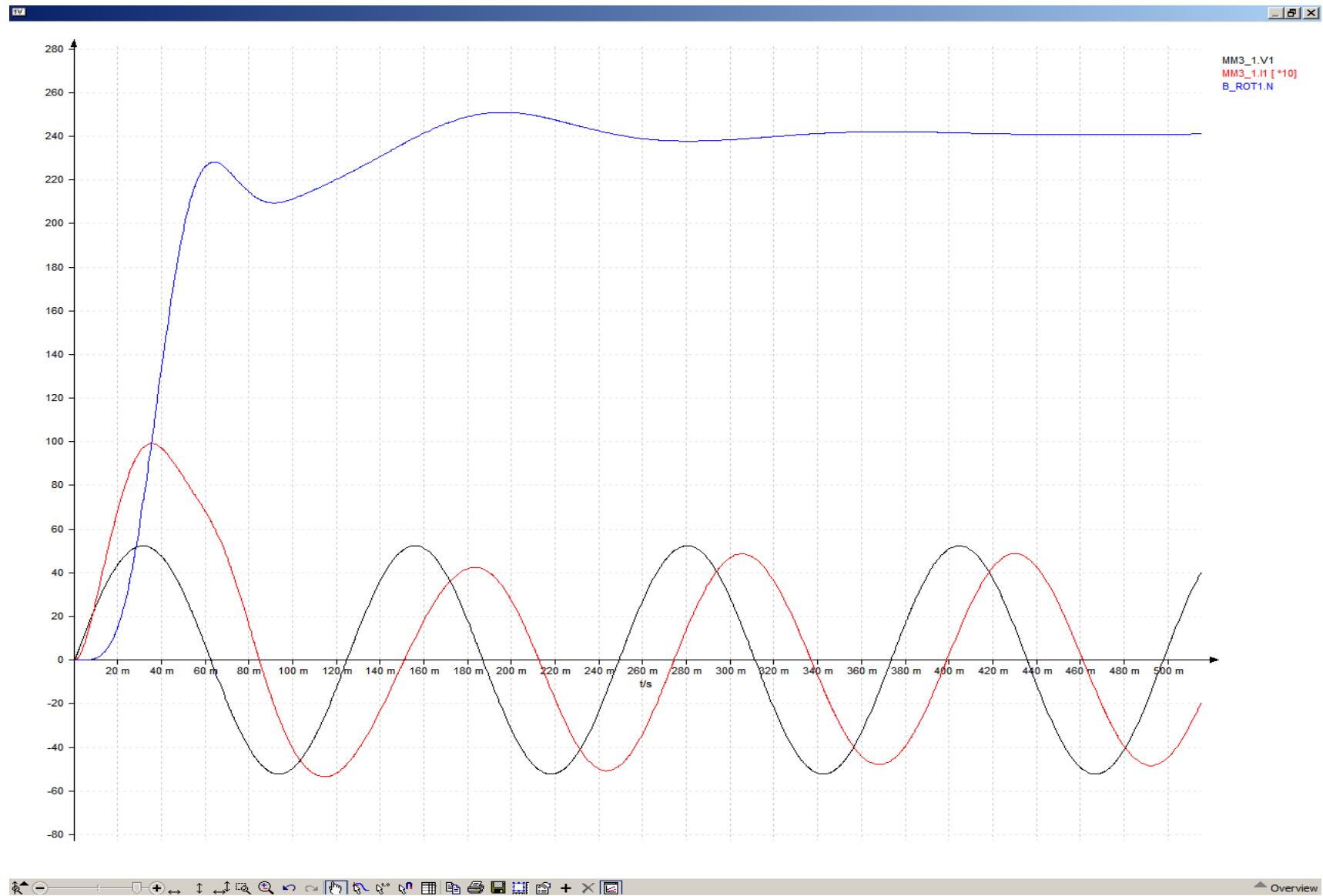
OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 8,04 \text{ Hz}}{2} = 241,2 \text{ rpm} \quad S\% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{241,2 - 241,07}{241,2} \cdot 100 = 0,053897\%$$

ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad-



-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 9 -Frecuencia de alimentacion: 9,825Hz-

-Periodo calculado: 101,7294ms
-Tension pica a pico: 63,9V
-Corriente pica a pico: 4,91A
-Corriente de arranque: 11,98A
-Velocidad del rotor: 294,6 rpm

-RT Desfase Intensidad-Tension: $70,5673\text{ms} - 50,8906\text{ms} = 69,63190^\circ$ (corta abcisas)

-RT Desfase Intensidad-Tension: $29,76\text{ms} - 25,33\text{ms} = 15,67688^\circ$ (valores maximos)

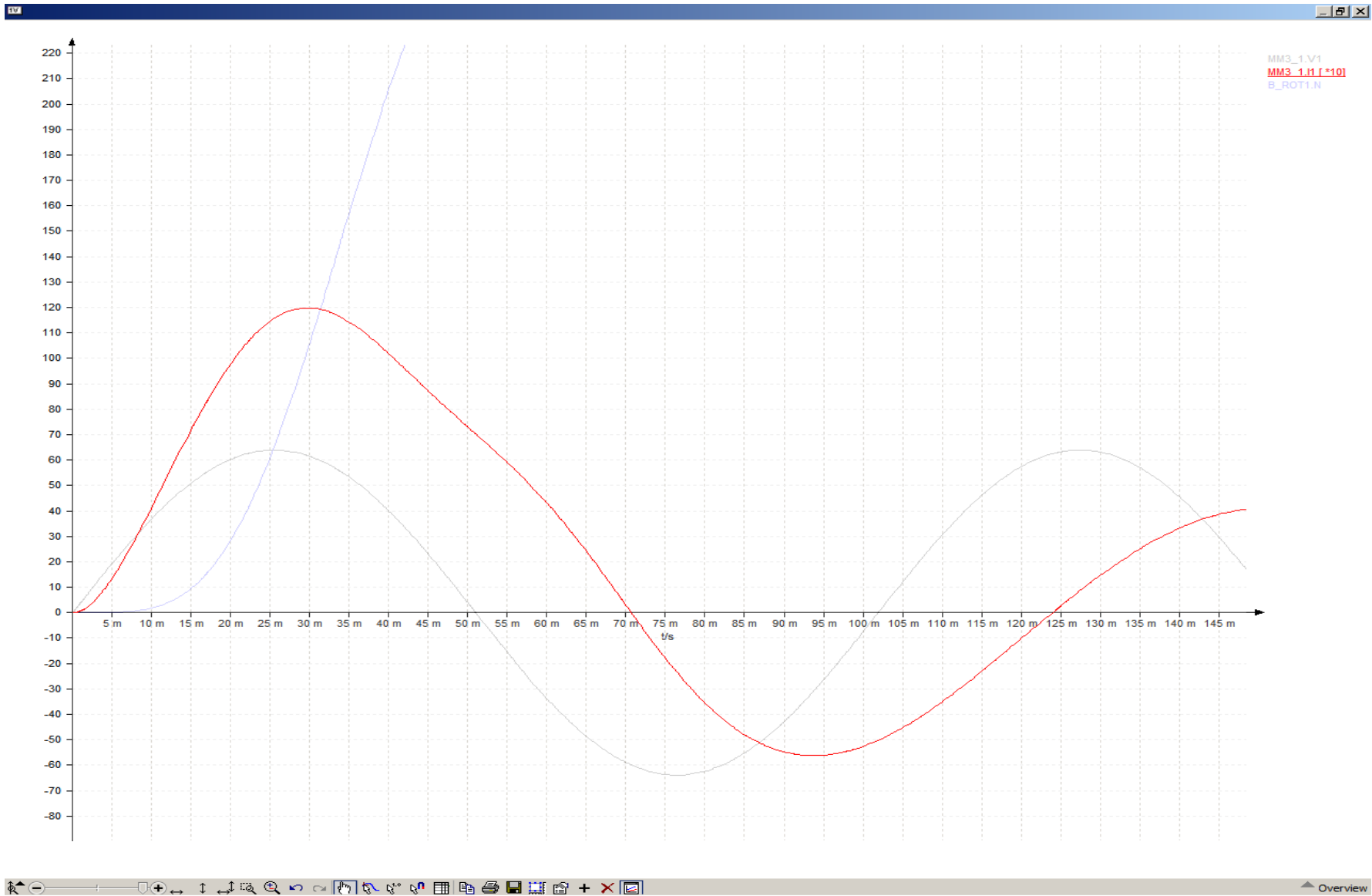
-RT Simetria de la onda: $69,63190^\circ - 15,67688^\circ = 53,955016^\circ$

-RP Desfase Intensidad-Tension: $3,9402\text{s} - 3,9186\text{s} = 76,4380^\circ$ (corta absisas)

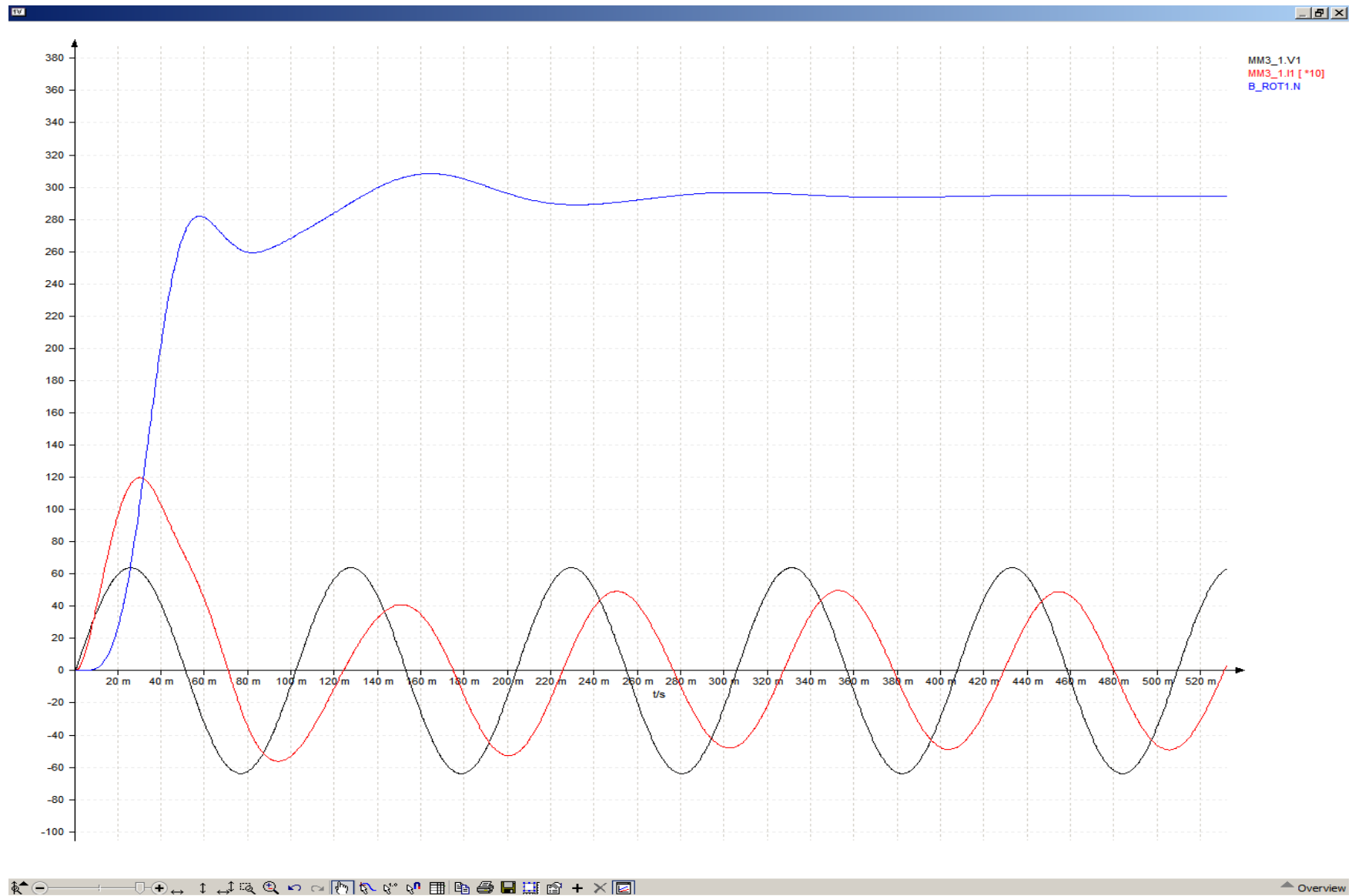
OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 9,825 \text{ Hz}}{2} = 294,75 \text{ rpm}$$
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{294,75 - 294,6}{294,75} \cdot 100 = 0,05089058 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE INTENSIDAD DE ARRANQUE escalada 10 veces



-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 10 -Frecuencia de alimentacion: 15,18Hz-

-Periodo calculado: 65,876ms
-Tension pica a pico: 98,75V
-Corriente pica a pico: 4,987A
-Corriente de arranque: 17,662A
-Velocidad del rotor: 455,2 rpm

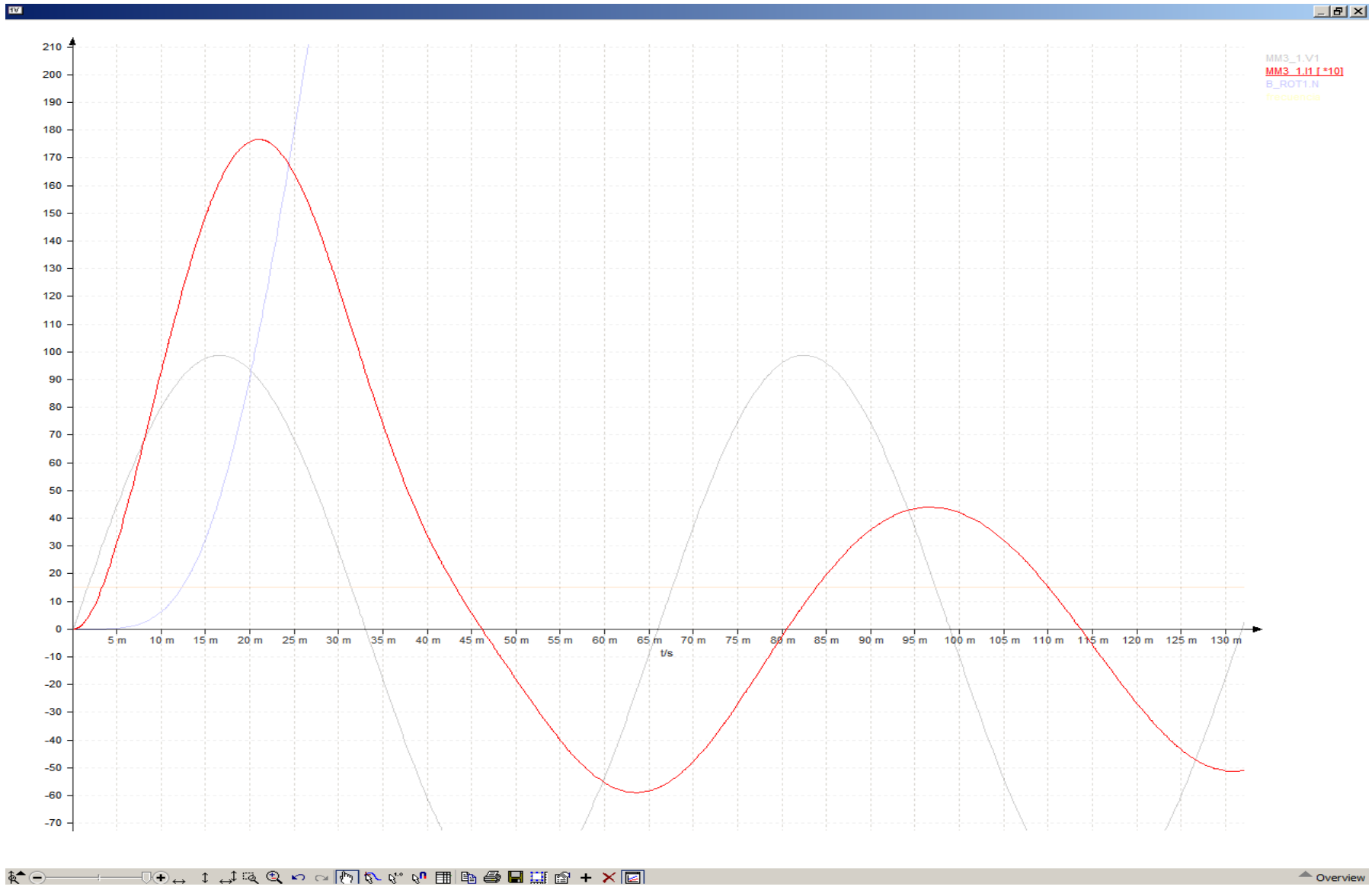
-RT Desfase Intensidad-Tension: $46,075\text{ms} - 32,94\text{ms} = 13,135\text{ms}$ (corta abcisas)
-RT Desfase Intensidad-Tension: $20,97\text{ms} - 16,58\text{ms} = 4,39\text{ms}$ (valores maximos)
-RT Simetria de la onda: $71,78031^\circ - 23,99052^\circ = 47,7897824^\circ$

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,00033\text{s} - 3,9855\text{s} = 0,01483\text{s}$ (corta absisas)

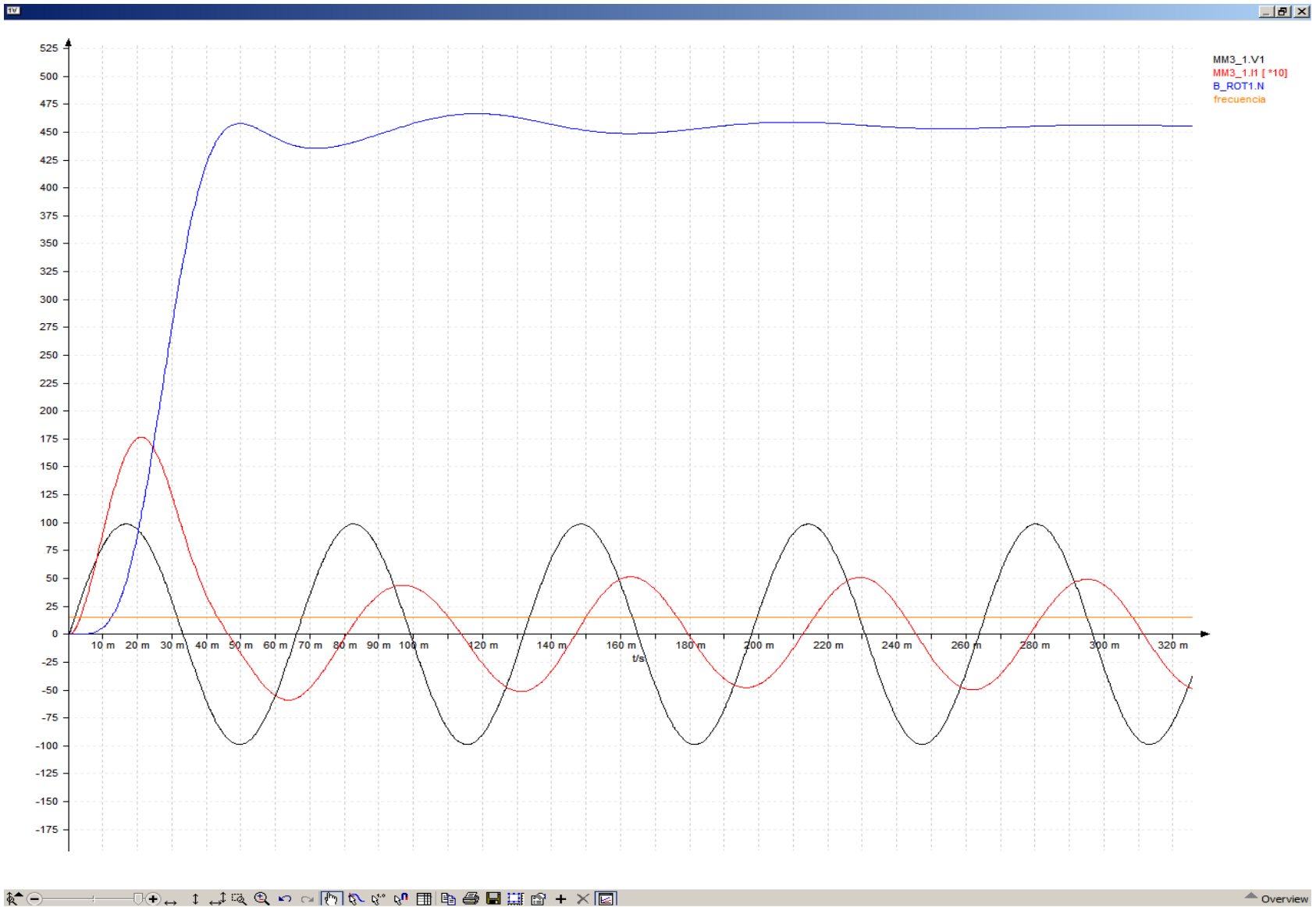
OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 15,18 \text{ Hz}}{2} = 455,4 \text{ rpm} \quad S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{455,4 - 455,2}{455,4} \cdot 100 = 0,043917\%$$

-ONDA TRANSITORIA DE INTENSIDAD DE ARRANQUE escalada 10 veces



-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 11 -Frecuencia de alimentacion: 19,65Hz-

-Periodo calculado: 50,89ms
-Tension pica a pico: 127,86V
-Corriente pica a pico: 5A
-Corriente de arranque: 21,787A
-Velocidad del rotor: 589,25 rpm

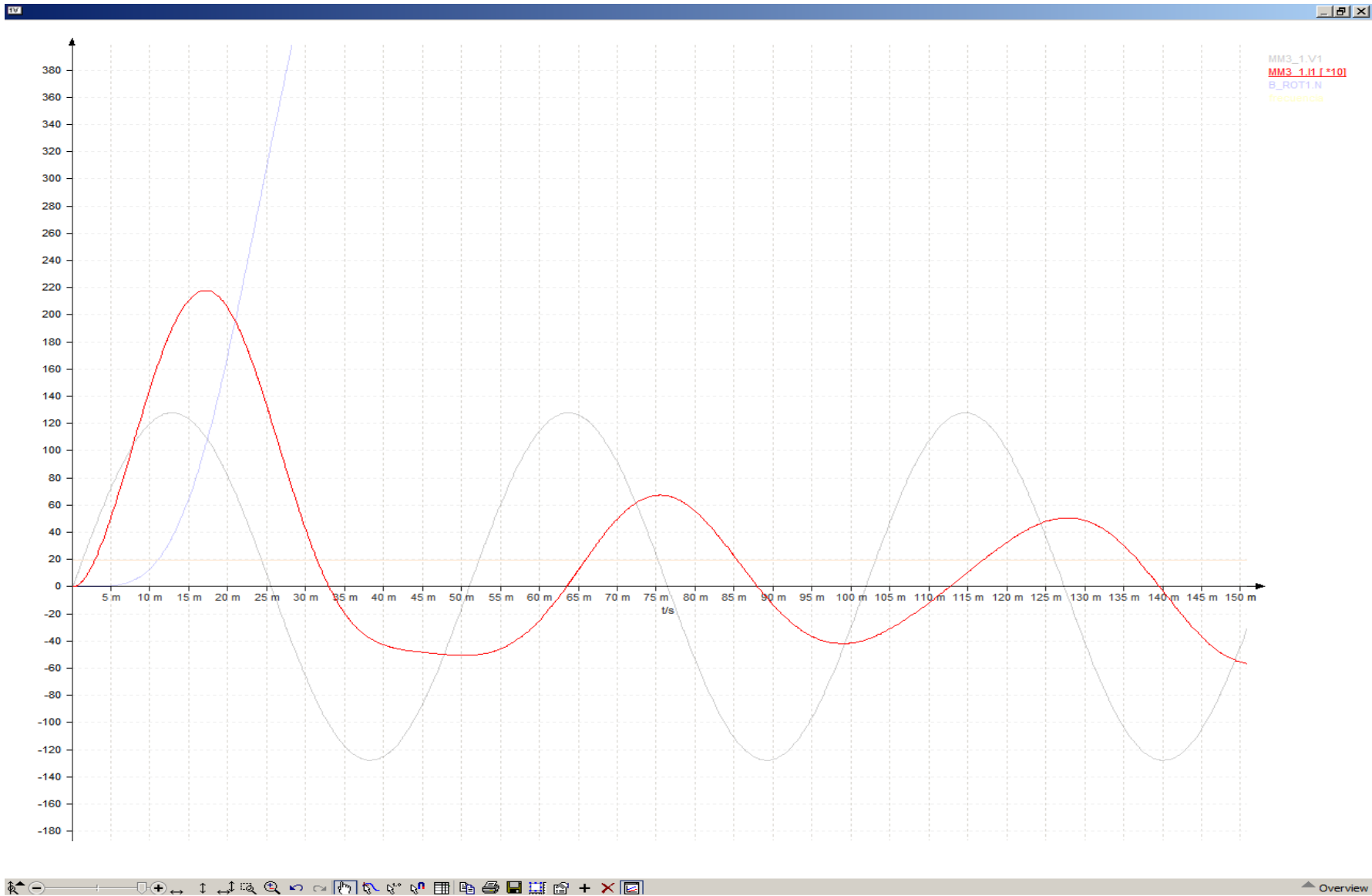
-RT Desfase Intensidad-Tension: $32,855\text{ms} - 25,445\text{ms} = 7,41\text{ms} = 52,4189^\circ$ (corta abcisas)
-RT Desfase Intensidad-Tension: $16,992\text{ms} - 12,734\text{ms} = 4,258\text{ms} = 30,1214^\circ$ (valores maximos)
-RT Simetria de la onda: $52,4189^\circ - 30,1214^\circ = 22,29746^\circ$

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,00665\text{s} - 3,99491\text{s} = 0,01174\text{s} = 83,049715^\circ$ (corta absisas)

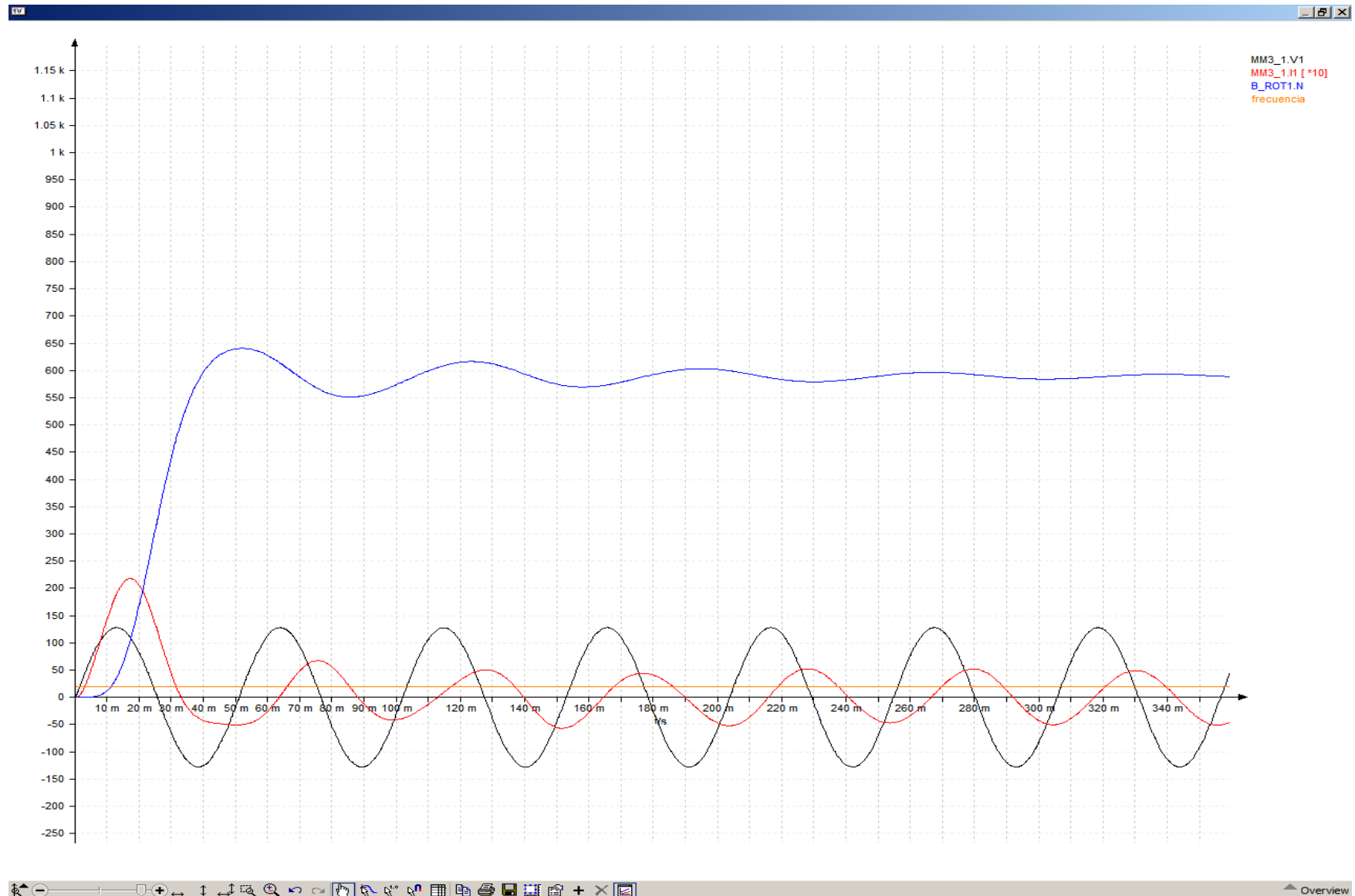
OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 19,65 \text{ Hz}}{2} = 589,5 \text{ rpm} \quad S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{589,5 - 589,25}{589,5} \cdot 100 = 0,042408 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE INTENSIDAD DE ARRANQUE escalada 10 veces



-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 12 -Frecuencia de alimentacion: 22,32Hz-

-Periodo calculado: 44,8028ms
-Tension pica a pico: 145,2V
-Corriente pica a pico: 5A
-Corriente de arranque: 24A
-Velocidad del rotor: 669,52 rpm

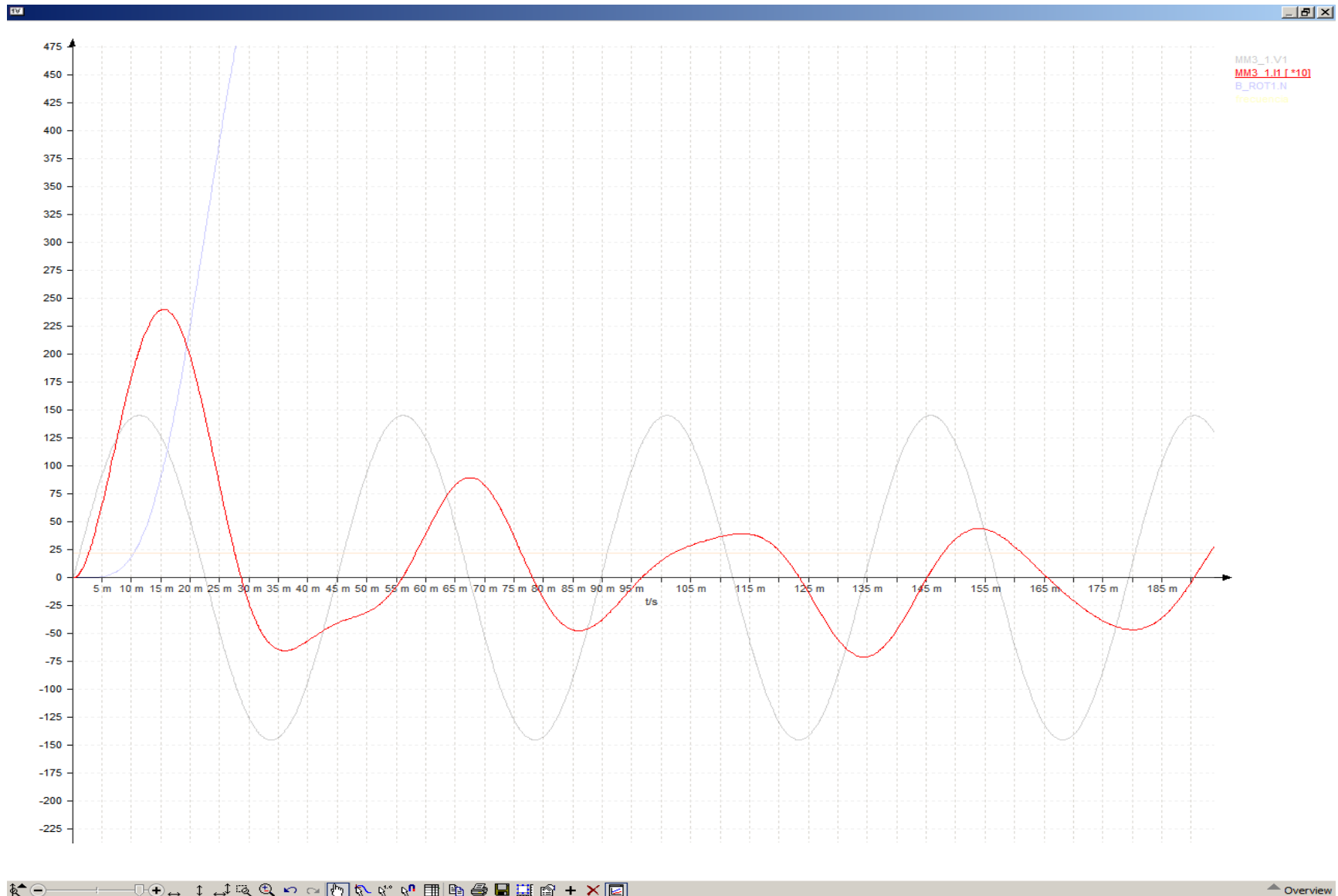
-RT Desfase Intensidad-Tension: $28,5035\text{ms} - 22,4\text{ms} = 49,0429^\circ$ (corta abcisas)
-RT Desfase Intensidad-Tension: $15,32\text{ms} - 11,199\text{ms} = 33,11311^\circ$ (valores maximos)
-RT Simetria de la onda: $49,0429^\circ - 33,11311^\circ = 15,92979^\circ$

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,02027\text{s} - 4,00986\text{s} = 83,64655^\circ$ (corta absisas)

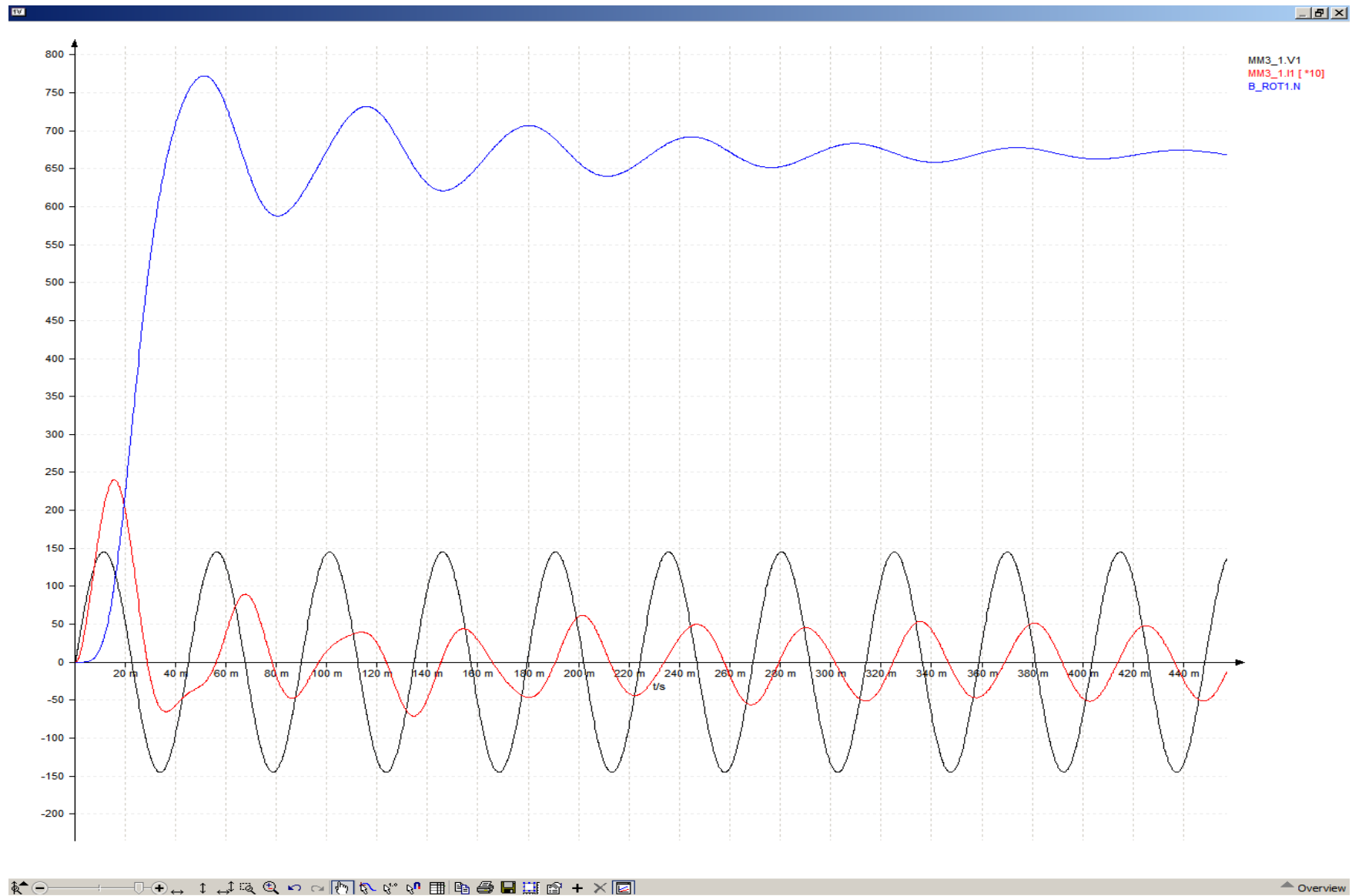
OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 22,32 \text{ Hz}}{2} = 669,6 \text{ rpm} \quad S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{669,6 - 669,52}{669,6} \cdot 100 = 0,011947\%$$

-ONDA TRANSITORIA DE INTENSIDAD DE ARRANQUE escalada 10 veces



-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 13 -Frecuencia de alimentacion: 23,22Hz-

-Periodo calculado: 43,066ms
-Tension pica a pico: 151V
-Corriente pica a pico: 5A
-Corriente de arranque: 24,7A
-Velocidad del rotor: 696,42 rpm

-RT Desfase Intensidad-Tension: $27,355\text{ms} - 21,533\text{ms} = 48,66762^\circ$ (corta abcisas)

-RT Desfase Intensidad-Tension: $14,864\text{ms} - 10,78\text{ms} = 34,139228^\circ$ (valores maximos)

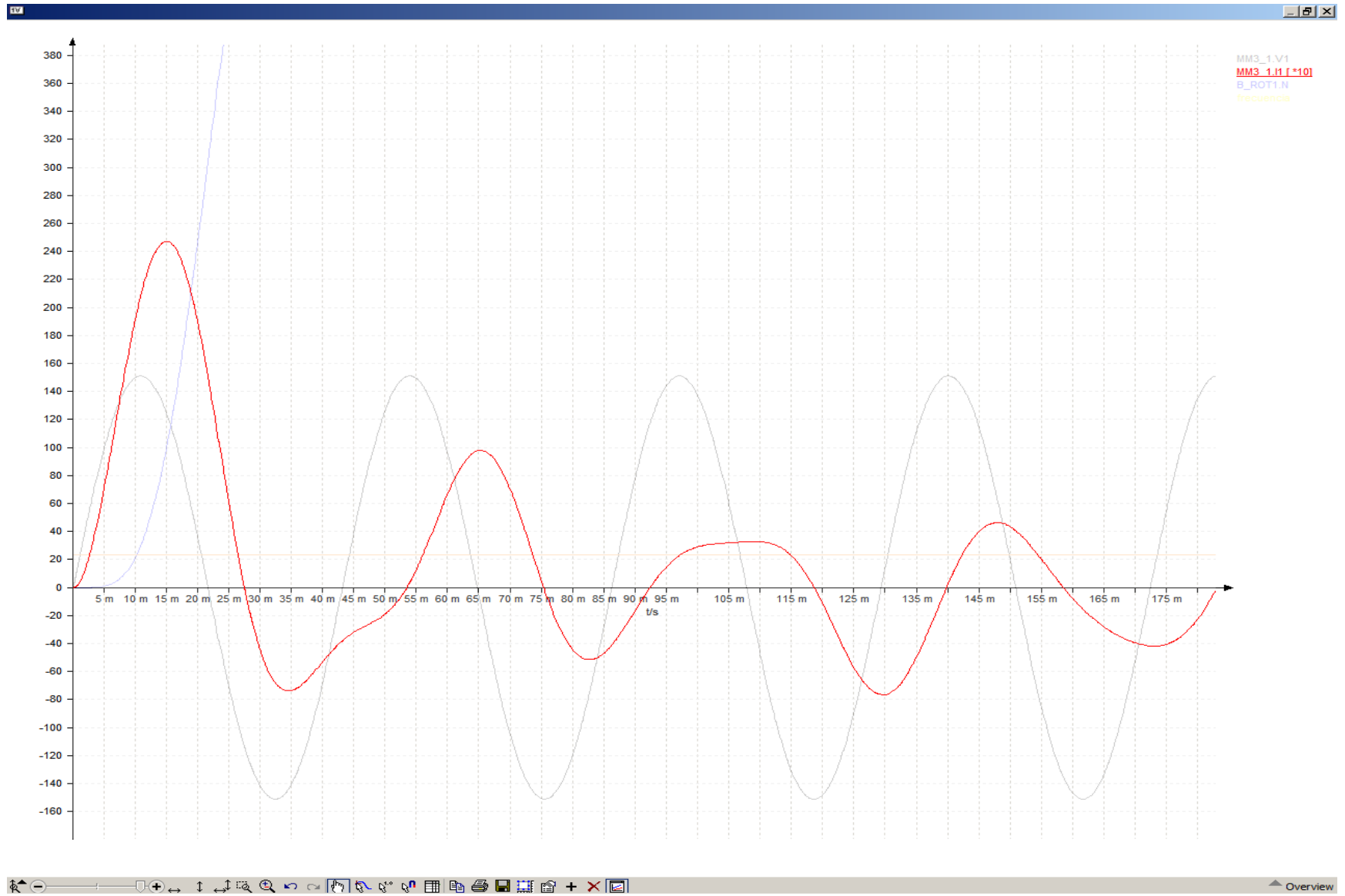
-RT Simetria de la onda: $48,66762^\circ - 34,139228^\circ = 14,5284^\circ$

-RP Desfase Intensidad-Tension: $3,99366\text{s} - 3,98362\text{s} = 83,927^\circ$ (corta absisas)

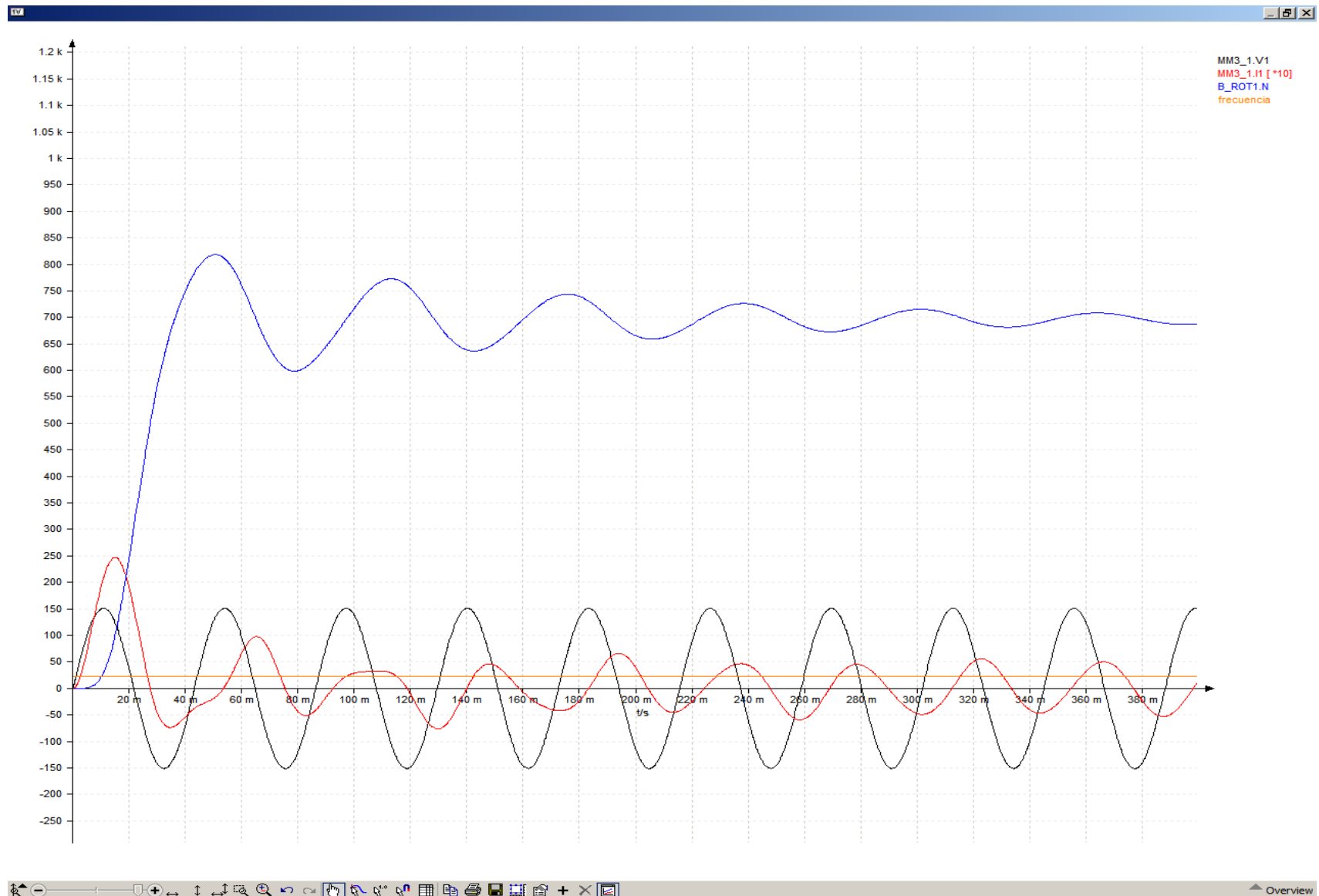
OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 23,22 \text{ Hz}}{2} = 696,6 \text{ rpm} \quad S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{696,6 - 696,42}{696,6} \cdot 100 = 0,025839 \%$$

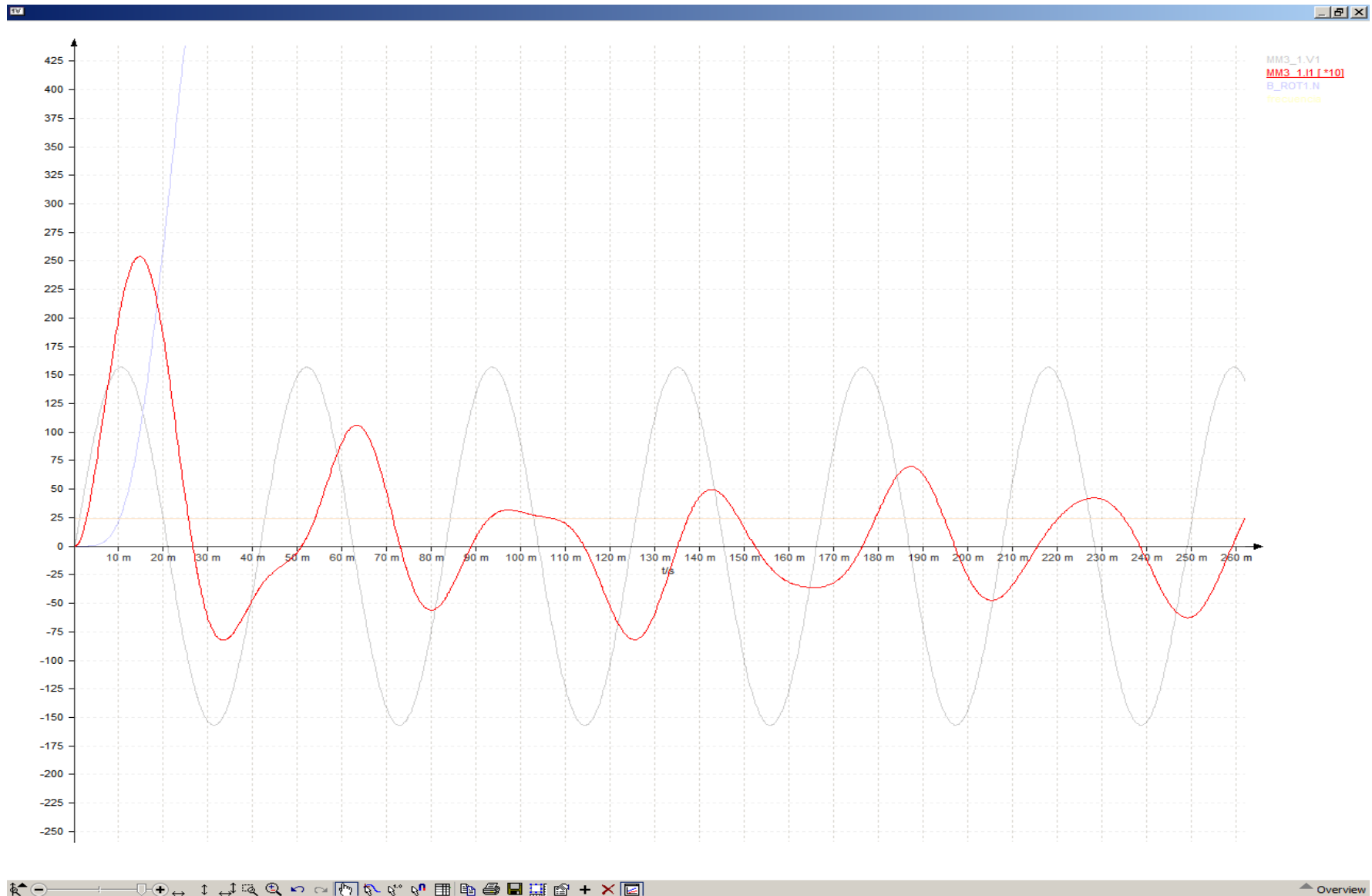
-ONDA TRANSITORIA DE INTENSIDAD DE ARRANQUE escalada 10 veces



-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



-ONDA TRANSITORIA DE INTENSIDAD DE ARRANQUE escalada 10 veces a 24,1Hz



CASO 14 -Frecuencia de alimentacion: 25Hz-

- Periodo calculado: 40ms
- Tension pica a pico: 162,5V
- Corriente pica a pico: 5,02A
- Corriente de arranque: 26,065A
- Velocidad del rotor: 750rpm

-RT Desfase Intensidad-Tension: 25,4ms-19,995ms= 48,645° (corta abcisas)

-RT Desfase Intensidad-Tension: 14,055ms-10ms = 36,495° (valores maximos)

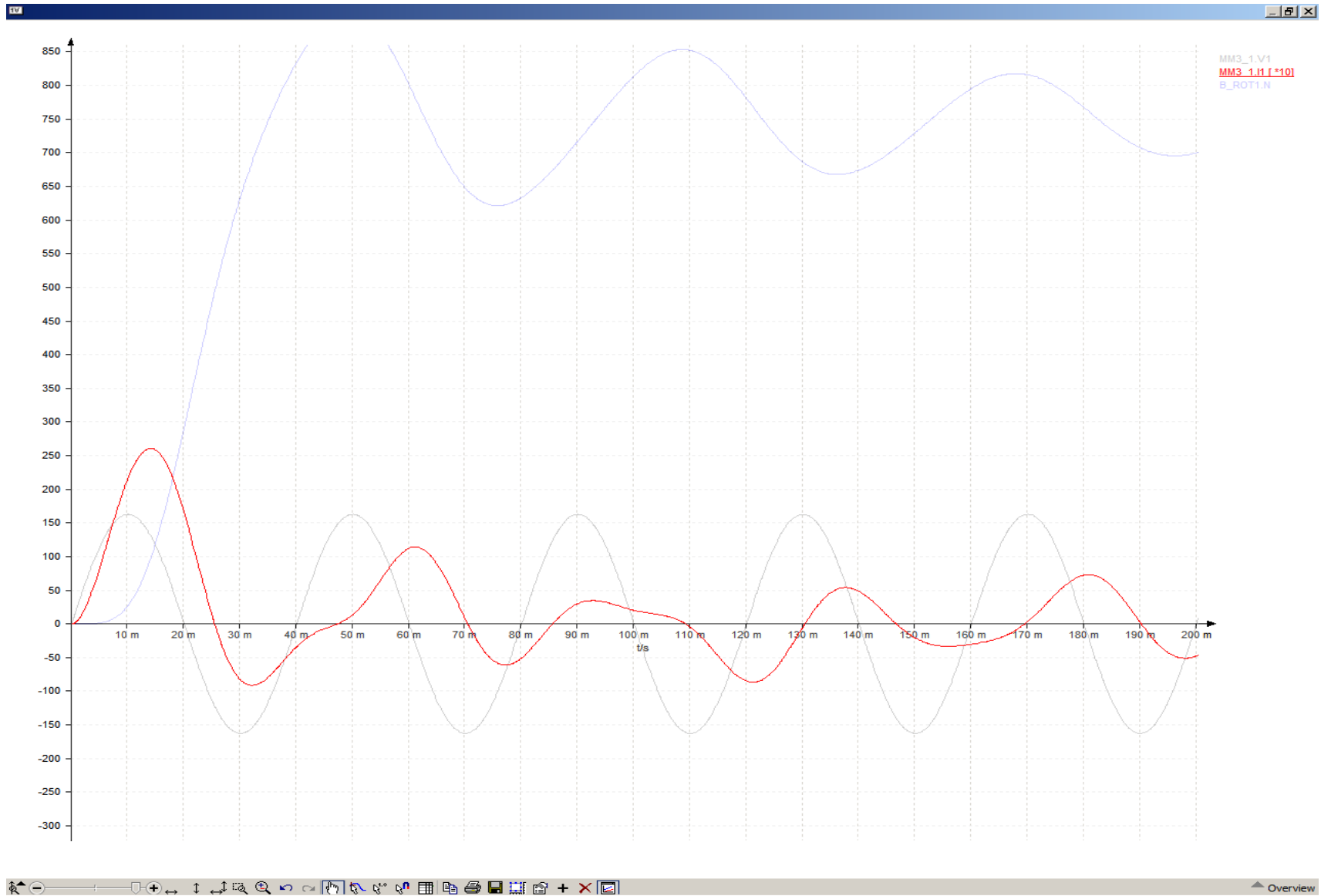
-RT Simetria de la onda: 48,66762°-34,139228°= 12,15°

-RP Desfase Intensidad-Tension: 3,98856s-3,979205s = 84,195° (corta absisas)

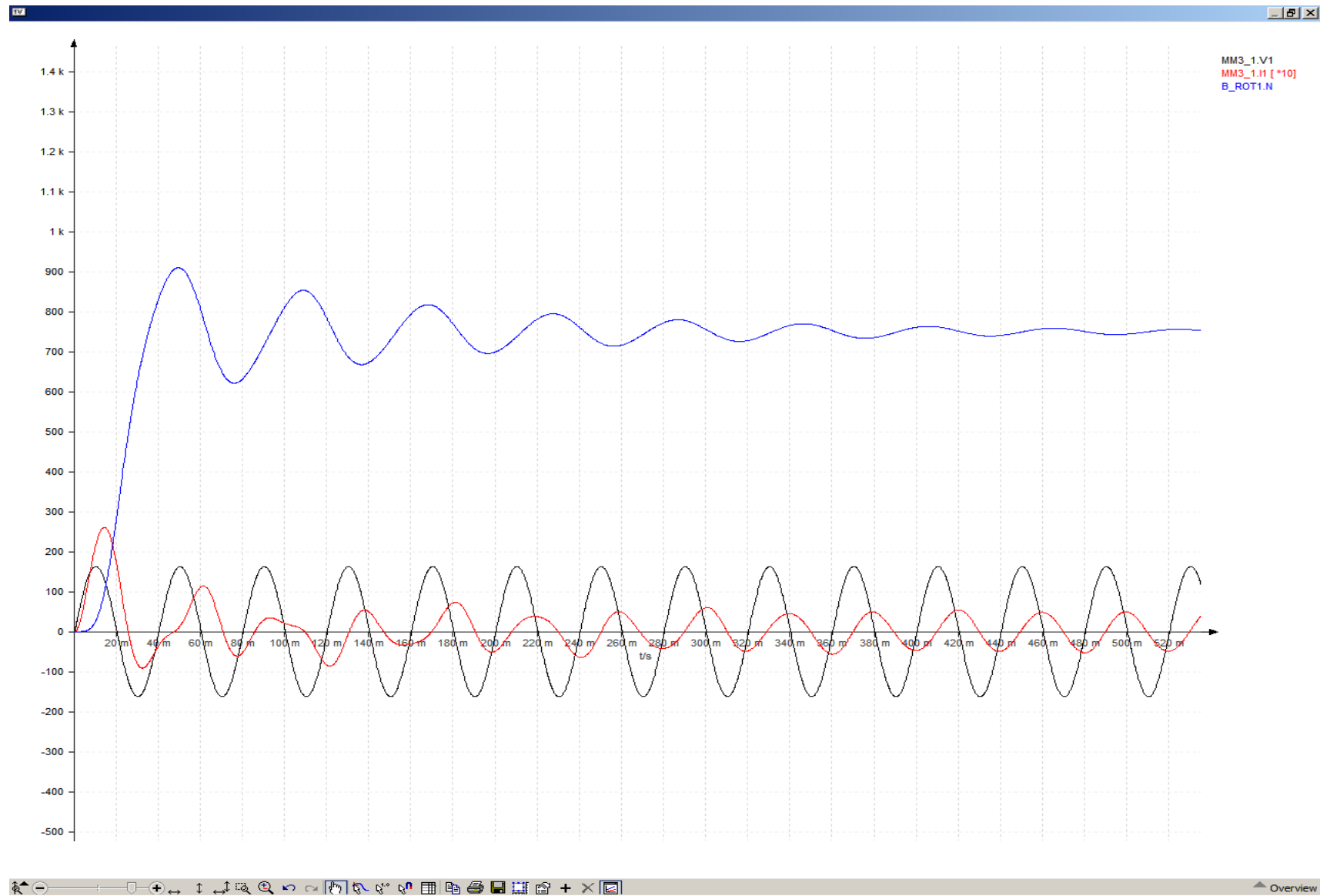
OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 25 \text{ Hz}}{2} = 750 \text{ rpm} \quad S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{750 - 750}{750} \cdot 100 = 0 \%$$

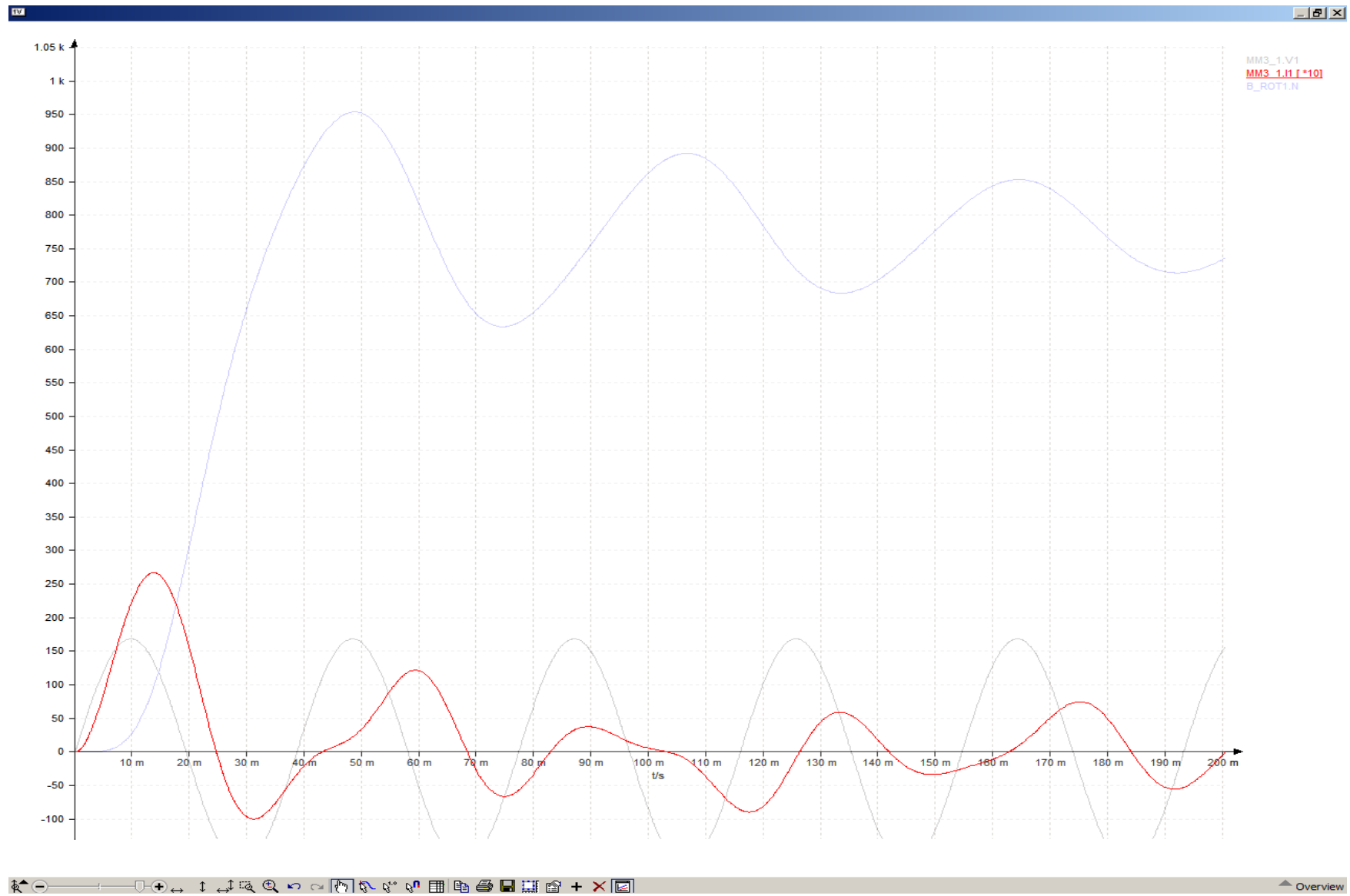
-ONDA TRANSITORIA DE INTENSIDAD DE ARRANQUE escalada 10 veces



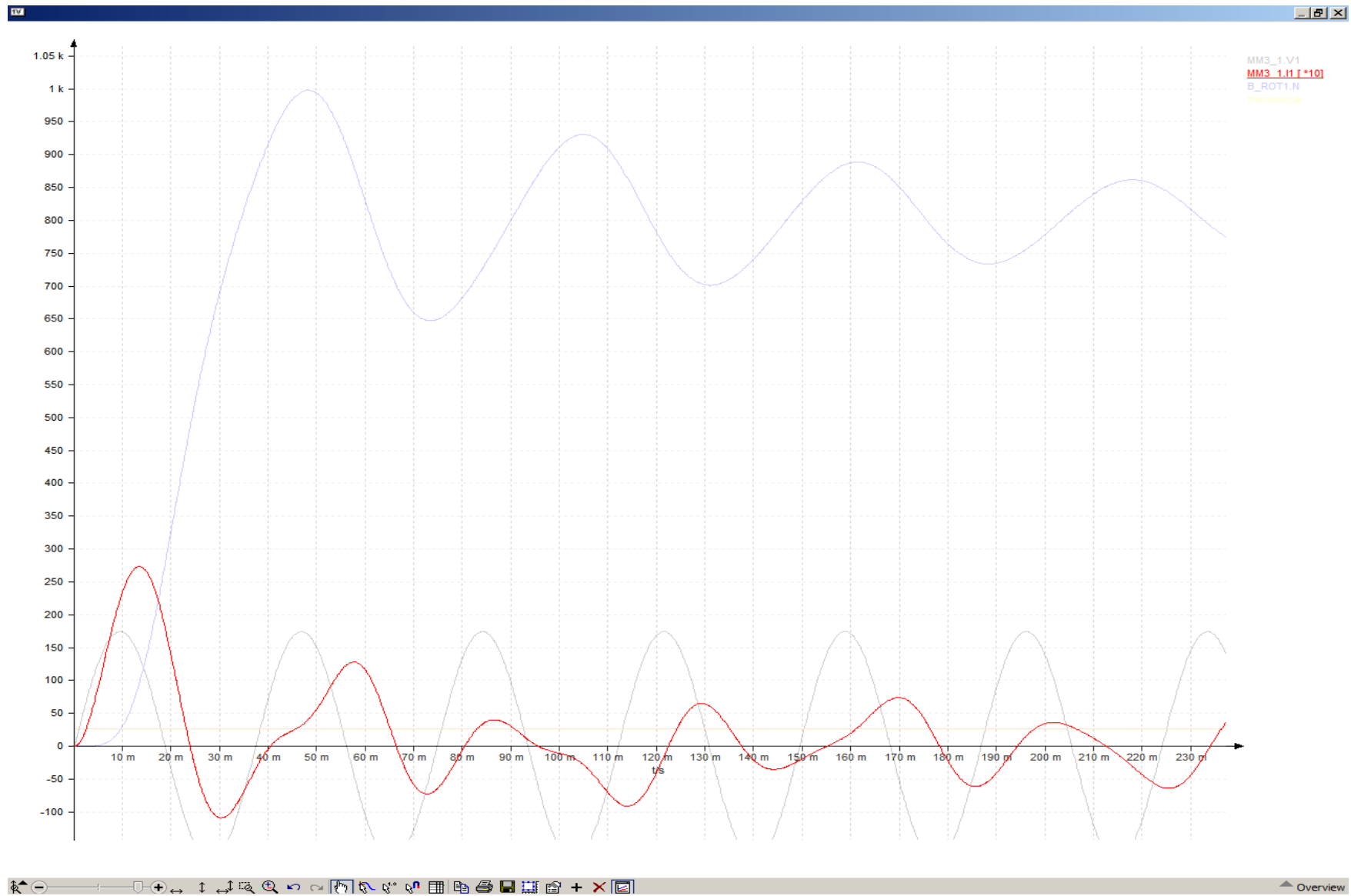
-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



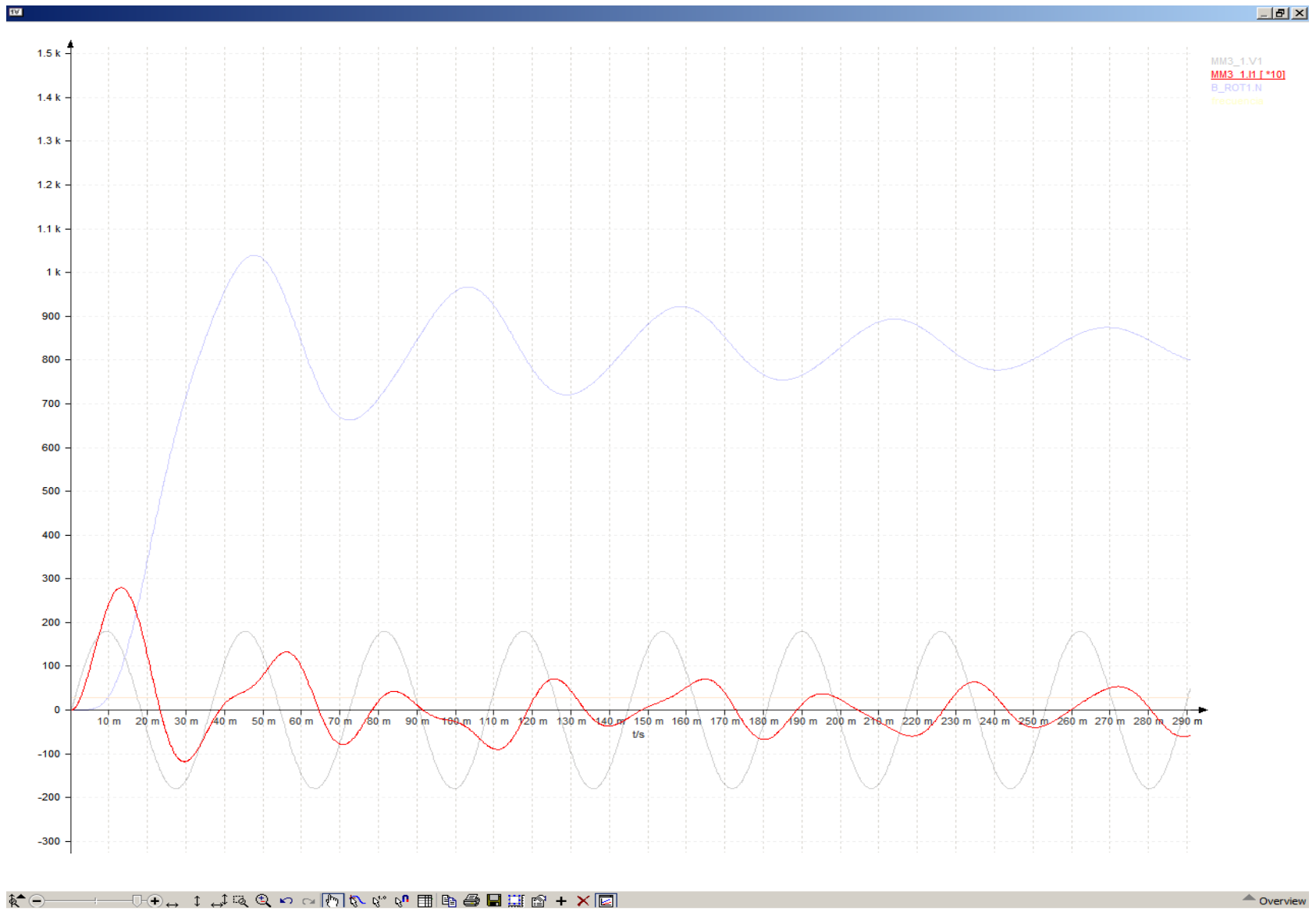
-ONDA TRANSITORIA DE INTENSIDAD DE ARRANQUE escalada 10 veces a 25,89Hz a 776,62rpm $I_a=26,7A$



-ONDA TRANSITORIA DE INTENSIDAD DE ARRANQUE escalada 10 veces a 26,8Hz a 803,60rpm $I_a=27,35A$



-ONDA TRANSITORIA DE INTENSIDAD DE ARRANQUE escalada 10 veces a 27,67Hz a 830,10rpm $I_a=27,96A$



CASO 15 -Frecuencia de alimentacion: 30,36Hz-

-Periodo calculado: 32,938ms
-Tension pica a pico: 197,5V
-Corriente pica a pico: 5,03A
-Corriente de arranque: 29,735A
-Velocidad del rotor: 910,41rpm

-RT Desfase Intensidad-Tension: 21,1405ms-16,469ms= 51,0577° (corta abcisas)

-RT Desfase Intensidad-Tension: 12,0065ms-8,22ms = 41,385° (valores maximos)

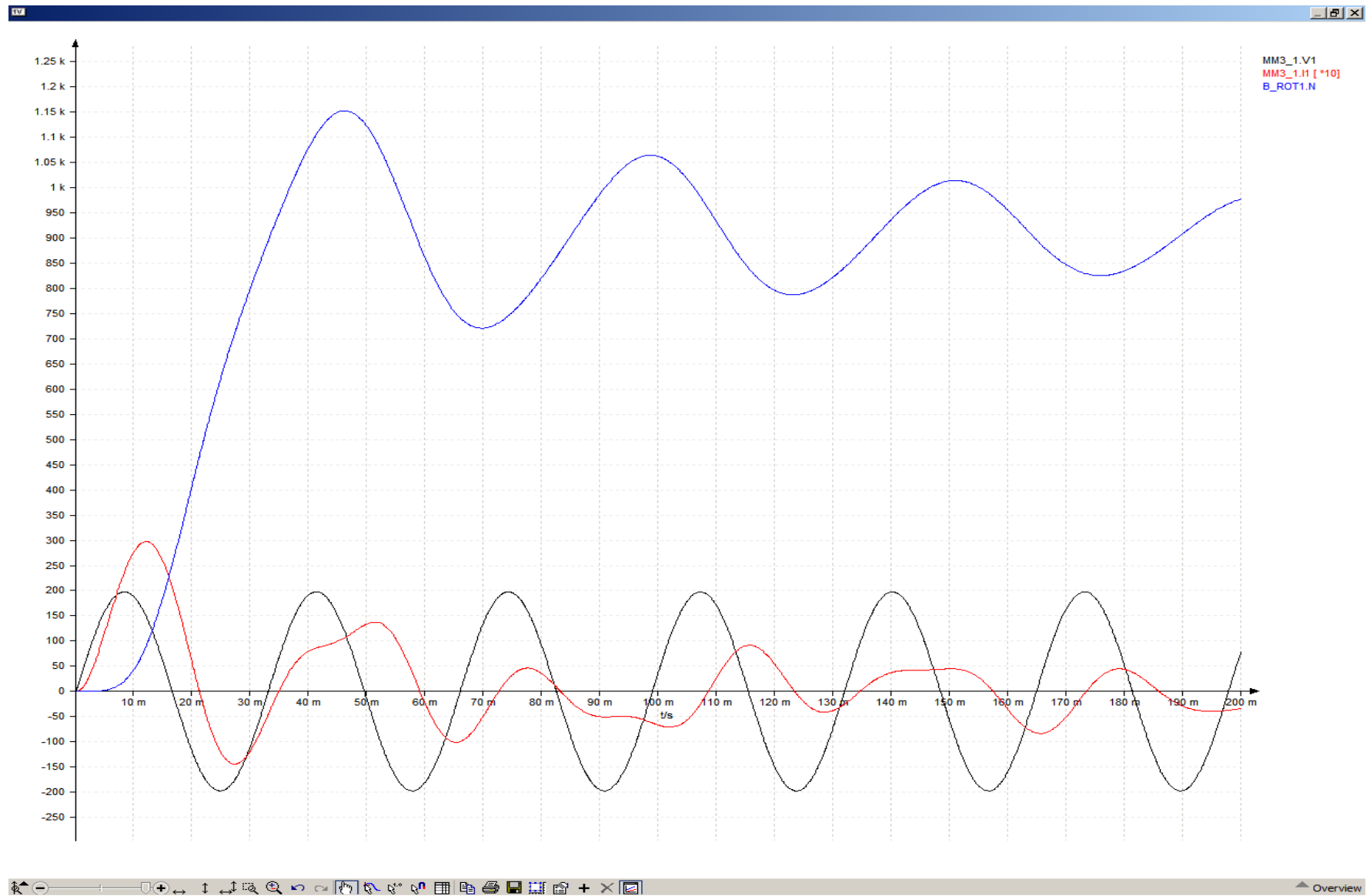
-RT Simetria de la onda: 51,0577° °-41,385°= 9,6726°

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,00976s-4,00198s = 85,0325° (corta absisas)

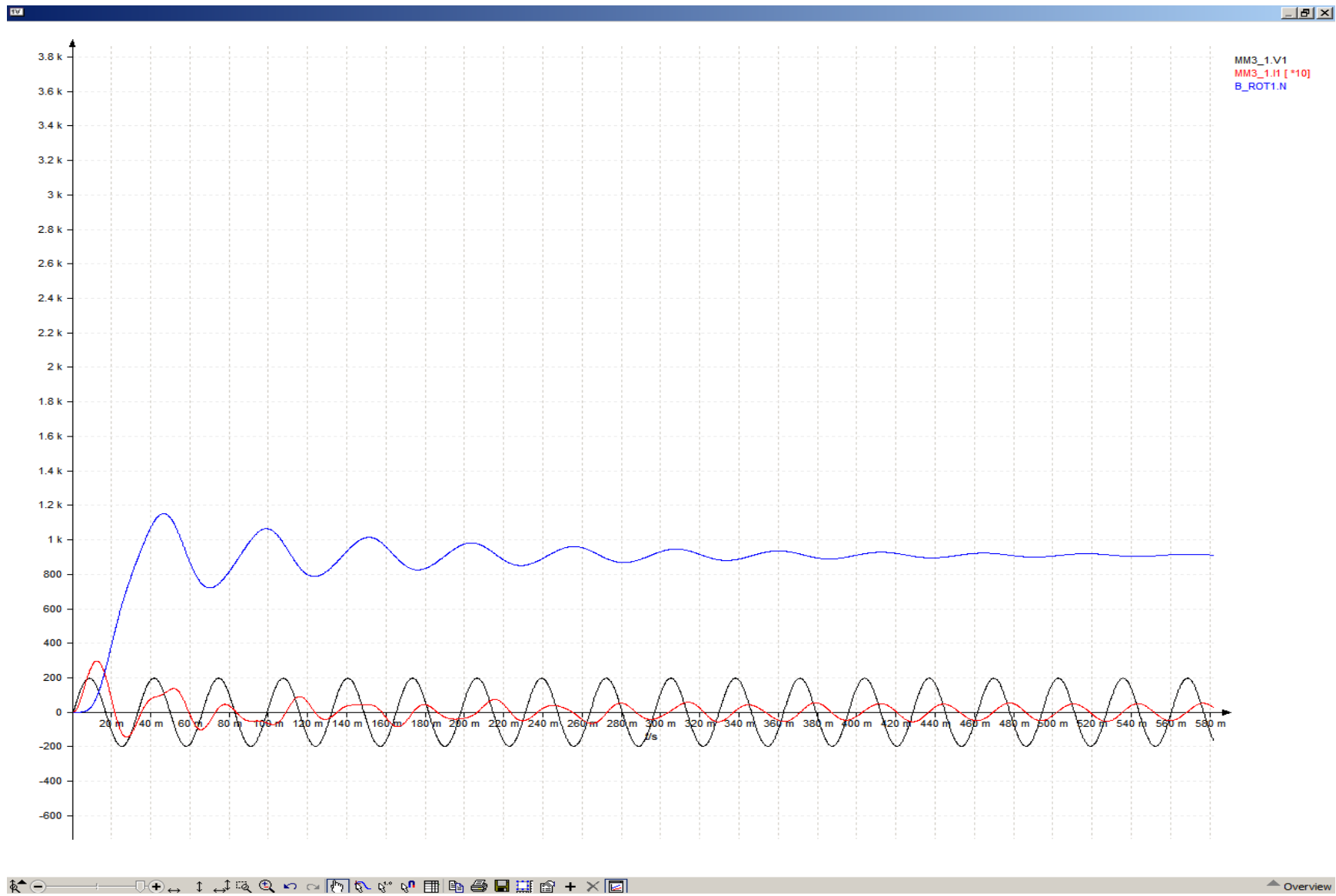
OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 30,36 \text{ Hz}}{2} = 910,8 \text{ rpm} \quad S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{910,8 - 910,41}{910,8} \cdot 100 = 0,04282 \%$$

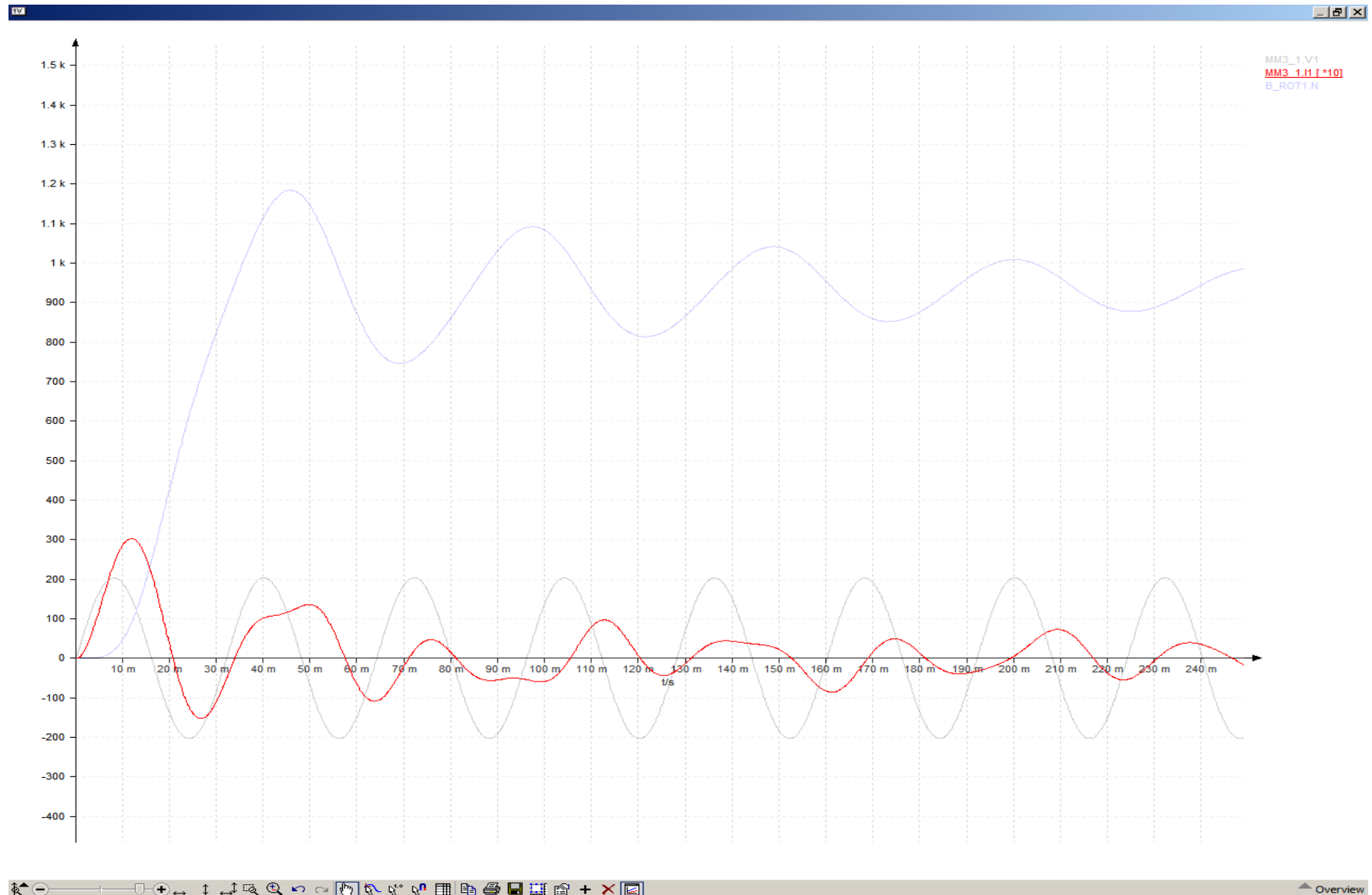
-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces 200ms



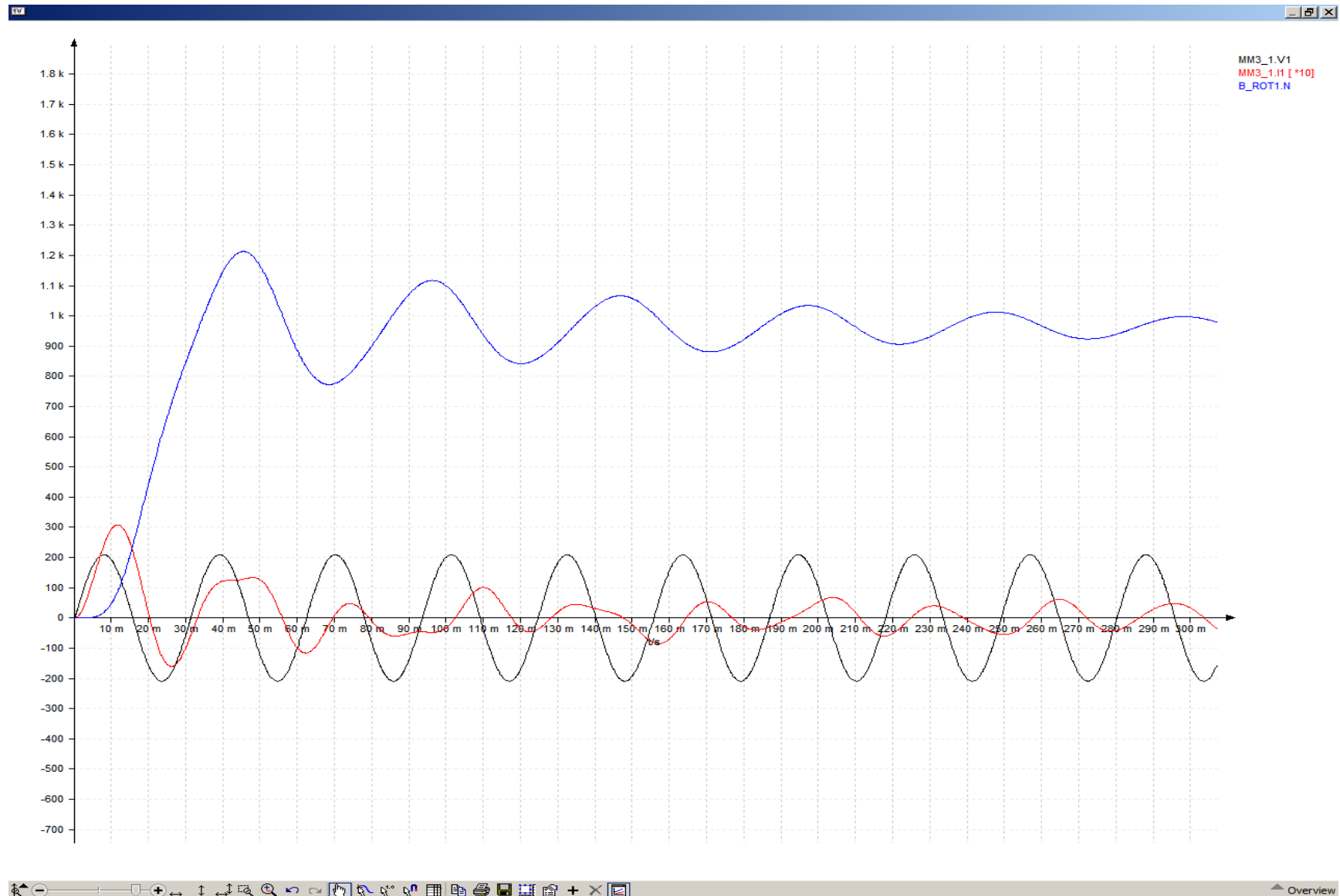
-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces en medio segundo



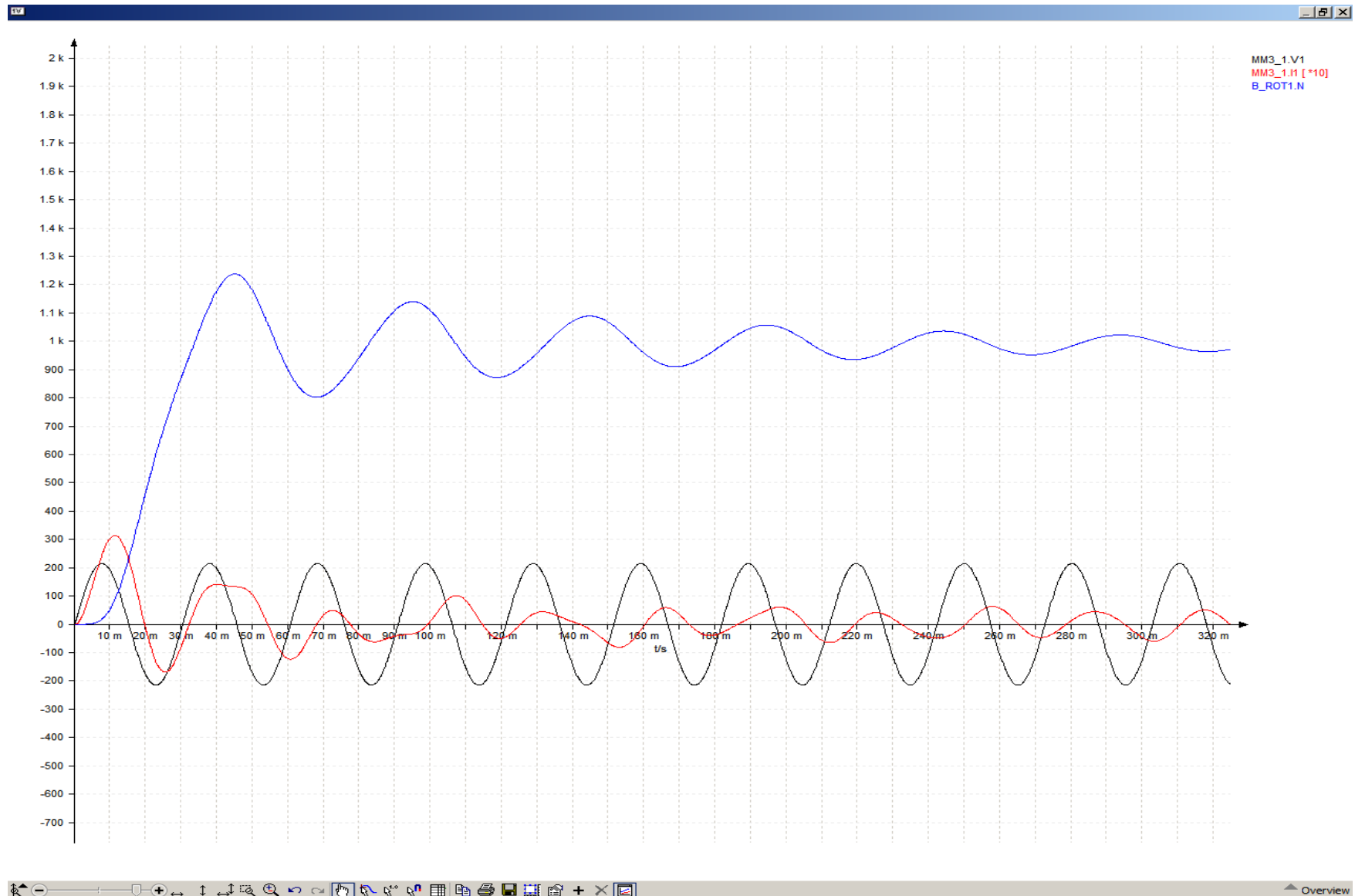
-ONDA TRANSITORIA DE INTENSIDAD DE ARRANQUE escalada 10 veces 200ms a 31,245Hz a 936,94rpm $I_a=30,3A$



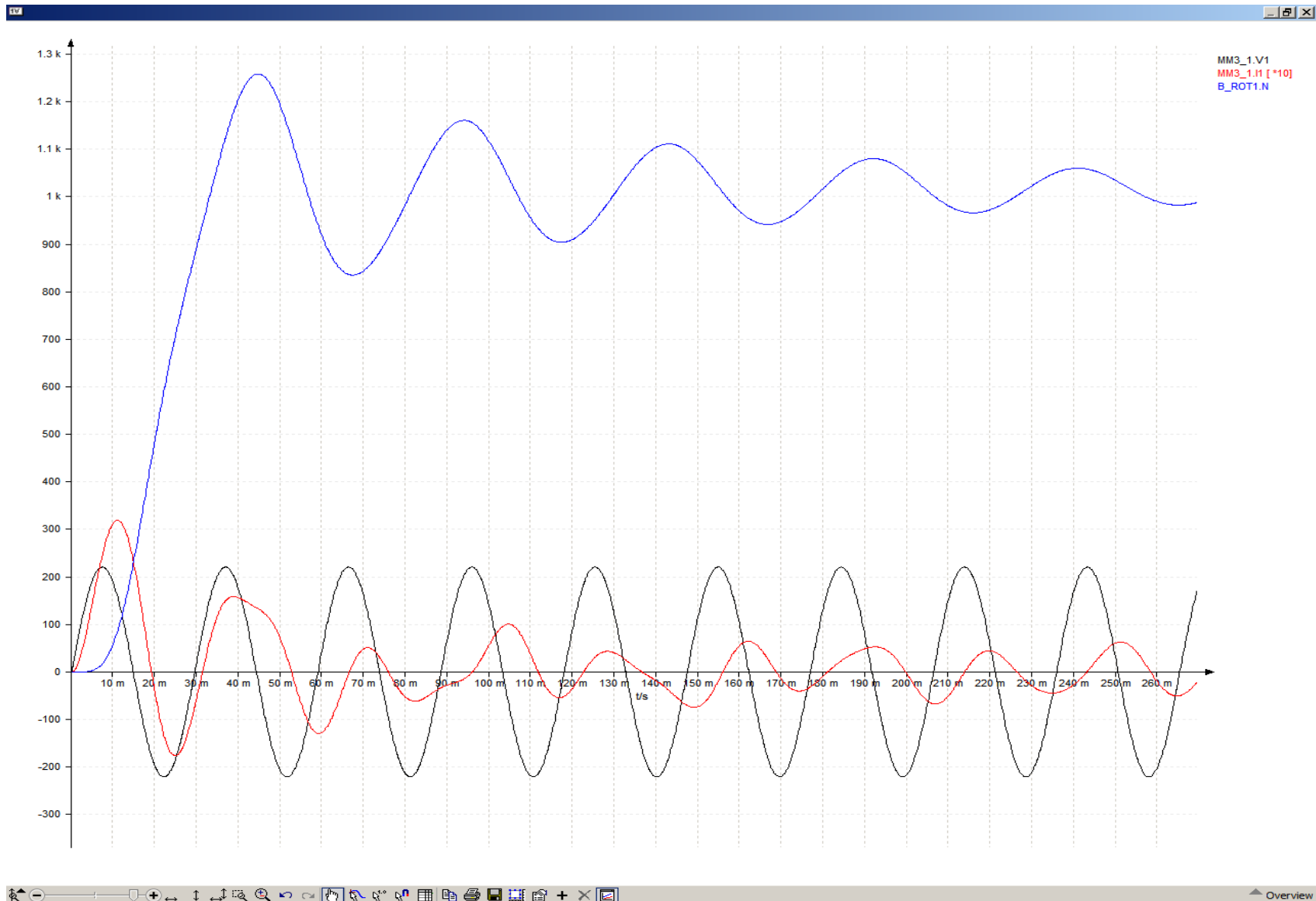
-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR, TENSION e intensidad escalada 10 veces- 300ms a 32,145Hz a 963,96rpm $I_a=30,84A$



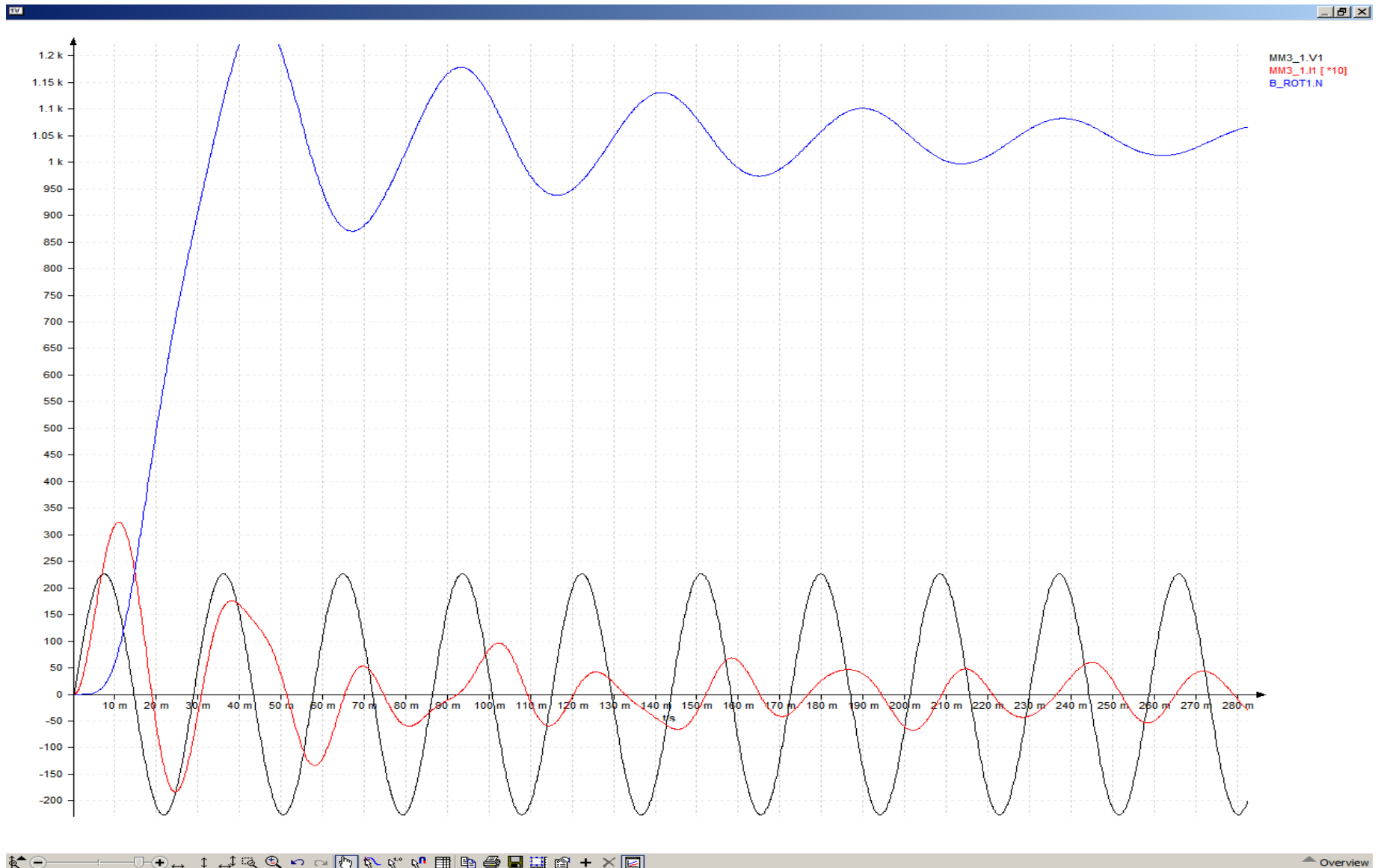
-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR, TENSION e intensidad escalada 10 veces- 300ms a 33,03Hz a 990,51rpm $I_a=31,37A$



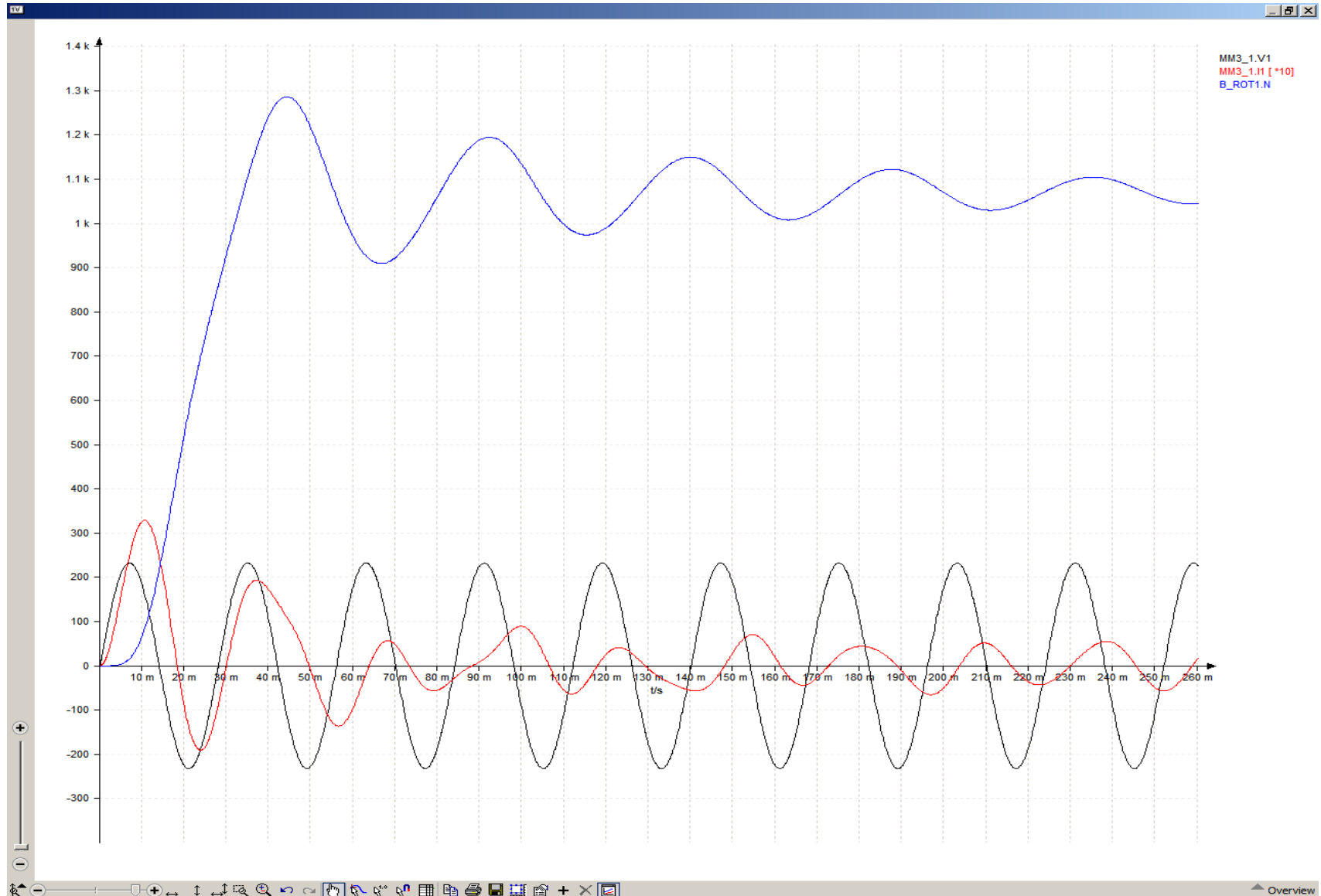
-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR, TENSION e intensidad escalada 10 veces- 300ms a 33,93Hz a 1017,50rpm $I_a=31,897A$



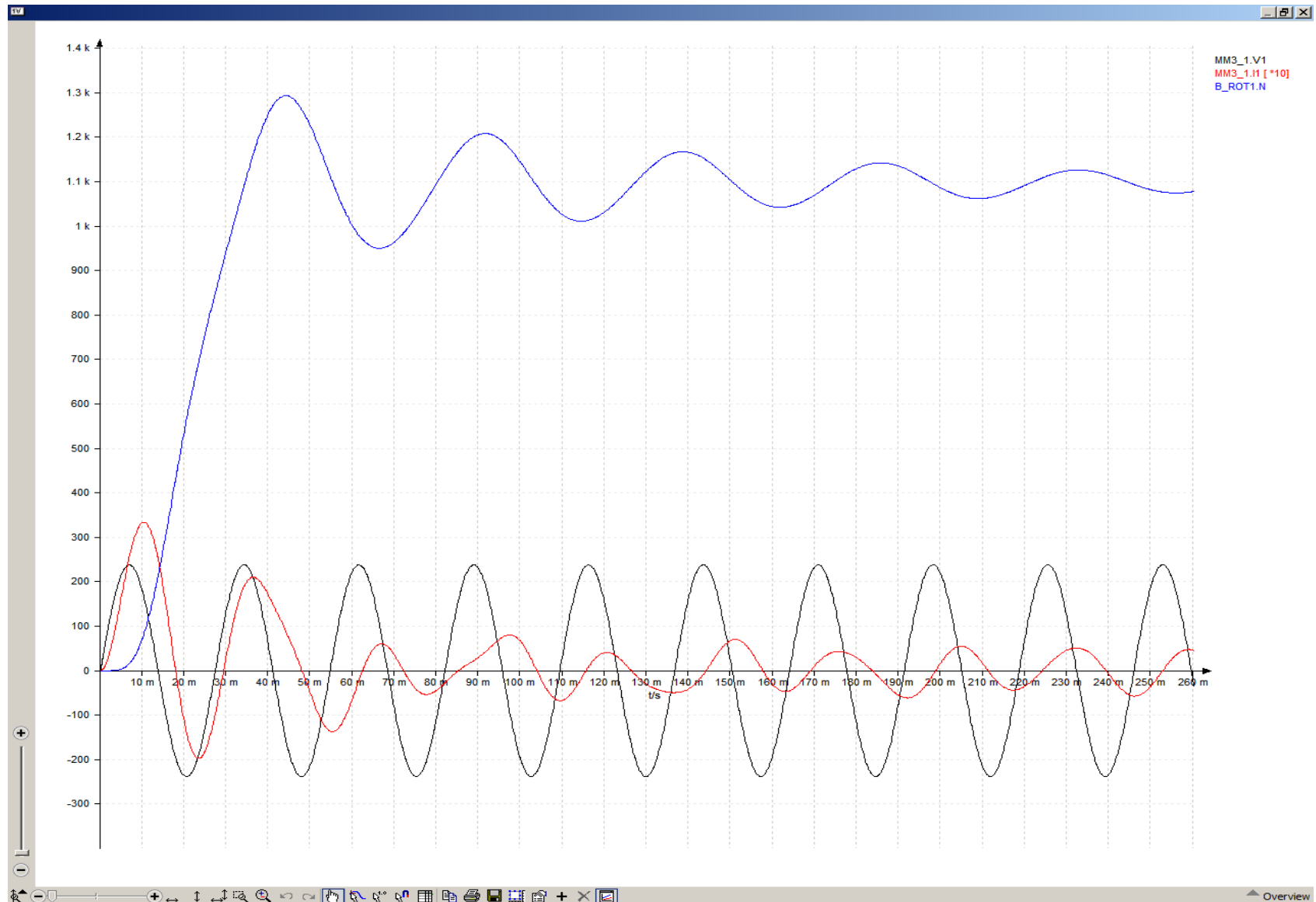
-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR, TENSION e intensidad escalada 10 veces- 300ms a 34,815Hz a 1044,02rpm $I_a=32,41A$



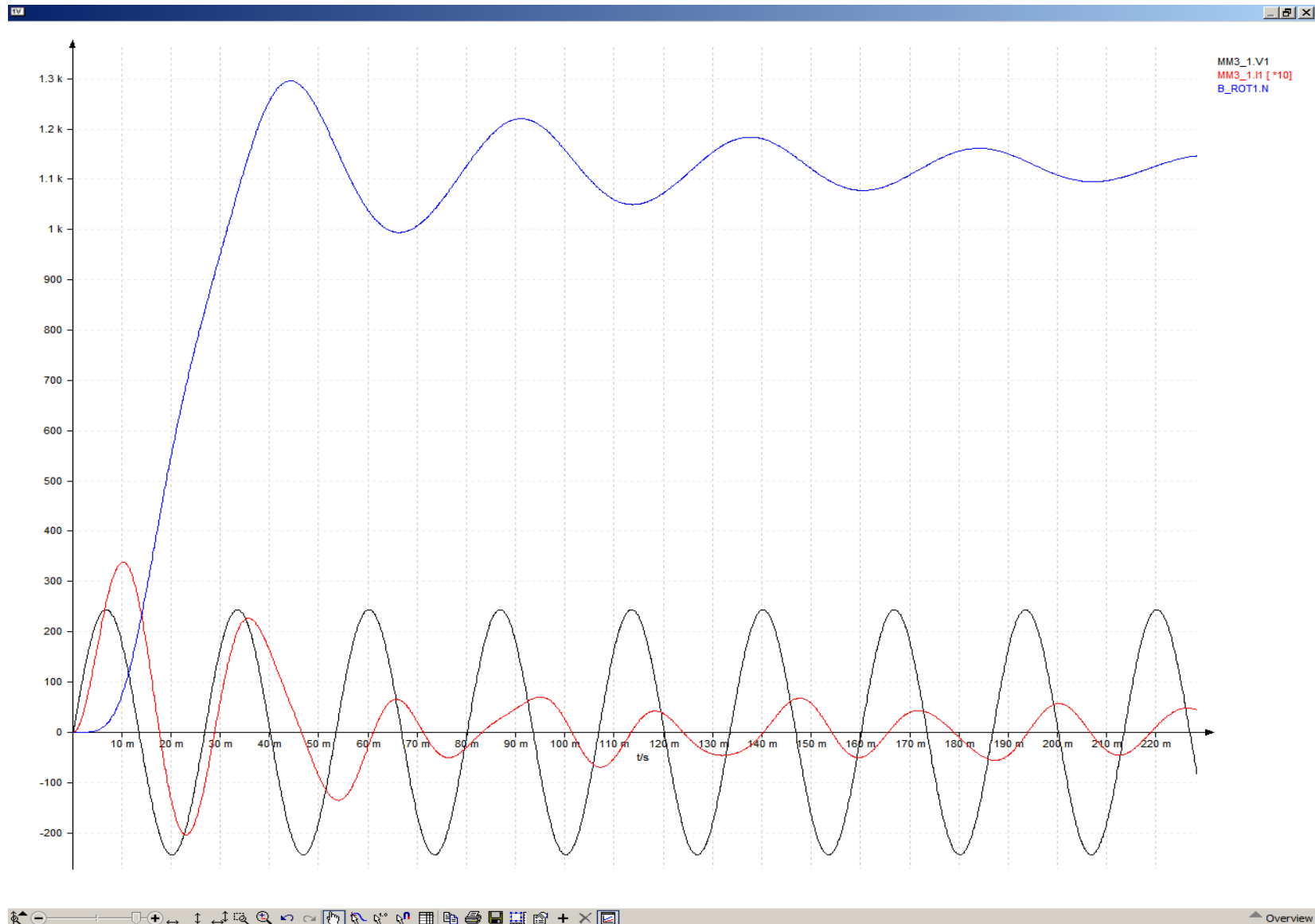
-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR, TENSION e intensidad escalada 10 veces- 35,715Hz a 1071,02rpm Ia=32,9A



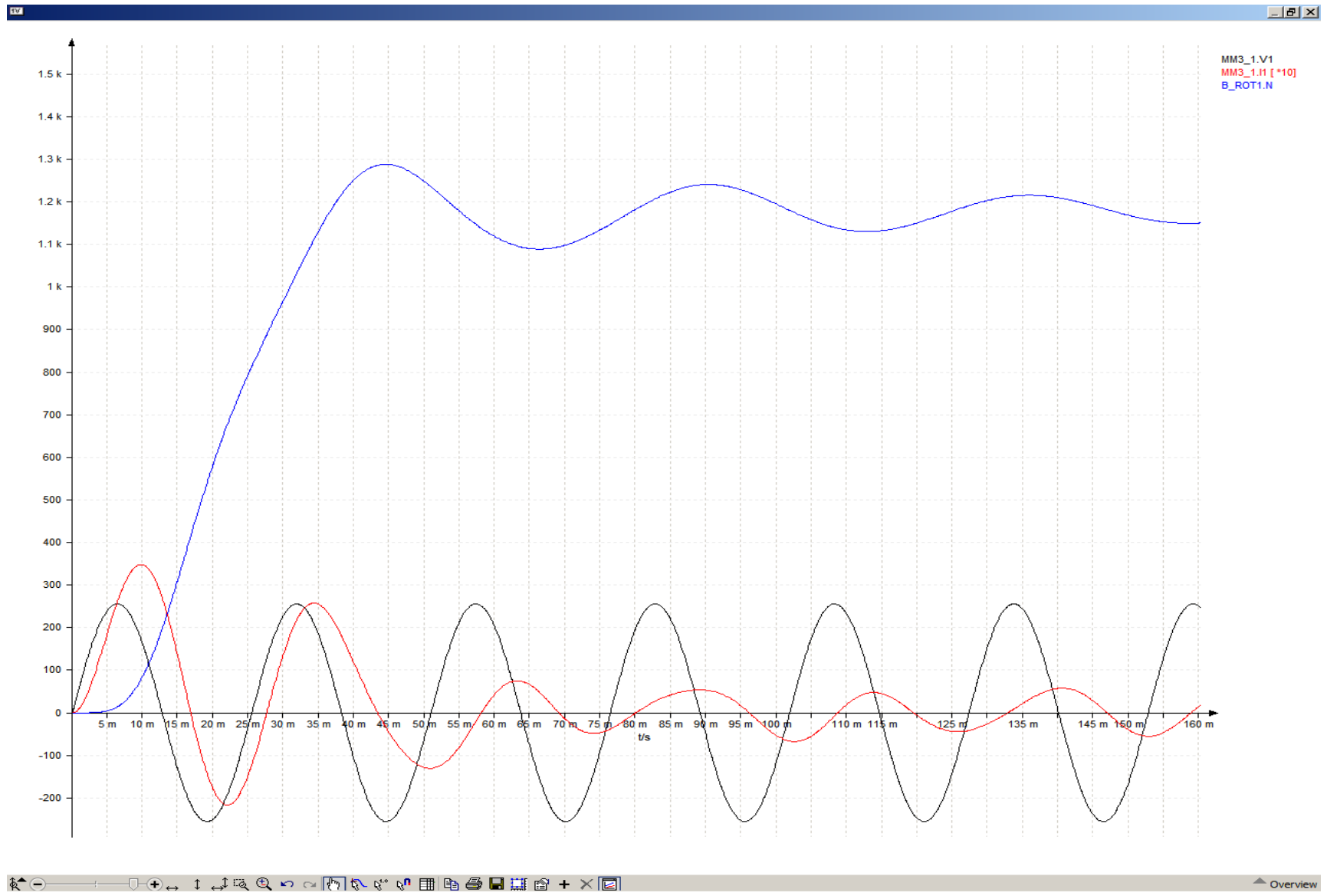
-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR, TENSION e intensidad escalada 10 veces- 36,6Hz a 1097,56rpm Ia=33,4A



-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR, TENSION e intensidad escalada 10 veces- 37,5Hz a 1124,55rpm Ia=33,88A



-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR, TENSION e intensidad escalada 10 veces- 39,285Hz a 1178,09rpm Ia=34,8A



CASO 16 -Frecuencia de alimentacion: 40,185Hz-

-Periodo calculado: 24,885ms
-Tension pica a pico: 261,4V
-Corriente pica a pico: 5,034A
-Corriente de arranque: 35,25A
-Velocidad del rotor: 1205,09rpm

-RT Desfase Intensidad-Tension: 16,4573ms-12,4425ms= 58,08029° (corta abcisas)

-RT Desfase Intensidad-Tension: 9,5153ms-6,19ms = 48,1056° (valores maximos)

-RT Simetria de la onda: 58,08029° °-48,1056°= 9,97468°

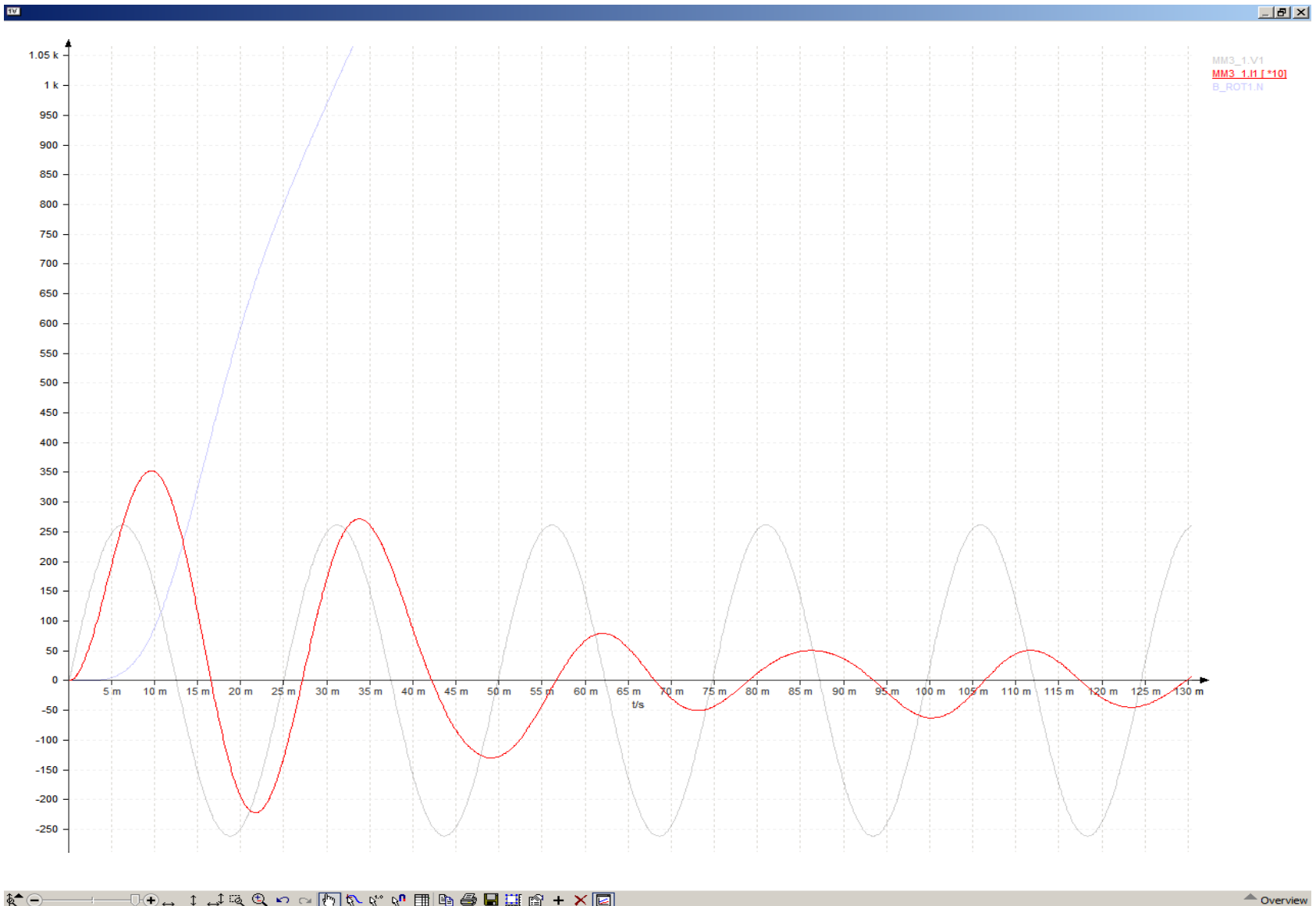
-RP Desfase Intensidad-Tension: 3,9999688s-3,994027s = 85,957323° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

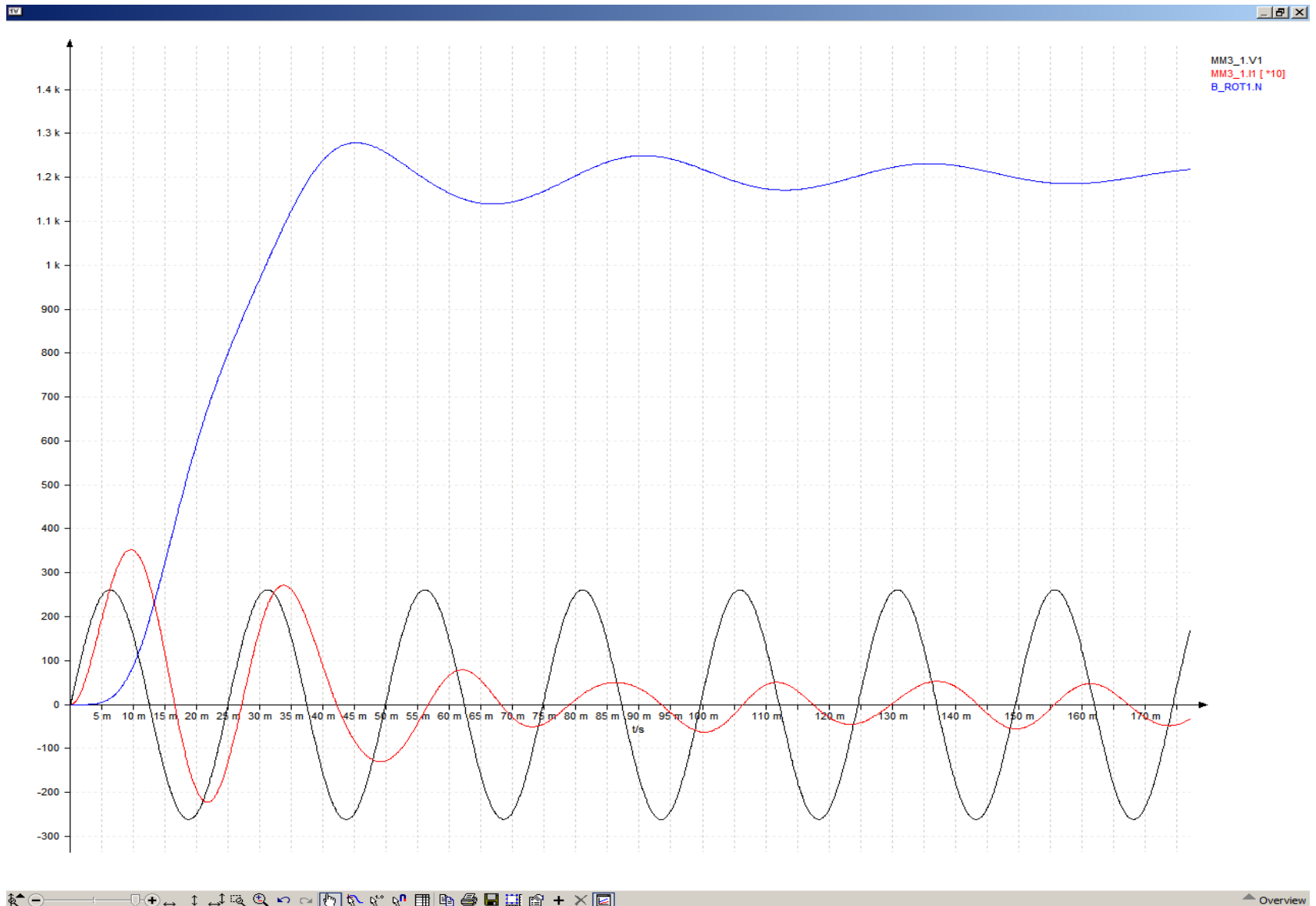
$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 40,185 \text{ Hz}}{2} = 1205,55 \text{ rpm}$$

$$S\% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1205,55 - 1205,09}{1205,55} \cdot 100 = 0,0381568\%$$

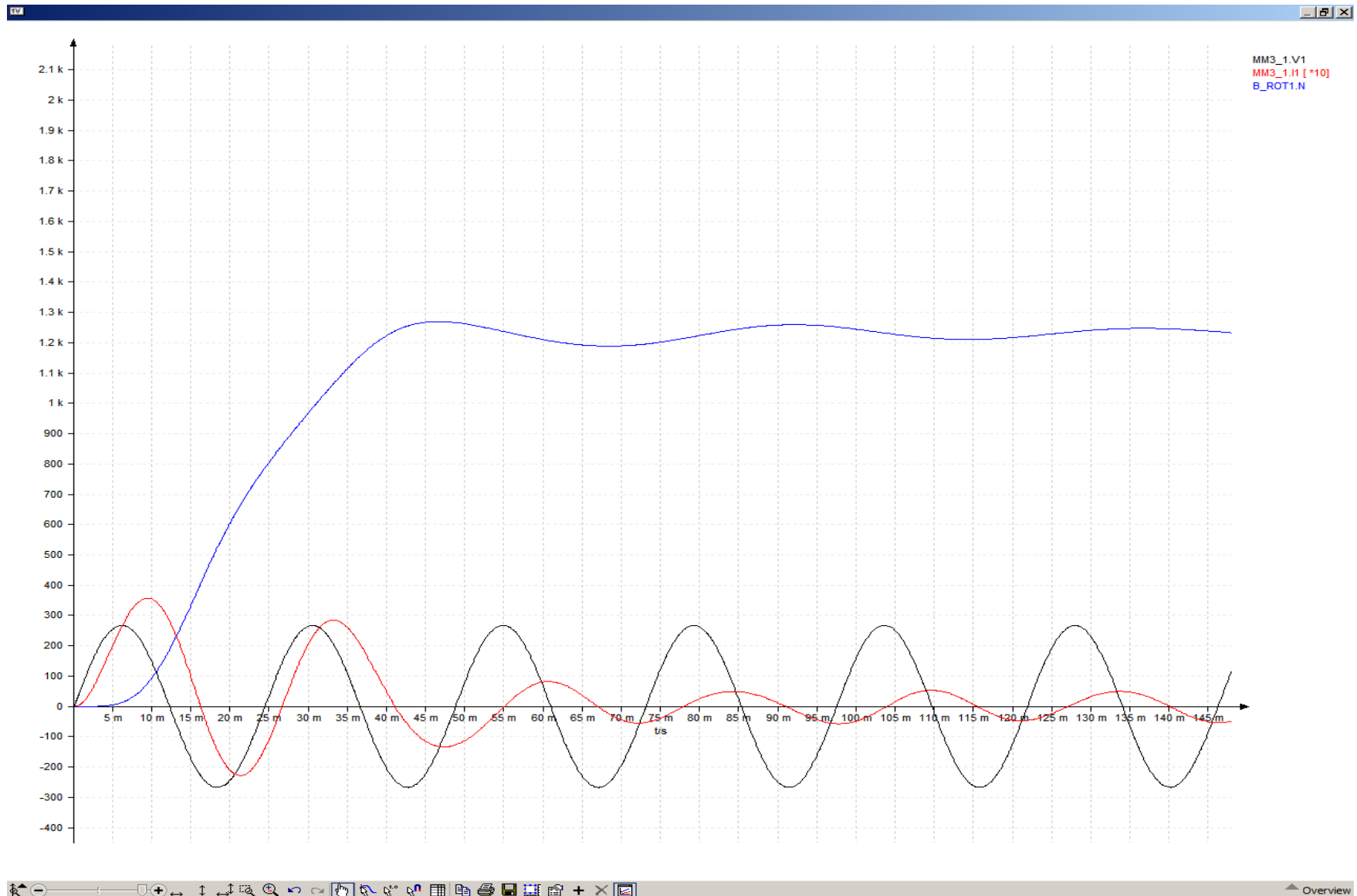
ONDA TRANSITORIA DE INTENSIDAD DE ARRANQUE escalada 10 veces



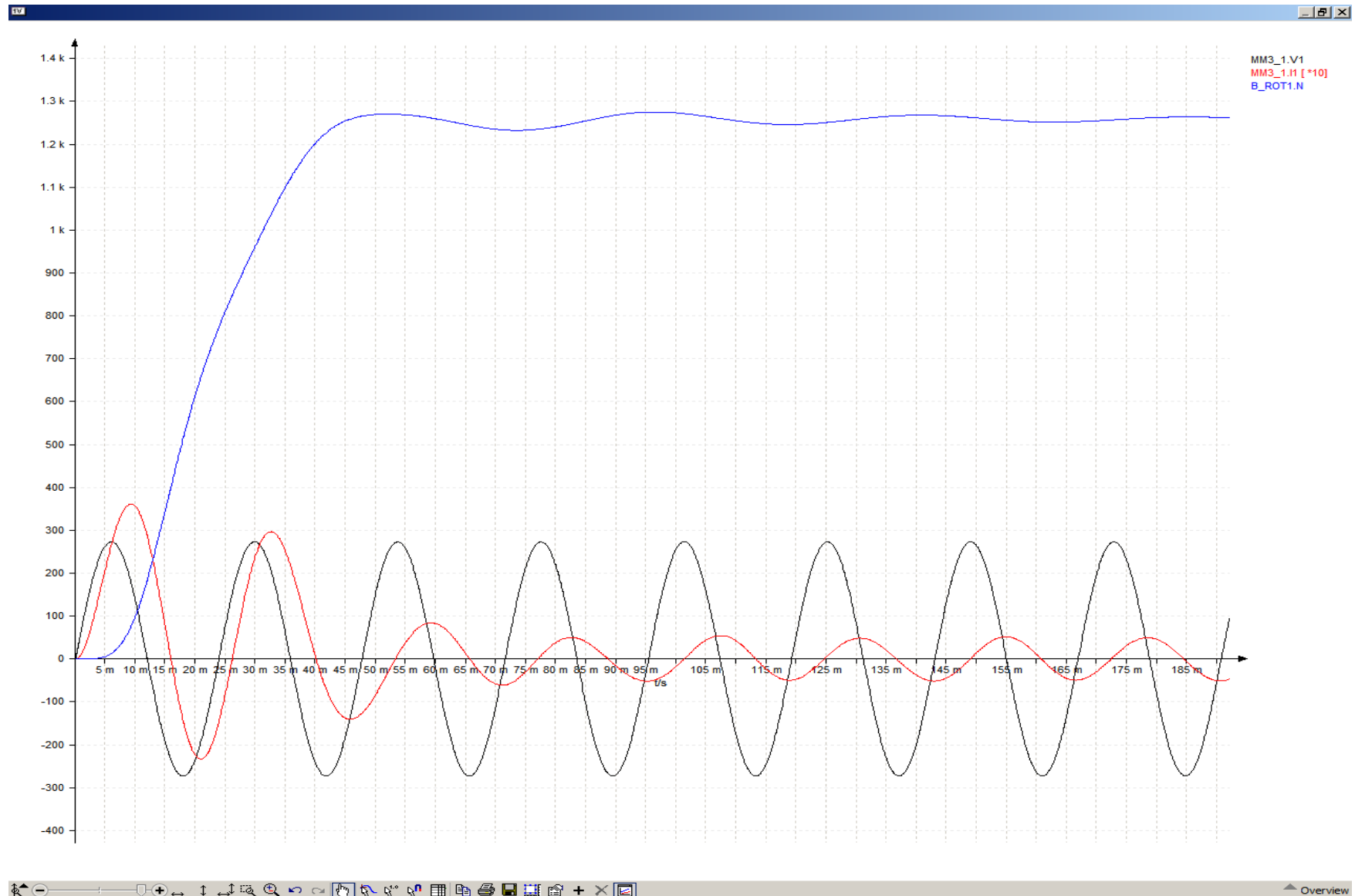
ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces



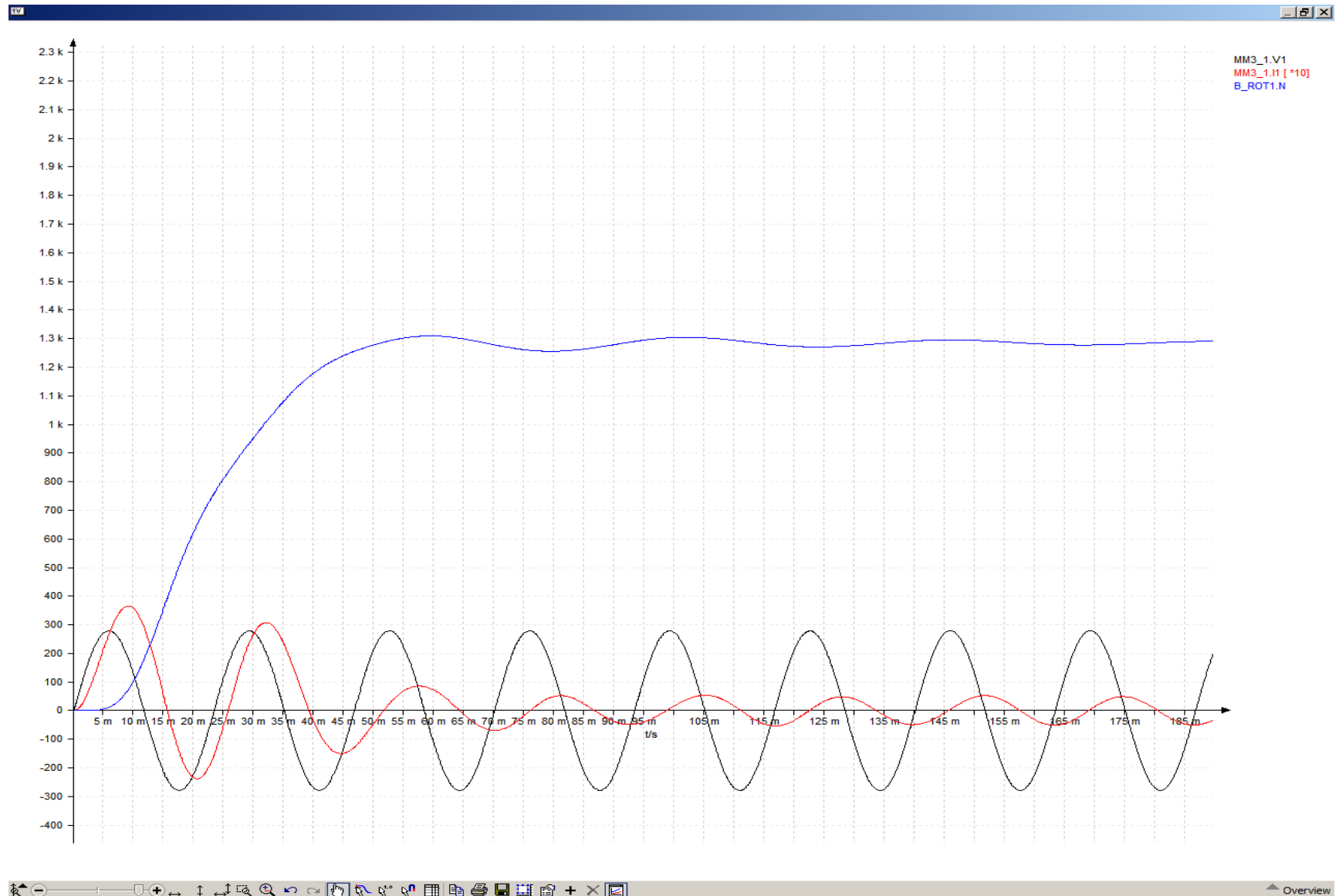
-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR, TENSION e intensidad escalada 10 veces- 41,07Hz a 1231,65rpm Ia=35,68A



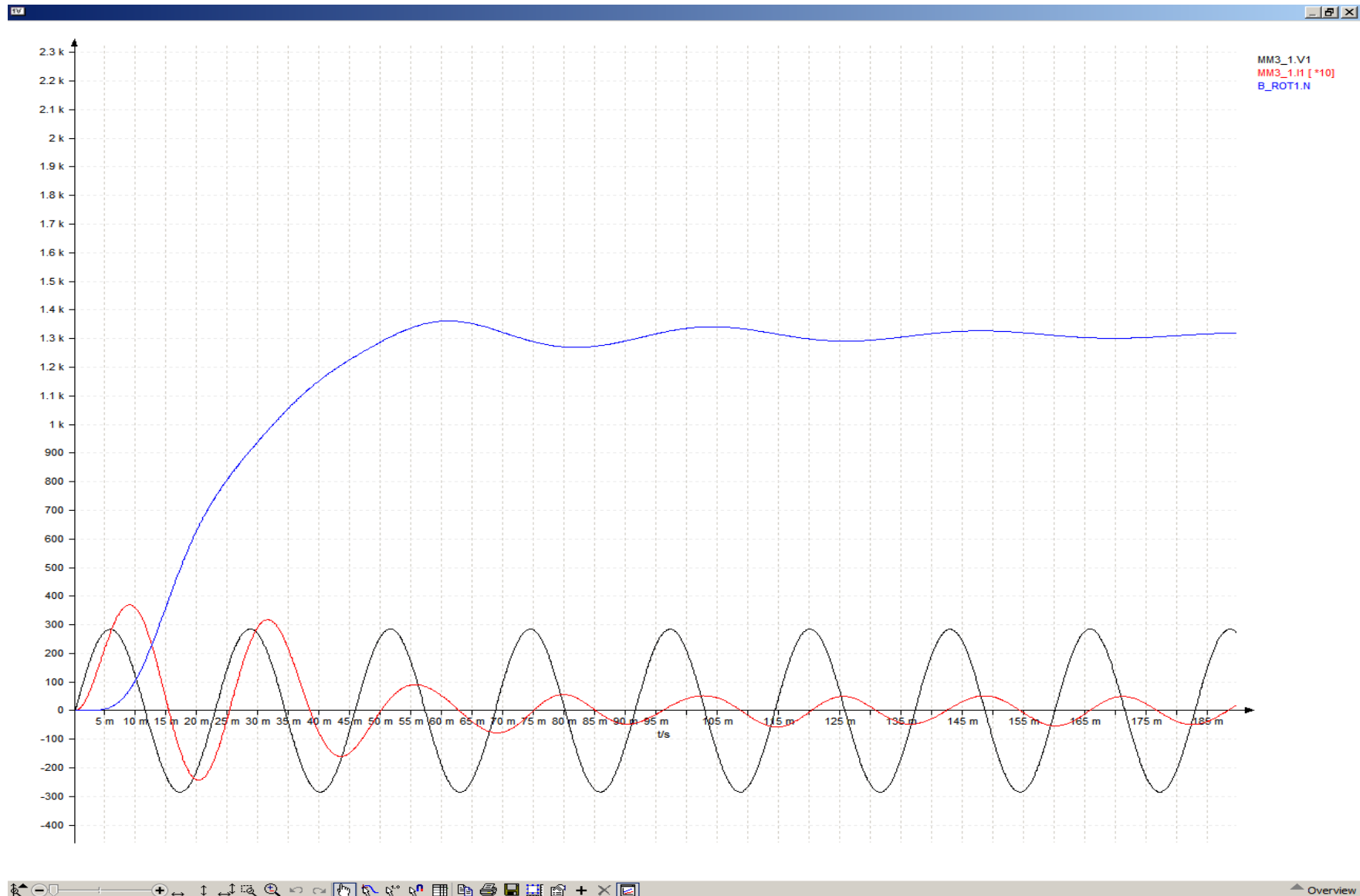
-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR, TENSION e intensidad escalada 10 veces- 41,97Hz a 1258,61rpm Ia=36,115A



-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR, TENSION e intensidad escalada 10 veces- 42,855Hz a 1285,17rpm $I_a=36,53A$



-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR, TENSION e intensidad escalada 10 veces- 43,755Hz a 1312,23rpm $I_a=36,95A$



CASO 17 -Frecuencia de alimentacion: 44,64Hz-

-Periodo calculado: 22,4014ms
-Tension pica a pico: 290,35V
-Corriente pica a pico: 5,034A
-Corriente de arranque: 37,3435A
-Velocidad del rotor: 1338,77rpm

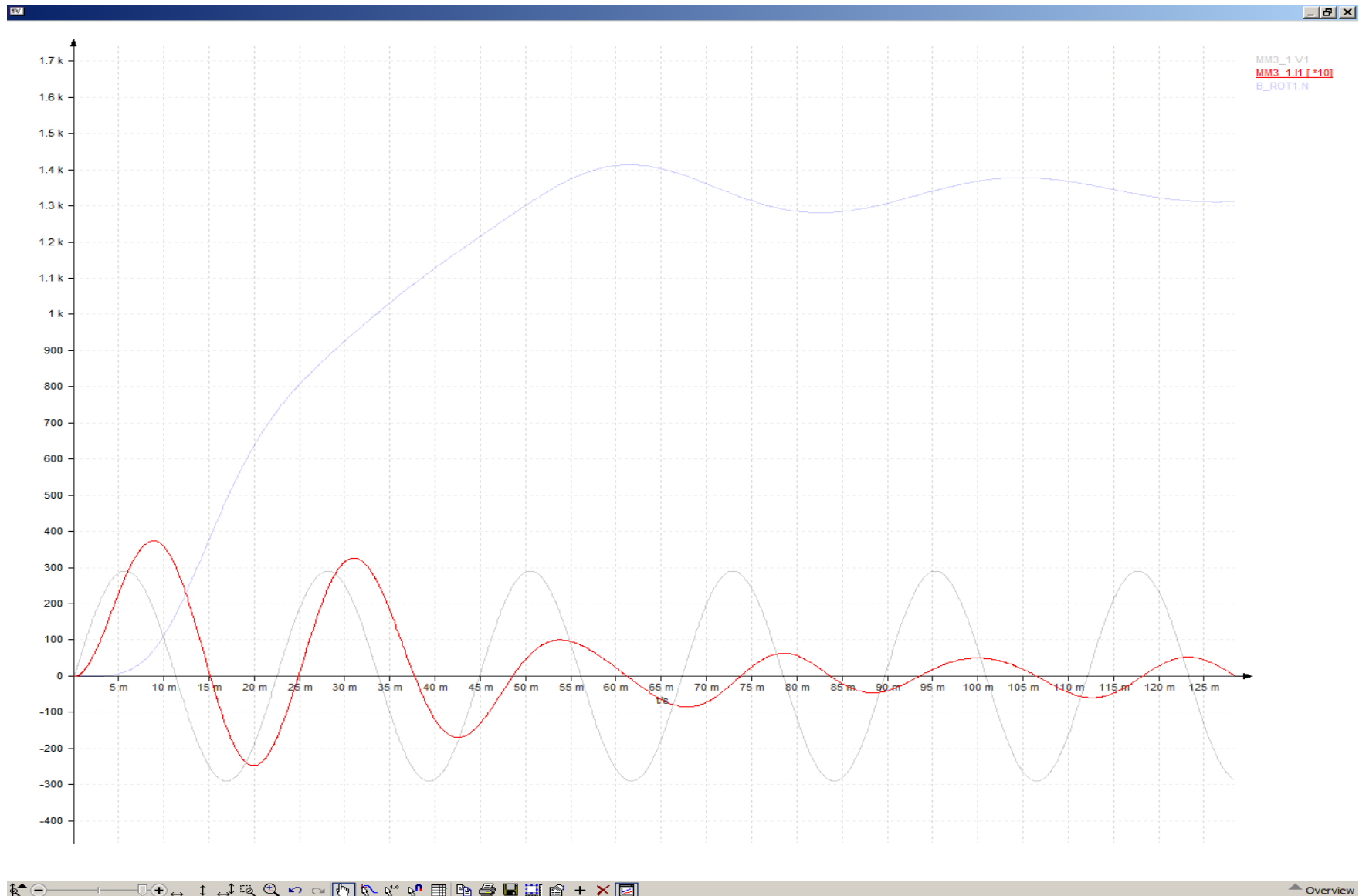
-RT Desfase Intensidad-Tension: $15,01355\text{ms} - 11,2\text{ms} = 61,2853^\circ$ (corta abcisas)
-RT Desfase Intensidad-Tension: $8,7205\text{ms} - 5,527\text{ms} = 51,3209^\circ$ (valores maximos)
-RT Simetria de la onda: $61,2853^\circ - 51,3209^\circ = 9,964400^\circ$

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,00402\text{s} - 3,99866\text{s} = 86,13747^\circ$ (corta absisas)

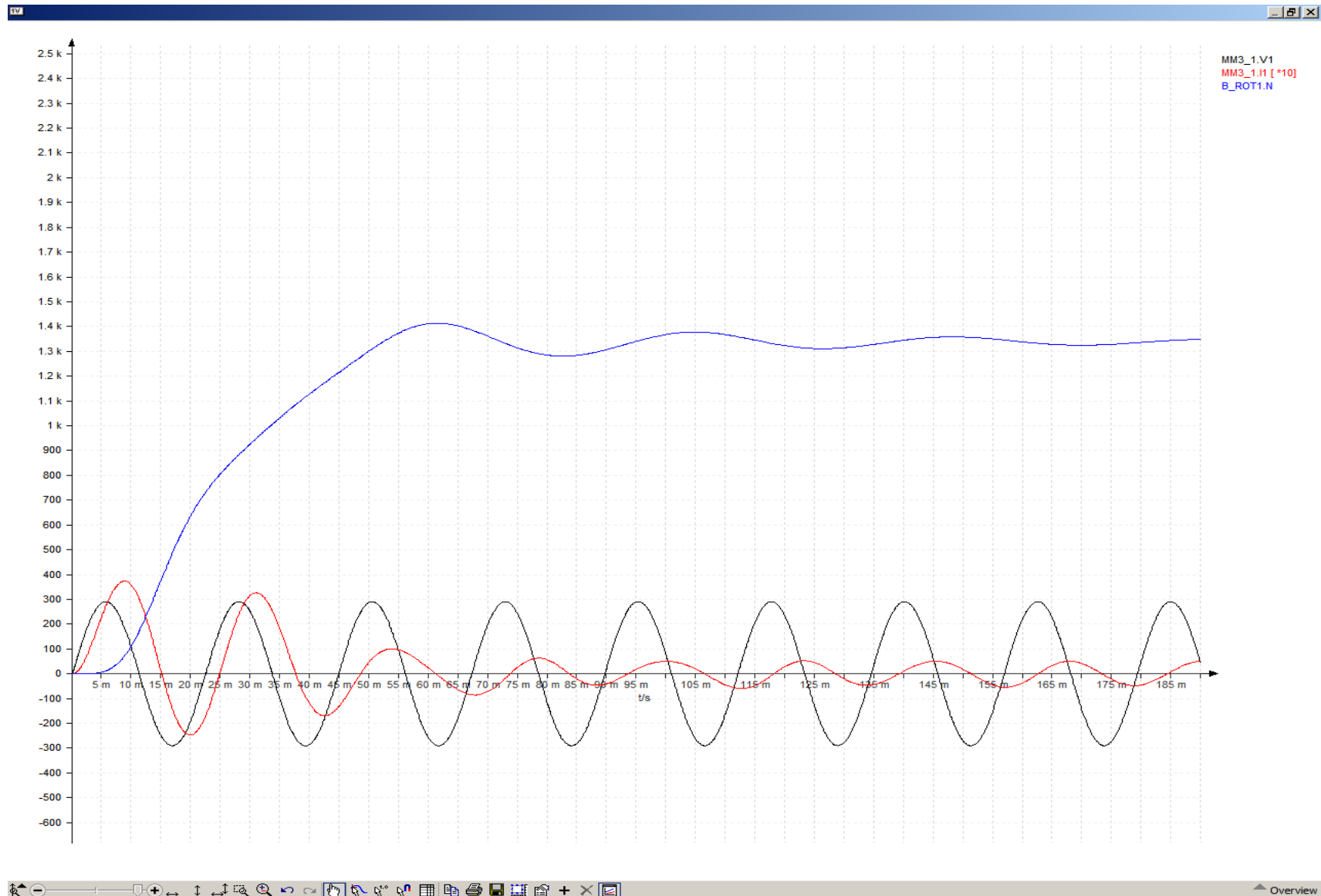
OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 44,64 \text{ Hz}}{2} = 1339,2 \text{ rpm}$$
$$S\% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1339,2 - 1338,77}{1339,2} \cdot 100 = 0,03210872\%$$

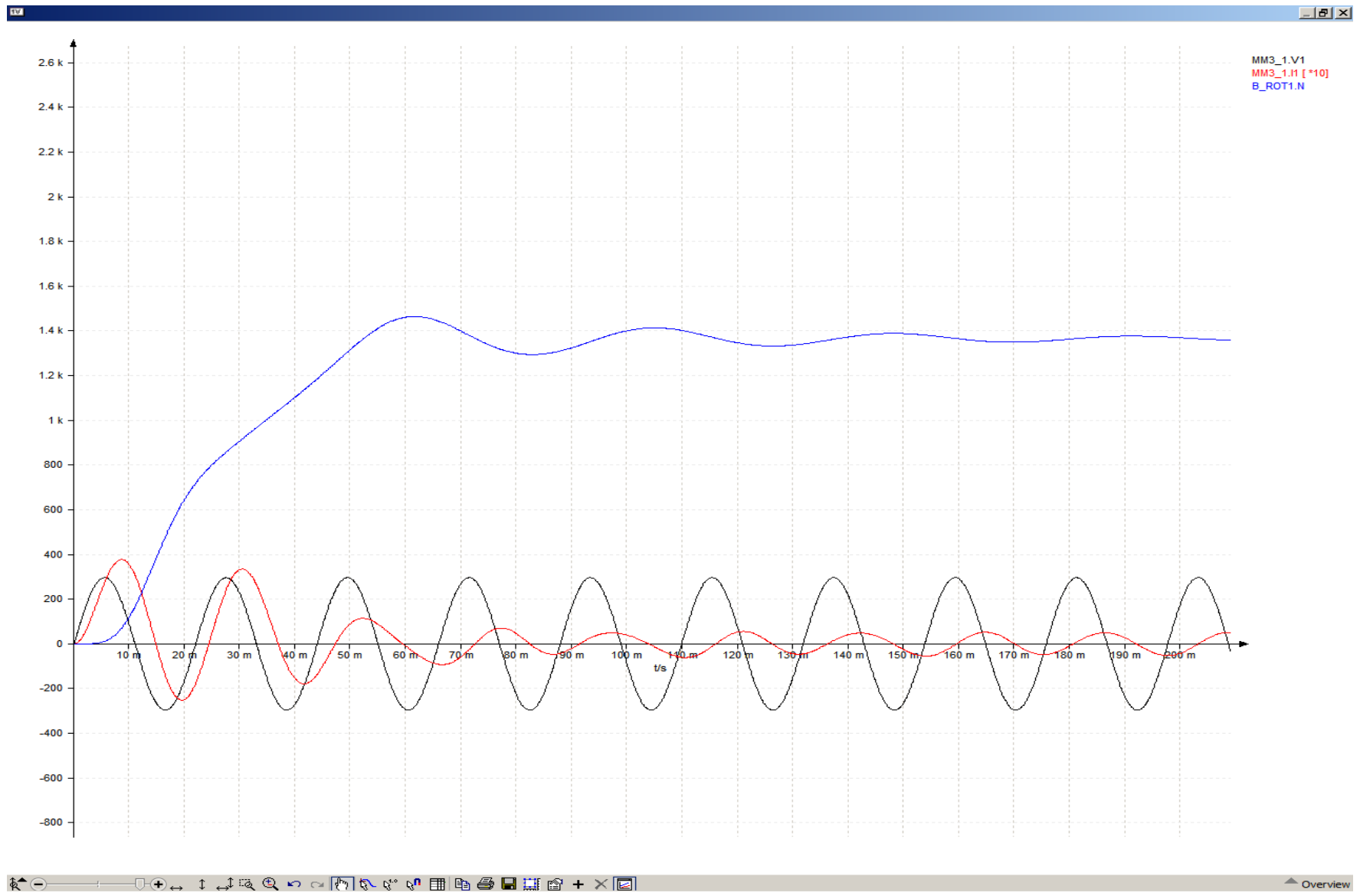
ONDA TRANSITORIA DE INTENSIDAD DE ARRANQUE escalada 10 veces



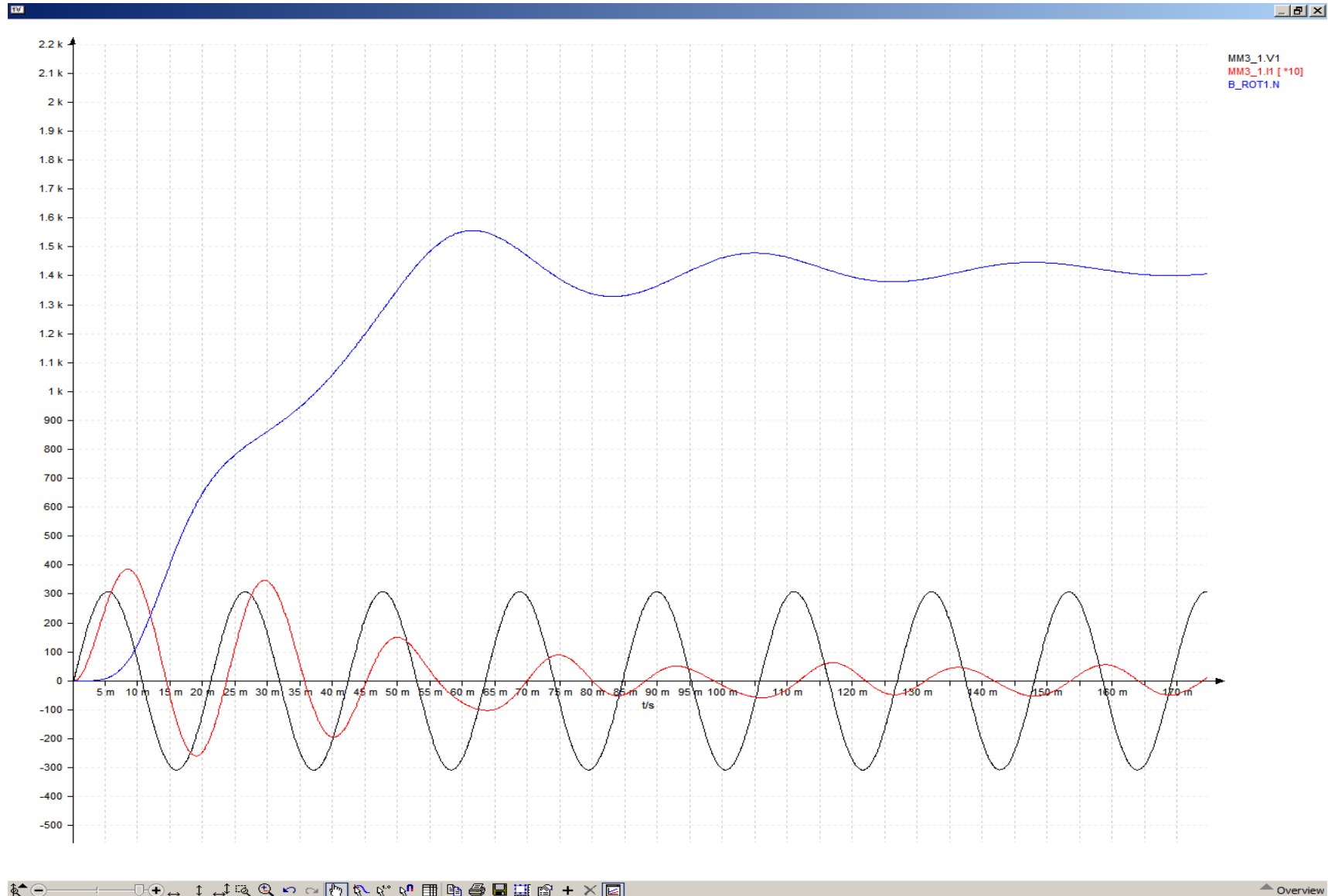
-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



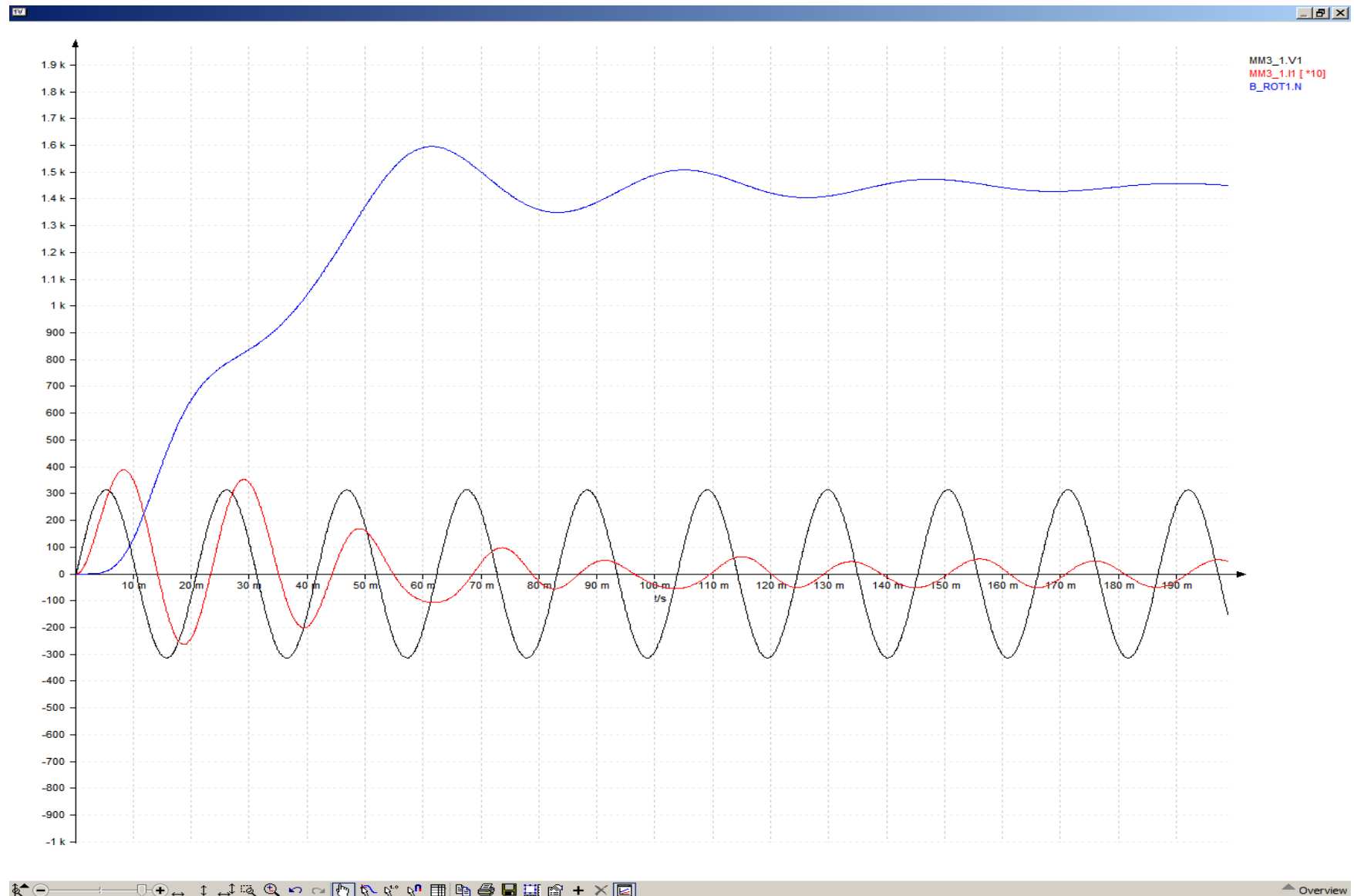
-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR, TENSION e intensidad escalada 10 veces- 45,54Hz a 1365,77rpm Ia=37,74A



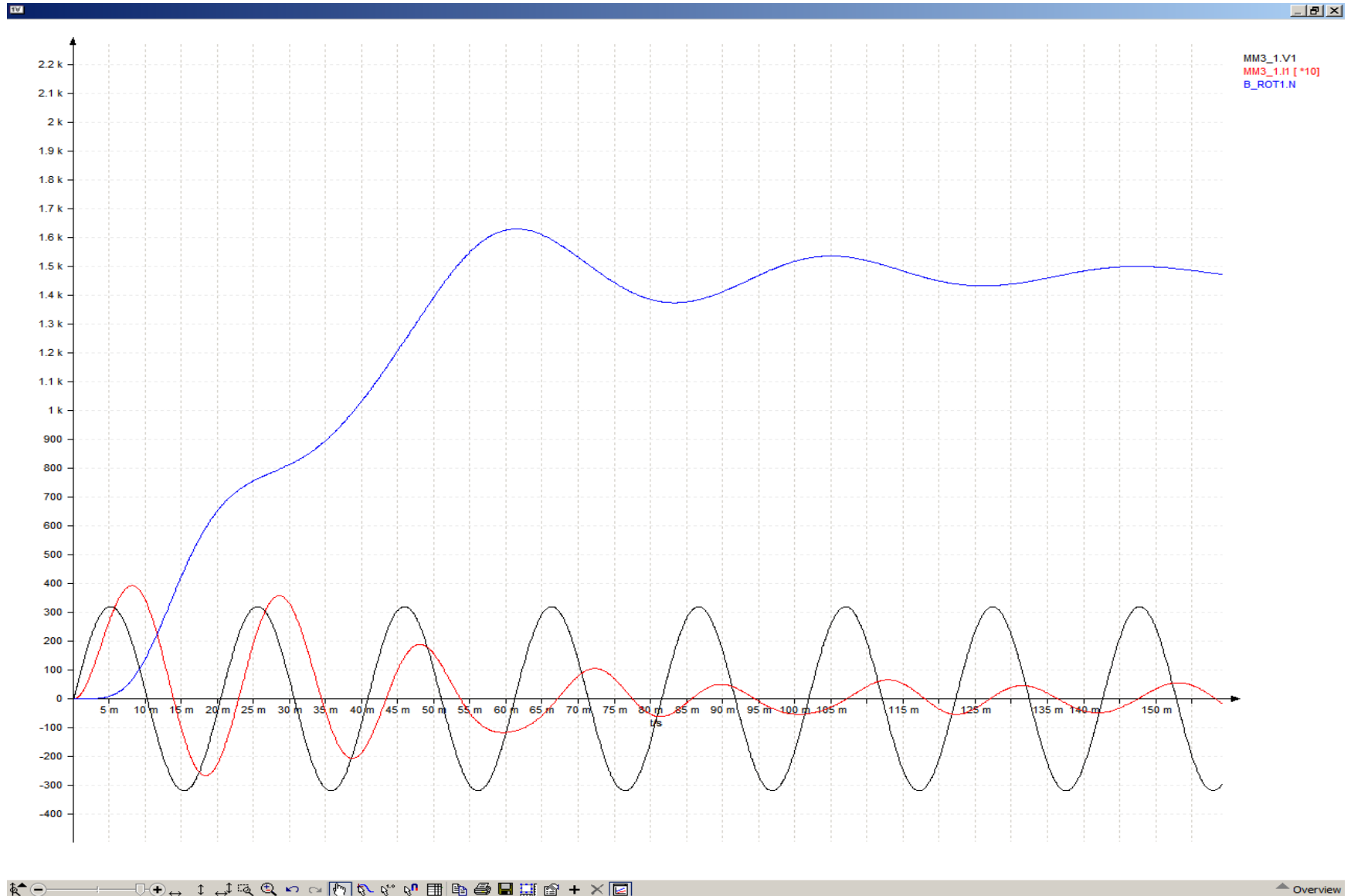
-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR, TENSION e intensidad escalada 10 veces- 47,325Hz a 1419,35rpm Ia=38,5A



-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR, TENSION e intensidad escalada 10 veces- 48,21Hz a 1445,93rpm $I_a=38,872A$



-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR, TENSION e intensidad escalada 10 veces- 49,11Hz a 1472,86rpm Ia=39,25A



CASO 18 -Frecuencia de alimentacion: FRECUENCIA NOMINAL 49,995Hz-

-Periodo calculado: 20,002ms
-Tension pica a pico: 325,23V
-Corriente pica a pico: 5,04A
-Corriente de arranque: 39,587A
-Velocidad del rotor: 1499,38rpm

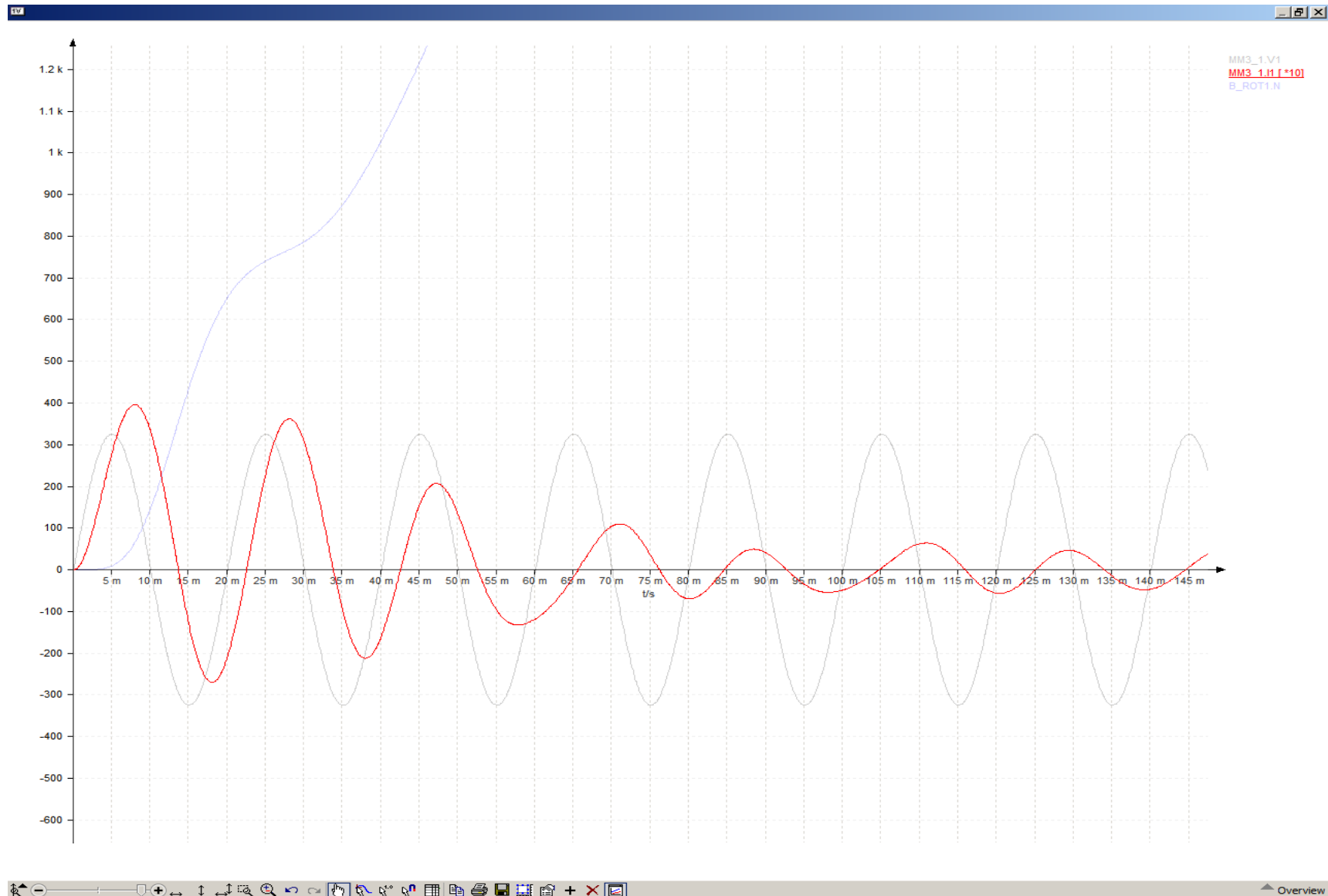
-RT Desfase Intensidad-Tension: $13,6063\text{ms} - 10,001 = 64,8889^\circ$ (corta abcisas)
-RT Desfase Intensidad-Tension: $8,004\text{ms} - 4,9845\text{ms} = 54,3455^\circ$ (valores maximos)
-RT Simetria de la onda: $64,8889^\circ - 54,3455^\circ = 10,543411^\circ$

-RP Desfase Intensidad-Tension: $3,9952\text{s} - 3,9904\text{s} = 89,991^\circ$ (corta absisas)

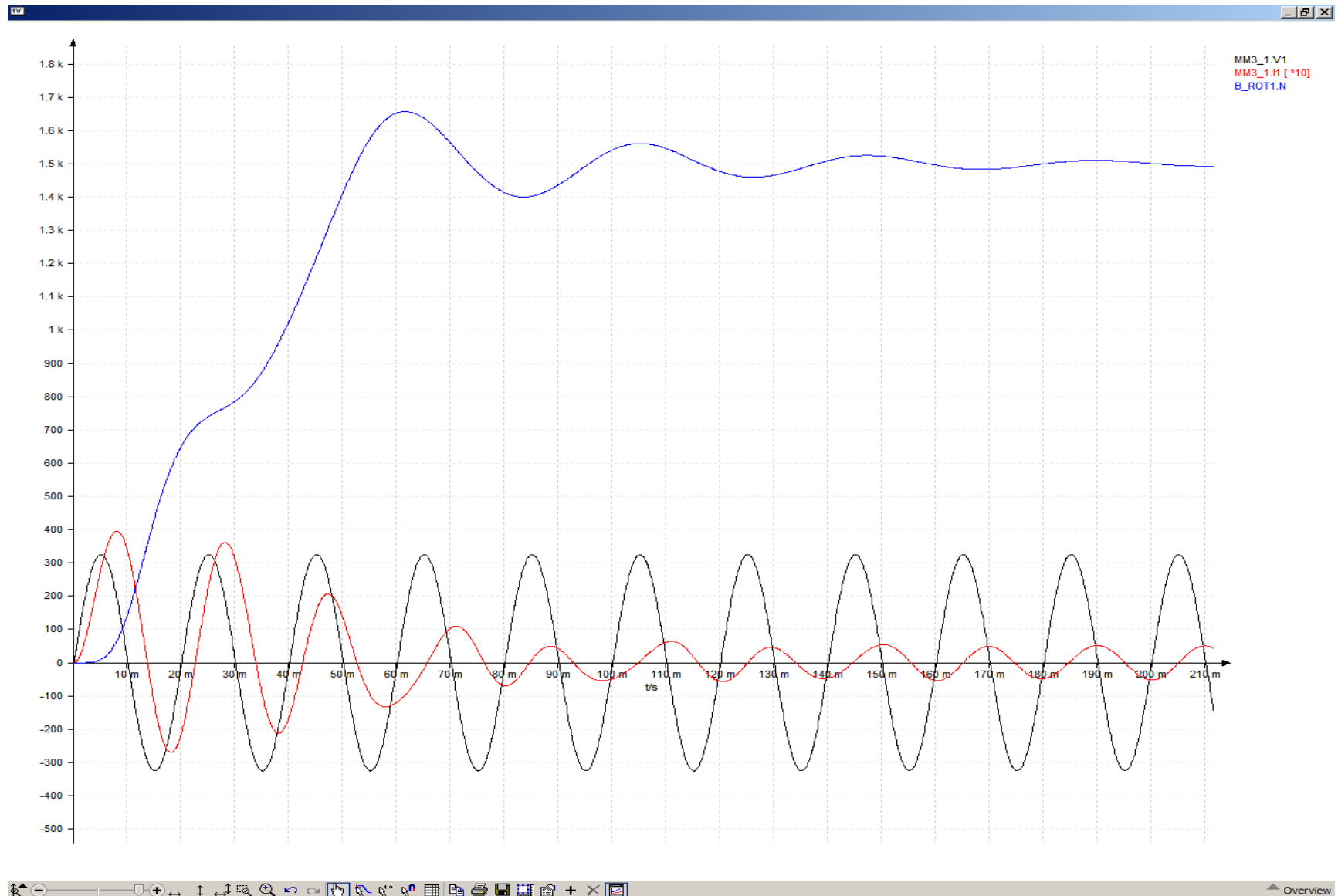
OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$
$$S\% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1499,38}{1499,85} \cdot 100 = 0,0313364\%$$

ONDA TRANSITORIA DE INTENSIDAD DE ARRANQUE escalada 10 veces



-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



RESUMEN DE DATOS DE ENSAYO SIN CARGA HASTA FRECUENCIA NOMINAL:

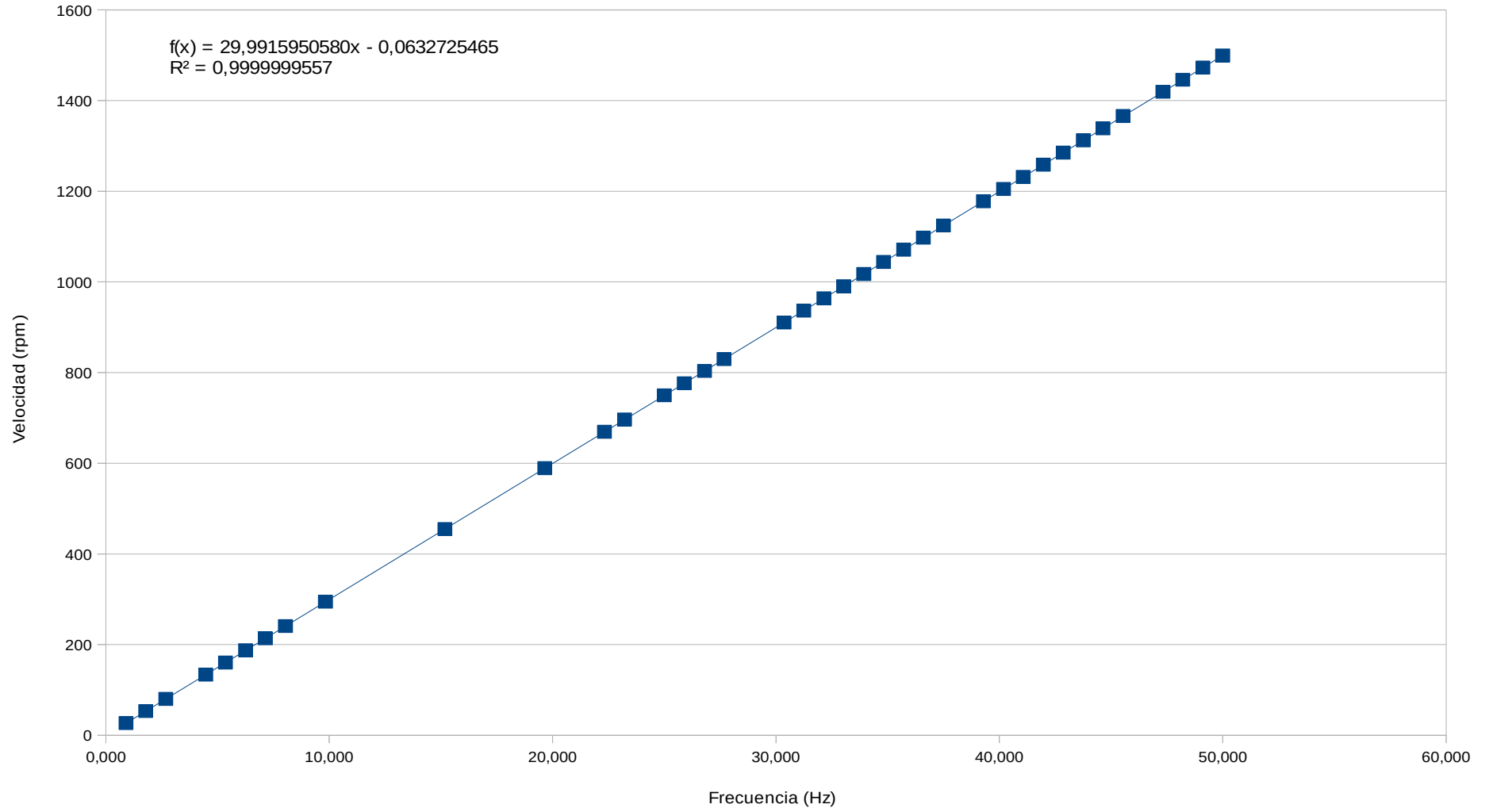
Tablas:

Frecuencia	Tension	intensidad	Intensidad Arranque	Velocidad	Desfase V/I GRADOS
0,900	5,855	1,819	1,819	26,870	19,9746
1,785	11,610	3,070	3,080	53,460	37,4446
2,685	17,500	3,820	4,030	80,460	49,0166
4,470	29,070	4,480	5,750	134,000	71,1310
5,355	34,900	4,628	6,800	160,540	66,3978
6,255	40,700	4,730	7,800	187,530	69,4647
7,140	46,448	4,797	8,858	214,080	71,7964
8,040	52,300	4,850	9,920	241,070	73,7200
9,830	63,900	4,910	11,980	294,600	76,4380
15,180	98,750	4,987	17,662	455,200	81,0432
19,650	127,860	5,000	21,787	589,250	83,0497
22,320	145,200	5,000	24,000	669,520	83,6466
23,220	151,000	5,000	24,740	696,420	83,9270
25,000	162,500	5,020	26,065	750,000	84,1950
25,890			26,700	776,620	
26,800			27,350	803,600	
27,670			27,960	830,100	
30,360	197,500	5,030	29,735	910,410	85,0325
31,245			30,300	936,940	
32,145			30,840	963,960	
33,030			31,370	990,510	
33,930			31,897	1017,500	
34,815			32,410	1044,020	
35,715			32,900	1071,020	
36,600			33,400	1097,560	
37,500			33,880	1124,550	
39,285			34,800	1178,090	
40,185	261,400	5,034	35,250	1205,090	85,9573
41,070			35,680	1231,650	
41,970			36,115	1258,610	
42,855			36,530	1285,170	
43,755			36,950	1312,230	
44,640	290,350	5,036	37,344	1338,770	86,1375
45,540			37,740	1365,770	
47,325			38,500	1419,350	
48,210			38,872	1445,930	
49,110			39,250	1472,860	
49,995	325,230	5,040	39,587	1499,380	89,9910

La intensidad y tensión está en valores pico, en ningún momento hago referencia a Intensidad eficaz, media o cualquier otra que no sean valores pico, medidos directamente de la gráfica, de la señal alterna-senoidal.

Gráficos:

Relacion entre Velocidad/Frecuencia



La ecuacion de grado 9 a partir de 30Hz se desajusta, por tanto el limite de dicha ecuacion es de 0 a 30Hz

Comparativa de las curvas de intensidad pico nominales y de arranque:

El dato fluctuante que conforma el cuarto valor empezando por la menor frecuencia no es un error, al parecer, esta maquina, sufre una alteracion de desfase en el valor de 4,47Hz, luego desaparece, es posible que se a un fenomeno armonico dada la baja frecuencia de alimentacion, la maquina no esta diseñada para trabar es ese rango de frecuencias tan bajo..

Al ser un circuito Resistivo inductivo, predominantemente inductivo, la intensidad irá en retraso con la tension, y esta alcanzará los 90° en valores nominales de 50Hz como se observa en los datos recogidos por el portunus 6.1.

Como vemos en la siguiente gráfica, la ecuacion anterior se podía ajustar mas o menos a una ecuación logarítmica como vemos mas adelante en el siguiente grafico, pero con un error bastante grave, por tanto, seguimos utilizando la ecuacion Polinomial de 8° grado con un error despreciable, no obstante, el error de la siguiente es enorme por tanto:

La siguiente grafica no es valida, y por tanto no se toma en cuenta, solo esta a efectos demostrativos de como se comportaria en una funcion logaritmica neperiana.

El deslizamiento en vacio a diferentes frecuencias son :

Frecuencia	Deslizamiento %
0,900	0,481500
1,785	0,168000
2,685	0,112000
4,470	0,074500
5,355	0,068472
6,255	0,063900
7,140	0,056020
8,040	0,053897
9,830	0,050891
15,180	0,043917
19,650	0,042408
22,320	0,011947
23,220	0,025839
25,000	0,000000
25,890	0,010300
26,800	0,049751
27,670	0,000000
30,360	0,042820
31,245	0,043740
32,145	0,040442
33,030	0,039358
33,930	0,039297
34,815	0,041170
35,715	0,040133
36,600	0,040073
37,500	0,040000
39,285	0,039031
40,185	0,038157
41,070	0,036523
41,970	0,038917
42,855	0,037335
43,755	0,031996
44,640	0,032108
45,540	0,031474
47,325	0,028174
48,210	0,025583
49,110	0,029865
49,995	0,031336

Como podemos observar en la grafica , a medida que se acercan a valores nominales de la frecuencia el deslizamiento va disminuyendo: la ecuacion de la curva en funcion de la frecuencia expresada en una linea de tendencia, que aunque posee un error de 36%, se ajusta bastante a nuestros datos, y por tanto viene definida por la ecuacion que se adjunta es la siguiente:

Realmente el error seria menor, ya que hay unos datos fluctuantes entre 20 y 30Hz

Afinamos el calculo eliminando los datos erroneos que hay entre las frecuencias 20 y 30Hz, y volvemos a ajustar la curva:

Ahora el error es del 15% solo, y se ajusta mejor a la línea de tendencia, al eliminar los valores intermedios entre las frecuencias de 20 a 30Hz hemos disminuido el error.

La ecuación representa el deslizamiento, y el valor (X) la frecuencia:

Es decir si $f=20\text{Hz}$ sustituyendo tenemos:

$$f(x) = 0,2 \cdot 20^{-0,48} = 0,047482\% \text{ por lo tanto "esta ajustada".}$$

Hay que tener en cuenta que estas ecuaciones están siendo obtenidas a partir de datos empíricos, es decir, a base de datos ensayados en un programa, por lo cual al graficar, el programa busca la tendencia de los datos a través del tipo de ecuación, ya sea exponencial, logarítmica, lineal o por potencias (polinomios).

Y ajusta con la ecuación lo mejor que puede, y el error por mínimos cuadrados R, lógicamente cuanto más próximo a 1 mejor.

El error obtenido es del 15% puesto que $1 - 0,85 = 0,15$, por tanto en porcentual son 15%.

Ahora probaremos con un ajuste de mínimos cuadrados de una función polinómica de 14 grado donde el error se reduce considerablemente, siendo esta la ecuación definitiva y gráfico definitivo.

CASO 19 -Frecuencia de alimentacion: 50,895Hz-

A partir de ahora se ensayará la maquina a partir de la frecuencia nominal hasta los 150Hz, sin carga, como antes, es decir, sin par.

Por otro lado , a partir de la frecuencia nominal es inutil poner la tension pico, ya que a partir de la frecuencia nominal se mantiene constante la tension, por tanto la relacion de proporcionalidad Tension/frecuencia desaparece, por tanto la intensidad baja al aumentar la velocidad de la maquina que seguirá subiendo, proporcional a la frecuencia. Pudiendo poner la grafica Intensidad/Velocidad como curiosidad.

-Periodo calculado: 19,6482955ms

-Corriente pico : 4,9533A

-Corriente de arranque: 39,25A

-Velocidad del rotor: 1526,35rpm

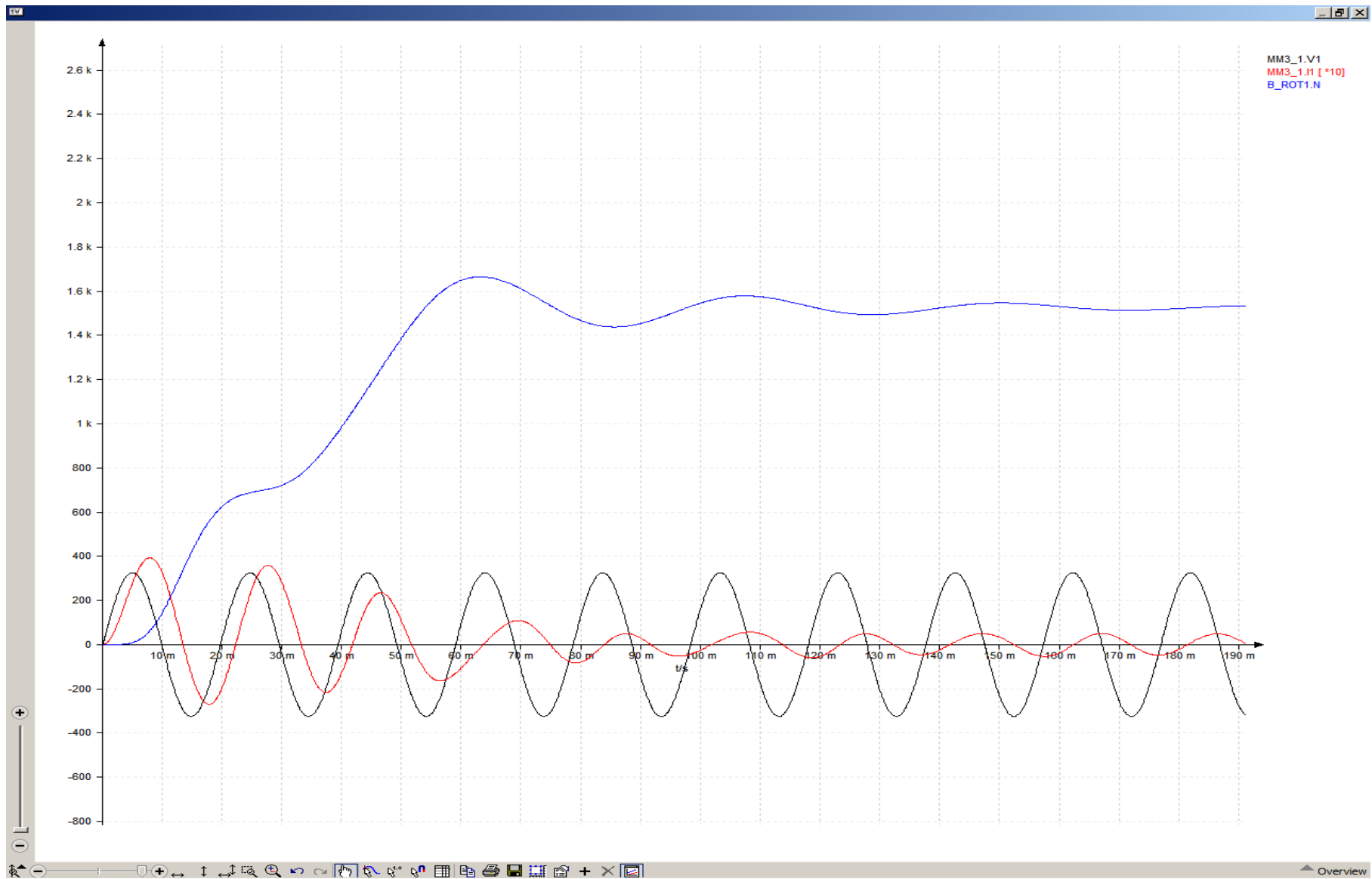
-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,003145s - 3,998428s = 86,4258174^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 50,895 \text{ Hz}}{2} = 1526,85 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1526,85 - 1526,35}{1526,85} \cdot 100 = 0,03274716 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 20 -Frecuencia de alimentacion: 51,78Hz-

-Periodo calculado: 19,312475ms

-Corriente pico a pico: 4,8683A

-Corriente de arranque: 38,908A

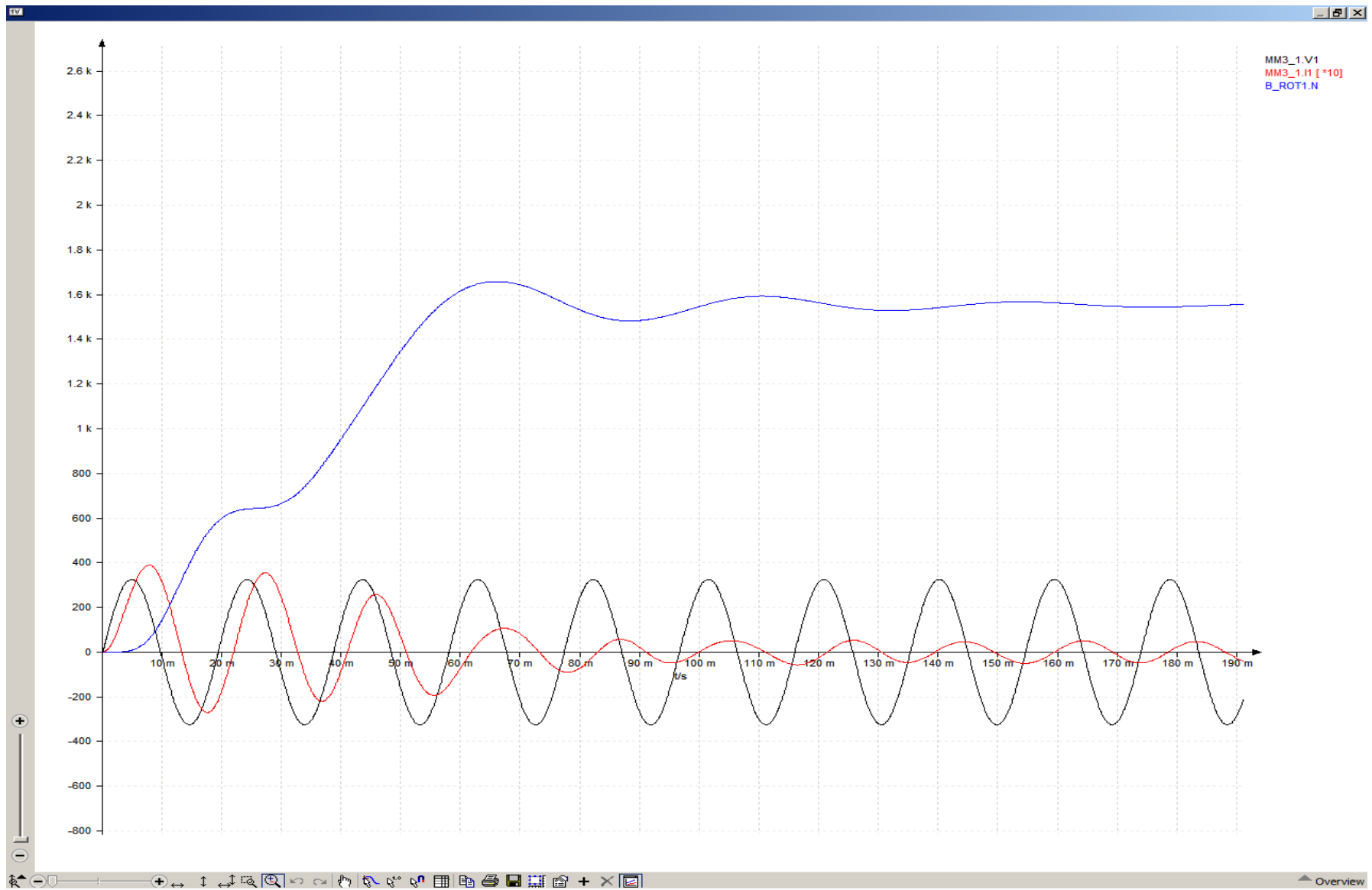
-Velocidad del rotor: 1552,95rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $3,992661735s - 3,98802625s = 86,4091488^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 51,78 \text{ Hz}}{2} = 1553,4 \text{ rpm}$$
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1553,4 - 1552,95}{1553,4} \cdot 100 = 0,028968 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 21 -Frecuencia de alimentacion: 52,68Hz-

-Periodo calculado: 18,982536ms

-Corriente pico a pico: 4,785A

-Corriente de arranque: 38,57A

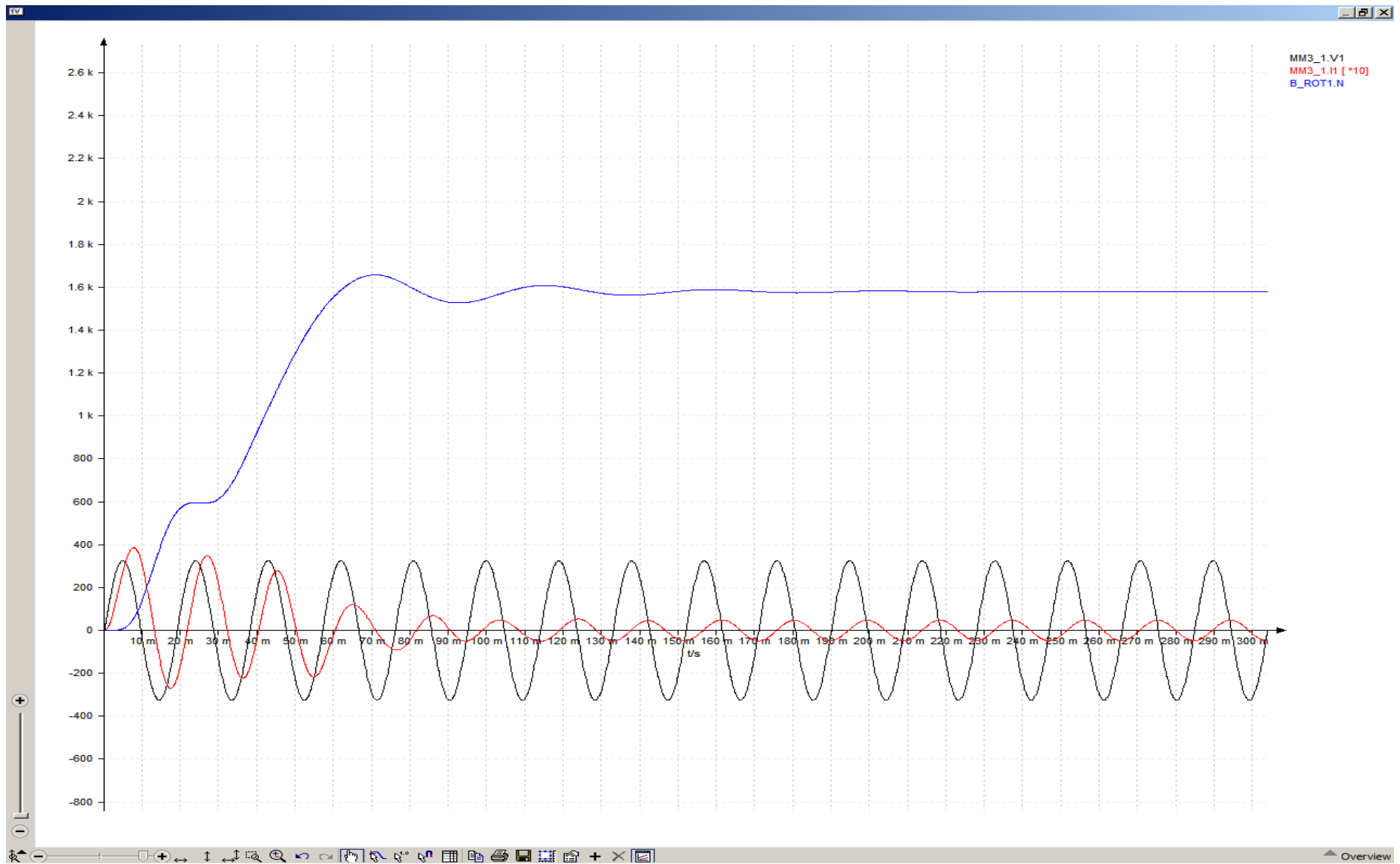
-Velocidad del rotor: 1579,94rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,00038s - 3,99582355s = 86,41216^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 52,68 \text{ Hz}}{2} = 1580,4 \text{ rpm}$$
$$S\% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1580,4 - 1579,94}{1580,4} \cdot 100 = 0,029106\%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 22 -Frecuencia de alimentacion: 53,565Hz-

-Periodo calculado: 18,668906ms

-Corriente pico a pico: 4,7065A

-Corriente de arranque: 38,235A

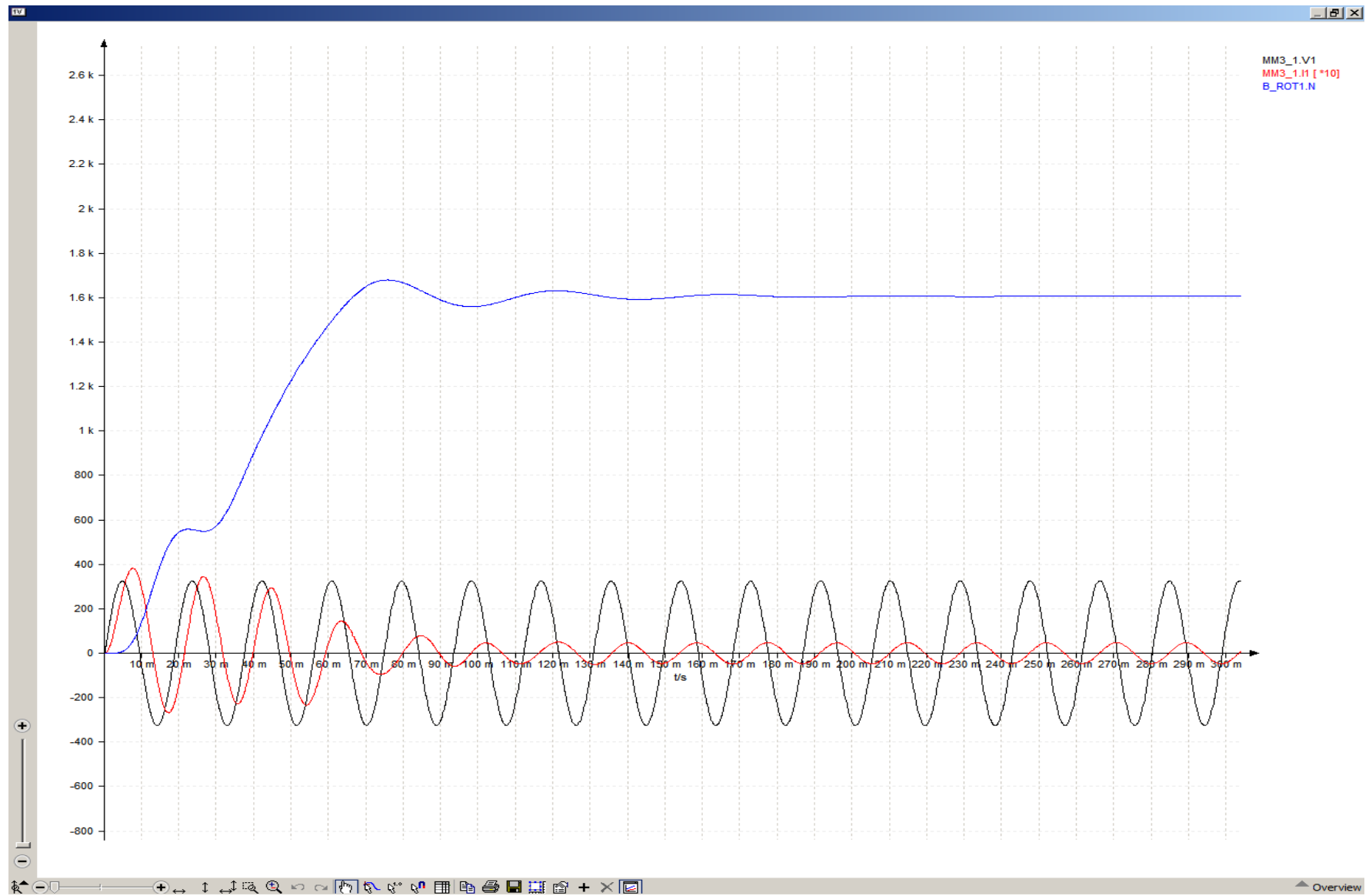
-Velocidad del rotor: 1606,43rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 3,9902912-3,9858116s = 86,381923° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 53,565 \text{ Hz}}{2} = 1609,68 \text{ rpm}$$
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1609,68 - 1606,43}{1609,68} \cdot 100 = 0,0201928 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 23 -Frecuencia de alimentacion: 55,35Hz-

-Periodo calculado: 18,06685ms

-Corriente pico a pico: 4,555A

-Corriente de arranque: 37,59A

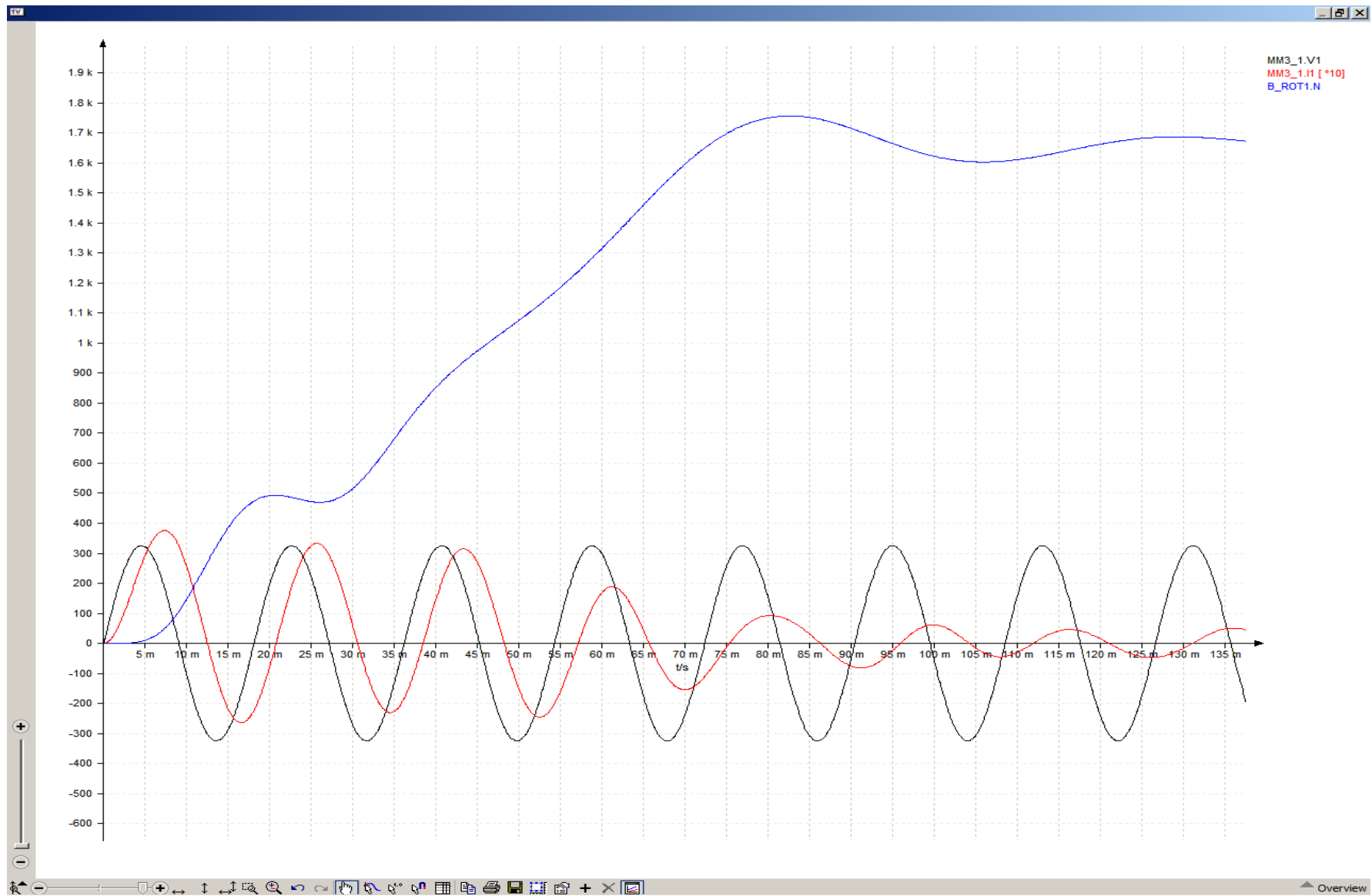
-Velocidad del rotor: 1659,91rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,00614045 - 4,00180665s = 86,355286^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 55,35 \text{ Hz}}{2} = 1660,5 \text{ rpm}$$
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1660,5 - 1659,91}{1660,5} \cdot 100 = 0,0355314 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 24 -Frecuencia de alimentacion: 56,25Hz-

-Periodo calculado: 17,77778ms

-Corriente pico a pico: 4,482A

-Corriente de arranque: 37,267A

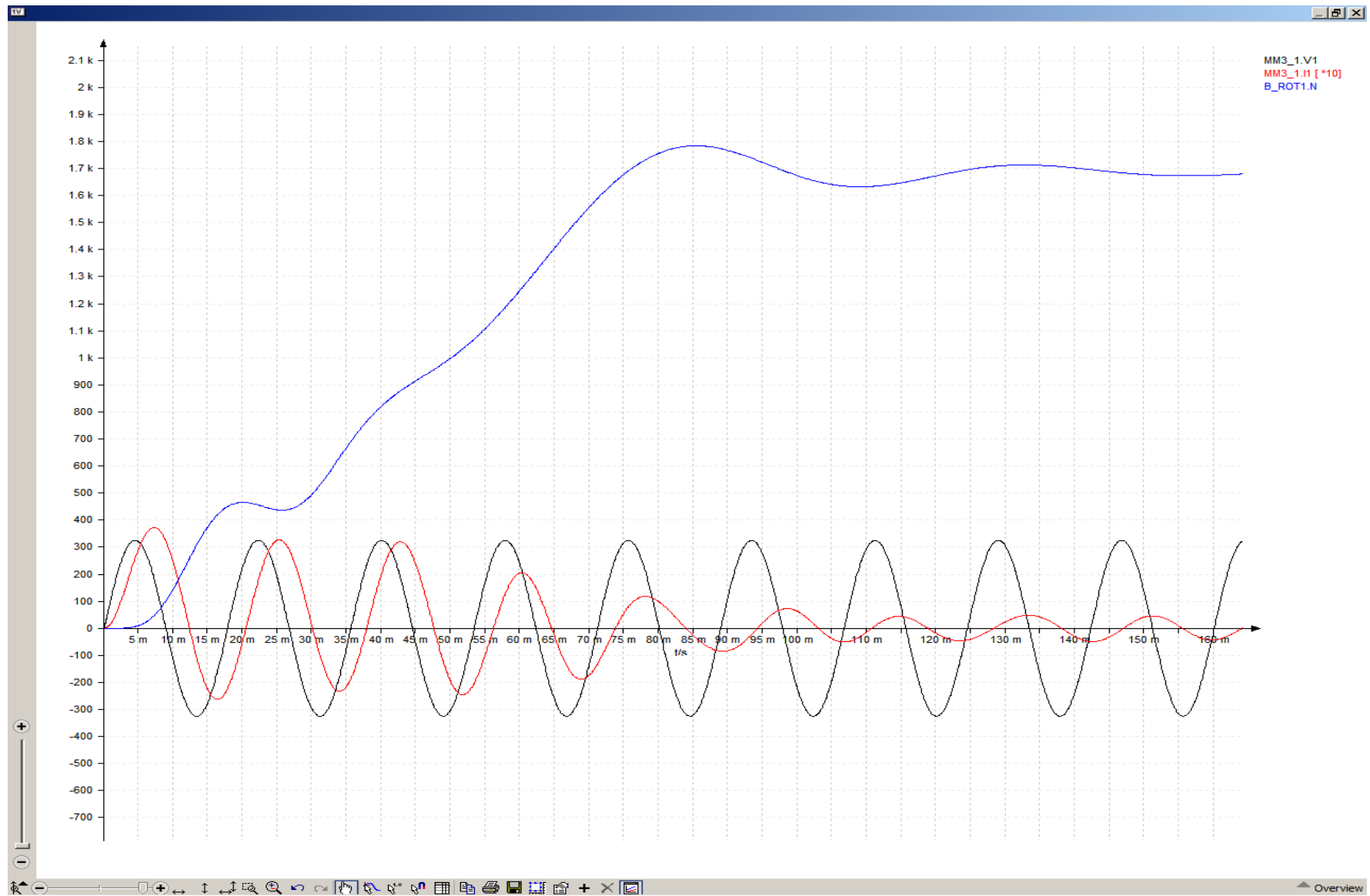
-Velocidad del rotor: 1686,86rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 3,99537331-3,991111s = 86,311776° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 56,25 \text{ Hz}}{2} = 1687,5 \text{ rpm}$$
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1687,5 - 1686,86}{1687,5} \cdot 100 = 0,037926 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 25 -Frecuencia de alimentacion: 57,15Hz-

-Periodo calculado: 17,497812ms

-Corriente pico a pico: 4,41A

-Corriente de arranque: 36,96A

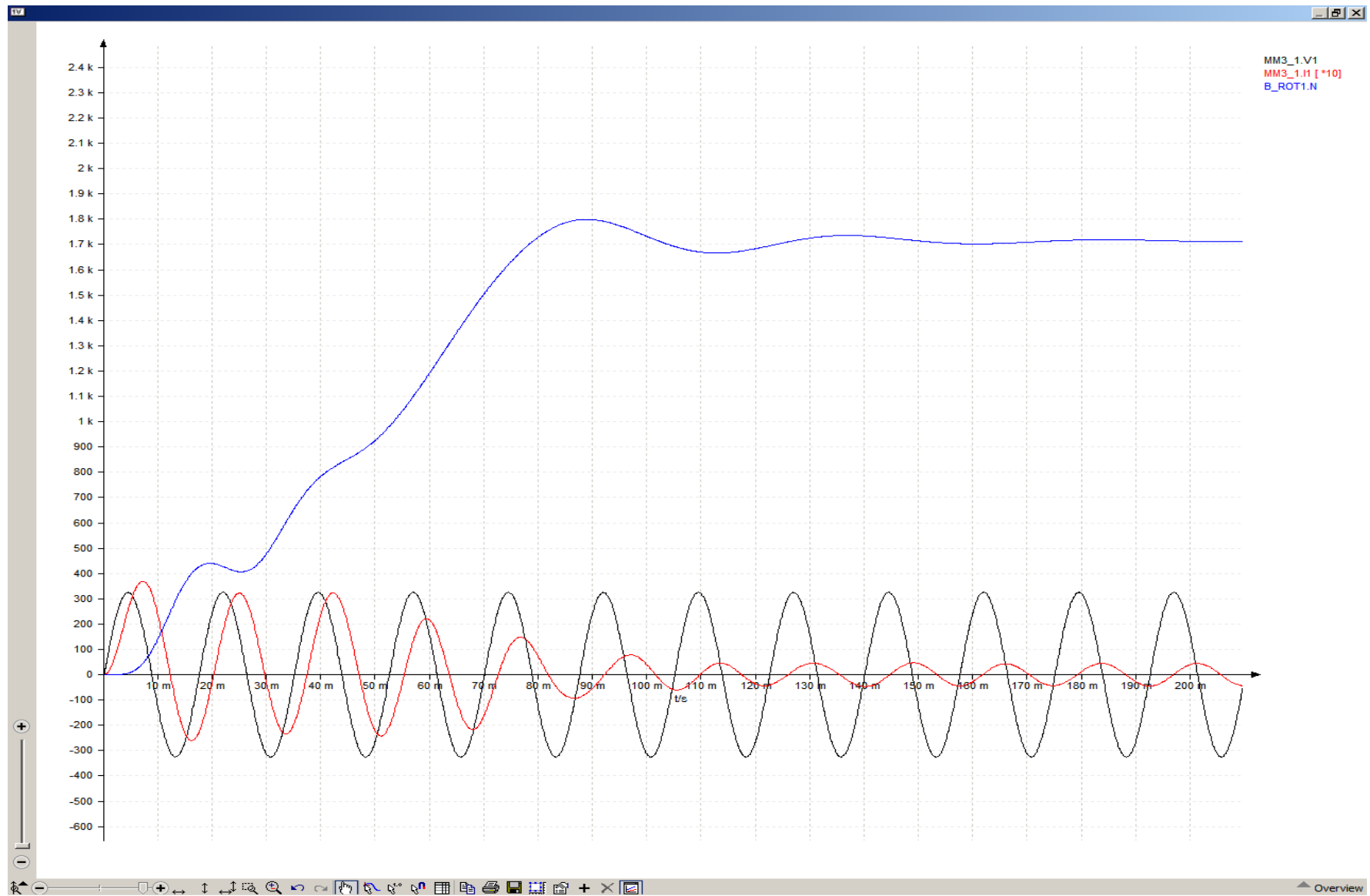
-Velocidad del rotor: 1713,79rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,00245s - 3,99825s = 86,41080^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 57,15 \text{ Hz}}{2} = 1714,5 \text{ rpm}$$
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1714,5 - 1713,79}{1714,5} \cdot 100 = 0,0414115 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 26 -Frecuencia de alimentacion: 58,035Hz-

-Periodo calculado: 17,23098ms

-Corriente pico a pico: 4,345A

-Corriente de arranque: 36,65A

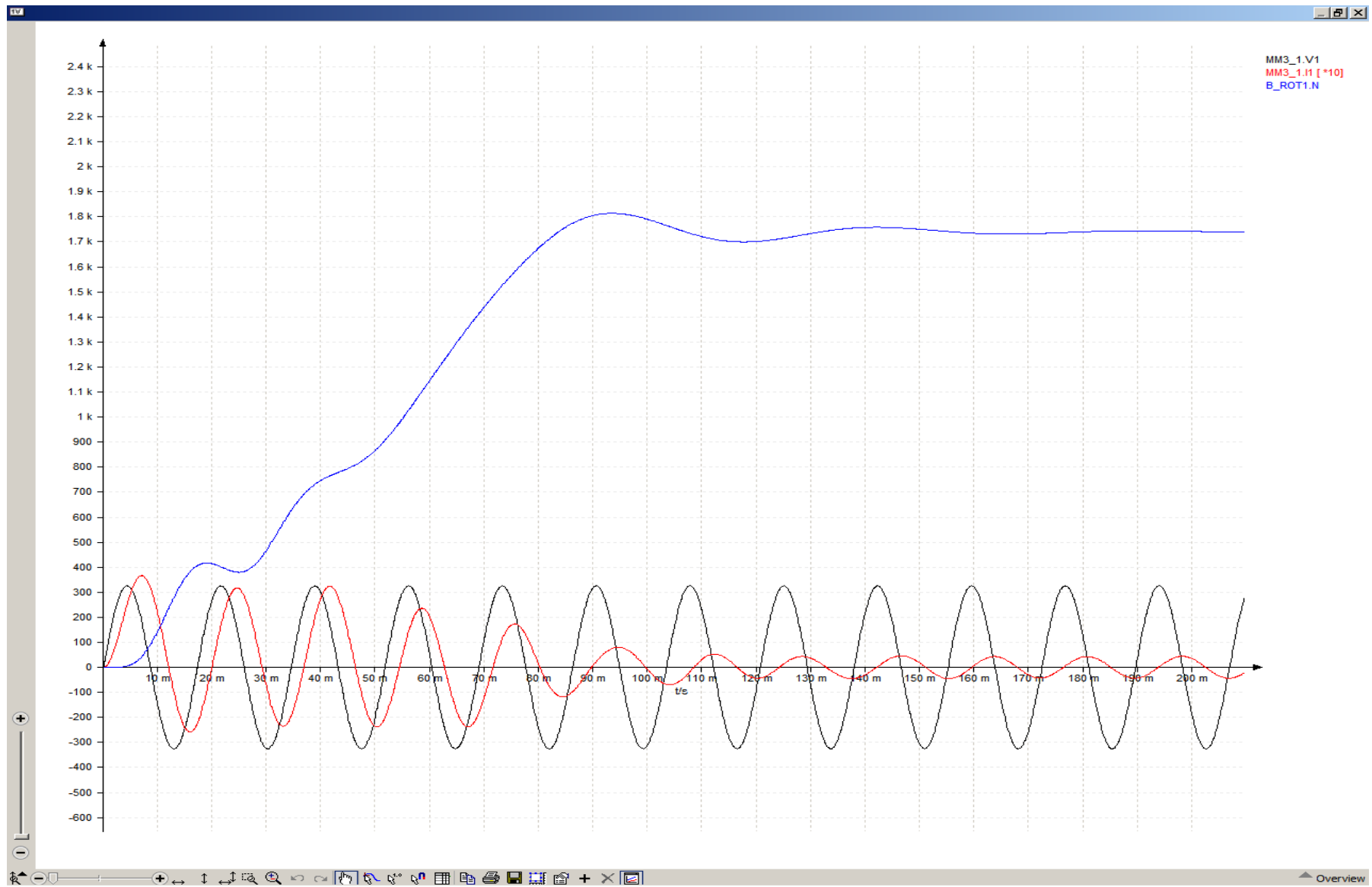
-Velocidad del rotor: 1740,27rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,0103335s - 4,0062s = 86,35956^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 58,035 \text{ Hz}}{2} = 1741,05 \text{ rpm}$$
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1741,05 - 1740,27}{1741,05} \cdot 100 = 0,0448 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 27 -Frecuencia de alimentacion 58,935Hz-

-Periodo calculado: 16,967845ms

-Corriente pico a pico: 4,28A

-Corriente de arranque: 36,35A

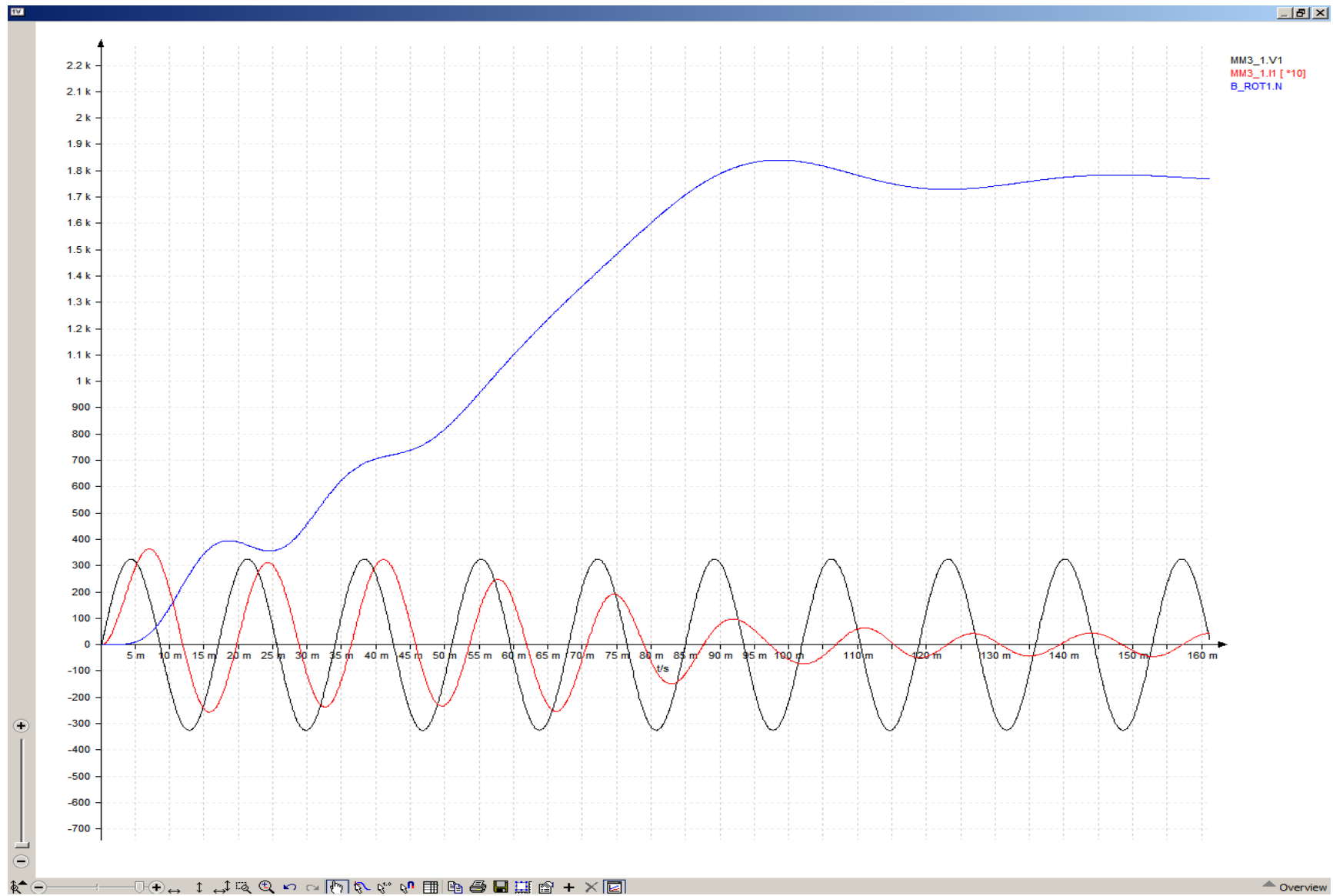
-Velocidad del rotor: 1767,29rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,0169595s - 4,0128955s = 86,224267^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 58,935 \text{ Hz}}{2} = 1768,05 \text{ rpm}$$
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1768,05 - 1767,29}{1768,05} \cdot 100 = 0,0429852 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 28 -Frecuencia de alimentacion 59,82Hz-

-Periodo calculado: 16,716817ms

-Corriente pico a pico: 4,217A

-Corriente de arranque: 36,05A

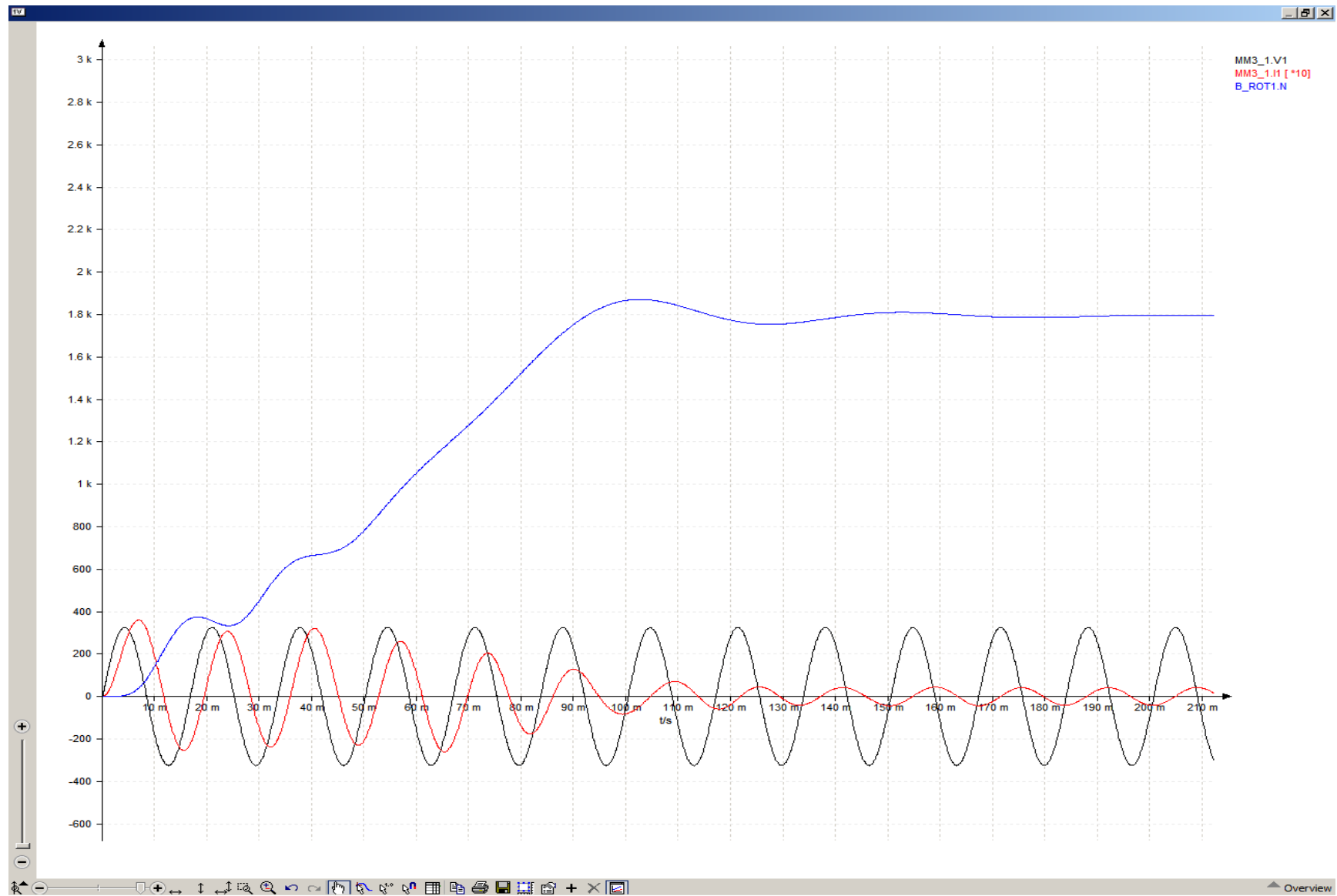
-Velocidad del rotor: 1793,85rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $3,99096s - 3,98696s = 86,140800^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 59,82 \text{ Hz}}{2} = 1794,6 \text{ rpm}$$
$$S\% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1794,6 - 1793,85}{1794,6} \cdot 100 = 0,04179204\%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 29 -Frecuencia de alimentacion 60,72Hz-

-Periodo calculado: 16,469038ms

-Corriente pico a pico: 4,15A

-Corriente de arranque: 35,75A

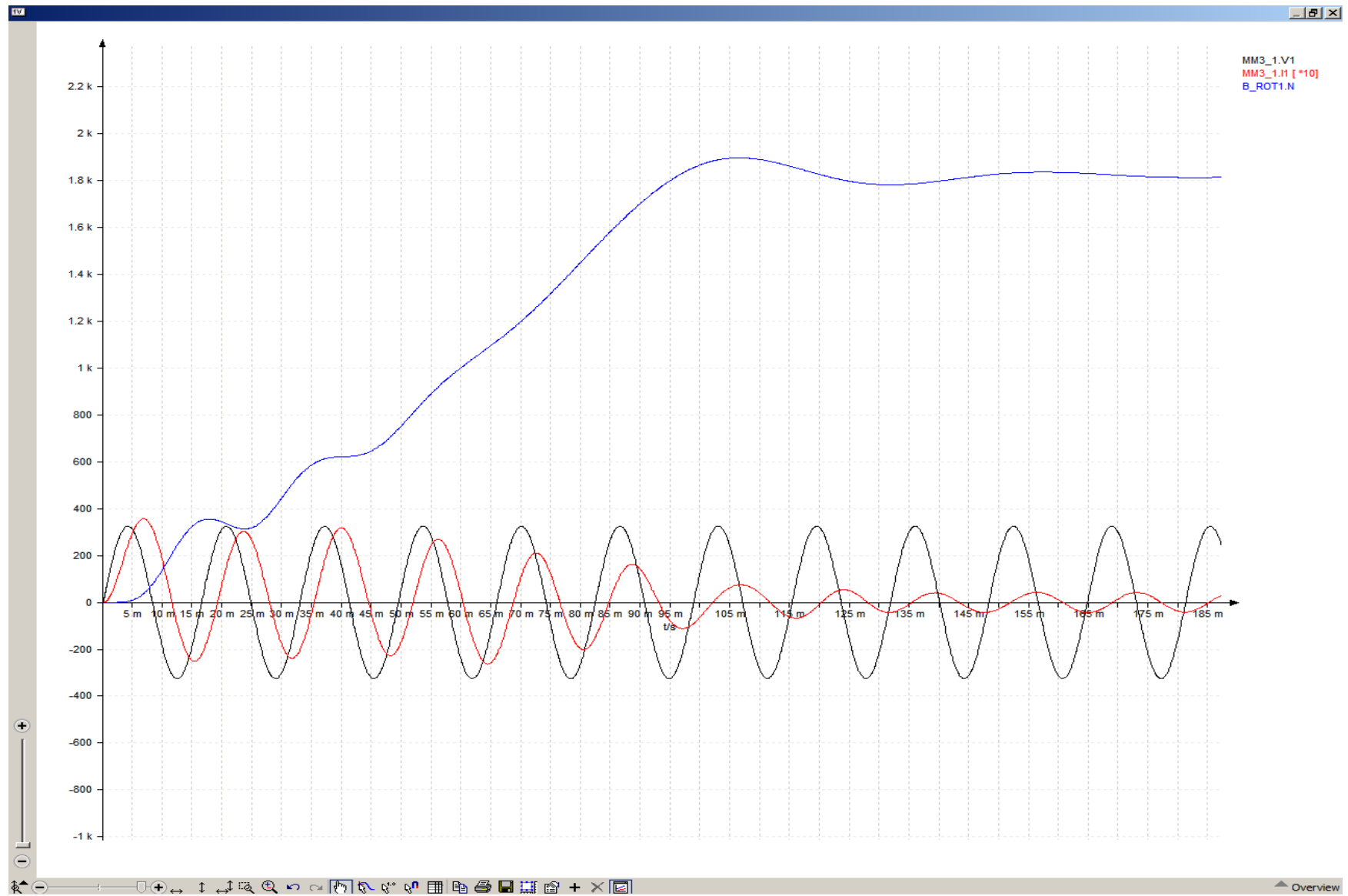
-Velocidad del rotor: 1820,7rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,014152715s - 4,0102105s = 86,173666^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 60,72 \text{ Hz}}{2} = 1821,6 \text{ rpm}$$
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1821,6 - 1820,7}{1821,6} \cdot 100 = 0,04940711 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 30 -Frecuencia de alimentacion 61,6Hz-

-Periodo calculado: 16,233766ms

-Corriente pico a pico: 4,1A

-Corriente de arranque: 35,47A

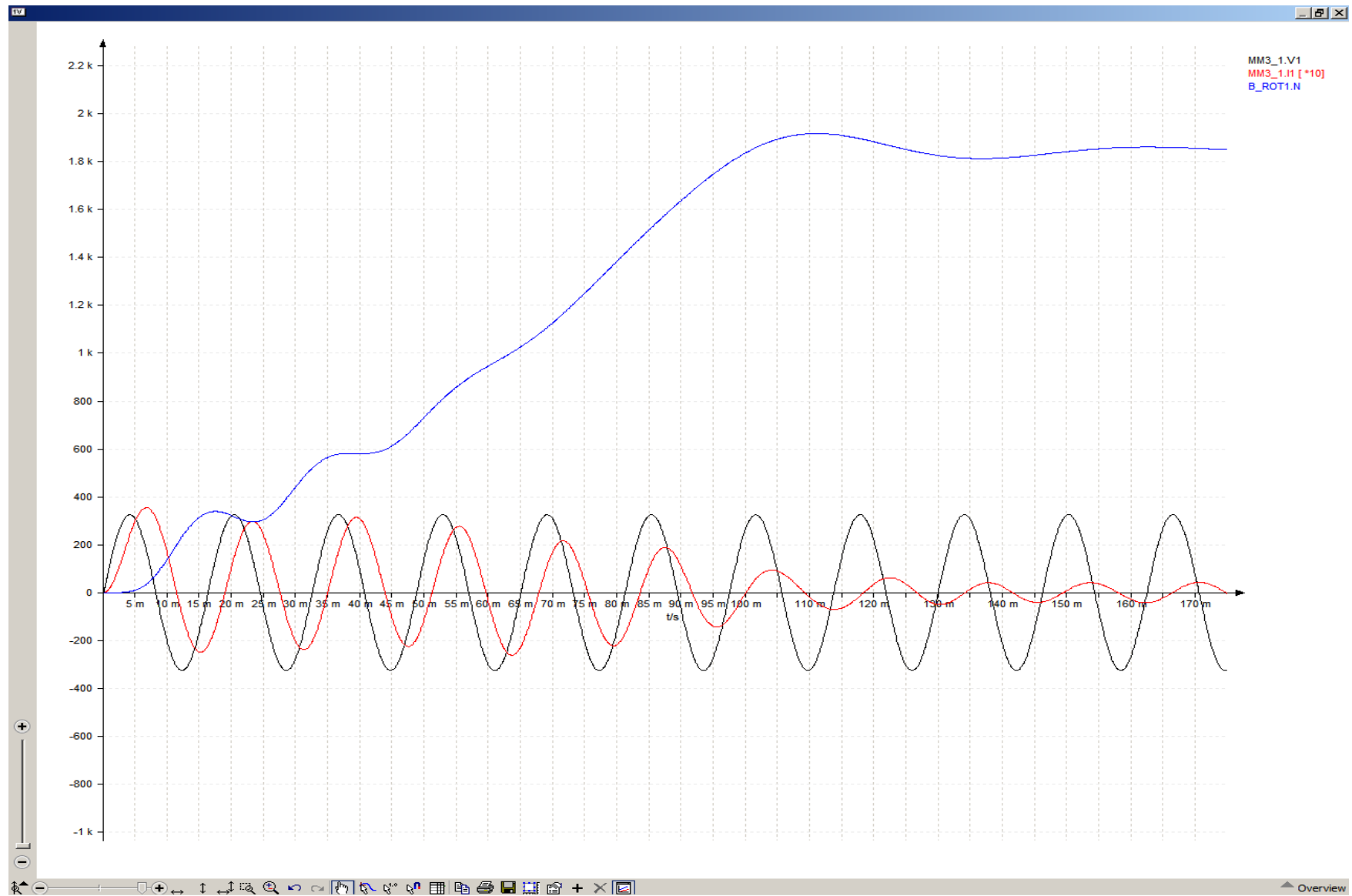
-Velocidad del rotor: 1847,27rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,005183s - 4,0012985s = 86,1426732^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 61,6 \text{ Hz}}{2} = 1848 \text{ rpm}$$
$$S\% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1848 - 1847,27}{1848} \cdot 100 = 0,039502164\%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 31 -Frecuencia de alimentacion 62,505Hz-

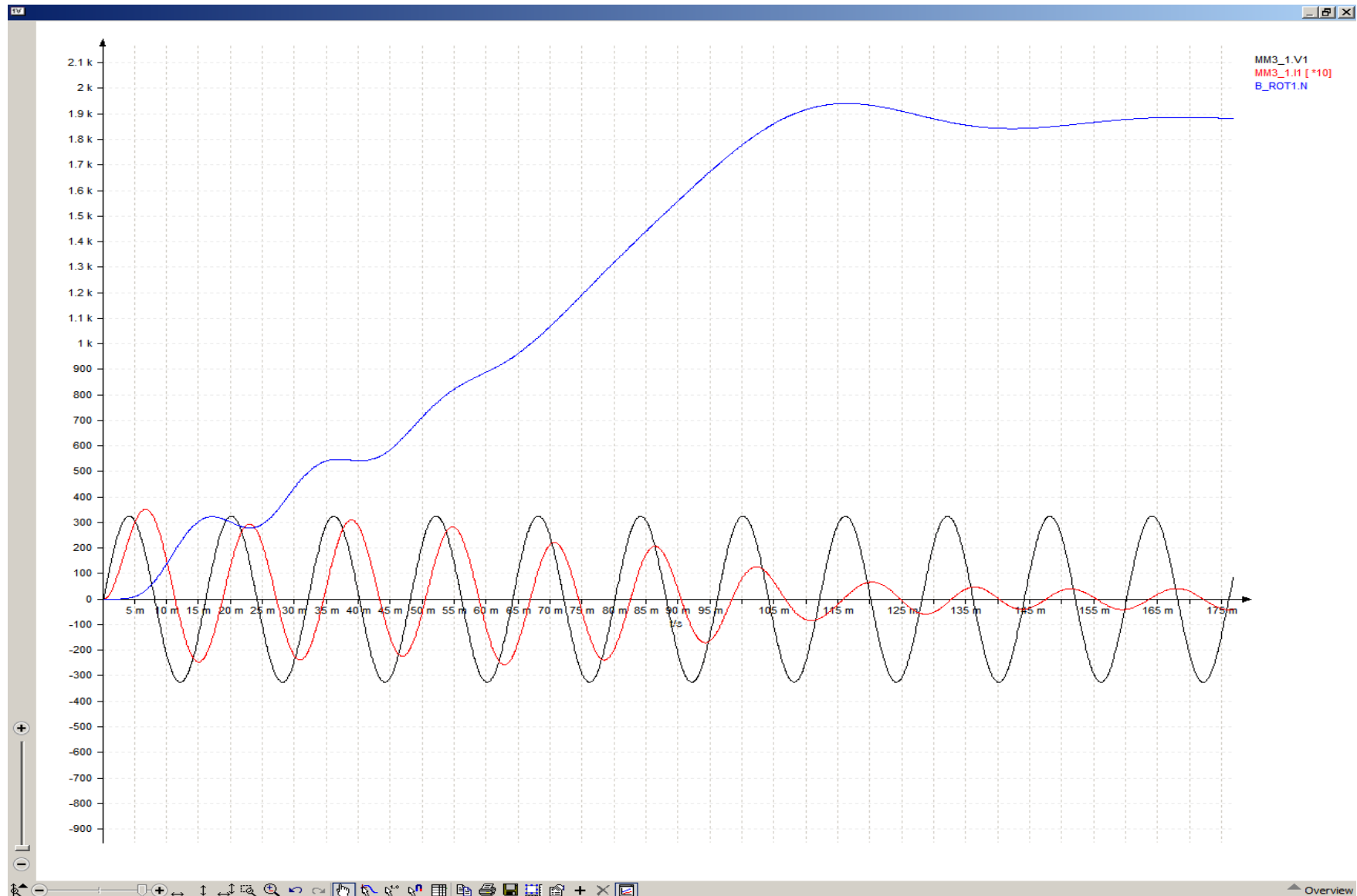
-Periodo calculado: 15,99872ms
-Corriente pico a pico: 4,034A
-Corriente de arranque: 35,18A
-Velocidad del rotor: 1874,1rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 3,995507s-3,99168s = 86,114389° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 62,505 \text{ Hz}}{2} = 1875,15 \text{ rpm}$$
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1875,15 - 1874,1}{1875,15} \cdot 100 = 0,0559955203 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 32 -Frecuencia de alimentacion 64,29Hz-

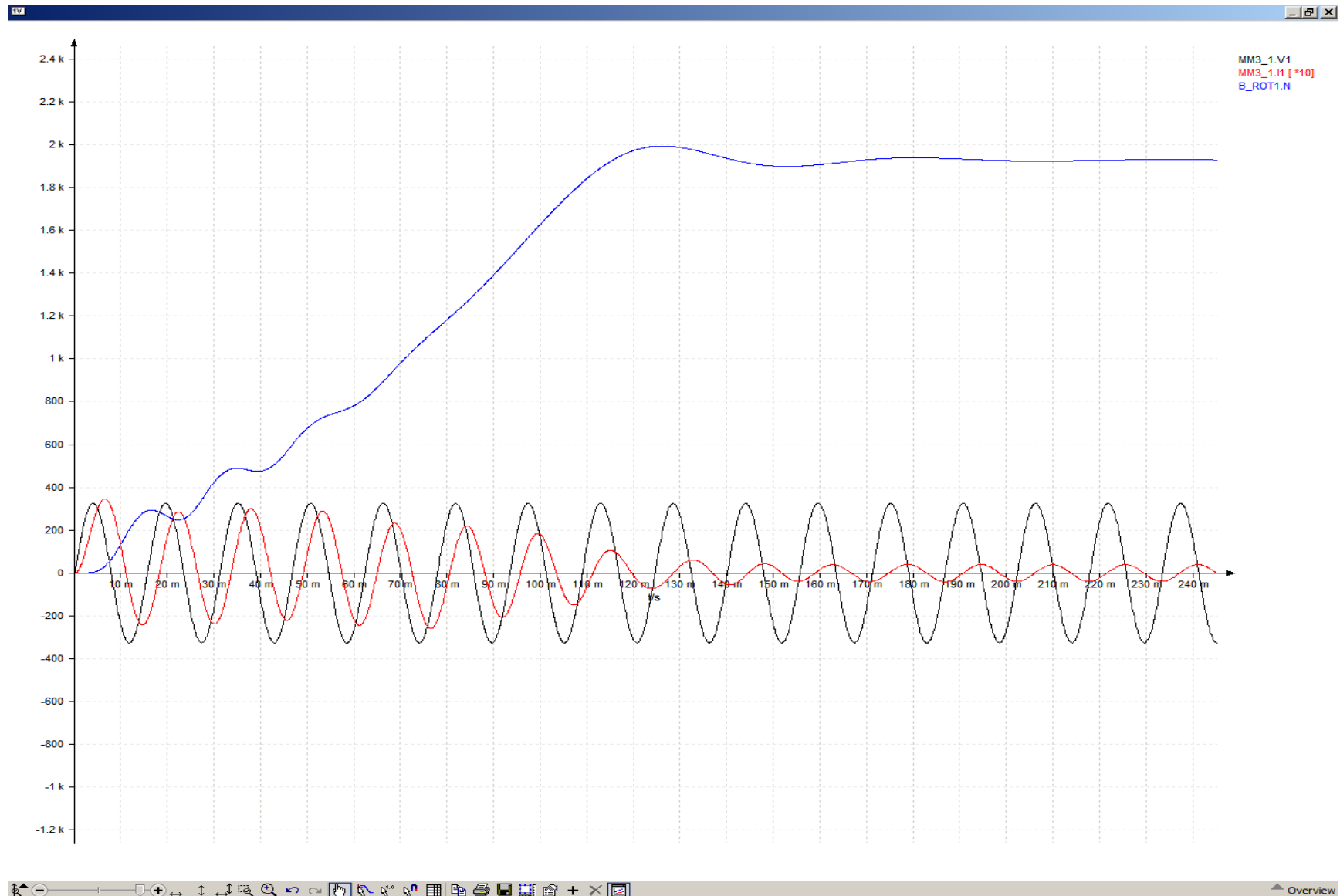
-Periodo calculado: 15,5545185876ms
-Corriente pico a pico: 3,925A
-Corriente de arranque: 34,626A
-Velocidad del rotor: 1927,54rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,00900364s - 4,0052885s = 85,984686^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 64,29 \text{ Hz}}{2} = 1928,7 \text{ rpm}$$
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1928,7 - 1927,54}{1928,7} \cdot 100 = 0,06014413853 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 33 -Frecuencia de alimentacion 65,175Hz-

-Periodo calculado: 15,343306ms

-Corriente pico a pico: 3,875A

-Corriente de arranque: 34,355A

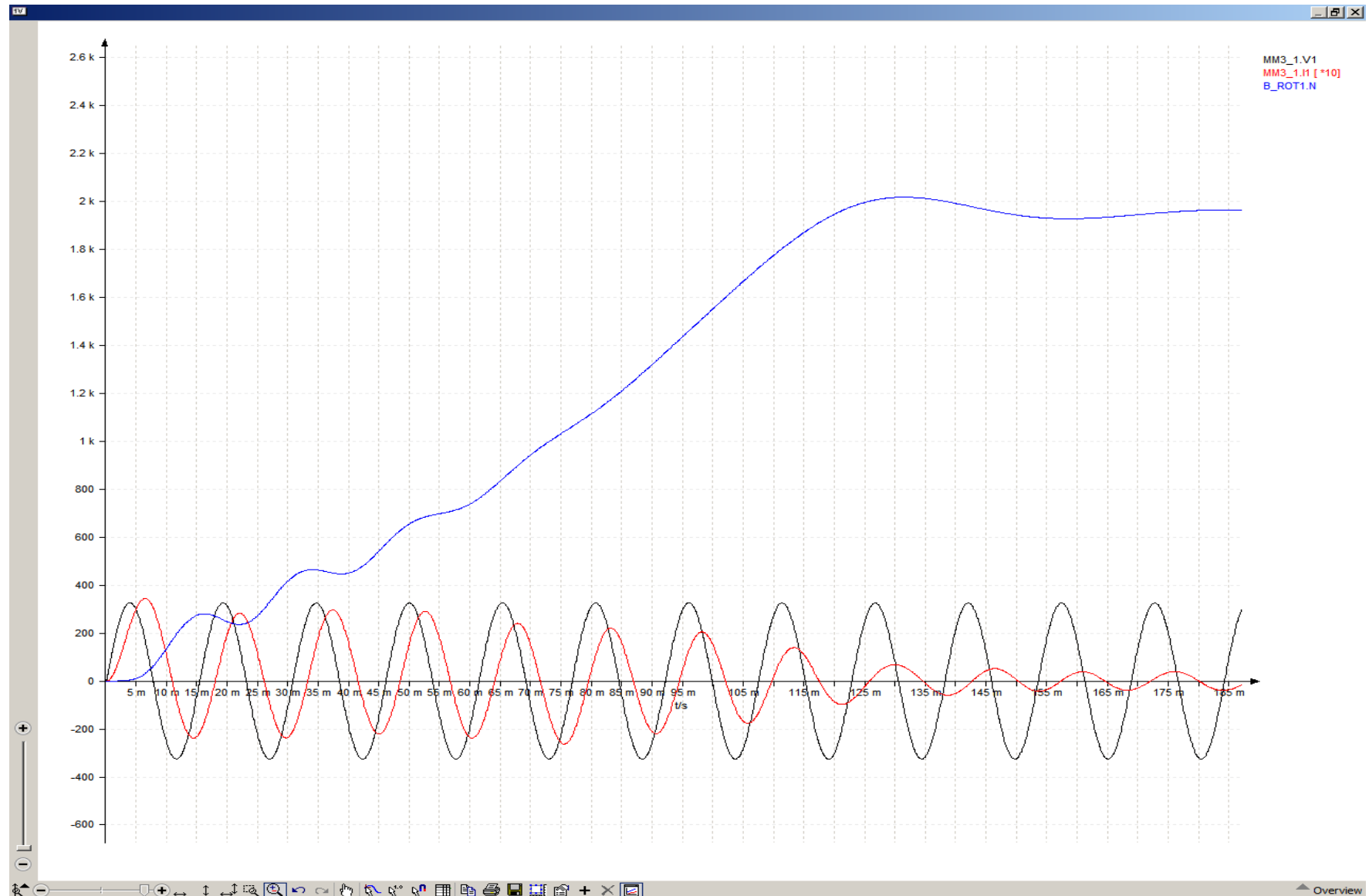
-Velocidad del rotor: 1954,02rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,0005935s - 3,9969313s = 85,92619^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 65,175 \text{ Hz}}{2} = 1955,25 \text{ rpm}$$
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1955,25 - 1954,02}{1955,25} \cdot 100 = 0,06290755 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 34 -Frecuencia de alimentacion 66,075Hz-

-Periodo calculado: 15,1343170ms

-Corriente pico a pico: 3,82A

-Corriente de arranque: 34,085A

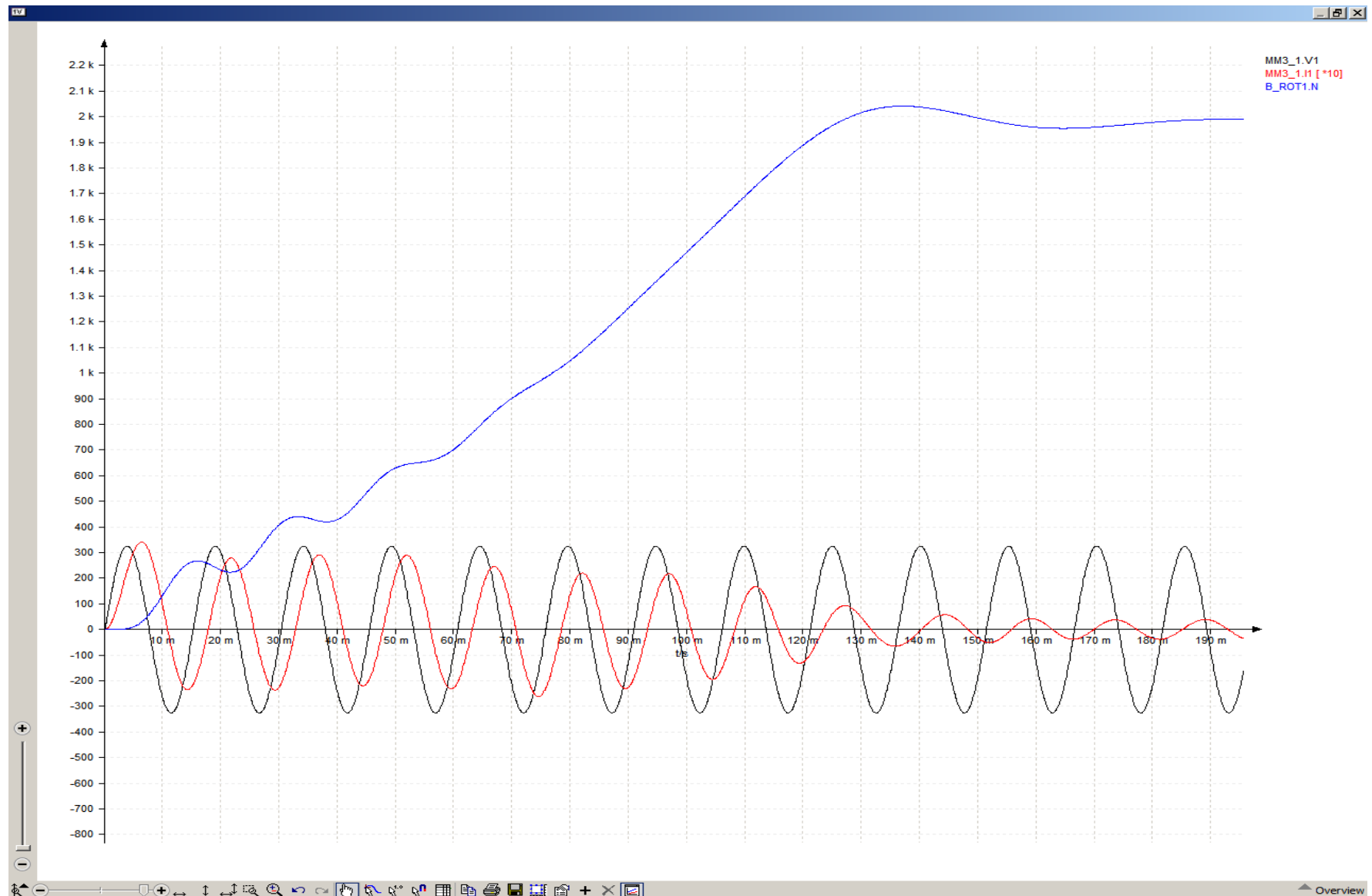
-Velocidad del rotor: 1980,94rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,00663717s - 4,003027s = 85,8751138^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 66,075 \text{ Hz}}{2} = 1982,25 \text{ rpm}$$
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1982,25 - 1980,94}{1982,25} \cdot 100 = 0,0660865 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 35 -Frecuencia de alimentacion 66,96Hz-

-Periodo calculado: 14,934289ms

-Corriente pico a pico: 3,765A

-Corriente de arranque: 33,82A

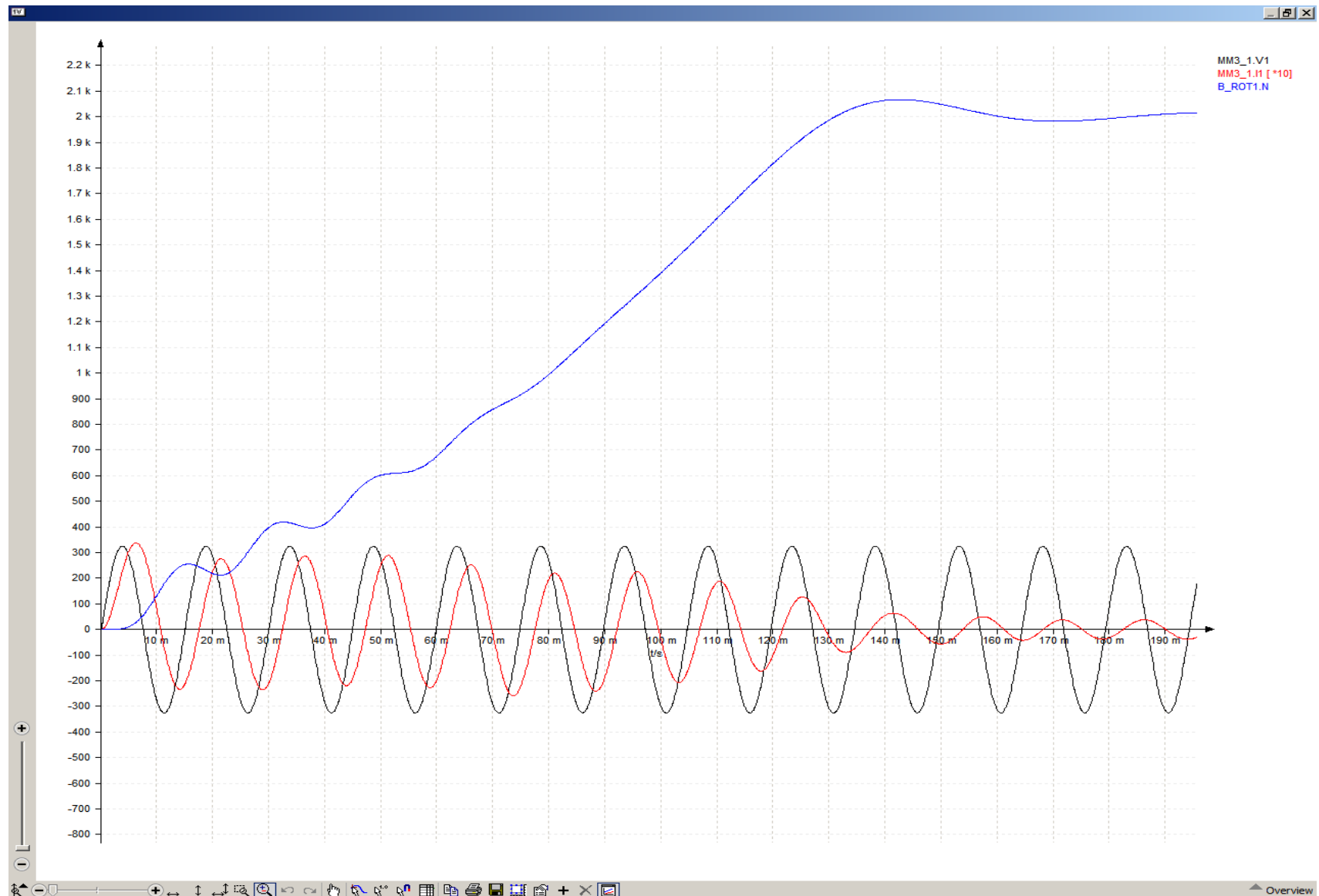
-Velocidad del rotor: 2007,42rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,013417854s - 4,0098567s = 85,84375^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 66,96 \text{ Hz}}{2} = 2008,8 \text{ rpm}$$
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{2008,8 - 2007,42}{2008,8} \cdot 100 = 0,06869773 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 36 -Frecuencia de alimentacion 67,86Hz-

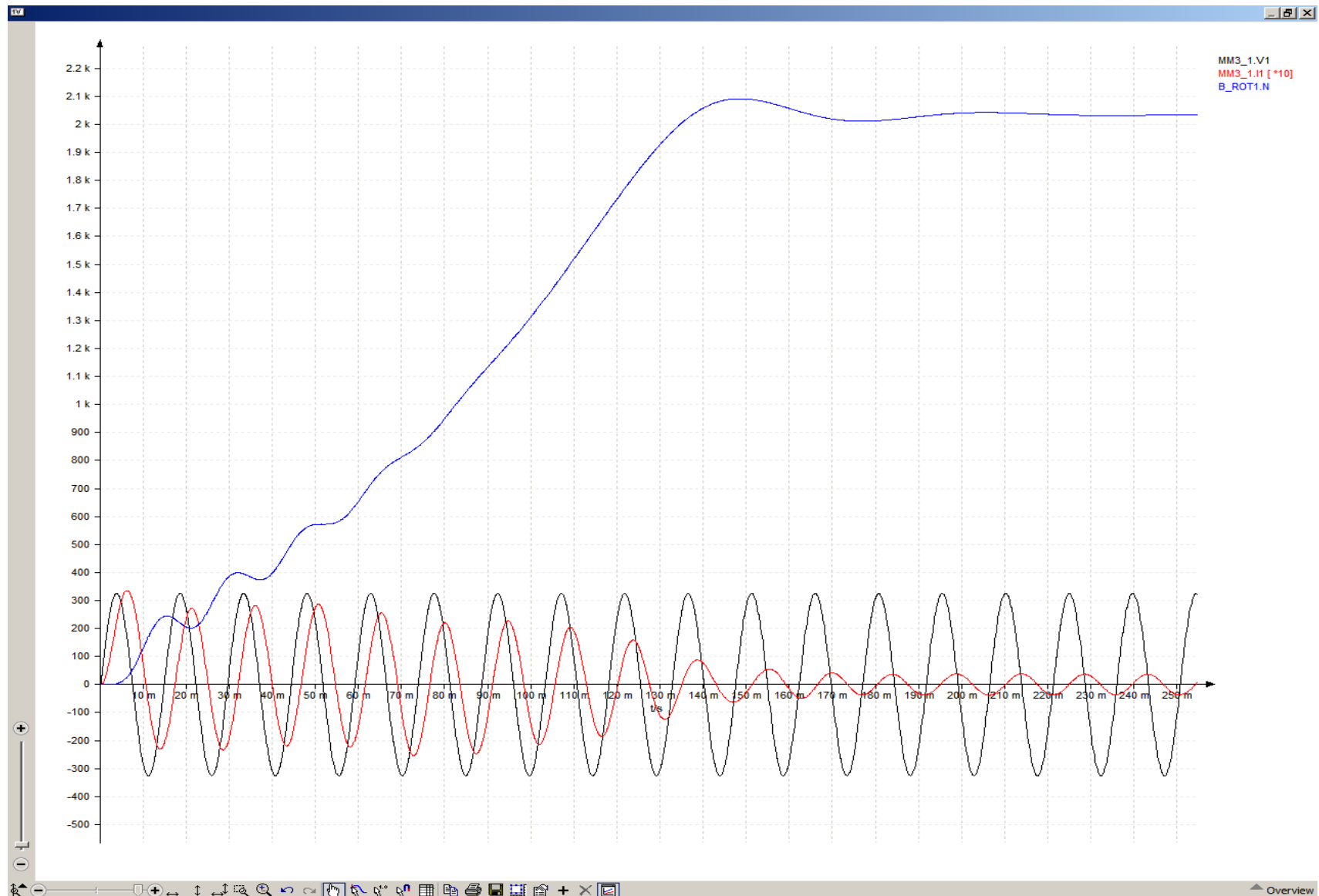
-Periodo calculado: 14,73622163ms
-Corriente pico a pico: 3,72A
-Corriente de arranque: 33,556A
-Velocidad del rotor: 2034,34rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension:4,00439541s-4,00088406s =85,780876° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 67,86 \text{ Hz}}{2} = 2035,8 \text{ rpm}$$
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{2035,8 - 2034,34}{2035,8} \cdot 100 = 0,07171627 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 37 -Frecuencia de alimentacion 68,745Hz-

-Periodo calculado: 14,546512ms

-Corriente pico a pico: 3,67A

-Corriente de arranque: 33,3A

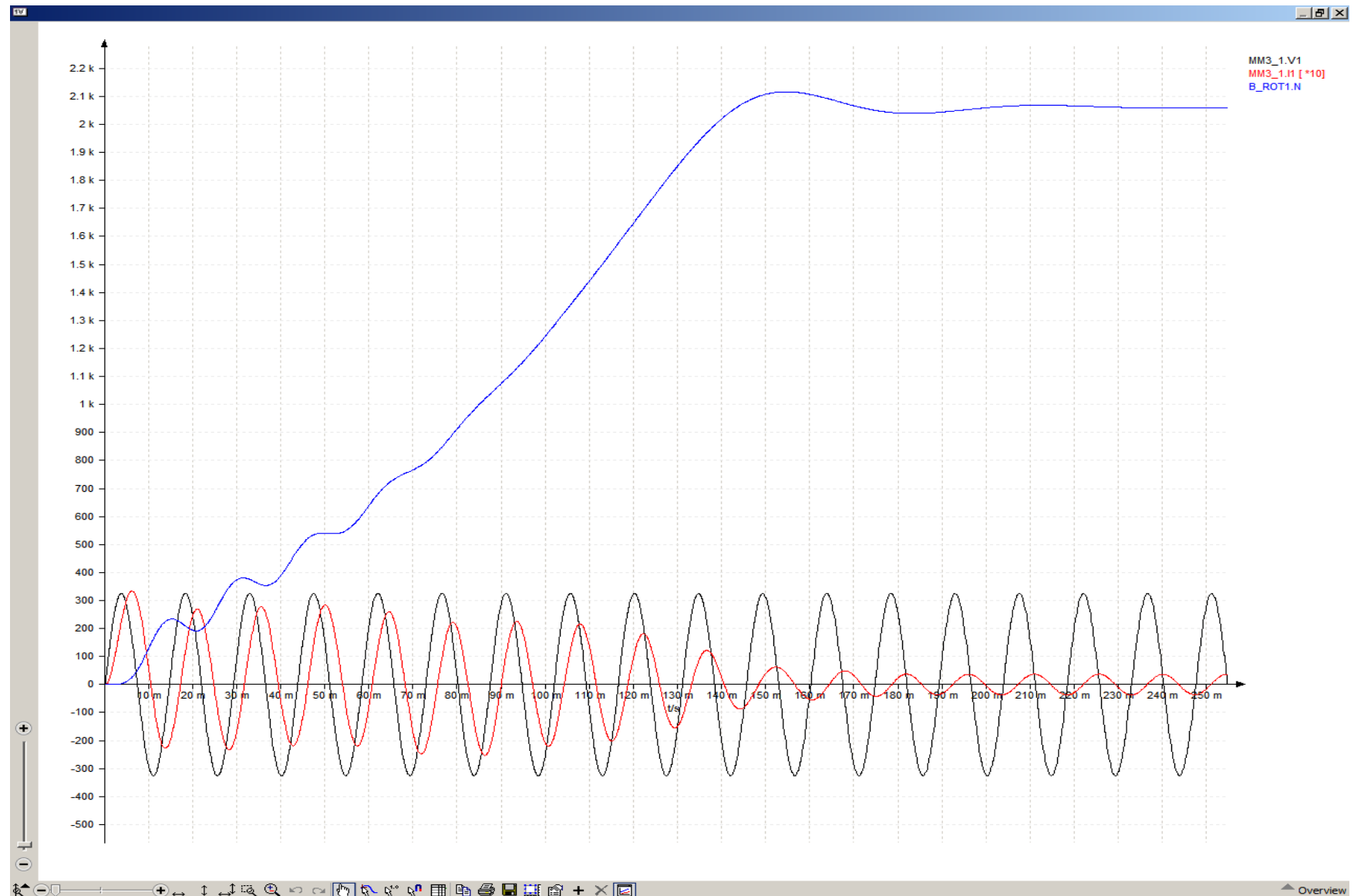
-Velocidad del rotor: 2060,84rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension:3,99648s-3,993018s =85,6782684° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 68,745 \text{ Hz}}{2} = 2062,35 \text{ rpm}$$
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{2062,35 - 2060,84}{2062,35} \cdot 100 = 0,073217446 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 38 -Frecuencia de alimentacion 69,645Hz-

-Periodo calculado: 14,3585325ms

-Corriente pico a pico: 3,6232A

-Corriente de arranque: 33,05A

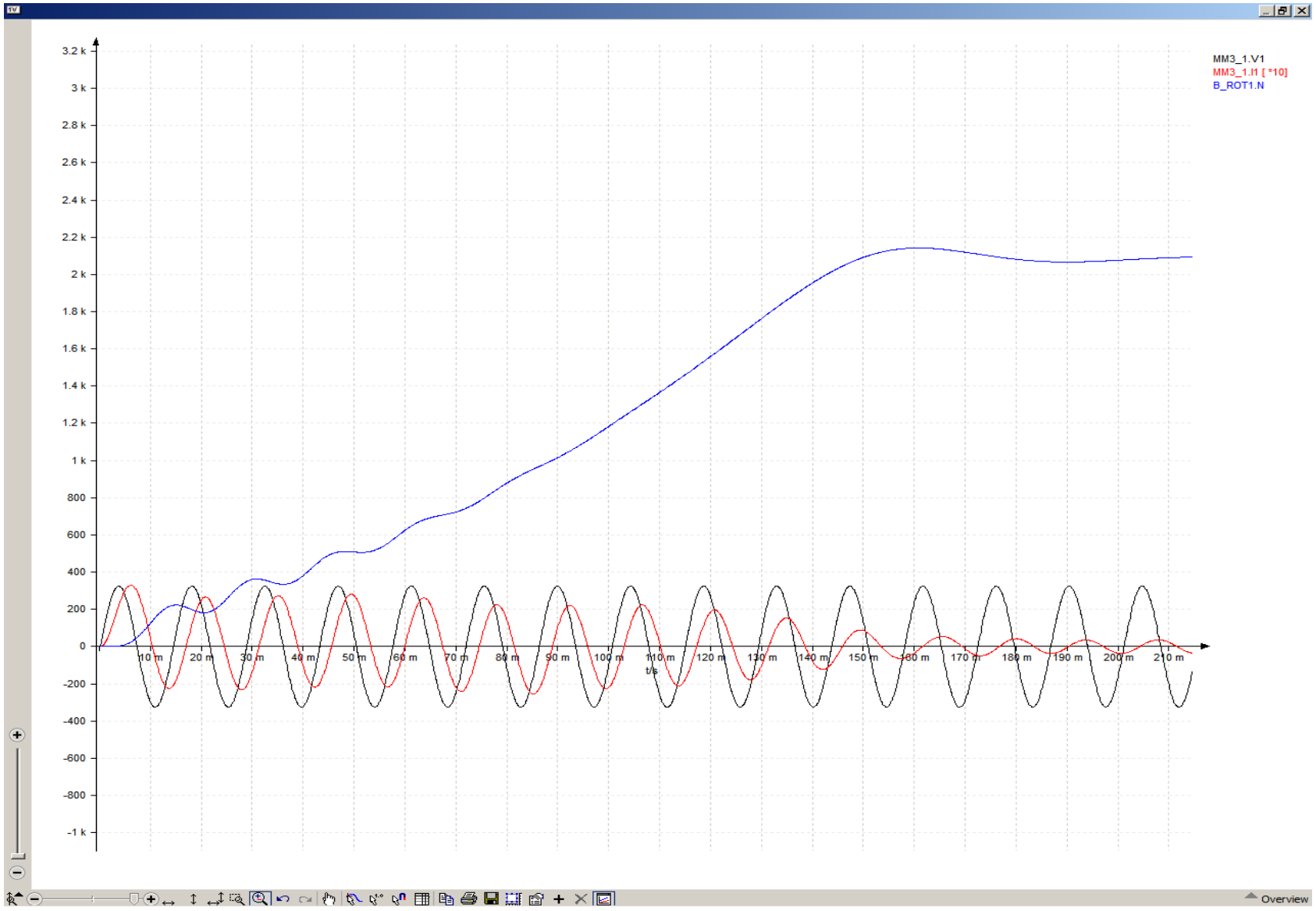
-Velocidad del rotor: 2087,71rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,00226634s - 3,99885098s = 85,630589^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 69,645 \text{ Hz}}{2} = 2089,35 \text{ rpm}$$
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{2089,35 - 2087,71}{2089,35} \cdot 100 = 0,0784933 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 39 -Frecuencia de alimentacion 70,53Hz-

-Periodo calculado: 14,17836381ms

-Corriente pico a pico: 3,58A

-Corriente de arranque: 32,8A

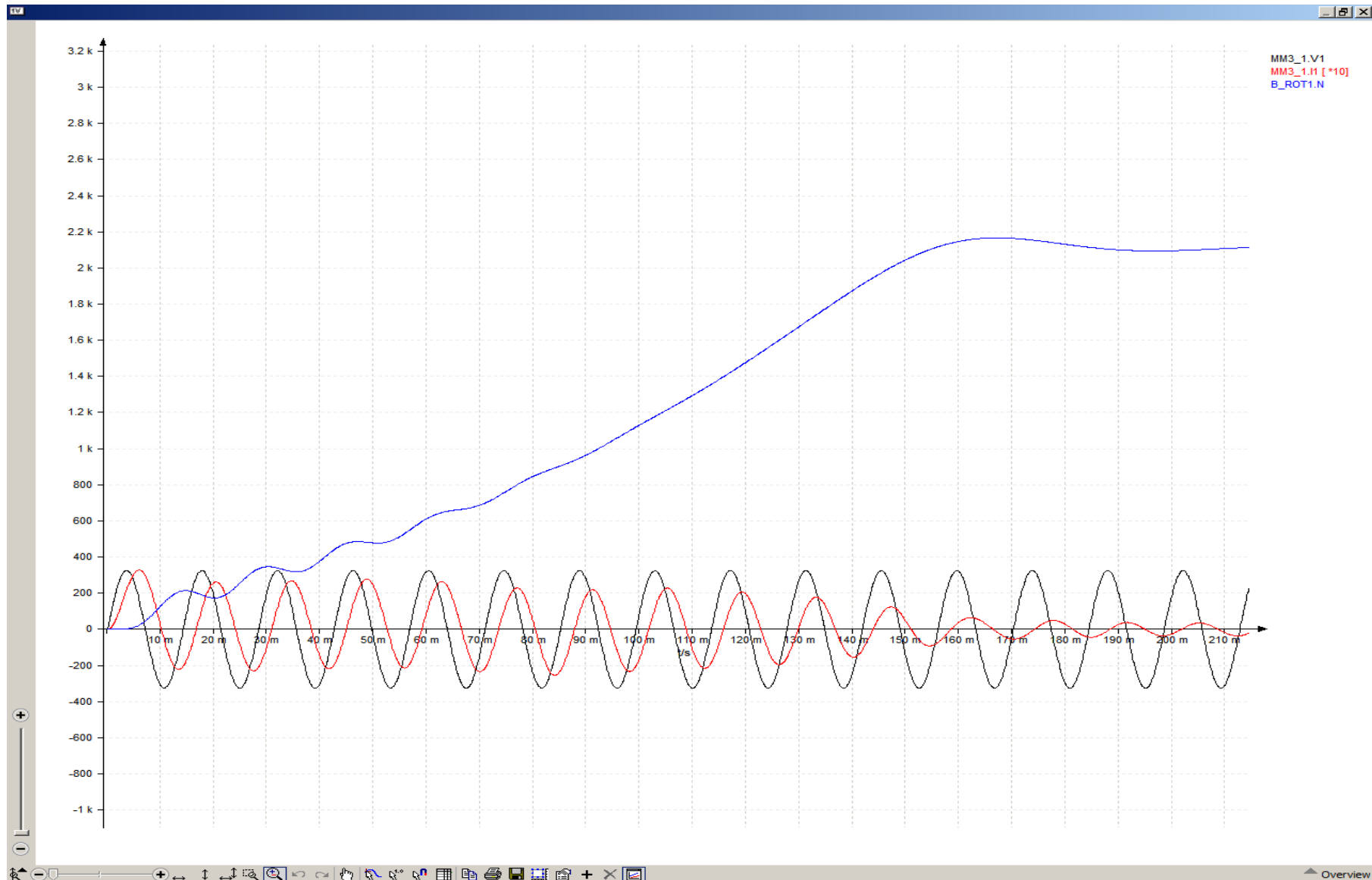
-Velocidad del rotor: 2114,16rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension:4,00875650695s-4,00538755s =85,54051213° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 70,53 \text{ Hz}}{2} = 2115,9 \text{ rpm}$$
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{2115,9 - 2114,16}{2115,9} \cdot 100 = 0,0822345 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 40 -Frecuencia de alimentacion 72,315Hz-

-Periodo calculado: 13,828389ms

-Corriente pico a pico: 3,49A

-Corriente de arranque: 32,315A

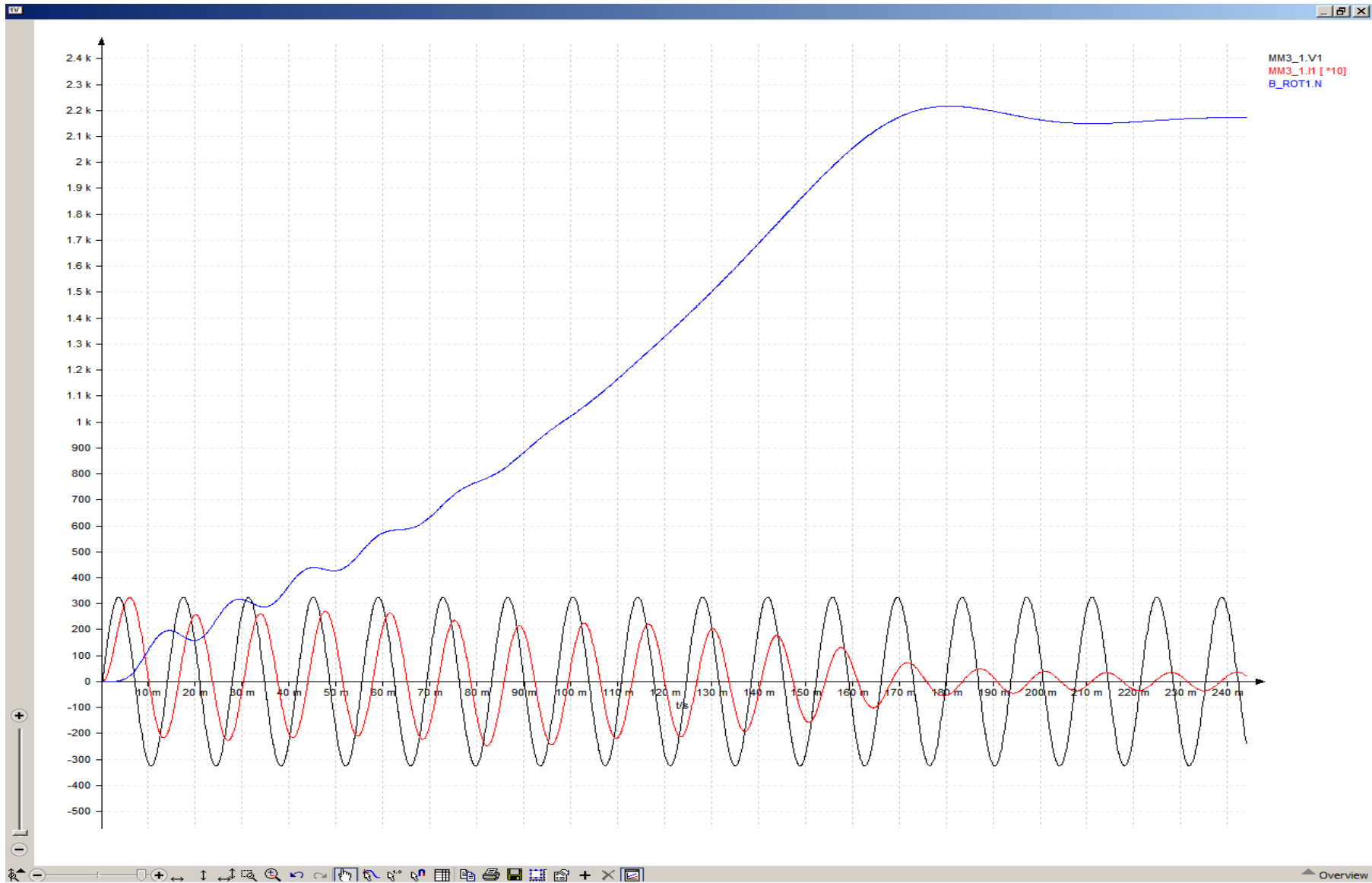
-Velocidad del rotor: 2167,47rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension:3,9927704s-3,98949s =85,399965° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 72,315 \text{ Hz}}{2} = 2169,45 \text{ rpm}$$
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{2169,45 - 2167,47}{2169,45} \cdot 100 = 0,09126737 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 41 -Frecuencia de alimentacion 73,215Hz-

-Periodo calculado: 13,65840ms

-Corriente pico a pico: 3,45A

-Corriente de arranque: 32,075A

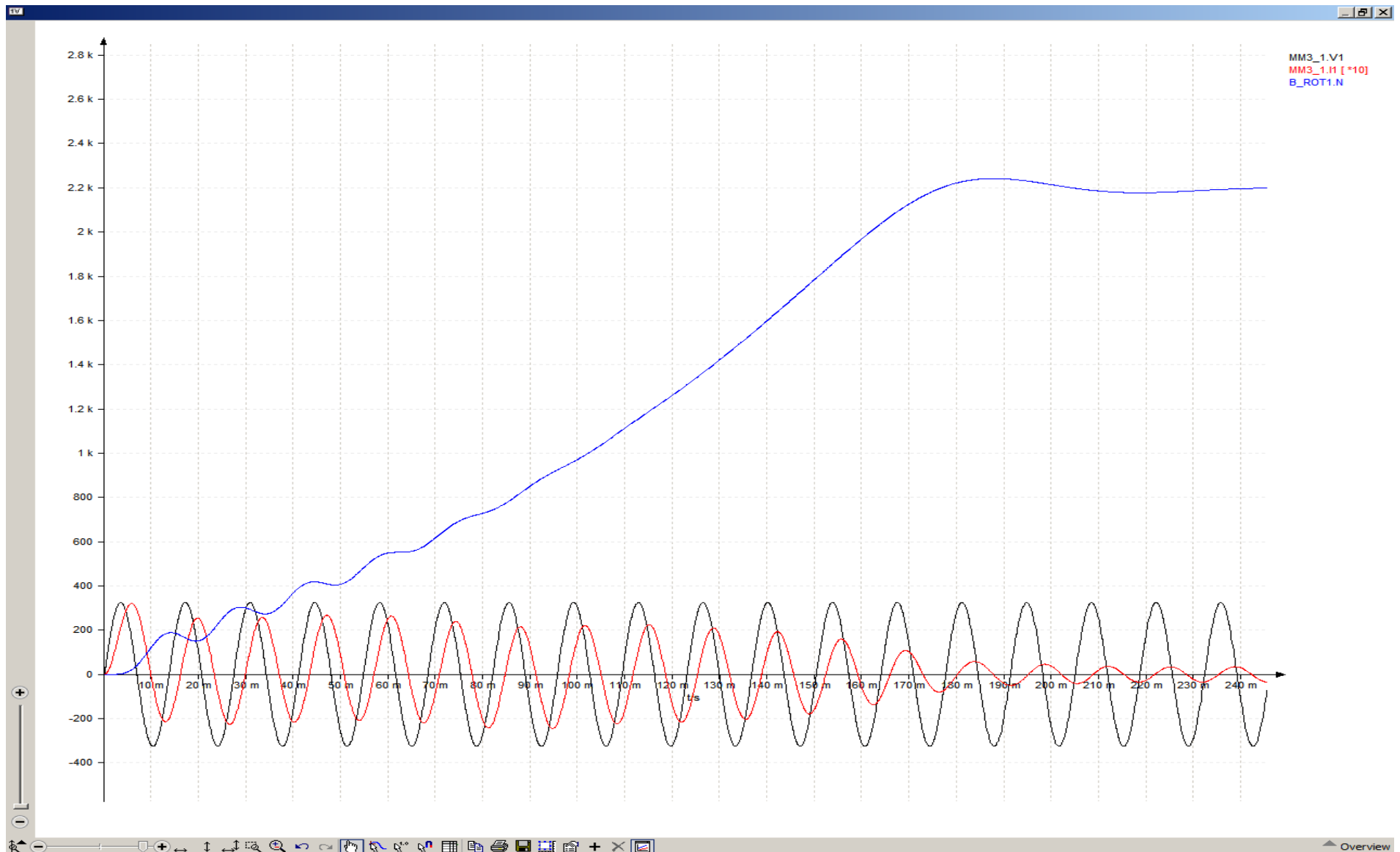
-Velocidad del rotor: 2194,37rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $3,9927704s - 3,98949s = 85,3143176^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 73,215 \text{ Hz}}{2} = 2196,45 \text{ rpm}$$
$$S\% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{2196,45 - 2194,37}{2196,45} \cdot 100 = 0,09469826\%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 42 -Frecuencia de alimentacion 74,1Hz-

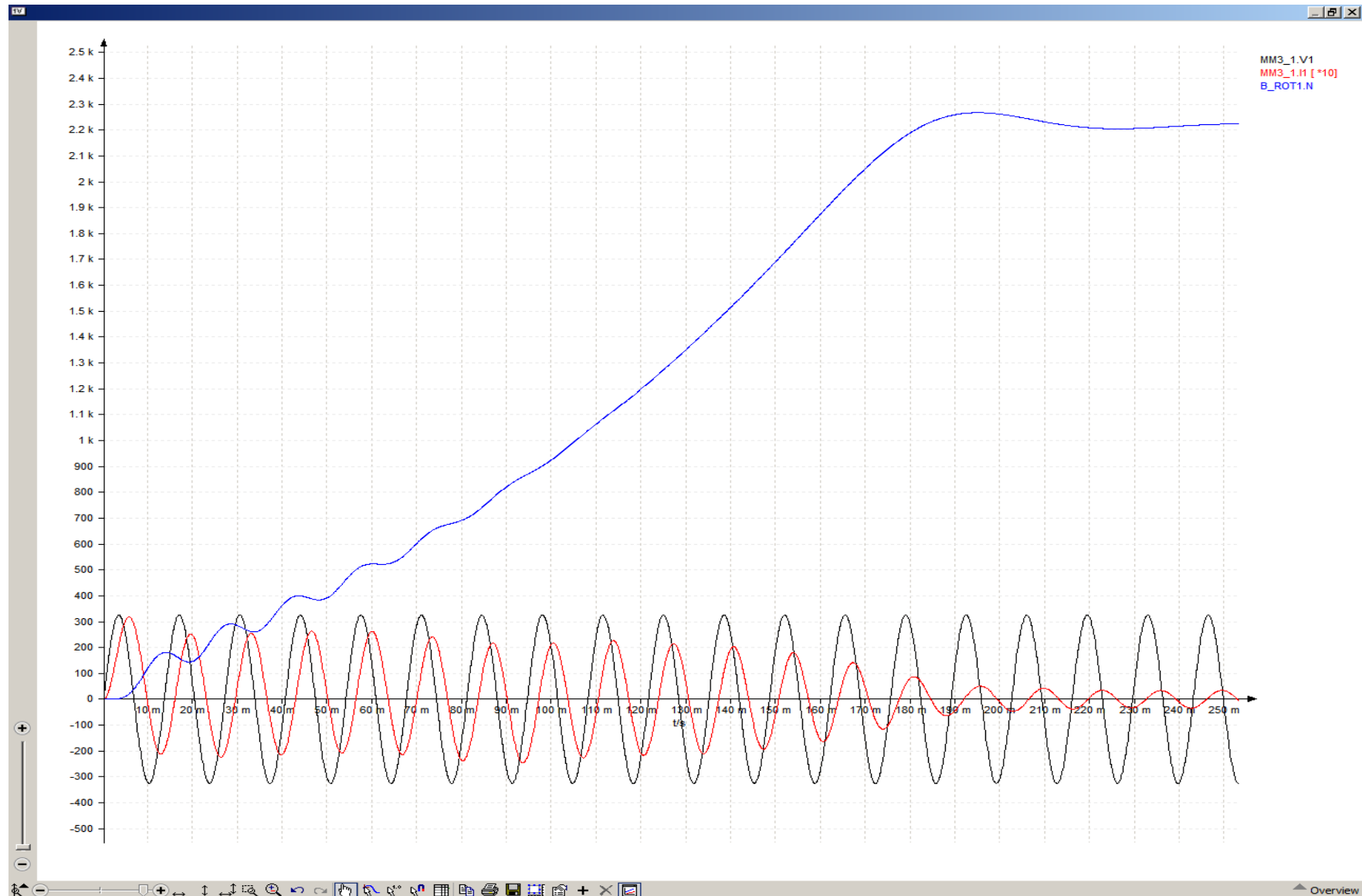
-Periodo calculado: 13,4952766ms
-Corriente pico a pico: 3,408A
-Corriente de arranque: 31,8385A
-Velocidad del rotor: 2220,84rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,004546s-4,00135s =85,256496° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 74,1 \text{ Hz}}{2} = 2223 \text{ rpm} \quad S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{2223 - 2220,84}{2223} \cdot 100 = 0,097166\%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 43 -Frecuencia de alimentacion 75Hz-

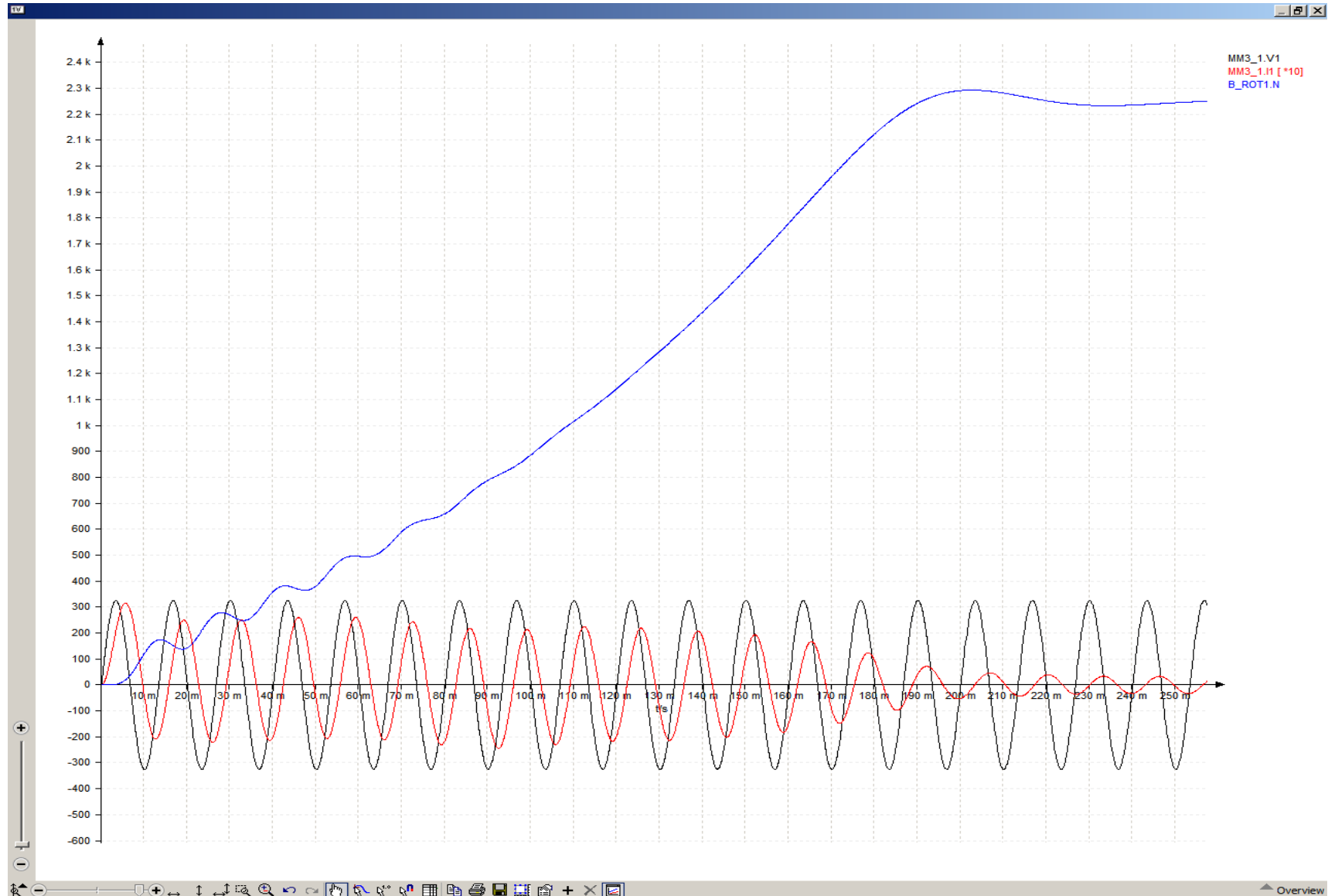
-Periodo calculado: 13,333333ms
-Corriente pico a pico: 3,368A
-Corriente de arranque: 31,606A
-Velocidad del rotor: 2247,74rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,009820775s-4,00666657s = 85,163548° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 75 \text{ Hz}}{2} = 2250 \text{ rpm} \quad S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{2250 - 2247,74}{2250} \cdot 100 = 0,1004444 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 44 -Frecuencia de alimentacion 75,9Hz-

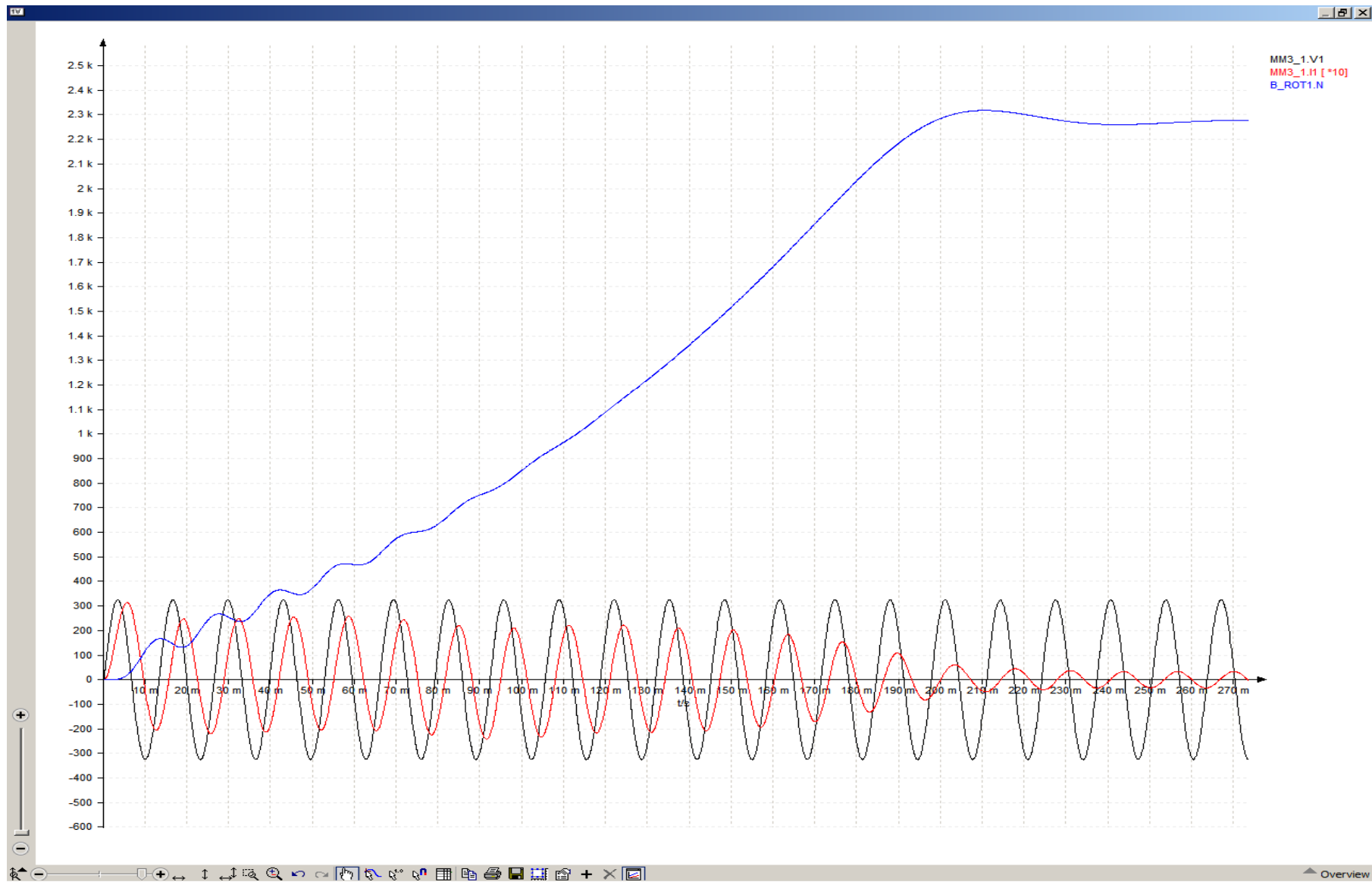
-Periodo calculado: 13,175230ms
-Corriente pico a pico: 3,3267A
-Corriente de arranque: 31,3733A
-Velocidad del rotor: 2274,62rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,00179466s - 3,9986825s = 85,03666^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 75,9 \text{ Hz}}{2} = 2277 \text{ rpm} \quad S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{2277 - 2274,62}{2277} \cdot 100 = 0,1045235 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 45 -Frecuencia de alimentacion 76,785Hz-

-Periodo calculado: 13,02337696ms

-Corriente pico a pico: 3,29A

-Corriente de arranque: 31,1498A

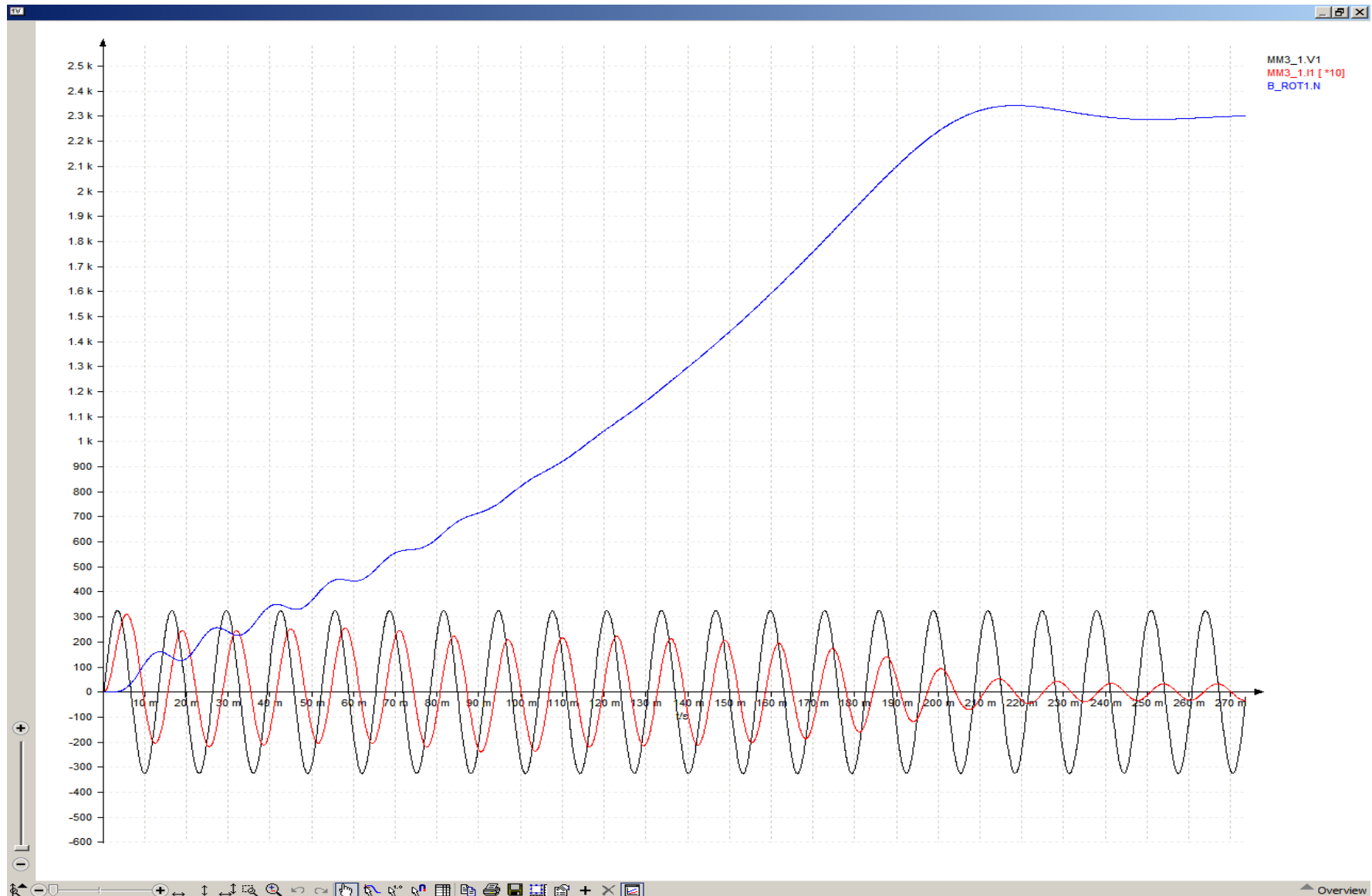
-Velocidad del rotor: 2301,06rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,07761425s - 4,0046884s = 84,9464008^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 76,785 \text{ Hz}}{2} = 2303,55 \text{ rpm}$$
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{2303,55 - 2301,06}{2303,55} \cdot 100 = 0,108094028 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 46 -Frecuencia de alimentacion 77,685Hz-

-Periodo calculado: 12,872498ms

-Corriente pico a pico: 3,25A

-Corriente de arranque: 30,93A

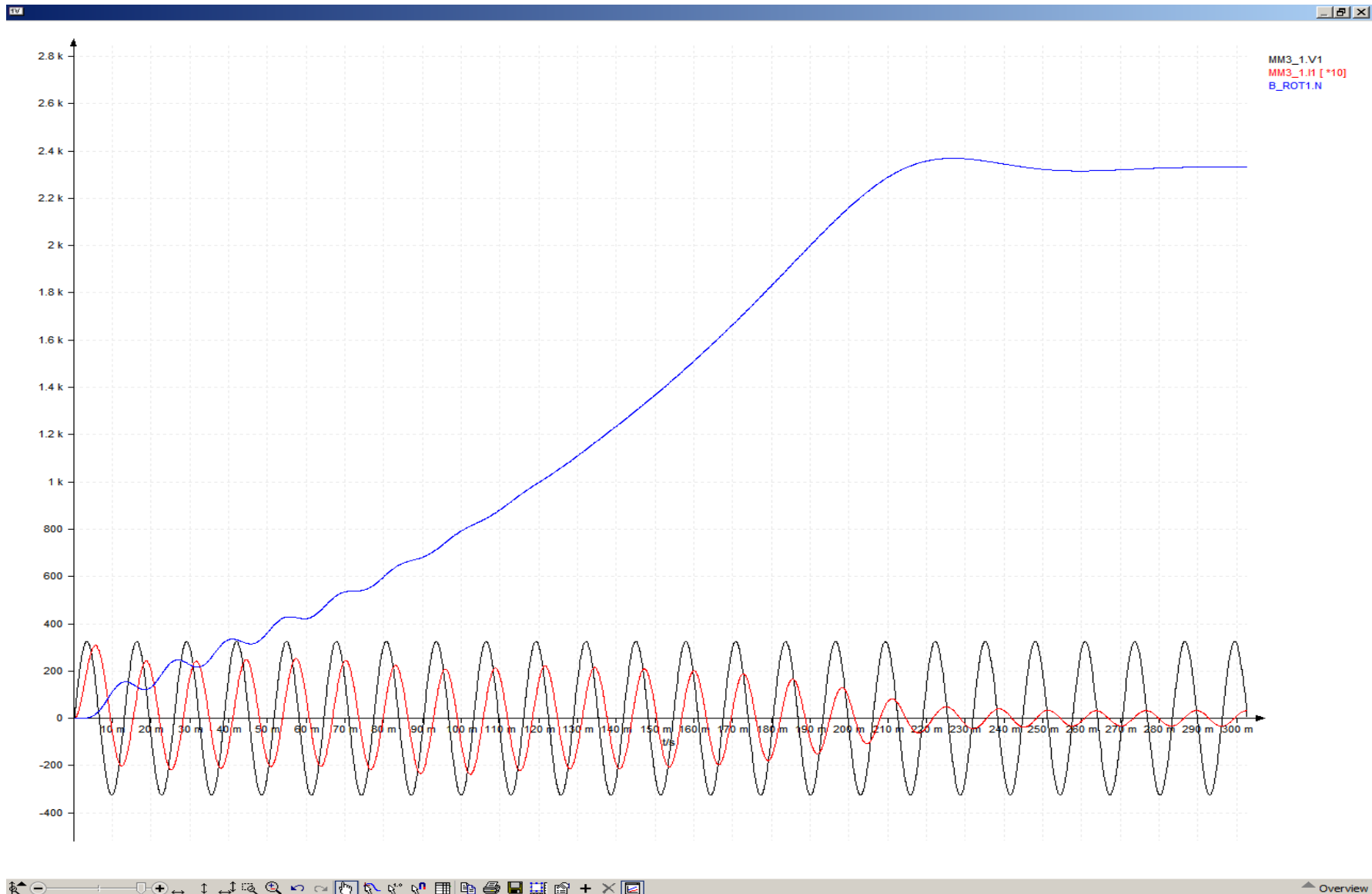
-Velocidad del rotor: 2327,95rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension:4,0128168s-4,009783s =84,5464045° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 77,685 \text{ Hz}}{2} = 2330,55 \text{ rpm}$$
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{2330,55 - 2327,95}{2330,55} \cdot 100 = 0,11156164 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 47 -Frecuencia de alimentacion 80,355Hz-

-Periodo calculado: 12,444776ms

-Corriente pico a pico: 3,145A

-Corriente de arranque: 30,28A

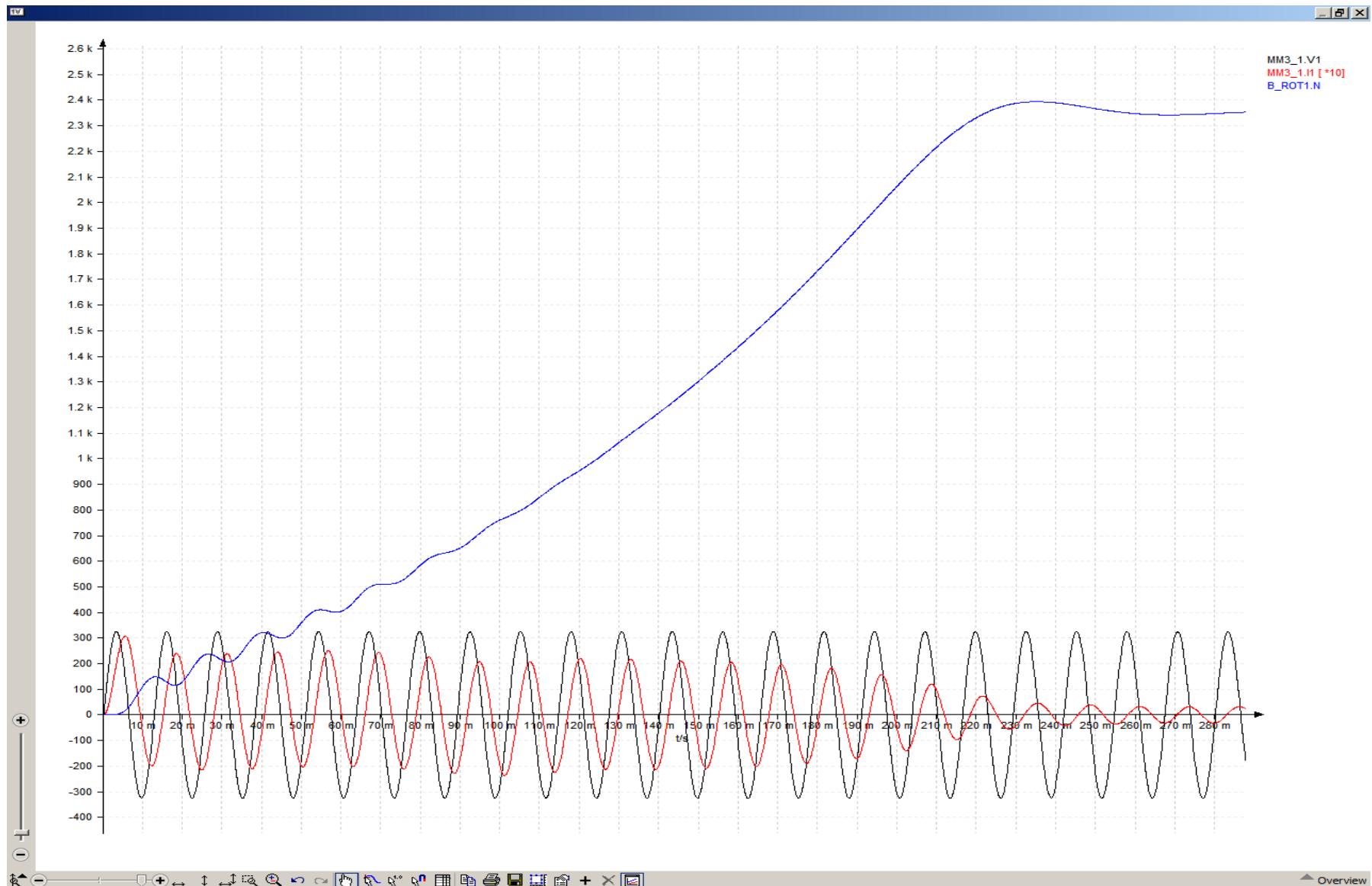
-Velocidad del rotor: 2407,68rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,003918045s - 4,0009956s = 84,53990447^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 80,355 \text{ Hz}}{2} = 2410,65 \text{ rpm}$$
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{2410,65 - 2407,68}{2410,65} \cdot 100 = 0,1232033\%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 48 -Frecuencia de alimentacion 81,255Hz-

-Periodo calculado: 12,306935ms

-Corriente pico a pico: 3,1114A

-Corriente de arranque: 30,067A

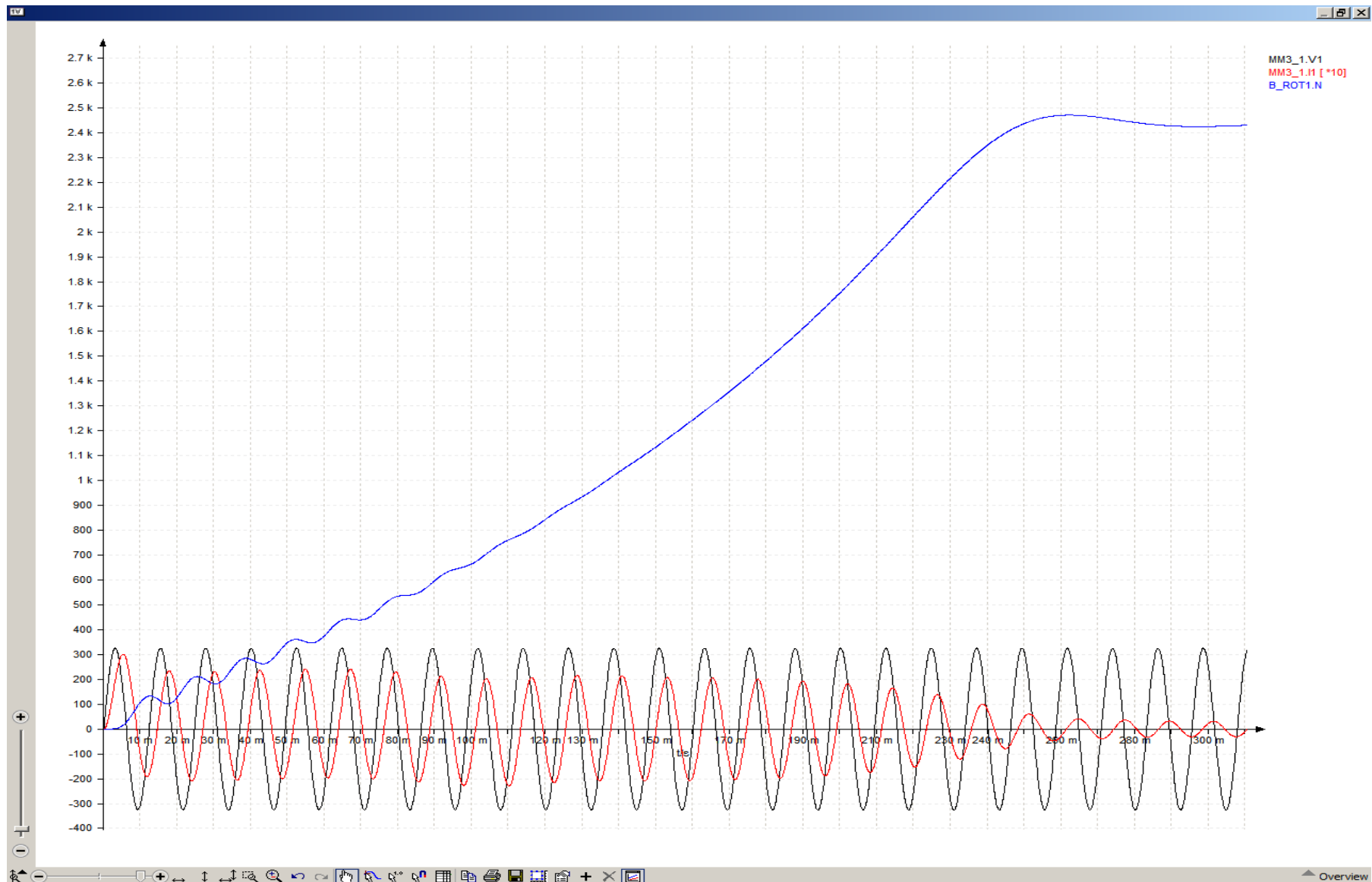
-Velocidad del rotor: 2434,57rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,00879424s-4,0059073s =84,4481912° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 81,255 \text{ Hz}}{2} = 2437,65 \text{ rpm}$$
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{2437,65 - 2434,57}{2437,65} \cdot 100 = 0,1263512 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 49 -Frecuencia de alimentacion 82,14Hz-

-Periodo calculado: 12,1743365ms

-Corriente pico a pico: 3,078A

-Corriente de arranque: 29,86A

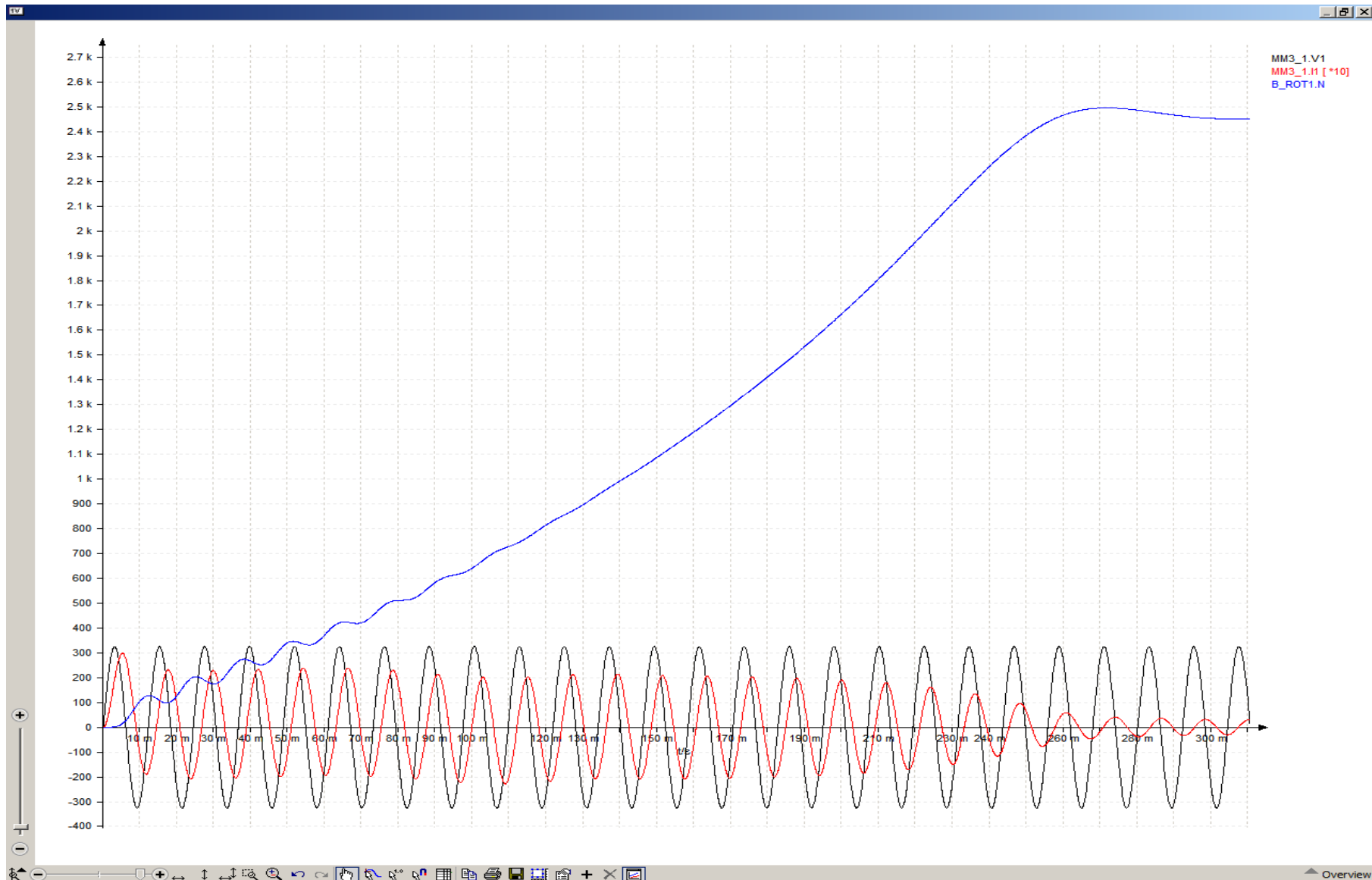
-Velocidad del rotor: 2460,98rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension:4,0021212s-3,99927s =84,3111244° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 82,14 \text{ Hz}}{2} = 2464,2 \text{ rpm}$$
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{2464,2 - 2460,98}{2464,2} \cdot 100 = 0,1306712 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 50 -Frecuencia de alimentacion 83,04Hz-

-Periodo calculado: 12,042389ms

-Corriente pico a pico: 3,045A

-Corriente de arranque: 29,655A

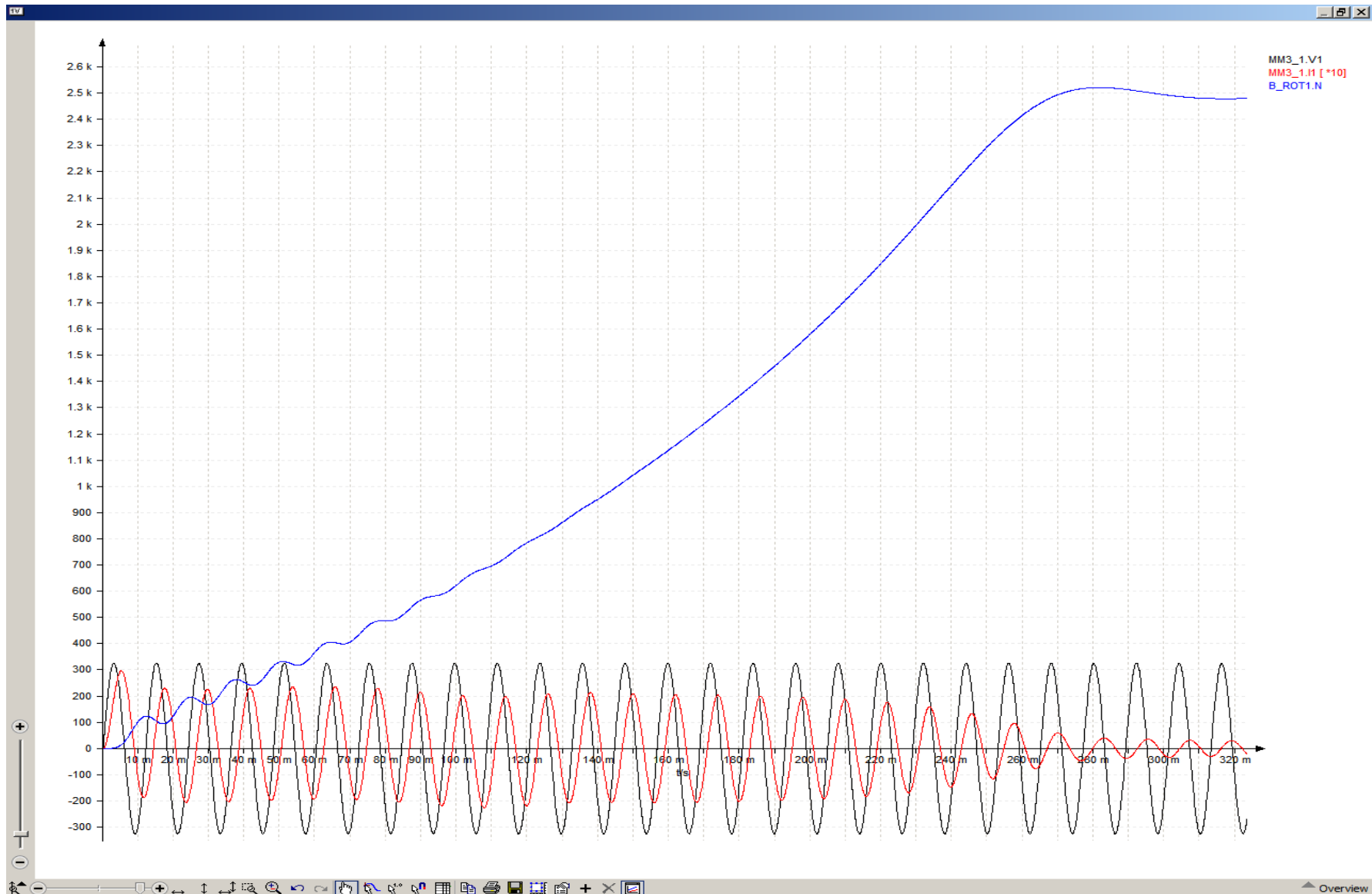
-Velocidad del rotor: 2487,84rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,0069116858s-4,004095s = 84,20313197° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 83,04 \text{ Hz}}{2} = 2491,2 \text{ rpm}$$
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{2491,2 - 2487,84}{2491,2} \cdot 100 = 0,13487476 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 51 -Frecuencia de alimentacion 83,925Hz-

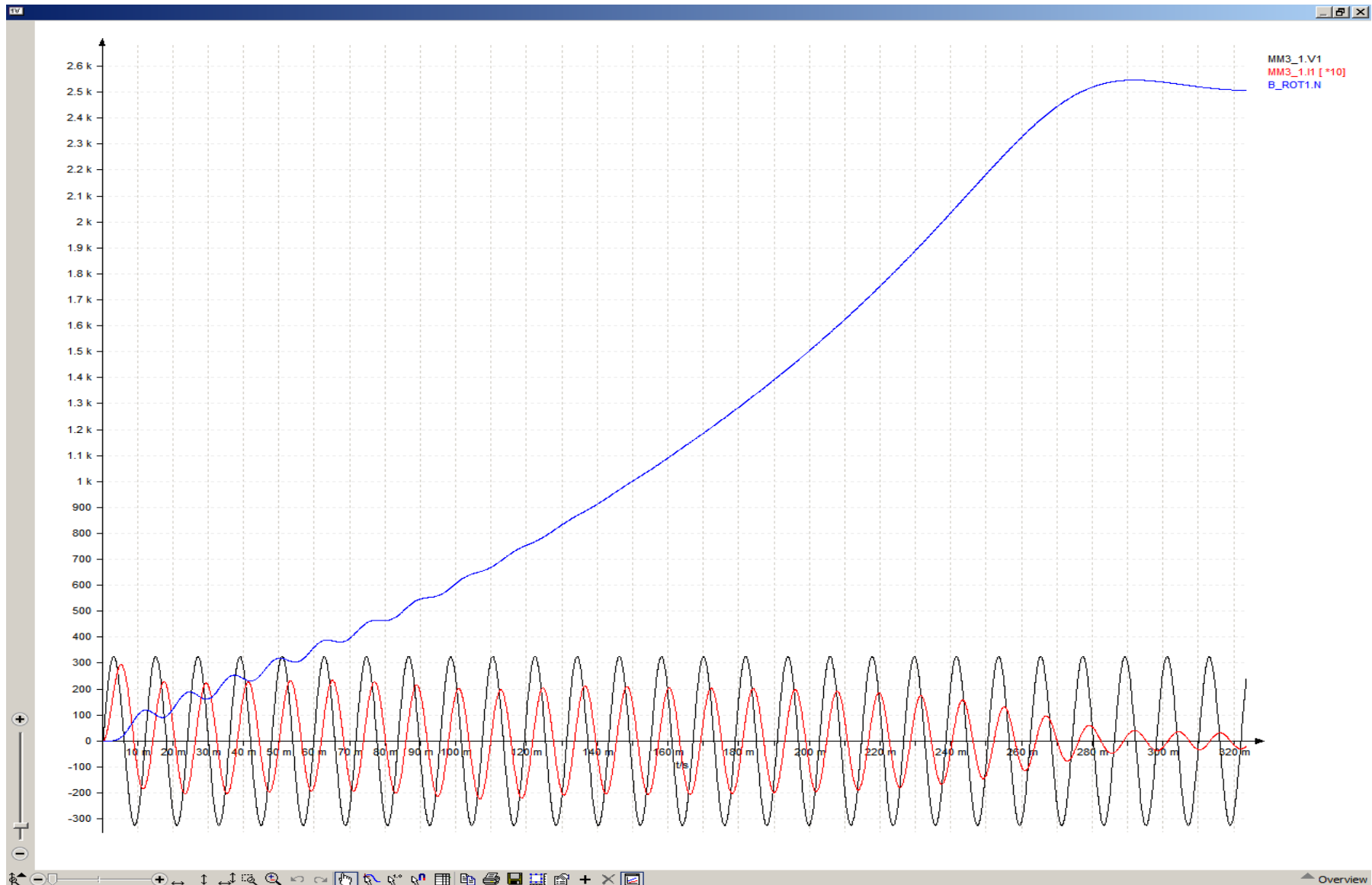
-Periodo calculado: 11,9154006ms
-Corriente pico a pico: 3,012A
-Corriente de arranque: 29,455A
-Velocidad del rotor: 2514,24rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension:4,012315057s-4,0095323s =84,07543724° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 83,925 \text{ Hz}}{2} = 2517,75 \text{ rpm}$$
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{2517,75 - 2514,24}{2517,75} \cdot 100 = 0,13941019 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 52 -Frecuencia de alimentacion 84,825Hz-

-Periodo calculado: 11,7889773ms

-Corriente pico a pico: 2,983A

-Corriente de arranque: 29,252A

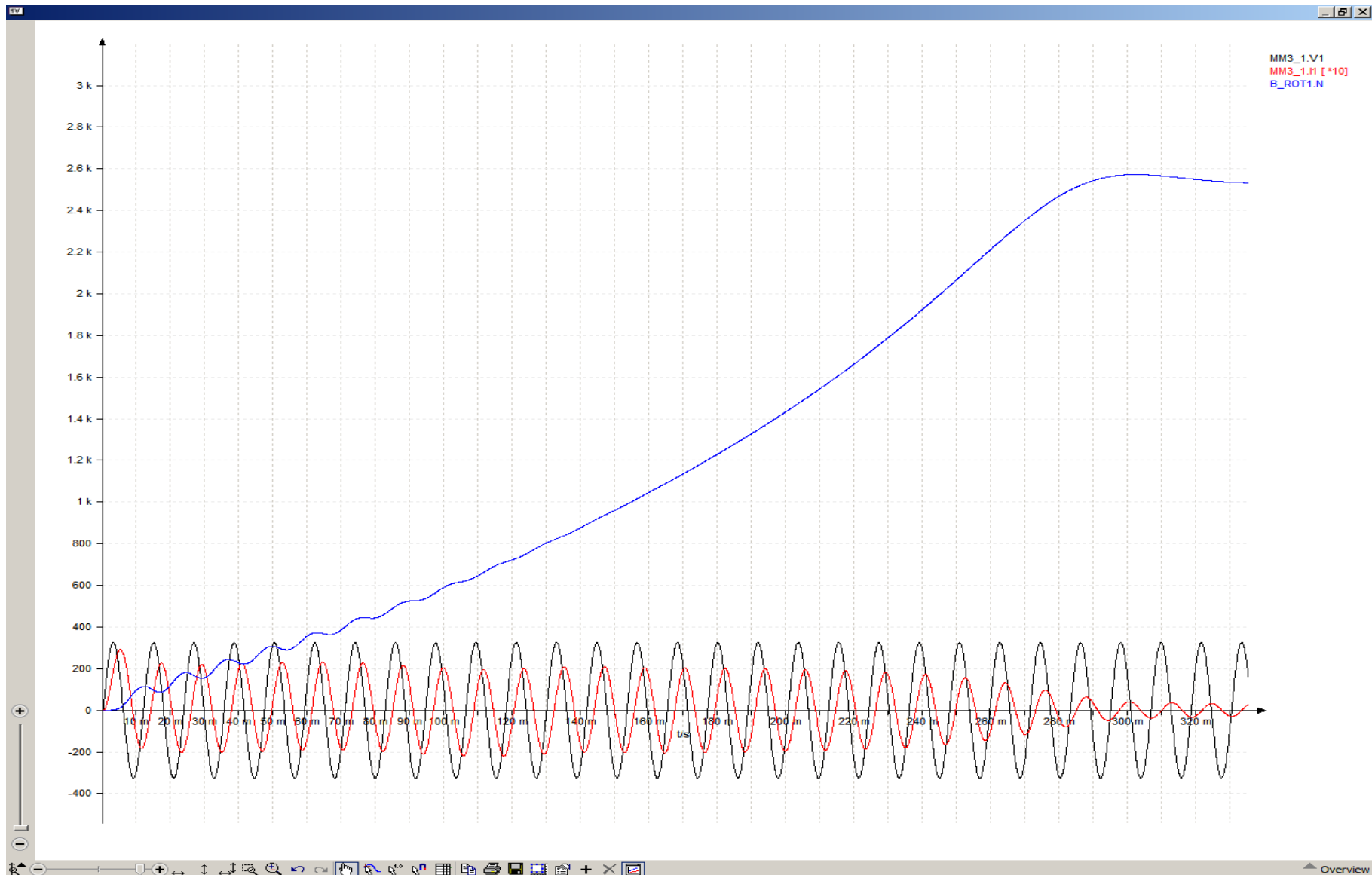
-Velocidad del rotor: 2541,14rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,00510815s-4,0023578s =83,987438° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 84,825 \text{ Hz}}{2} = 2544,75 \text{ rpm}$$
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{2544,75 - 2541,14}{2544,75} \cdot 100 = 0,1418607 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 53 -Frecuencia de alimentacion 85,71Hz-

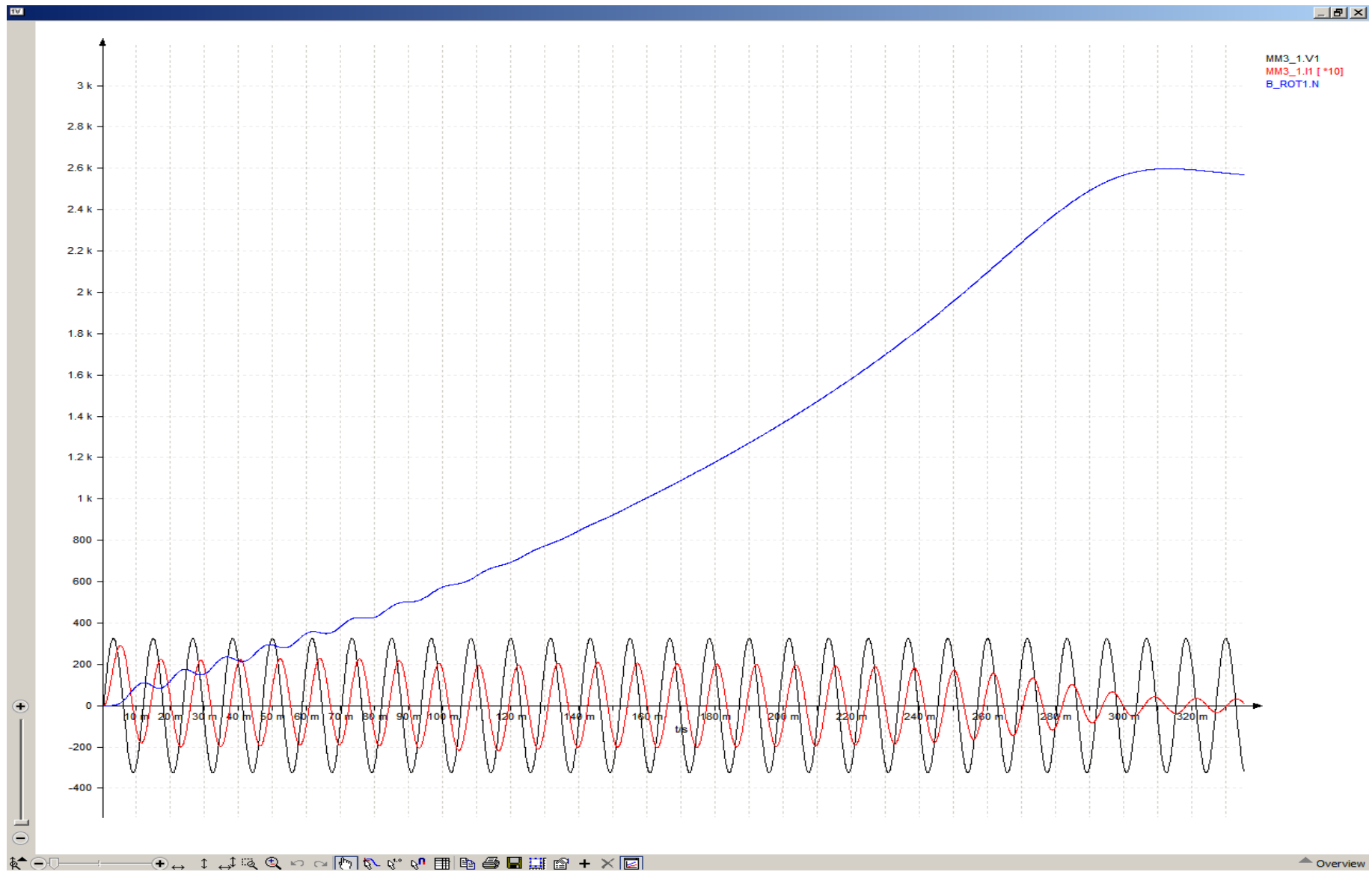
- Periodo calculado: 11,66725ms
- Corriente pico a pico: 2,953A
- Corriente de arranque: 29,06A
- Velocidad del rotor: 2567,47rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension:4,0104180505s-4,00770008s =83,864610° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 85,71 \text{ Hz}}{2} = 2571,3 \text{ rpm}$$
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{2571,3 - 2567,47}{2571,3} \cdot 100 = 0,14895189 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 54 -Frecuencia de alimentacion 87,495Hz-

-Periodo calculado: 11,4292245ms

-Corriente pico a pico: 2,8933A

-Corriente de arranque: 28,68A

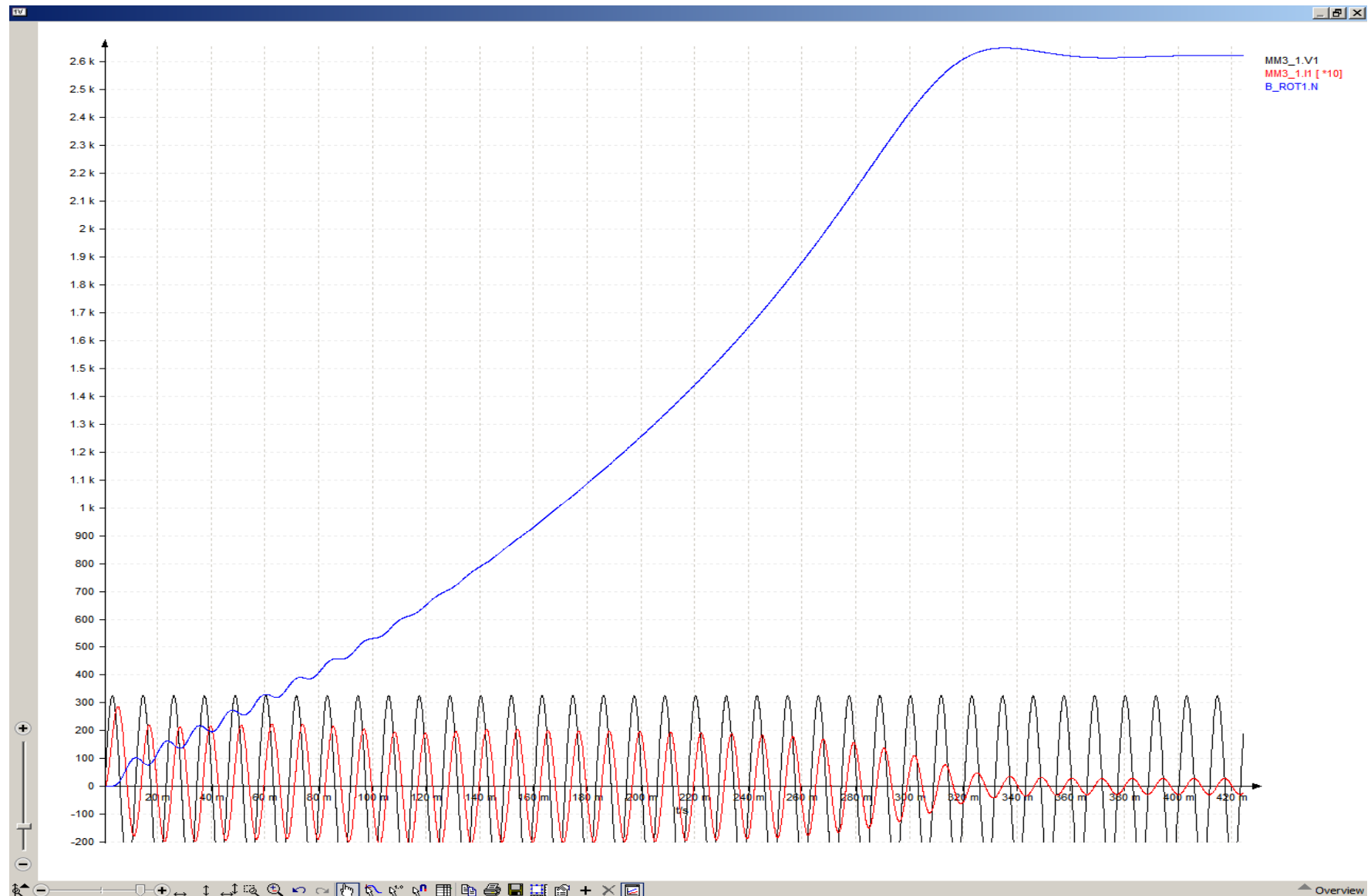
-Velocidad del rotor: 2620,76rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,0085972s - 4,0059432s = 83,596223^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 87,495 \text{ Hz}}{2} = 2624,85 \text{ rpm}$$
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{2624,85 - 2620,76}{2624,85} \cdot 100 = 0,15581843 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 55 -Frecuencia de alimentacion 88,4Hz-

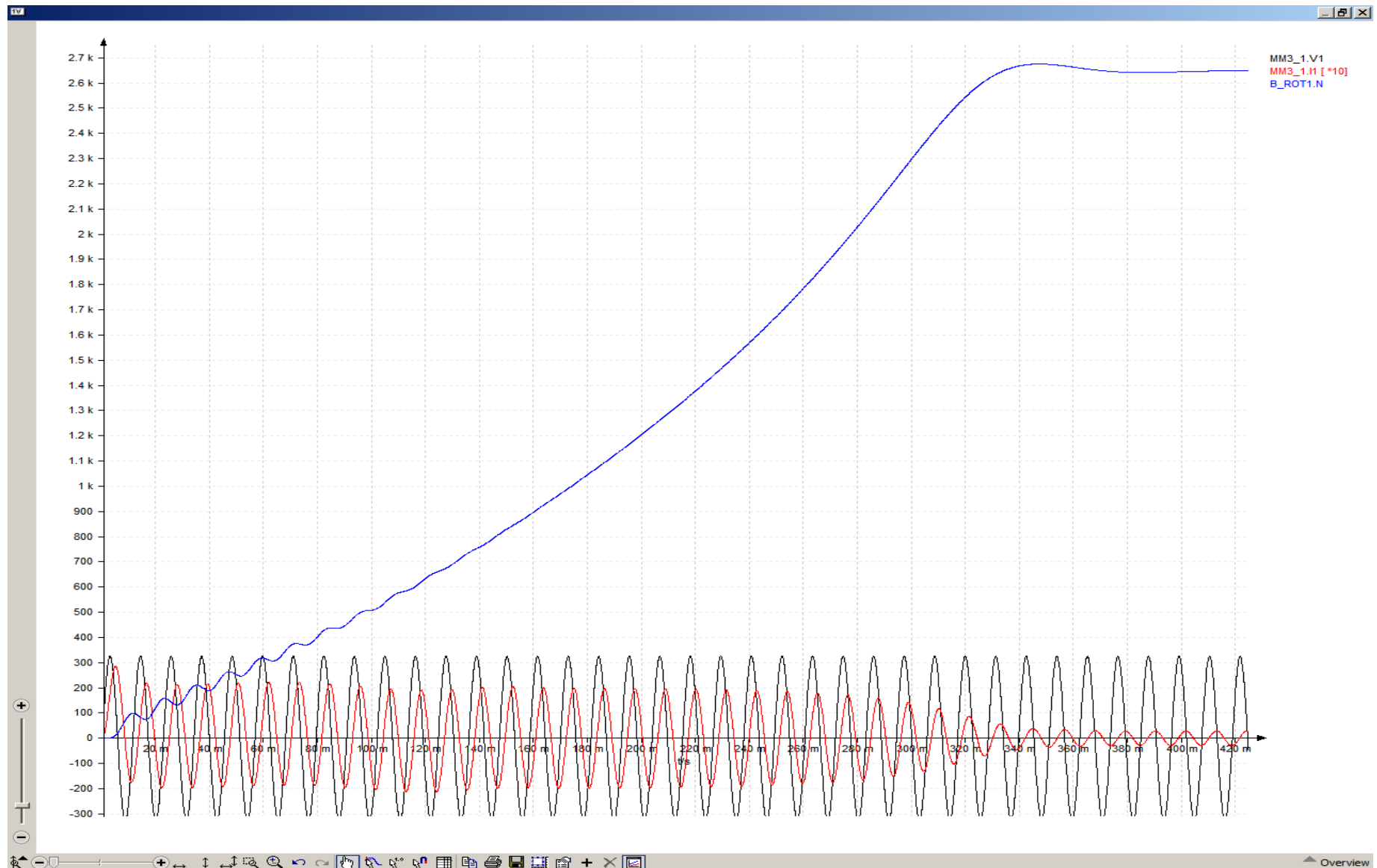
-Periodo calculado: 11,3122172ms
-Corriente pico a pico: 2,8617A
-Corriente de arranque: 28,481A
-Velocidad del rotor: 2647,64rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension:4,0017169164s-3,999095s =83,439867° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 88,4 \text{ Hz}}{2} = 2652 \text{ rpm}$$
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{2652 - 2647,64}{2652} \cdot 100 = 0,16440422 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 56 -Frecuencia de alimentacion 89,28Hz-

-Periodo calculado: 11,2007168ms

-Corriente pico a pico: 2,839A

-Corriente de arranque: 28,3A

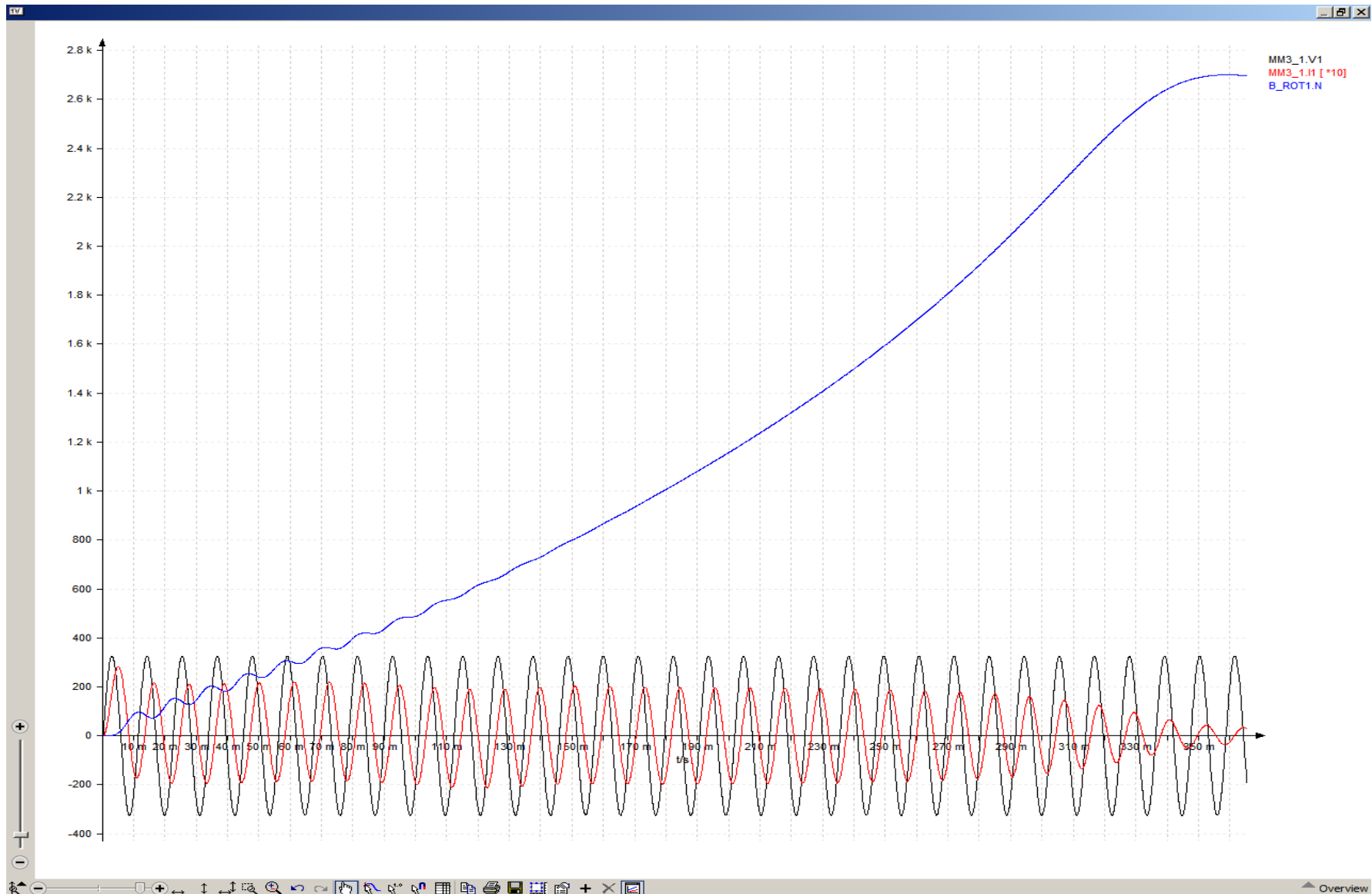
-Velocidad del rotor: 2673,98rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension:4,00684976s-4,004256255s =83,357325° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 89,28 \text{ Hz}}{2} = 2678,4 \text{ rpm}$$
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{2678,4 - 2673,98}{2678,4} \cdot 100 = 0,1650239 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 57 -Frecuencia de alimentacion 90,18Hz-

-Periodo calculado: 11,088933ms

-Corriente pico a pico: 2,81035A

-Corriente de arranque: 28,113A

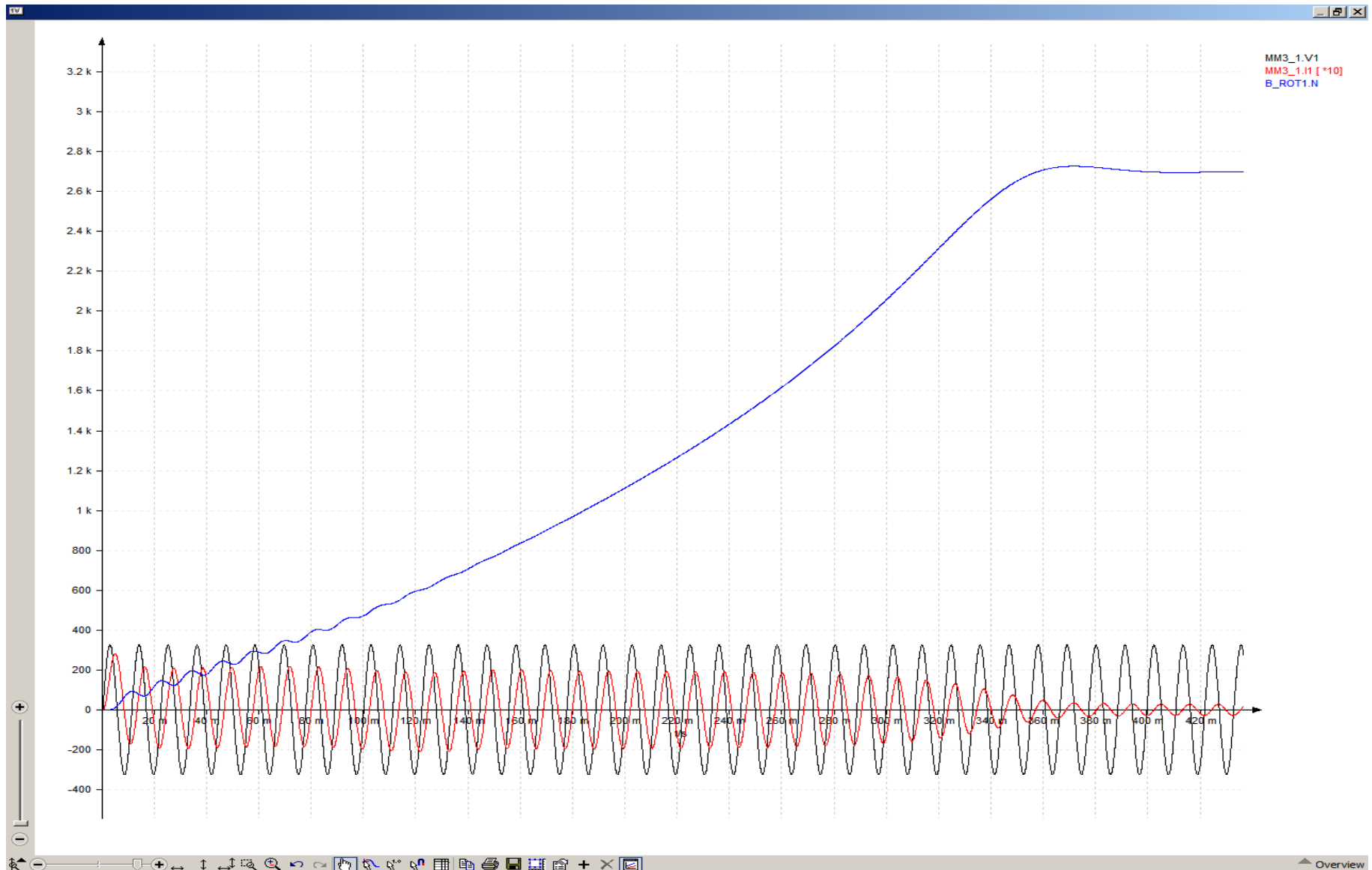
-Velocidad del rotor: 2700,82rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension:4,00012259s-3,99756038s =83,181635° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 90,18 \text{ Hz}}{2} = 2705,4 \text{ rpm}$$
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{2705,4 - 2700,82}{2705,4} \cdot 100 = 0,16929105 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 58 -Frecuencia de alimentacion 91,065Hz-

-Periodo calculado: 10,9811672ms

-Corriente pico a pico: 2,7843A

-Corriente de arranque: 27,93A

-Velocidad del rotor: 2727,19rpm

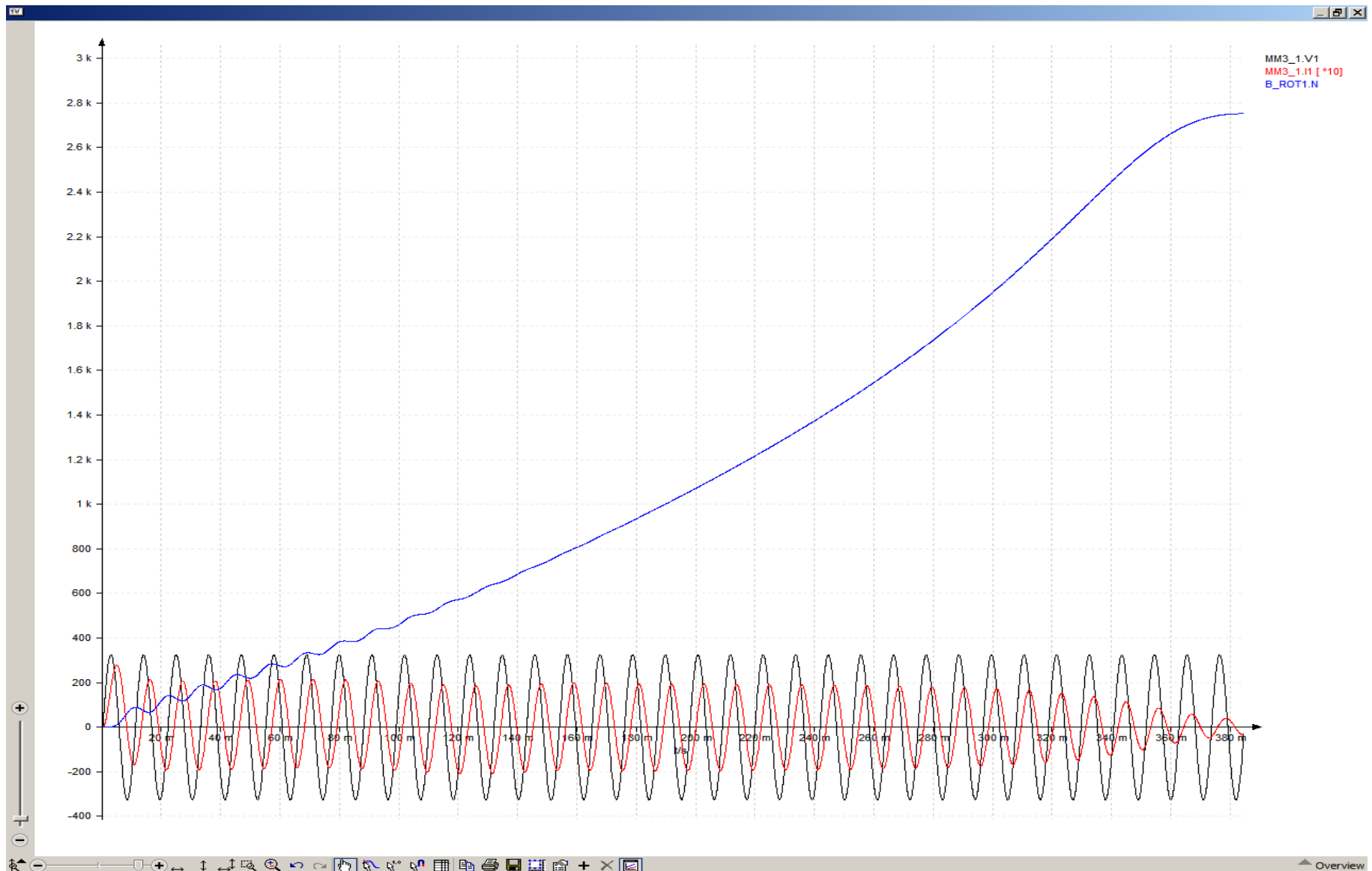
-RP Desfase Intensidad-Tension:4,0051681s-4,0026355s =83,02723884° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 91,065 \text{ Hz}}{2} = 2731,95 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{2731,95 - 2727,19}{2731,95} \cdot 100 = 0,17423452 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 59 -Frecuencia de alimentacion 91,965Hz-

-Periodo calculado: 10,873702ms

-Corriente pico a pico: 2,757A

-Corriente de arranque: 27,7514A

-Velocidad del rotor: 2754,05rpm

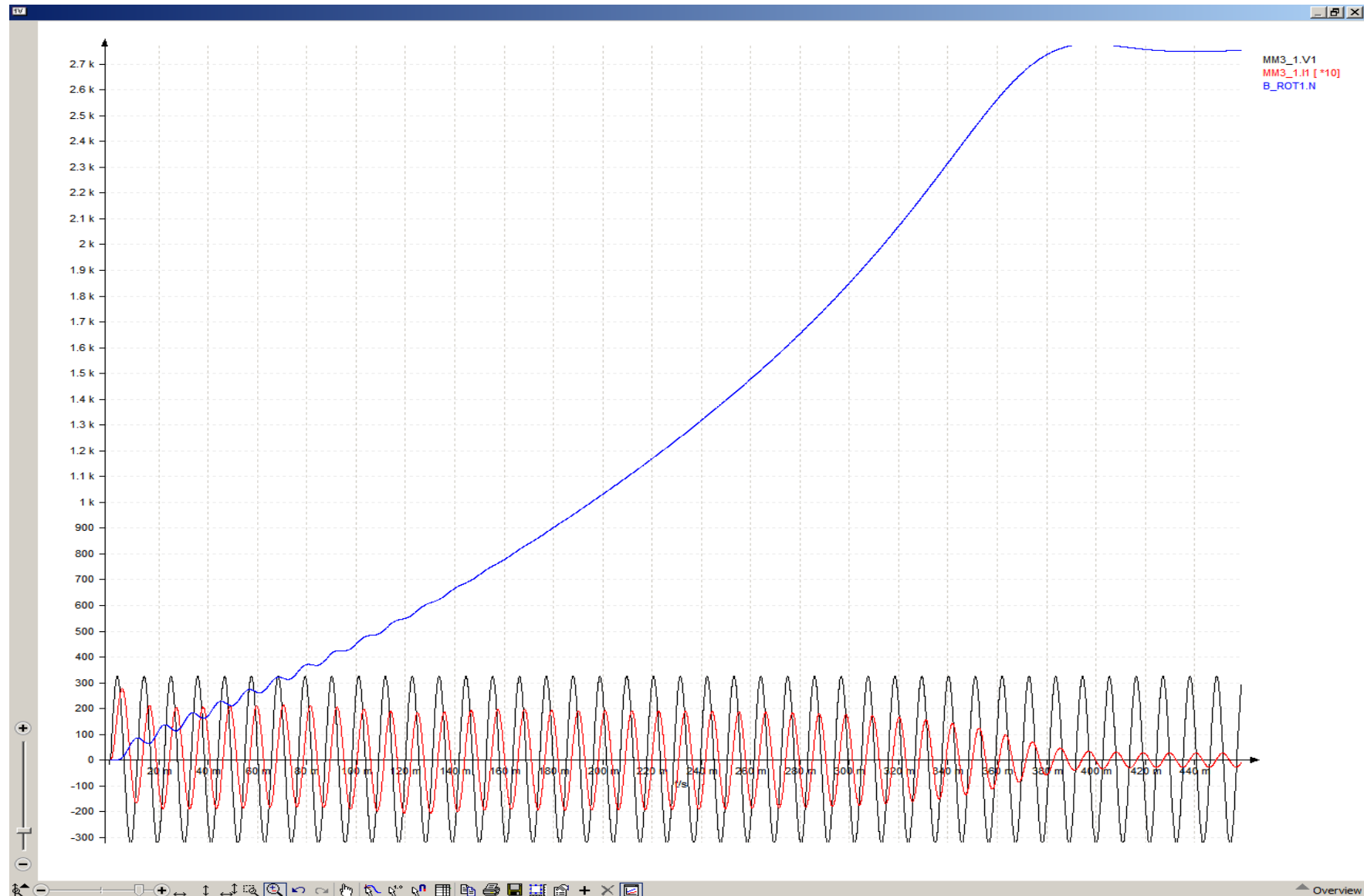
-RP Desfase Intensidad-Tension:4,0094629s-4,00695914s =82,8929838° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 91,965 \text{ Hz}}{2} = 2758,95 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{2758,95 - 2754,05}{2758,95} \cdot 100 = 0,177603798\%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 60 -Frecuencia de alimentacion 92,85Hz-

-Periodo calculado: 10,77006ms
-Corriente pico a pico: 2,73115A
-Corriente de arranque: 27,5725A
-Velocidad del rotor: 2780,43rpm

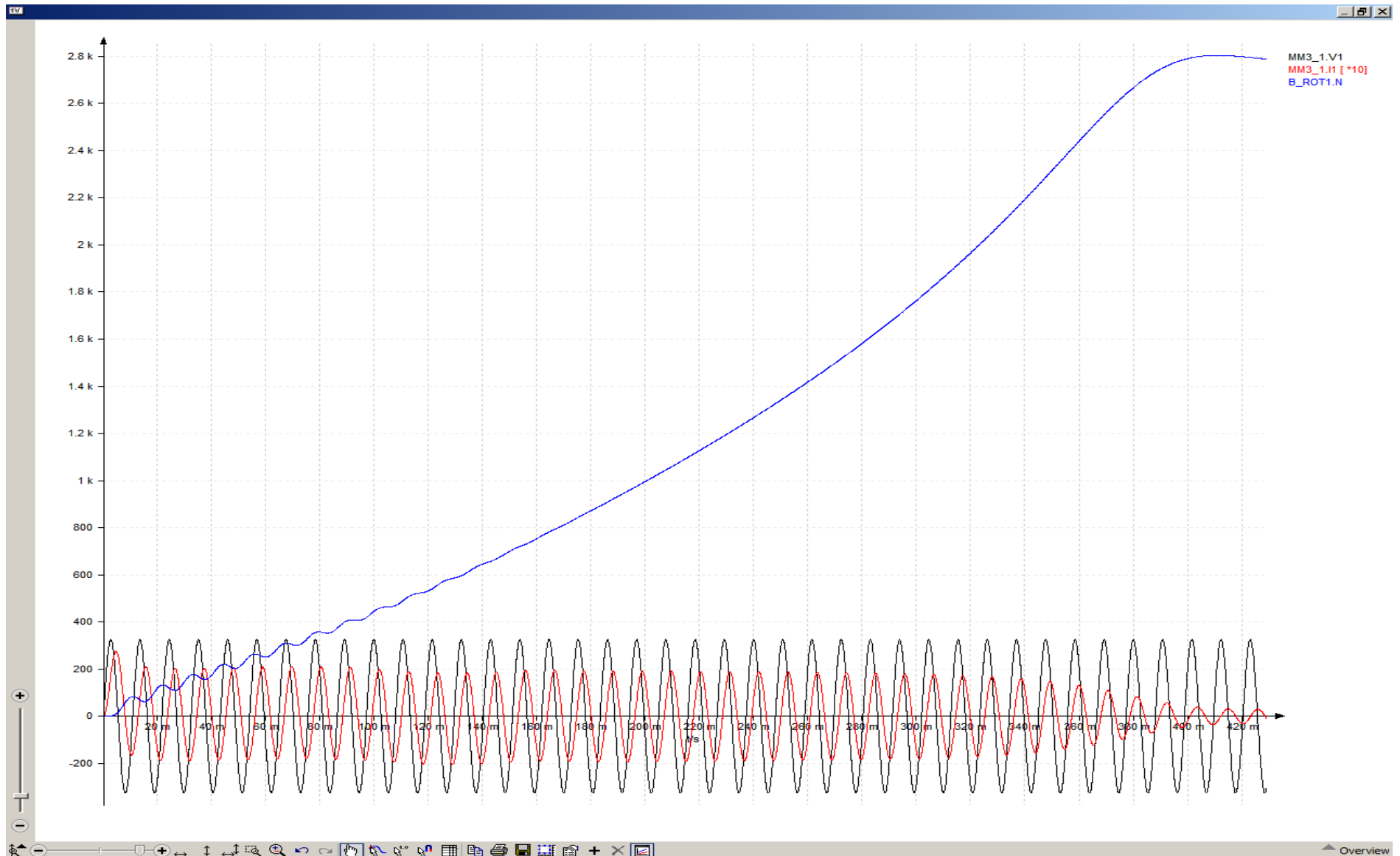
-RP Desfase Intensidad-Tension:4,00355114106s-4,00107688s =82,70465° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 92,85 \text{ Hz}}{2} = 2785,5 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{2785,5 - 2780,43}{2785,5} \cdot 100 = 0,182014 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 60 -Frecuencia de alimentacion 93,75Hz-

-Periodo calculado: 10,66667ms

-Corriente pico a pico: 2,707A

-Corriente de arranque: 27,396A

-Velocidad del rotor: 2807,21rpm

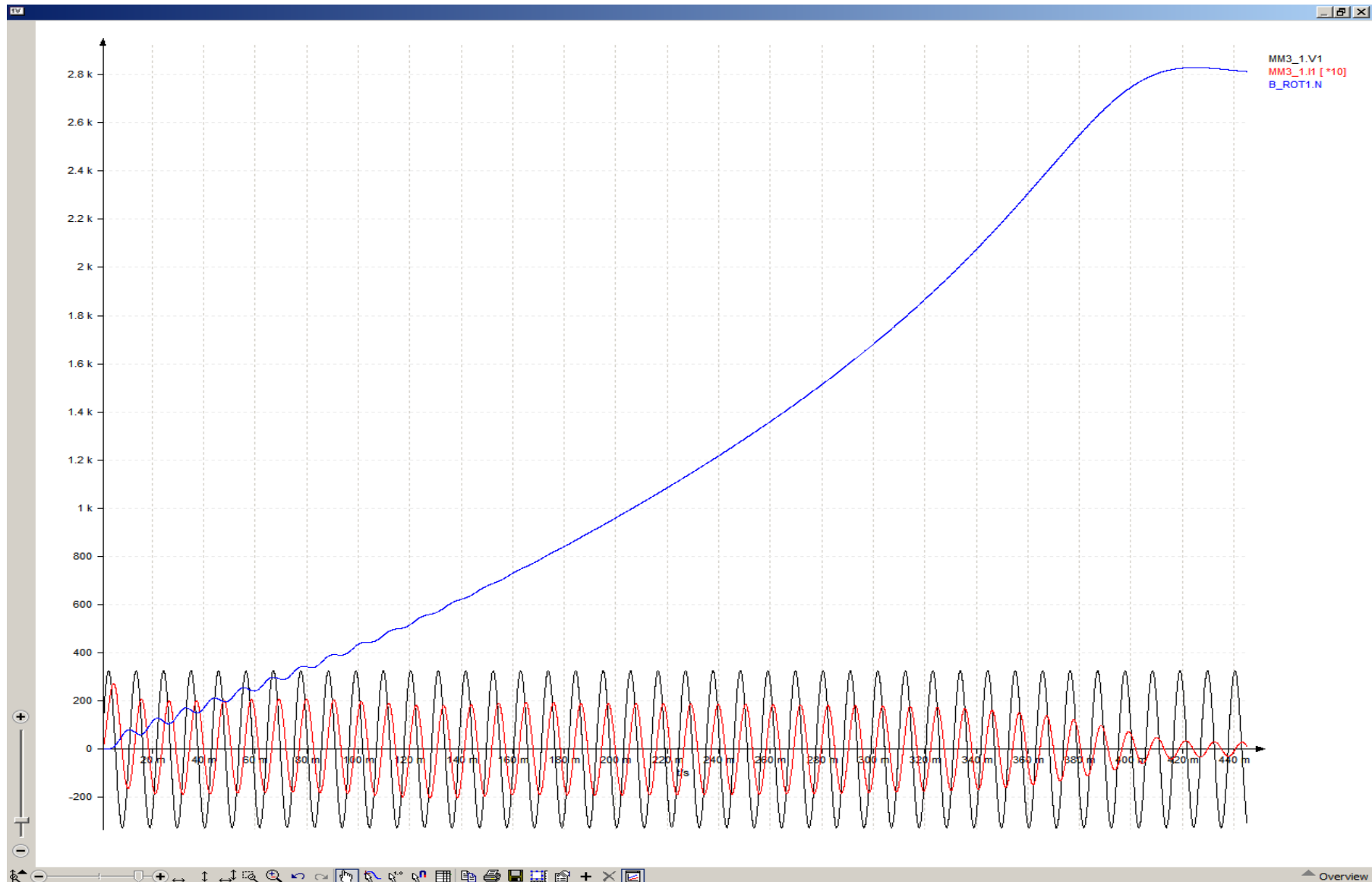
-RP Desfase Intensidad-Tension:4,0077796s-4,0053333s =82,562625° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 93,75 \text{ Hz}}{2} = 2812,5 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{2812,5 - 2807,21}{2812,5} \cdot 100 = 0,18808889 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 61 -Frecuencia de alimentacion 94,65Hz-

-Periodo calculado: 10,56524036ms
-Corriente pico a pico: 2,6822A
-Corriente de arranque: 27,2235A
-Velocidad del rotor: 2834,08rpm

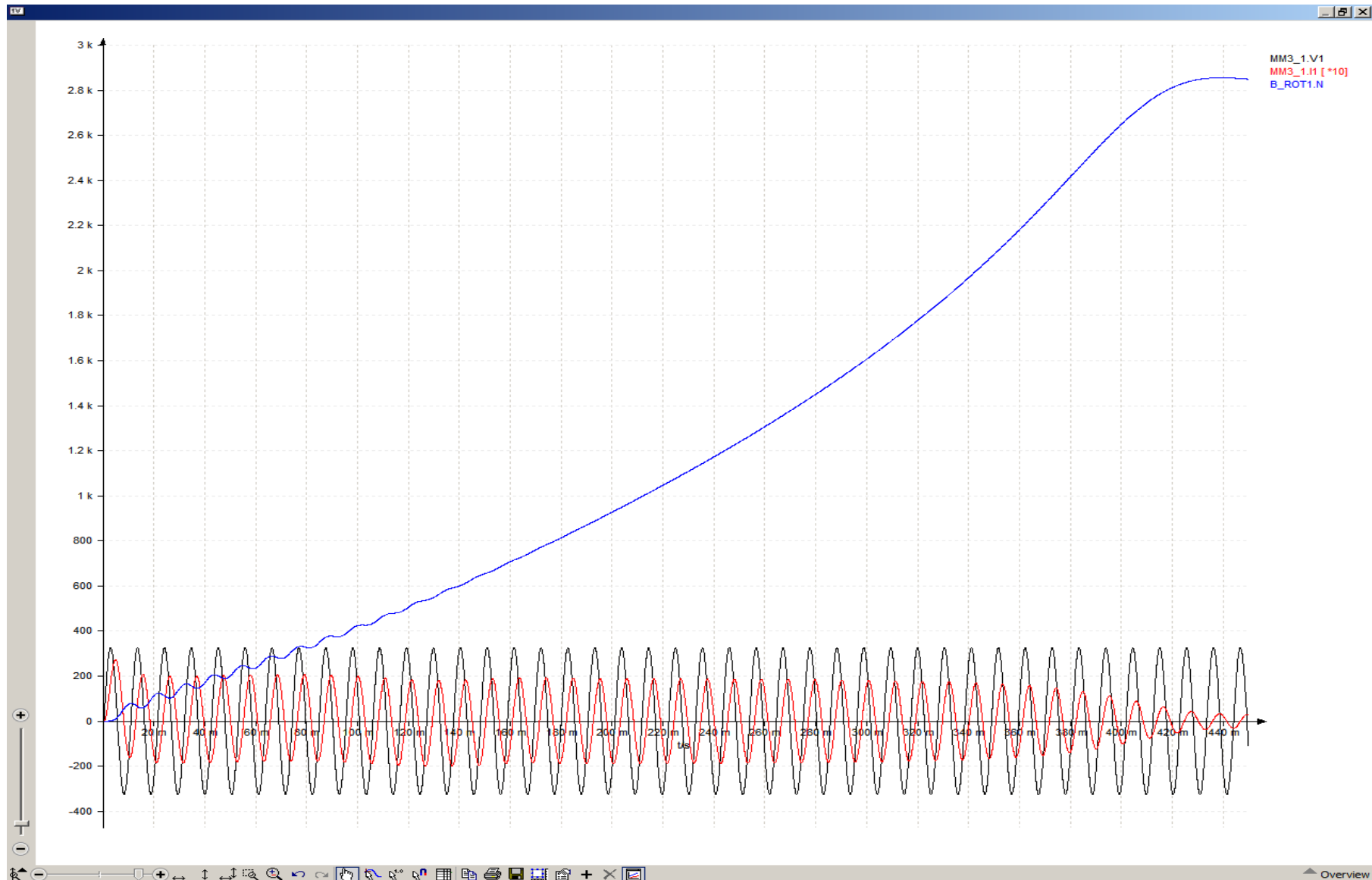
-RP Desfase Intensidad-Tension:4,001363015s-3,9989435s =82,44255411° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 94,65 \text{ Hz}}{2} = 2839,5 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{2839,5 - 2834,08}{2839,5} \cdot 100 = 0,19087867\%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 62 -Frecuencia de alimentacion 95,535Hz-

-Periodo calculado: 10,4673679ms

-Corriente pico a pico: 2,657A

-Corriente de arranque: 27,055A

-Velocidad del rotor: 2860,45rpm

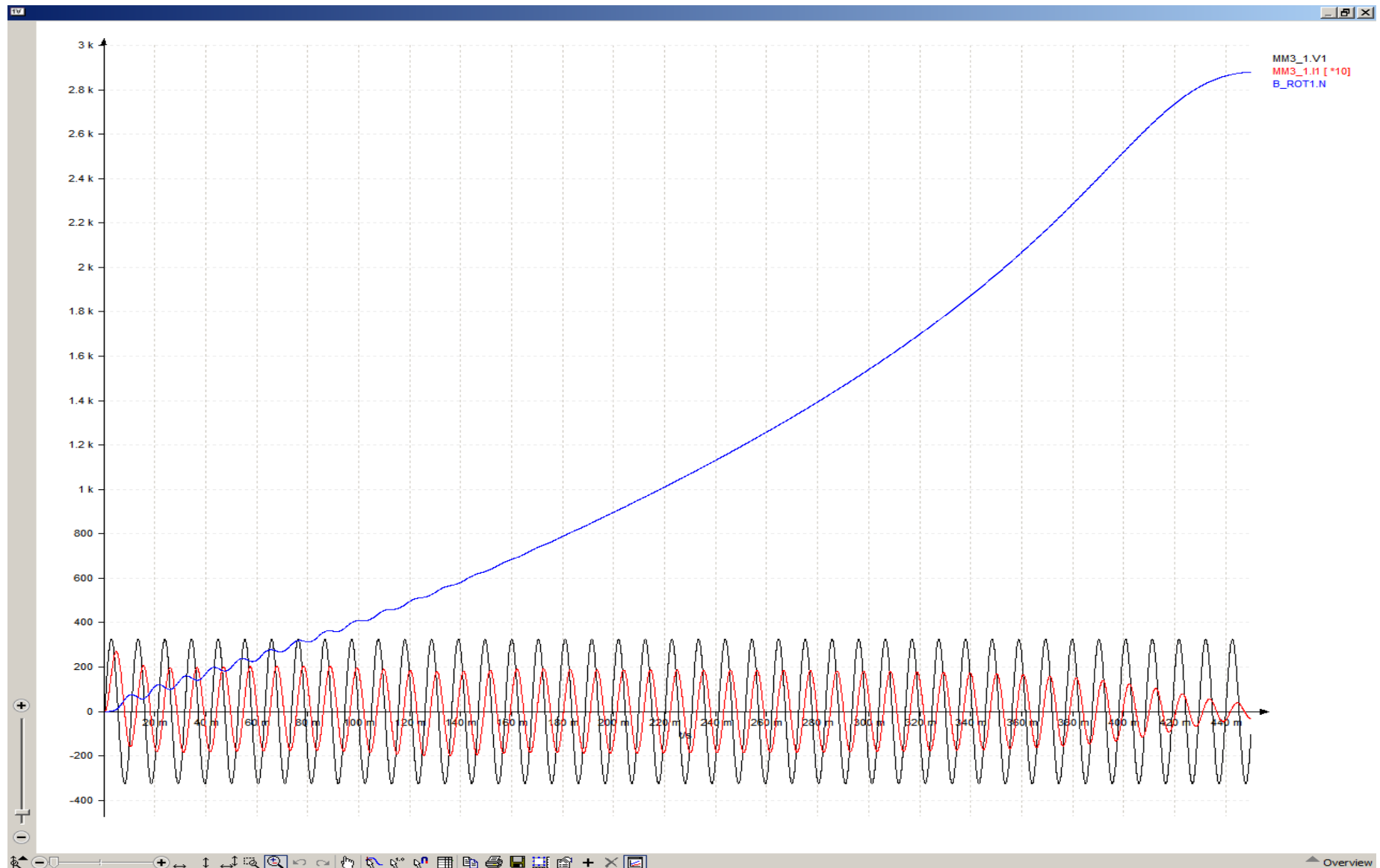
-RP Desfase Intensidad-Tension:4,0061602145s-4,00376816s =82,2689736° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 95,535 \text{ Hz}}{2} = 2866,05 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{2866,05 - 2834,08}{2866,05} \cdot 100 = 0,195390869 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 63 -Frecuencia de alimentacion 97,32Hz-

-Periodo calculado: 10,27538ms

-Corriente pico a pico: 2,612A

-Corriente de arranque: 26,72A

-Velocidad del rotor: 2913,59rpm

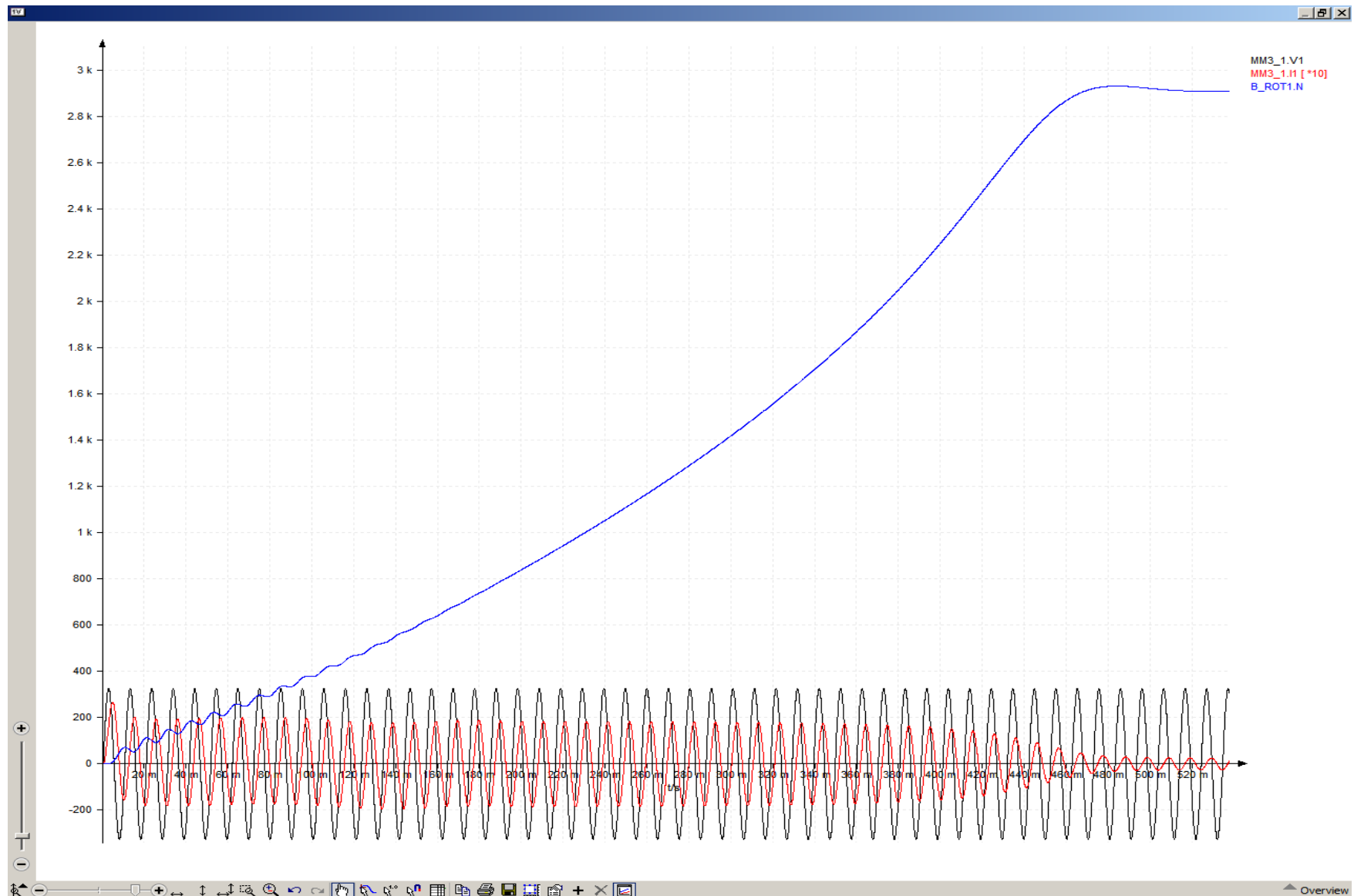
-RP Desfase Intensidad-Tension:4,0045986s-4,0022606s =81,9122976° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 97,32 \text{ Hz}}{2} = 2919,6 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{2919,6 - 2913,59}{2919,6} \cdot 100 = 0,20585012 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 64 -Frecuencia de alimentacion 98,22Hz-

-Periodo calculado: 10,1812258ms

-Corriente pico a pico: 2,587A

-Corriente de arranque: 26,55A

-Velocidad del rotor: 2940,4rpm

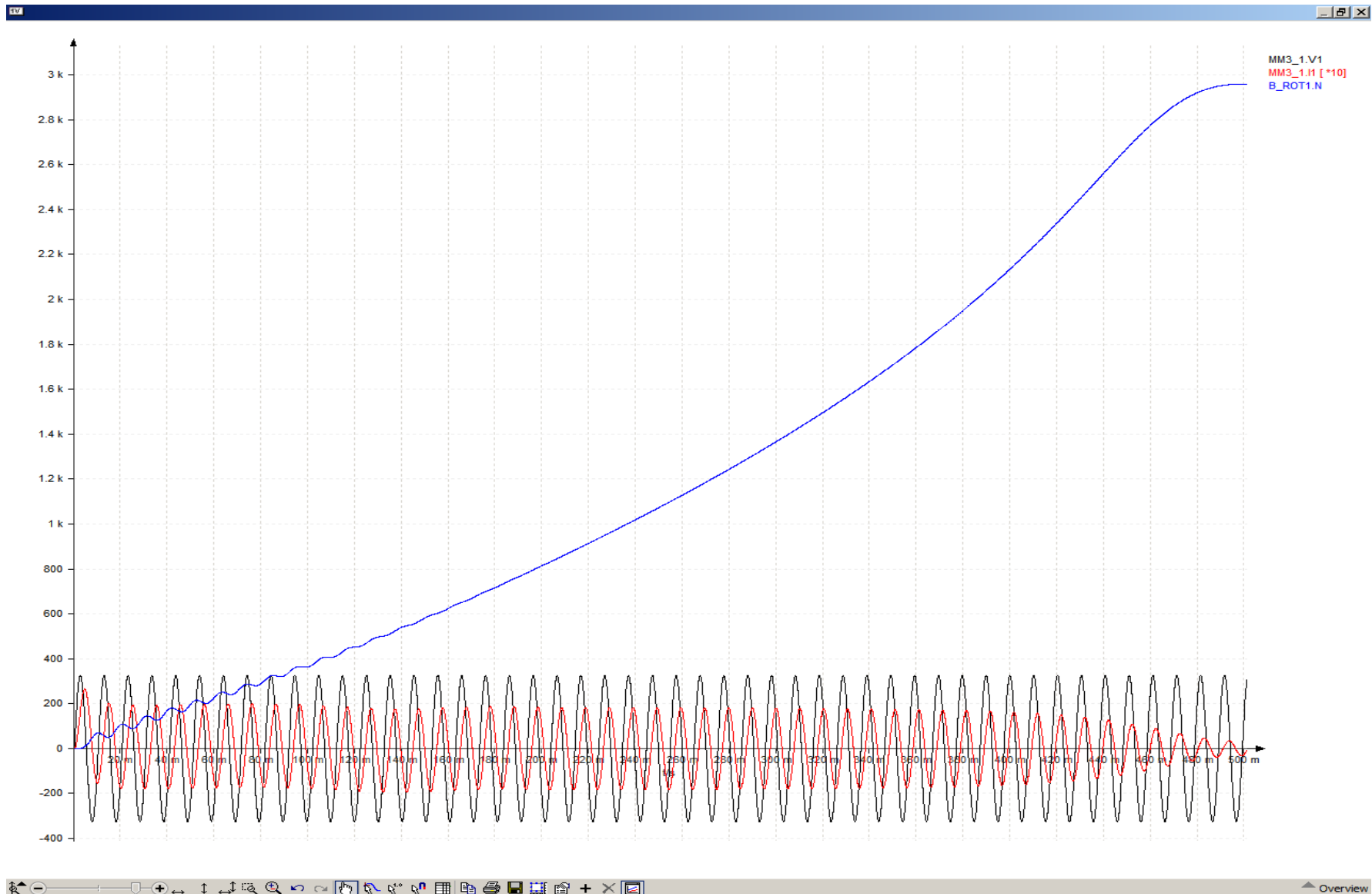
-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,00862419323s - 4,00631232s = 81,7459879^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 98,22 \text{ Hz}}{2} = 2946,6 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{2946,6 - 2940,4}{2946,6} \cdot 100 = 0,21041200 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 65 -Frecuencia de alimentacion 99,105Hz-

-Periodo calculado: 10,0090308ms

-Corriente pico a pico: 2,567A

-Corriente de arranque: 26,39A

-Velocidad del rotor: 2966,72rpm

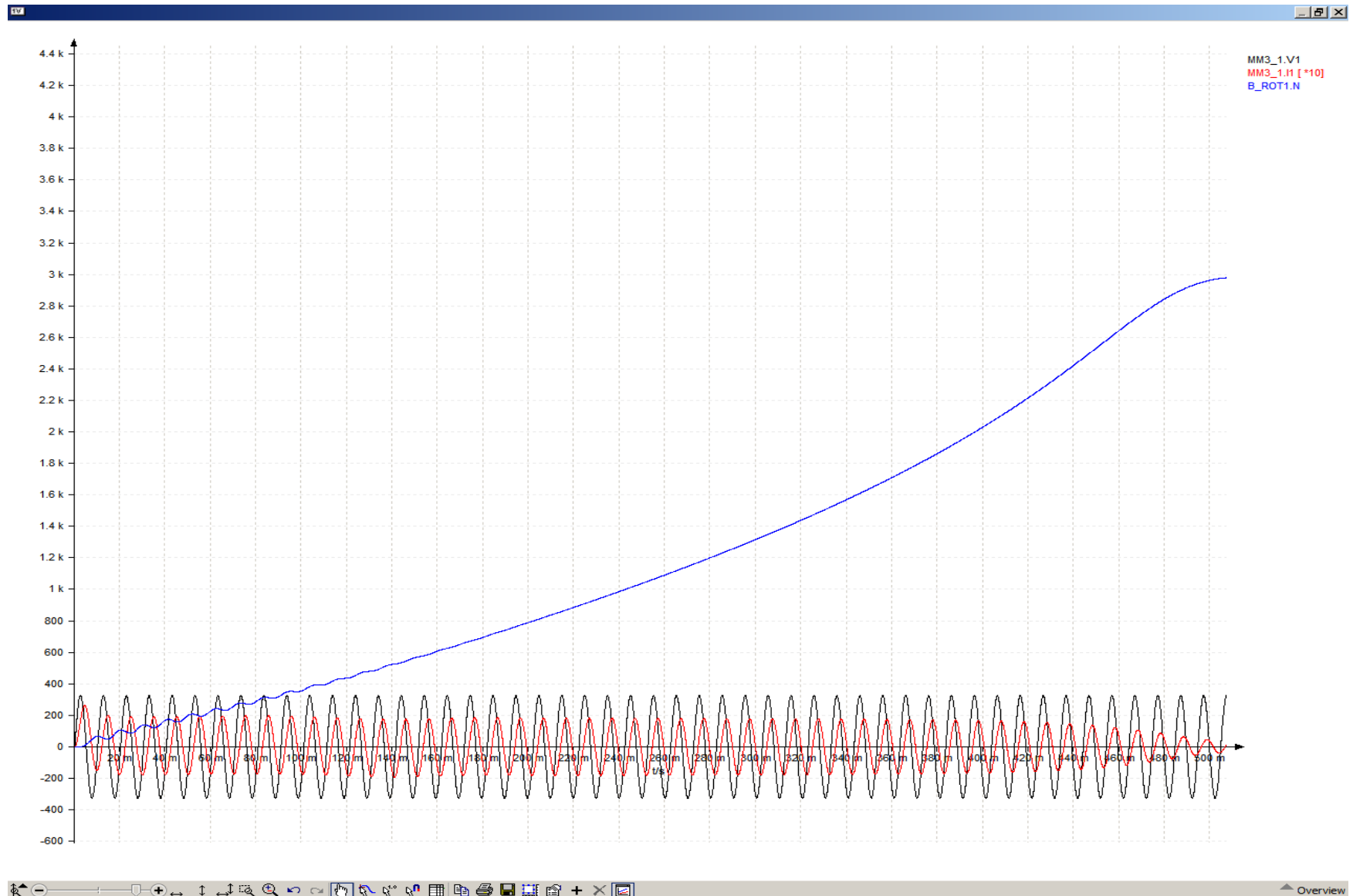
-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,003092828s - 4,000807225s = 81,5452867^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 99,105 \text{ Hz}}{2} = 2973,15 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{2973,15 - 2966,72}{2973,15} \cdot 100 = 0,21626894 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 66 -Frecuencia de alimentacion 100,005Hz-

-Periodo calculado: 9,9995ms
-Corriente pico a pico: 2,5474A
-Corriente de arranque: 26,2284A
-Velocidad del rotor: 2993,53rpm

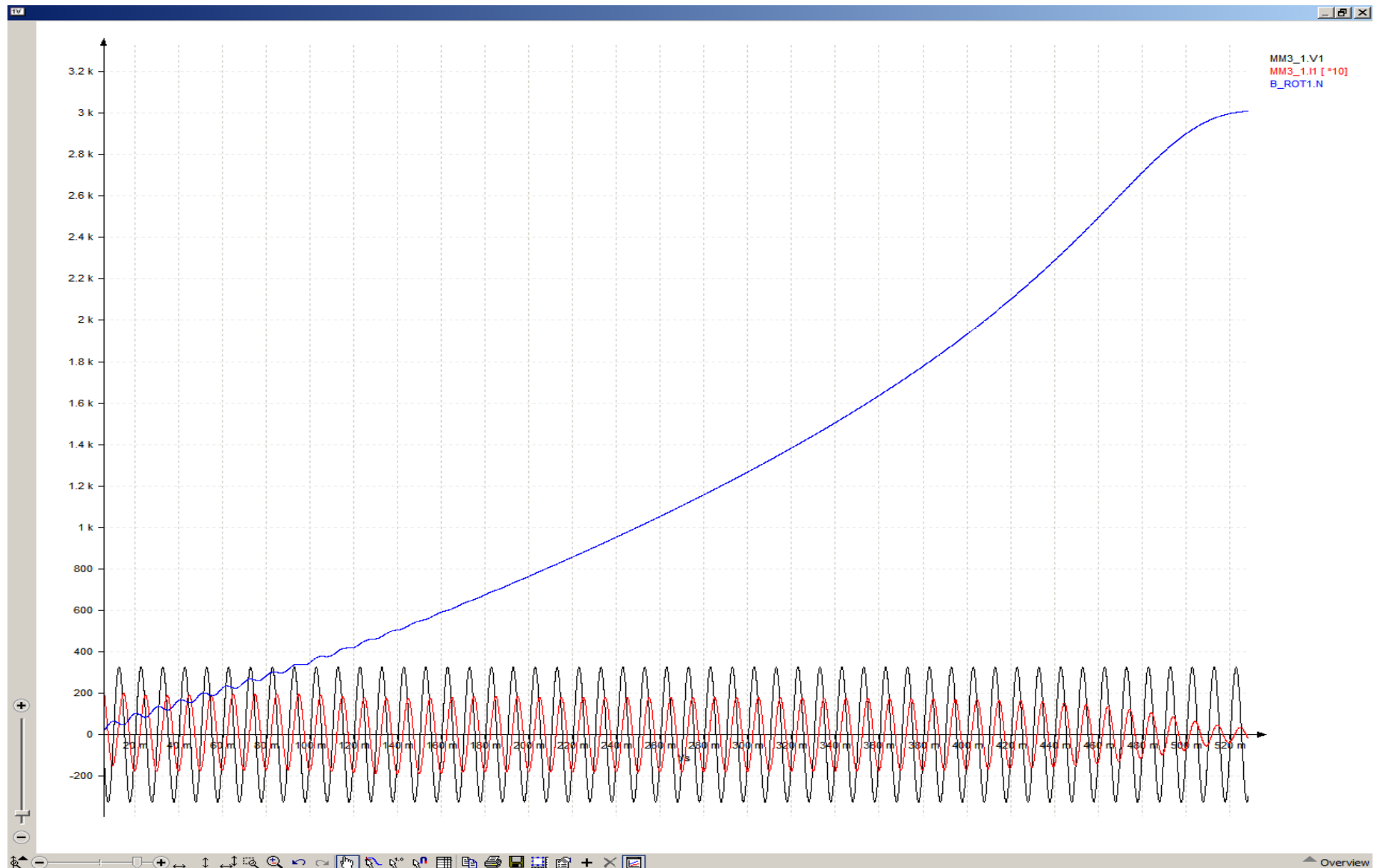
-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,0070617515s - 4,00479976s = 81,4357655847^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 100,005 \text{ Hz}}{2} = 3000,15 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{3000,15 - 2993,53}{3000,15} \cdot 100 = 0,22065563 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 67 -Frecuencia de alimentacion 100,89Hz-

-Periodo calculado: 9,911785ms

-Corriente pico a pico: 2,525A

-Corriente de arranque: 26,0685A

-Velocidad del rotor: 3019,87rpm

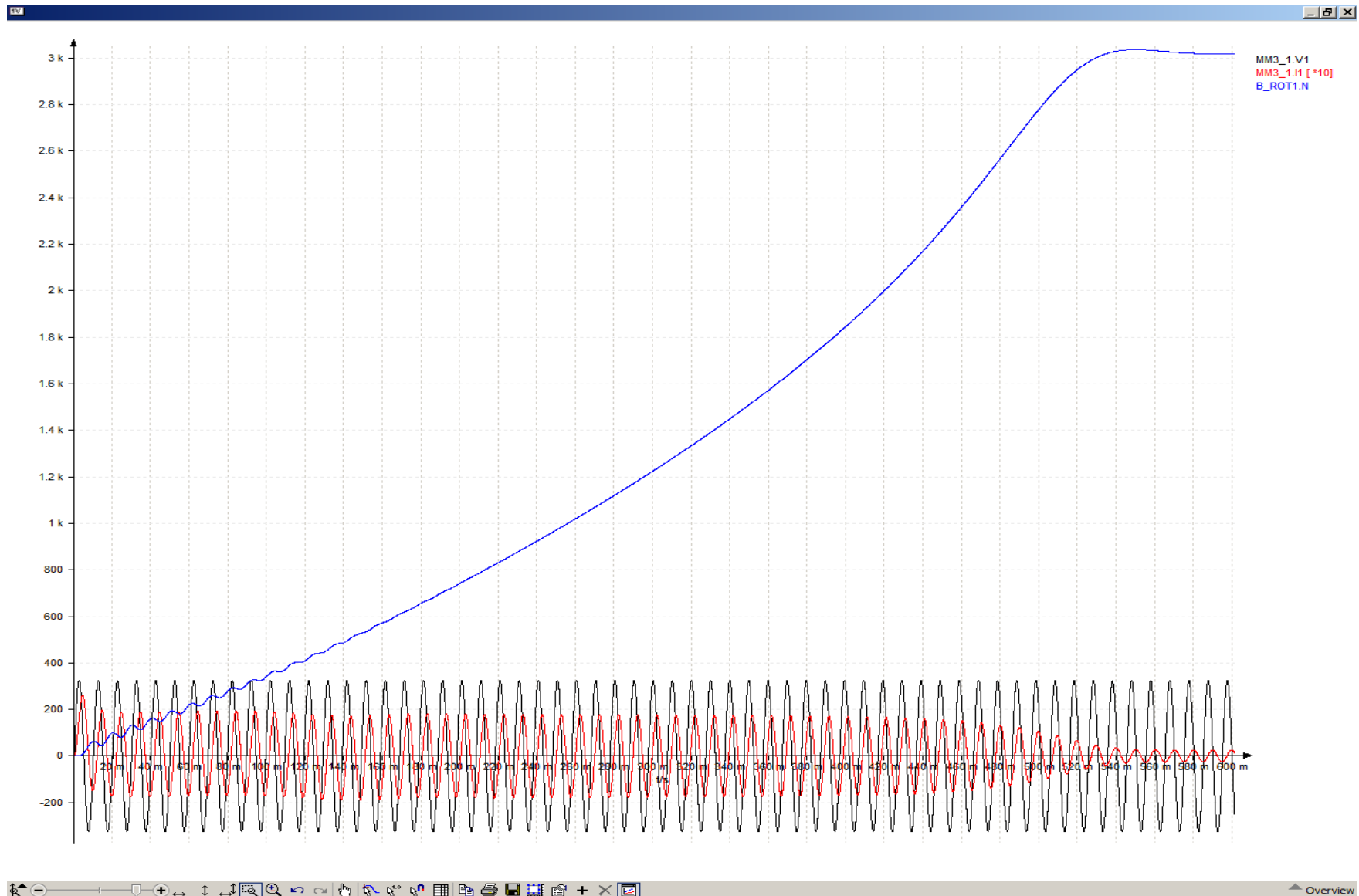
-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,0016417s - 3,9994053s = 81,226942° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 100,89 \text{ Hz}}{2} = 3026,7 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{3026,7 - 3019,87}{3026,7} \cdot 100 = 0,2256583 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 68 -Frecuencia de alimentacion 101,79Hz-

-Periodo calculado: 9,8241477ms

-Corriente pico a pico: 2,505A

-Corriente de arranque: 25,9133A

-Velocidad del rotor: 3046,68rpm

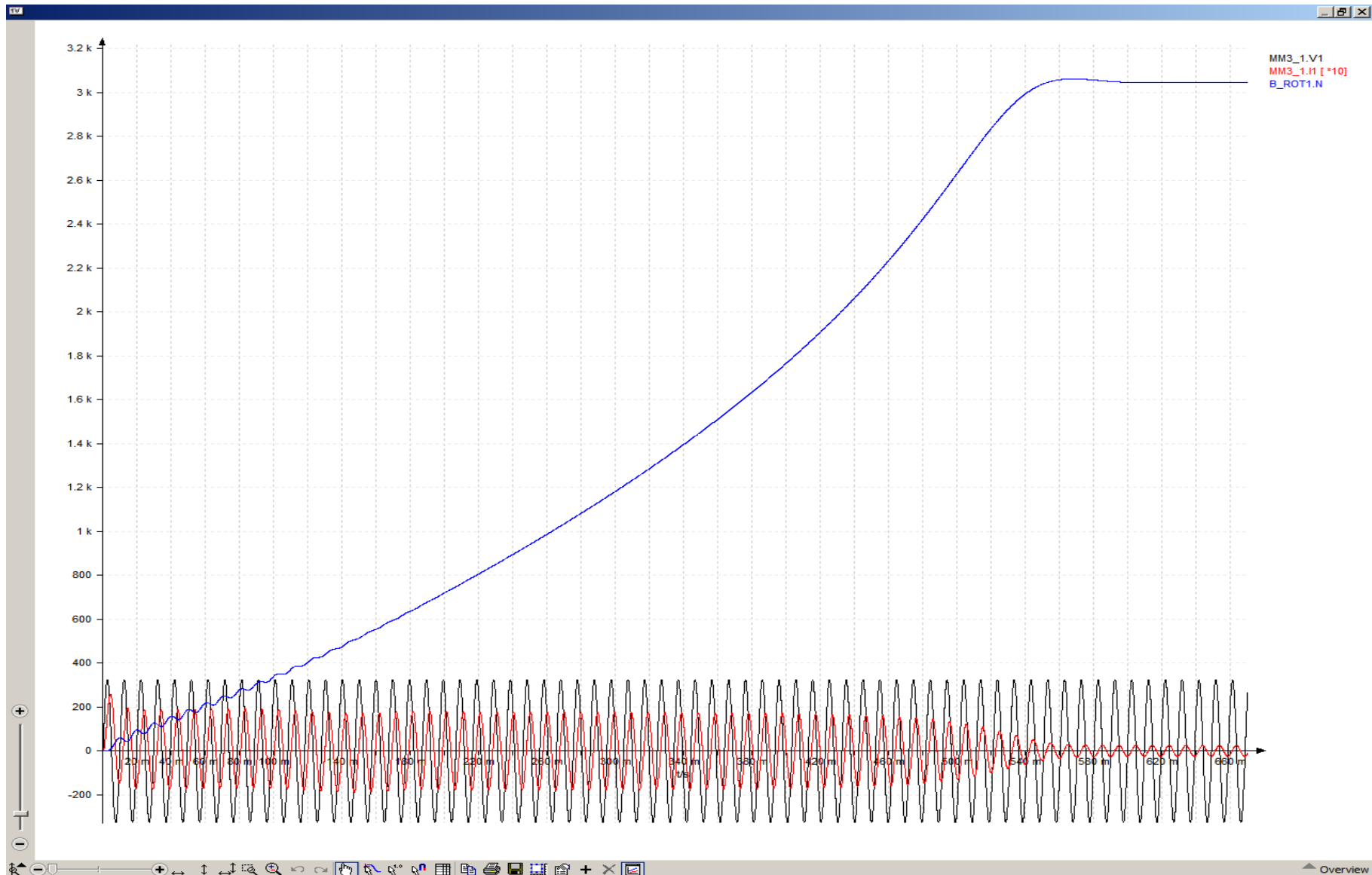
-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,00555222165s - 4,003340195s = 81,0583893° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 101,79 \text{ Hz}}{2} = 3053,7 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{3053,7 - 3046,68}{3053,7} \cdot 100 = 0,229885 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 69 -Frecuencia de alimentacion 102,675Hz-

-Periodo calculado: 9,7394692ms

-Corriente pico a pico: 2,48485A

-Corriente de arranque: 25,7568A

-Velocidad del rotor: 3072,99rpm

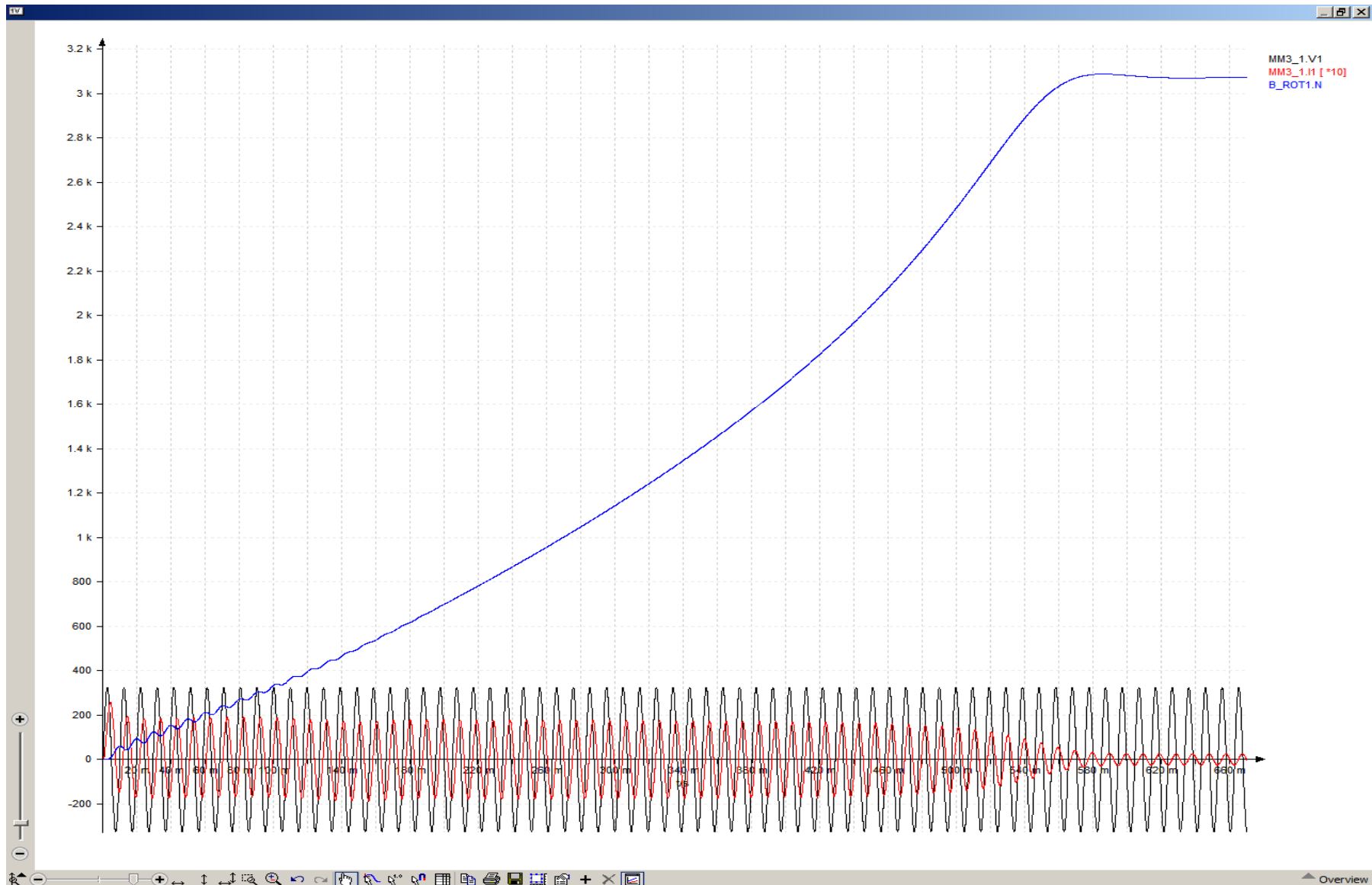
-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,0099787253s - 4,007791564s = 80,844043^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 102,675 \text{ Hz}}{2} = 3080,25 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{3080,25 - 3072,99}{3080,25} \cdot 100 = 0,23569515 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 70 -Frecuencia de alimentacion 103,575Hz-

-Periodo calculado: 9,6548394ms

-Corriente pico a pico: 2,465A

-Corriente de arranque: 25,6036A

-Velocidad del rotor: 3099,77rpm

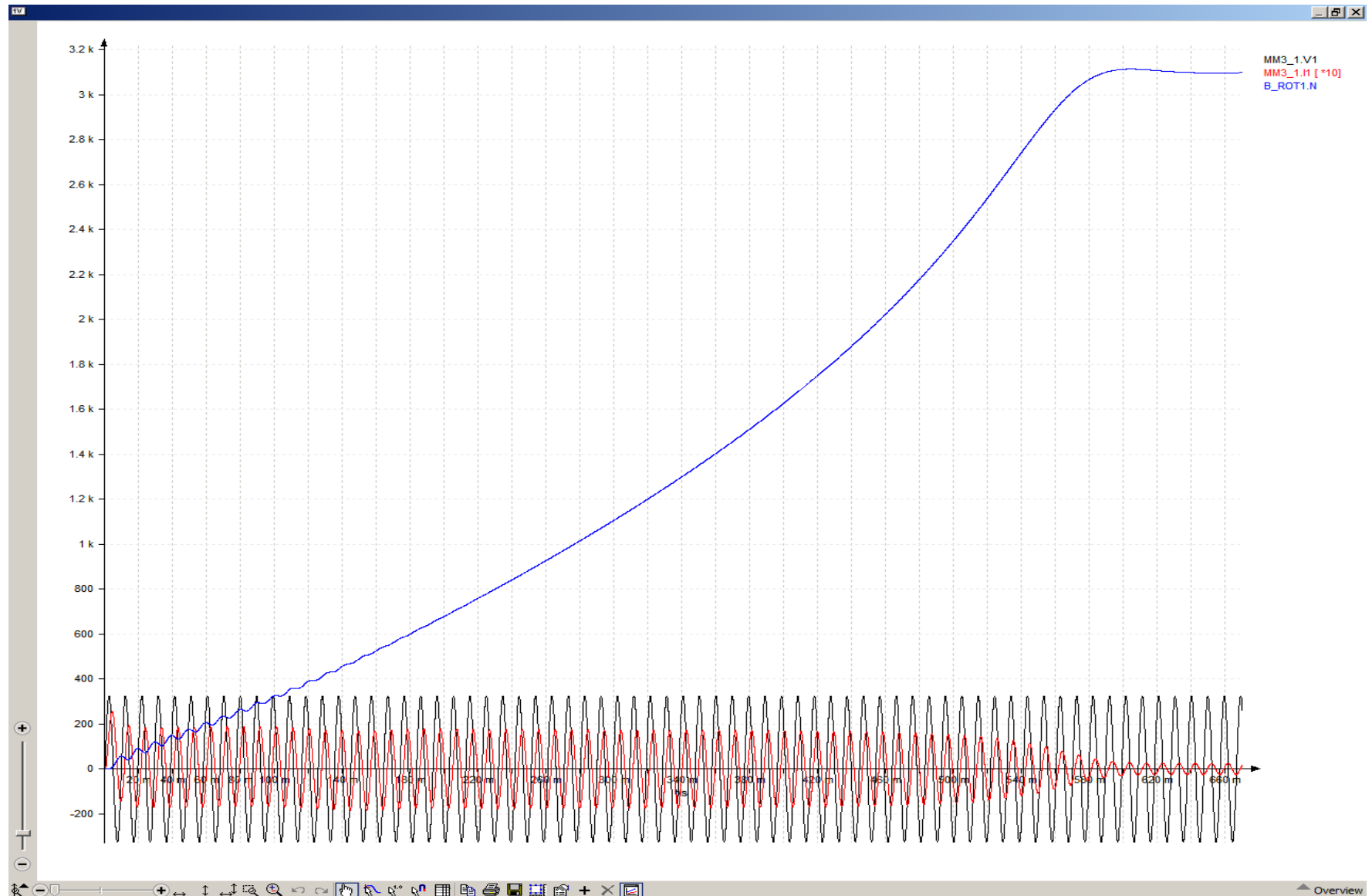
-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,004094033s - 4,001931s = 80,6530114^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 103,575 \text{ Hz}}{2} = 3107,25 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{3107,25 - 3099,77}{3107,25} \cdot 100 = 0,24072733 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 71 -Frecuencia de alimentacion 105,36Hz-

-Periodo calculado: 9,491268ms

-Corriente pico a pico: 2,427A

-Corriente de arranque: 25,3A

-Velocidad del rotor: 3152,88rpm

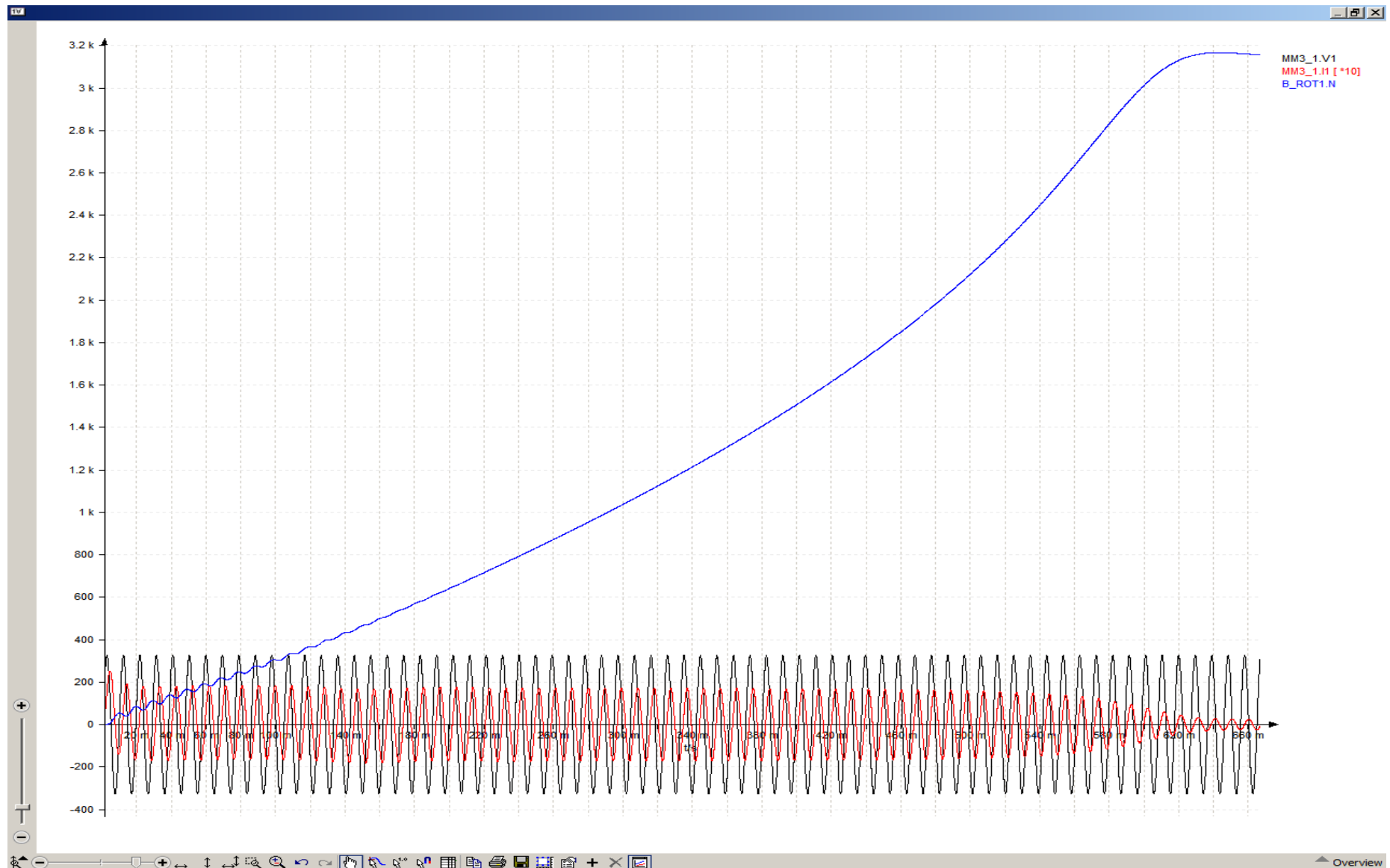
-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,0026854s - 4,0005695s = 80,2552406^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 105,36 \text{ Hz}}{2} = 3160,8 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{3160,8 - 3152,88}{3160,8} \cdot 100 = 0,2505694 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 72 -Frecuencia de alimentacion 106,245Hz-

-Periodo calculado: 9,4122076ms

-Corriente pico a pico: 2,408A

-Corriente de arranque: 25,154A

-Velocidad del rotor: 3179,2rpm

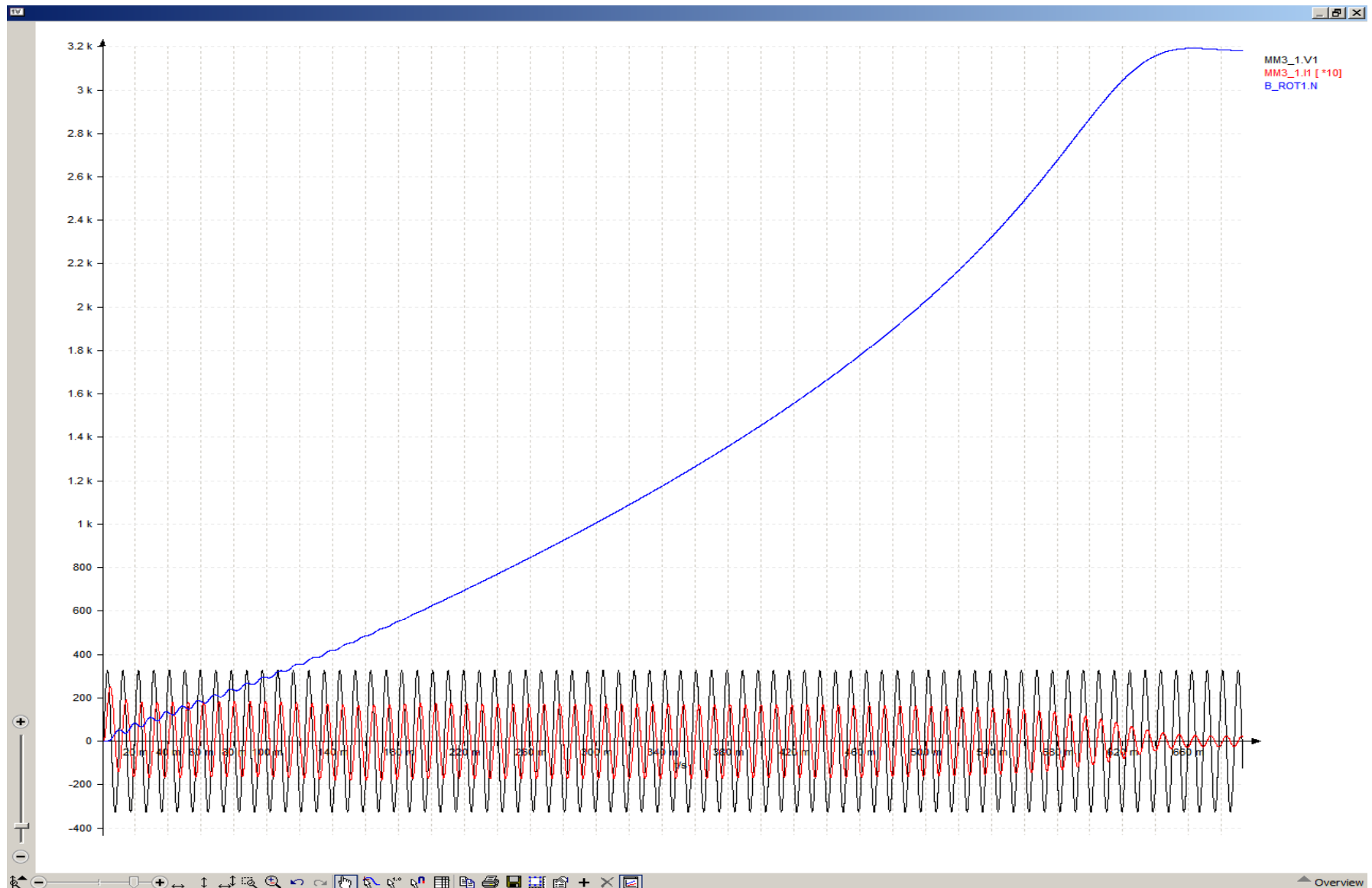
-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,0069885402s - 4,00489435s = 80,0990056^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 106,245 \text{ Hz}}{2} = 3187,35 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{3187,35 - 3179,2}{3187,35} \cdot 100 = 0,2556983 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 73 -Frecuencia de alimentacion 107,145Hz-

-Periodo calculado: 9,3323627ms

-Corriente pico a pico: 2,389A

-Corriente de arranque: 25,0107A

-Velocidad del rotor: 3206rpm

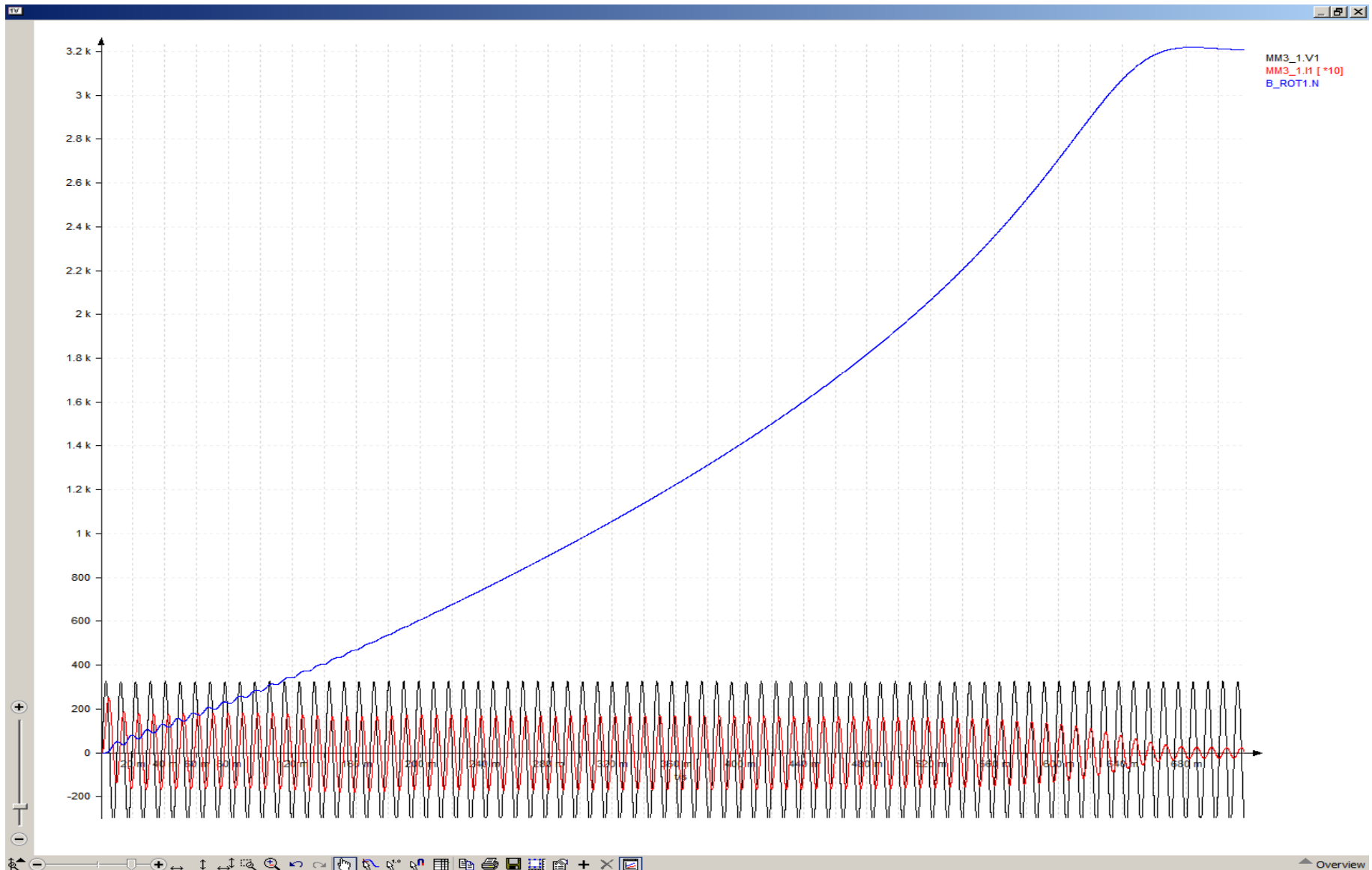
-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,00132546s - 3,99925335s = 79,9325549^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 107,145 \text{ Hz}}{2} = 3214,35 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{3214,35 - 3206}{3214,35} \cdot 100 = 0,25977258 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 74 -Frecuencia de alimentacion 108,03Hz-

-Periodo calculado: 9,2566879ms

-Corriente pico a pico: 2,3713A

-Corriente de arranque: 24,8635A

-Velocidad del rotor: 3232,34rpm

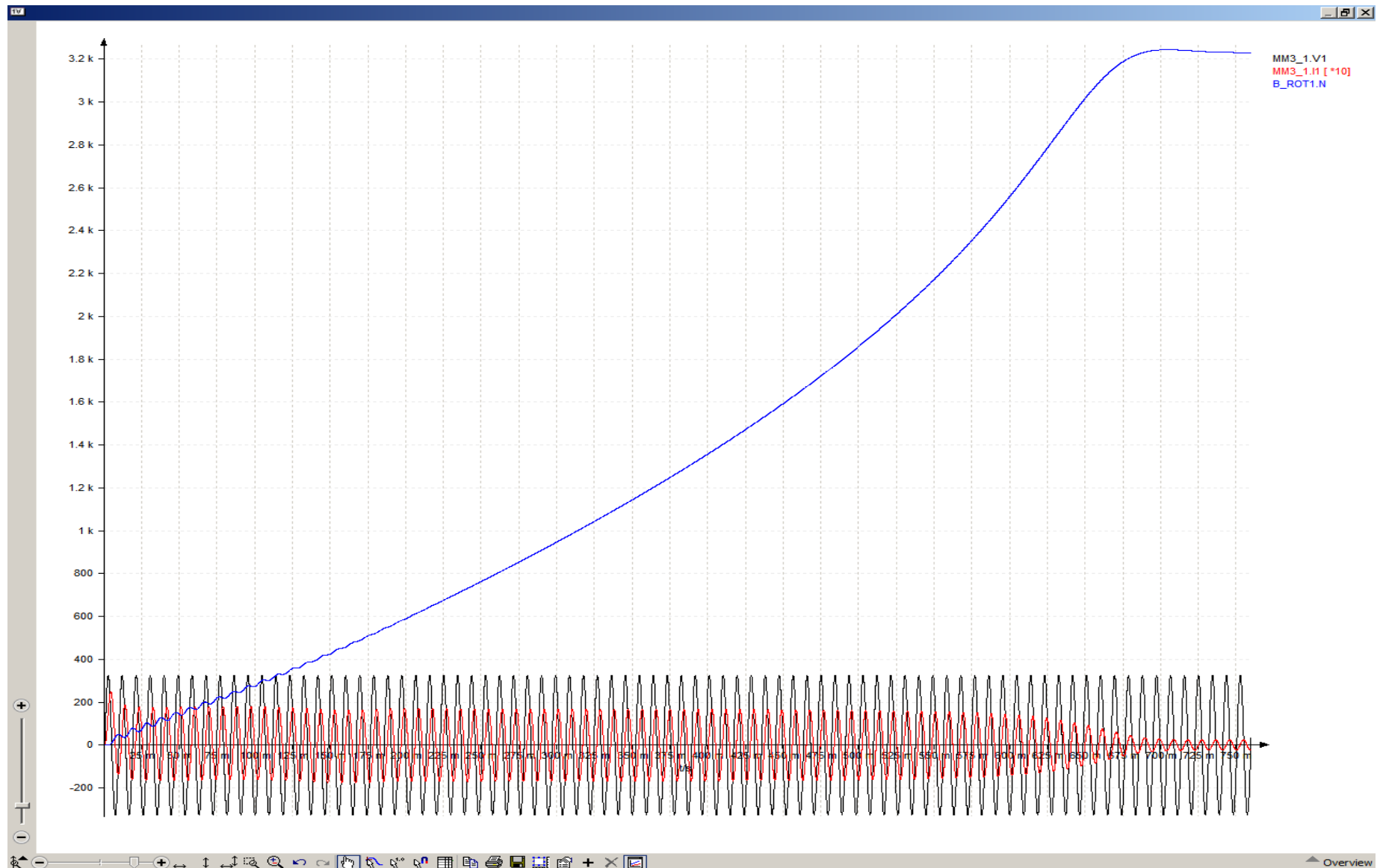
-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,0055647602s - 4,00351754115s = 79,6179866^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

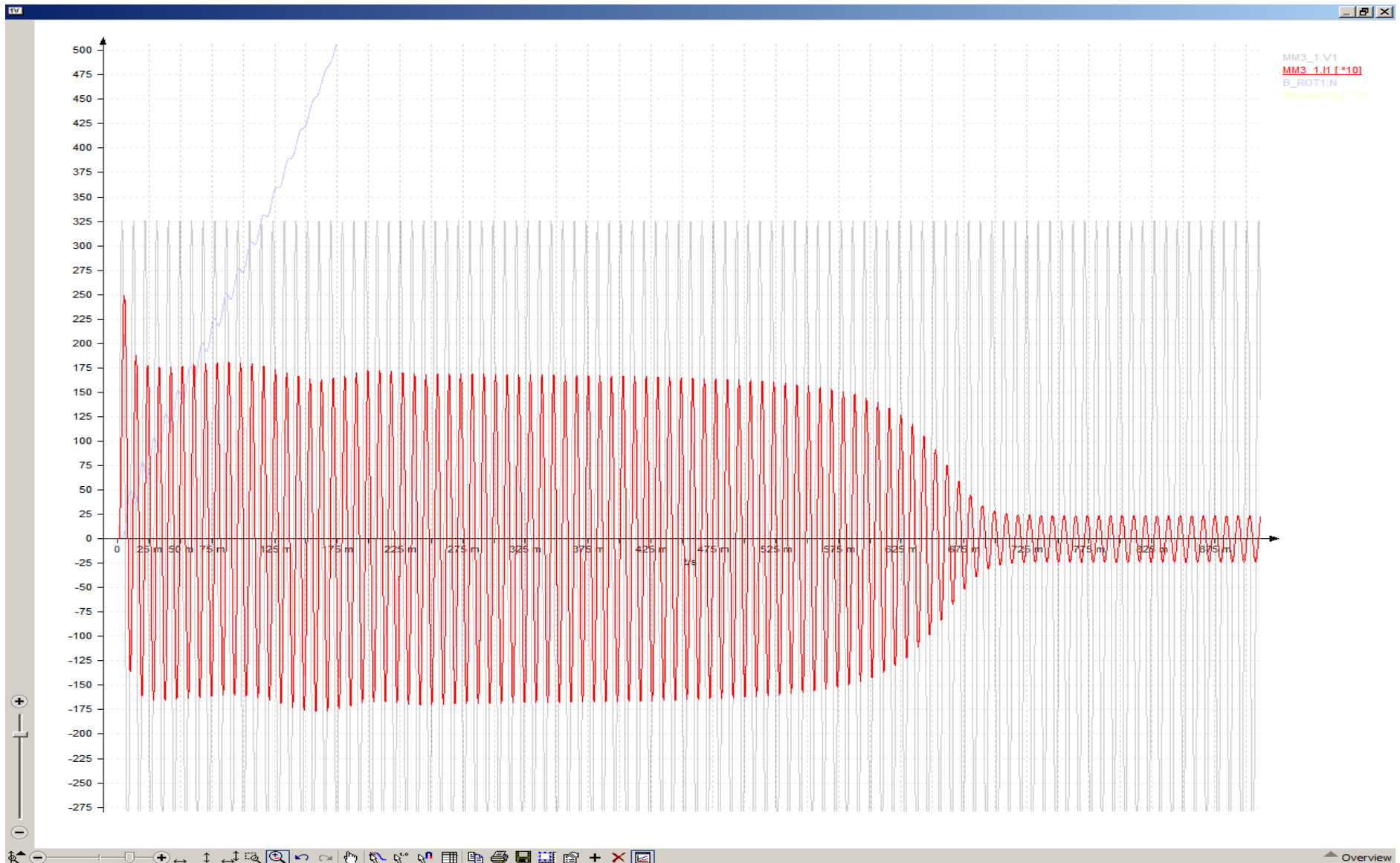
$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 108,03 \text{ Hz}}{2} = 3240,9 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{3240,9 - 3232,34}{3240,9} \cdot 100 = 0,26412416 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



ONDA TRANSITORIA DE LA CORRIENTE (Escala 10 veces su magnitud)



CASO 75 -Frecuencia de alimentacion 109,815Hz-

-Periodo calculado: 9,1062241ms

-Corriente pico a pico: 2,3367A

-Corriente de arranque: 24,579A

-Velocidad del rotor: 3285,31rpm

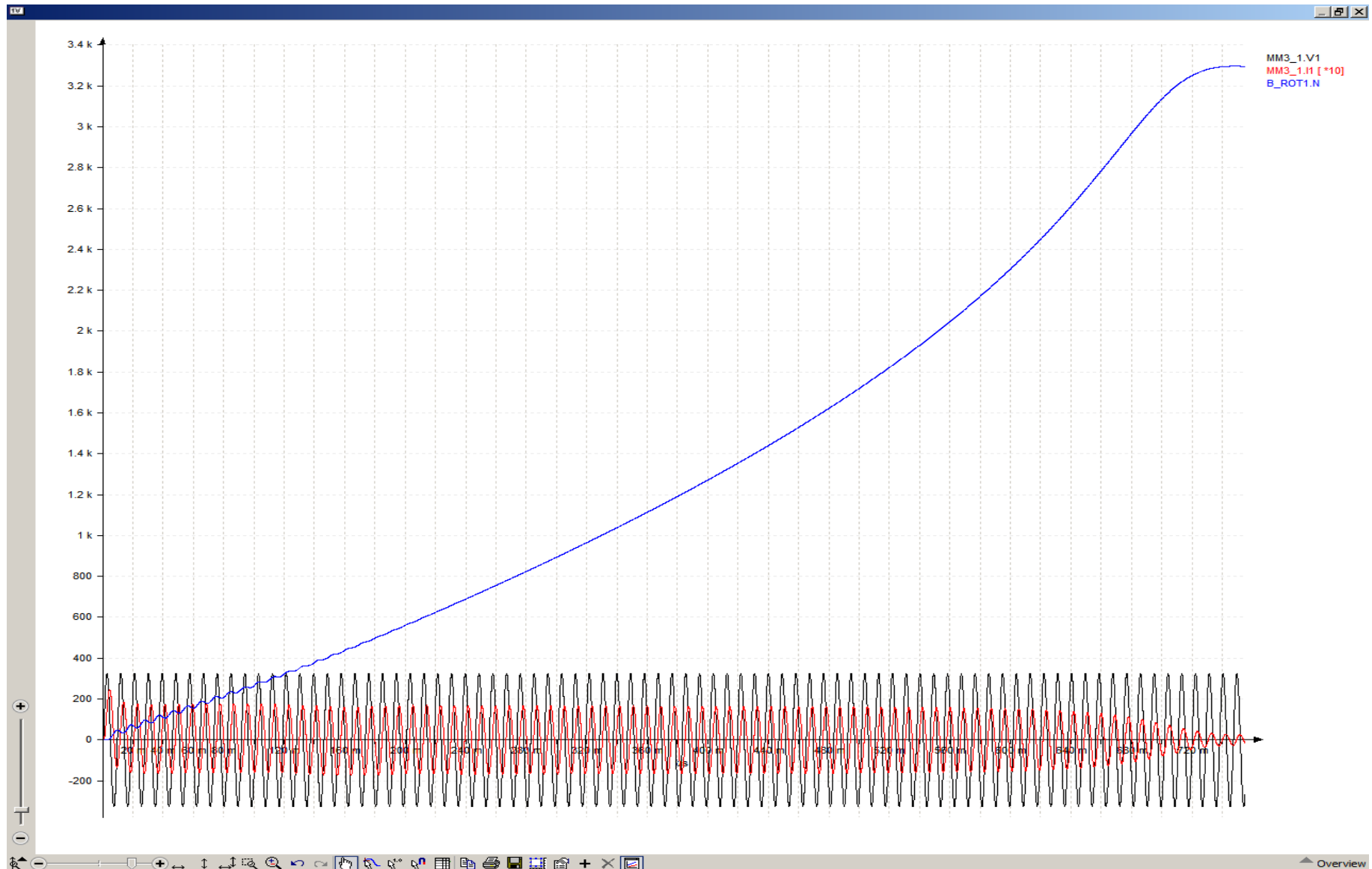
-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,0041888808s - 4,002185493s = 79,20073^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 109,815 \text{ Hz}}{2} = 3294,45 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{3294,45 - 3285,31}{3294,45} \cdot 100 = 0,2774363 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 76 -Frecuencia de alimentacion 110,715Hz-

-Periodo calculado: 9,03219979ms

-Corriente pico a pico: 2,321A

-Corriente de arranque: 24,438A

-Velocidad del rotor: 3312,04rpm

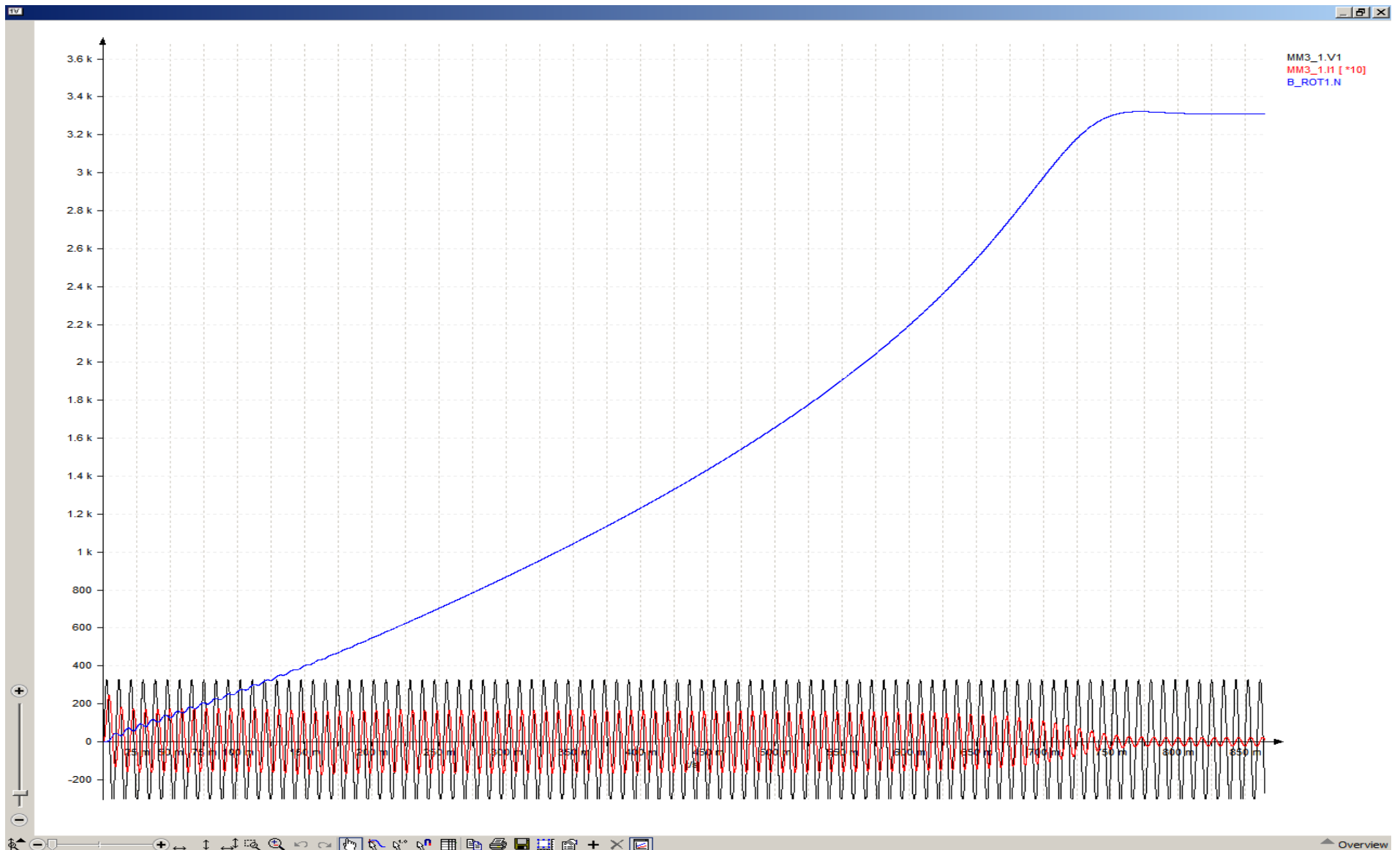
-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,007762467s - 4,005780607s = 78,99178676^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 110,715 \text{ Hz}}{2} = 3321,45 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{3321,45 - 3312,04}{3321,45} \cdot 100 = 0,28331 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 77 -Frecuencia de alimentacion 111,6Hz-

-Periodo calculado: 8,9605734ms

-Corriente pico a pico: 2,305A

-Corriente de arranque: 24,306A

-Velocidad del rotor: 3338,29rpm

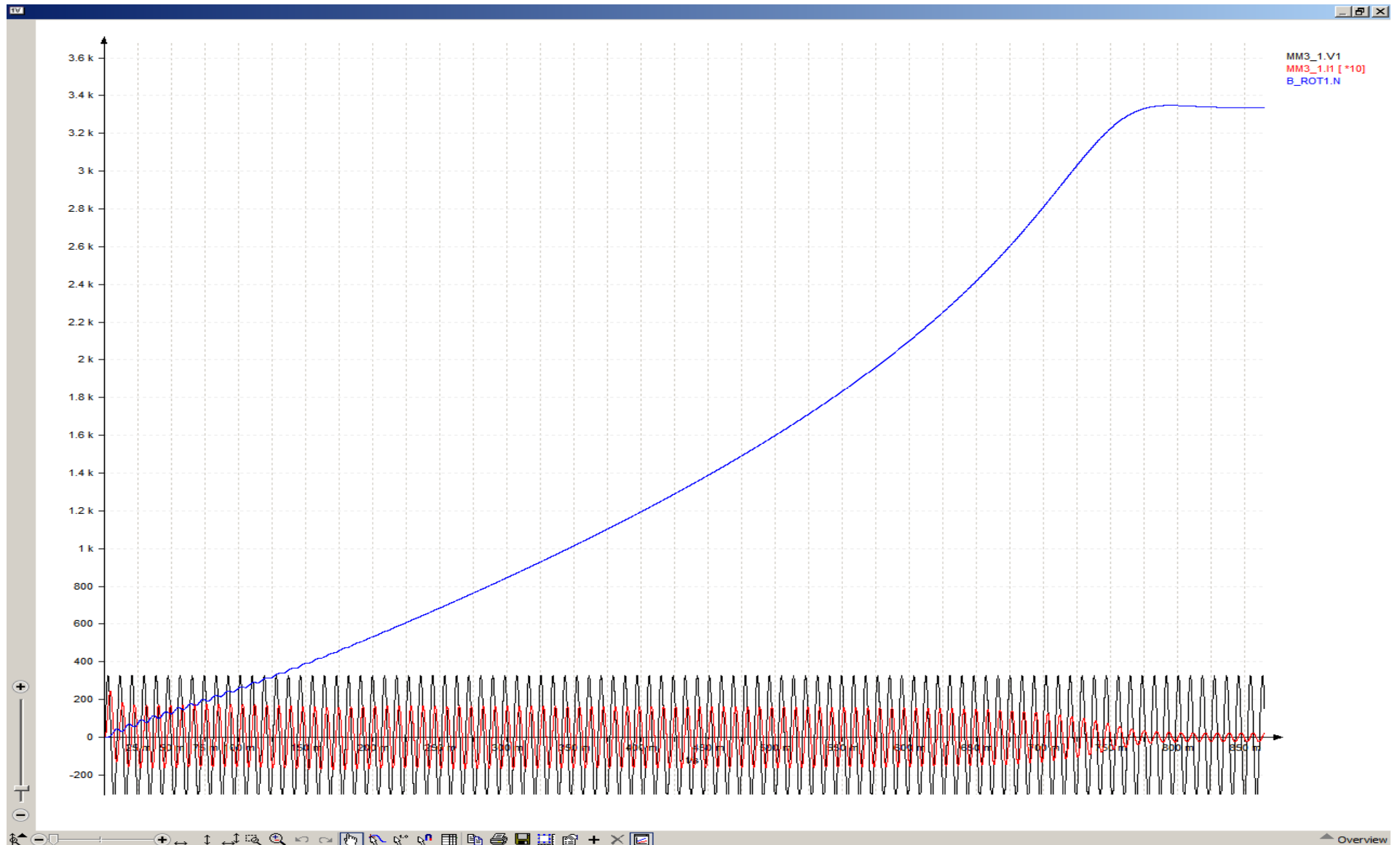
-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,0028574546s - 4,000896044s = 78,8016322^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 111,6 \text{ Hz}}{2} = 3348 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{3348 - 3338,29}{3348} \cdot 100 = 0,29002389 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 78 -Frecuencia de alimentacion 113,4Hz-

-Periodo calculado: 8,8183421ms

-Corriente pico a pico: 2,2716A

-Corriente de arranque: 24,033A

-Velocidad del rotor: 3391,72rpm

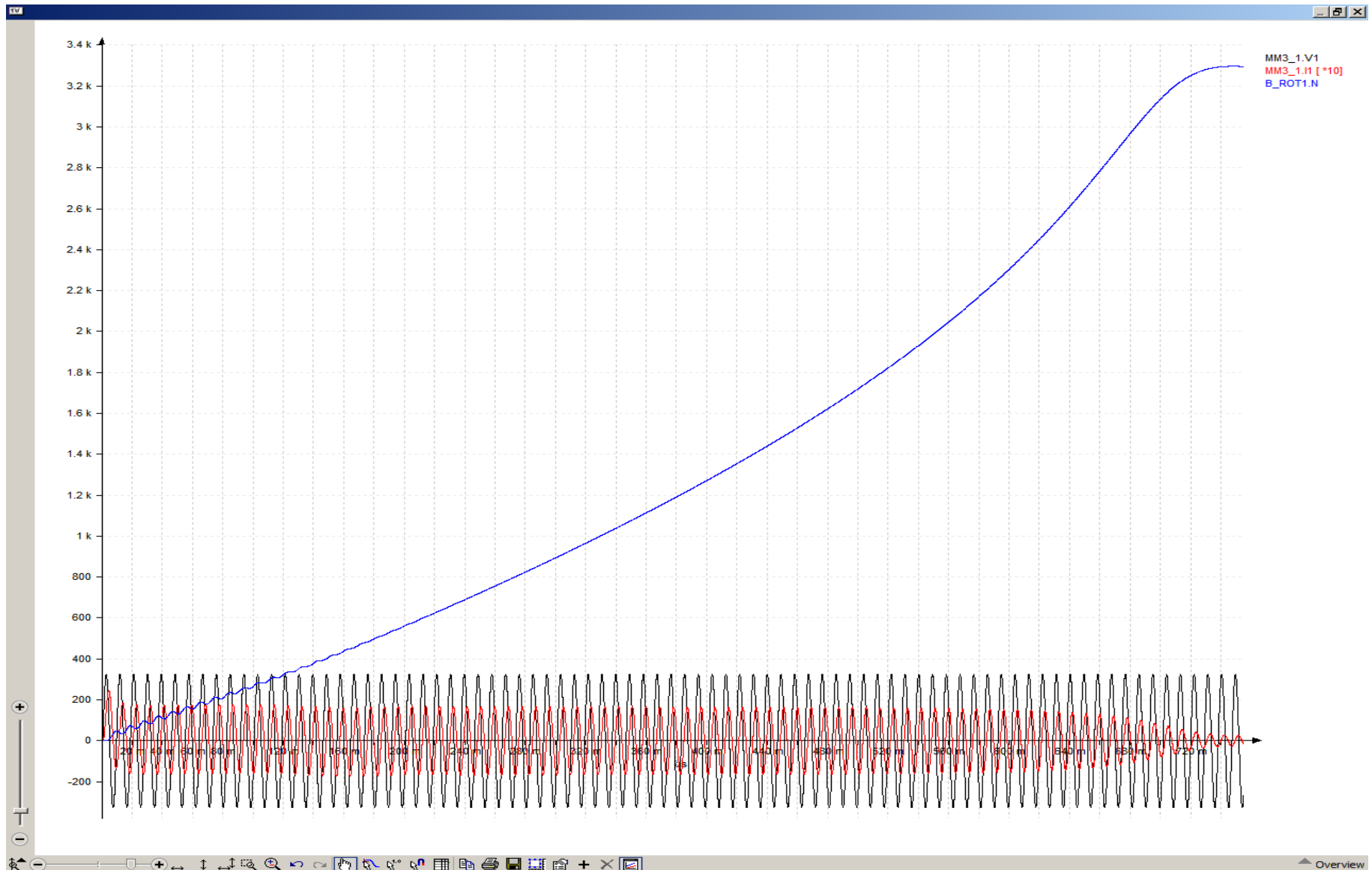
-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,00985505s - 4,00793636s = 78,3286^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 113,4 \text{ Hz}}{2} = 3402 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{3402 - 3391,72}{3402} \cdot 100 = 0,3021752 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 79 -Frecuencia de alimentacion 114,285Hz-

-Periodo calculado: 8,8183421ms

-Corriente pico a pico: 2,2568A

-Corriente de arranque: 23,9A

-Velocidad del rotor: 3417,96rpm

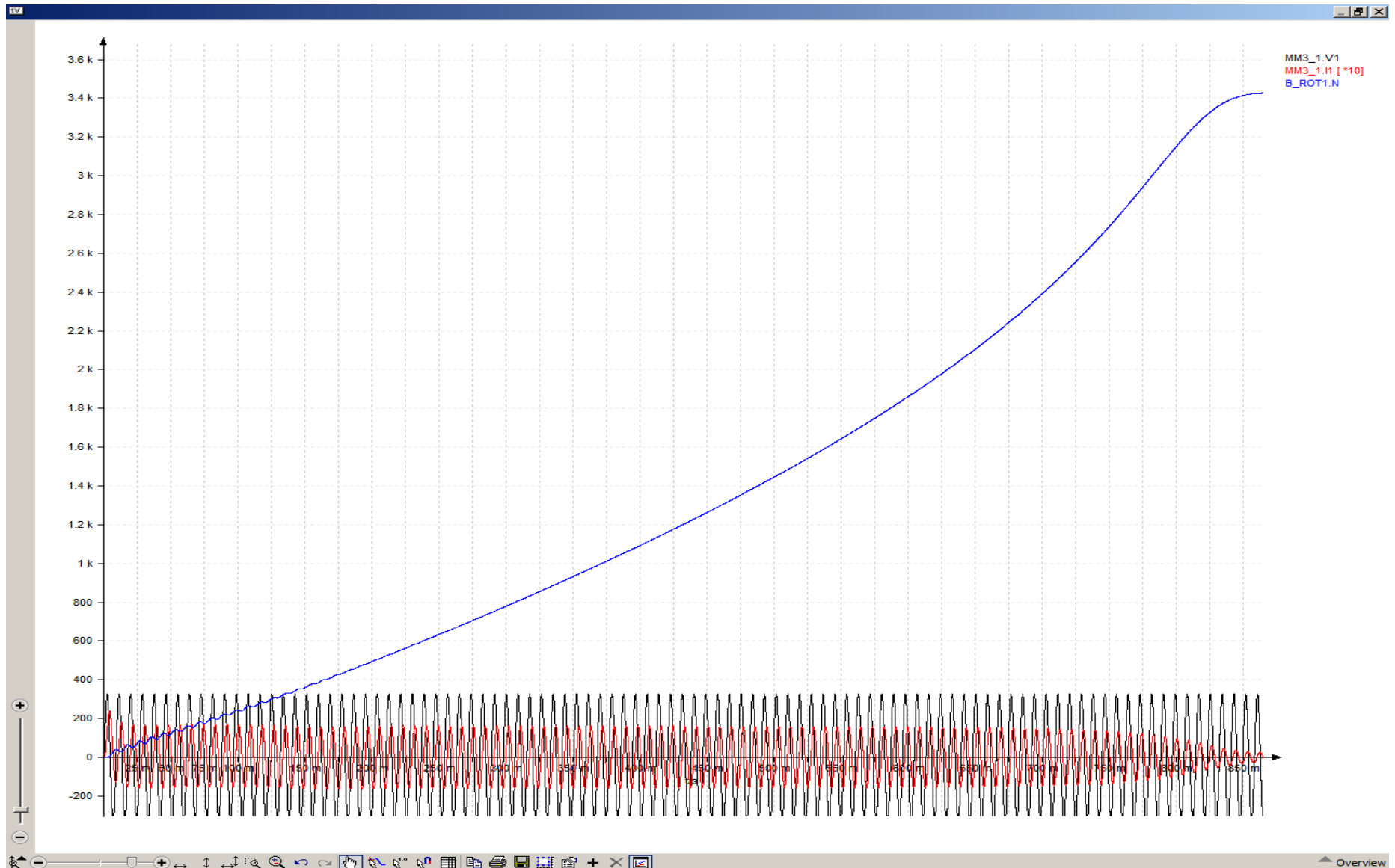
-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,0050484373s - 4,00315002s = 78,1058236^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 114,285 \text{ Hz}}{2} = 3428,55 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{3428,55 - 3417,96}{3428,55} \cdot 100 = 0,3088769 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 80 -Frecuencia de alimentacion 115,185Hz-

-Periodo calculado: 8,681686ms

-Corriente pico a pico: 2,2415A

-Corriente de arranque: 23,768A

-Velocidad del rotor: 3444,58rpm

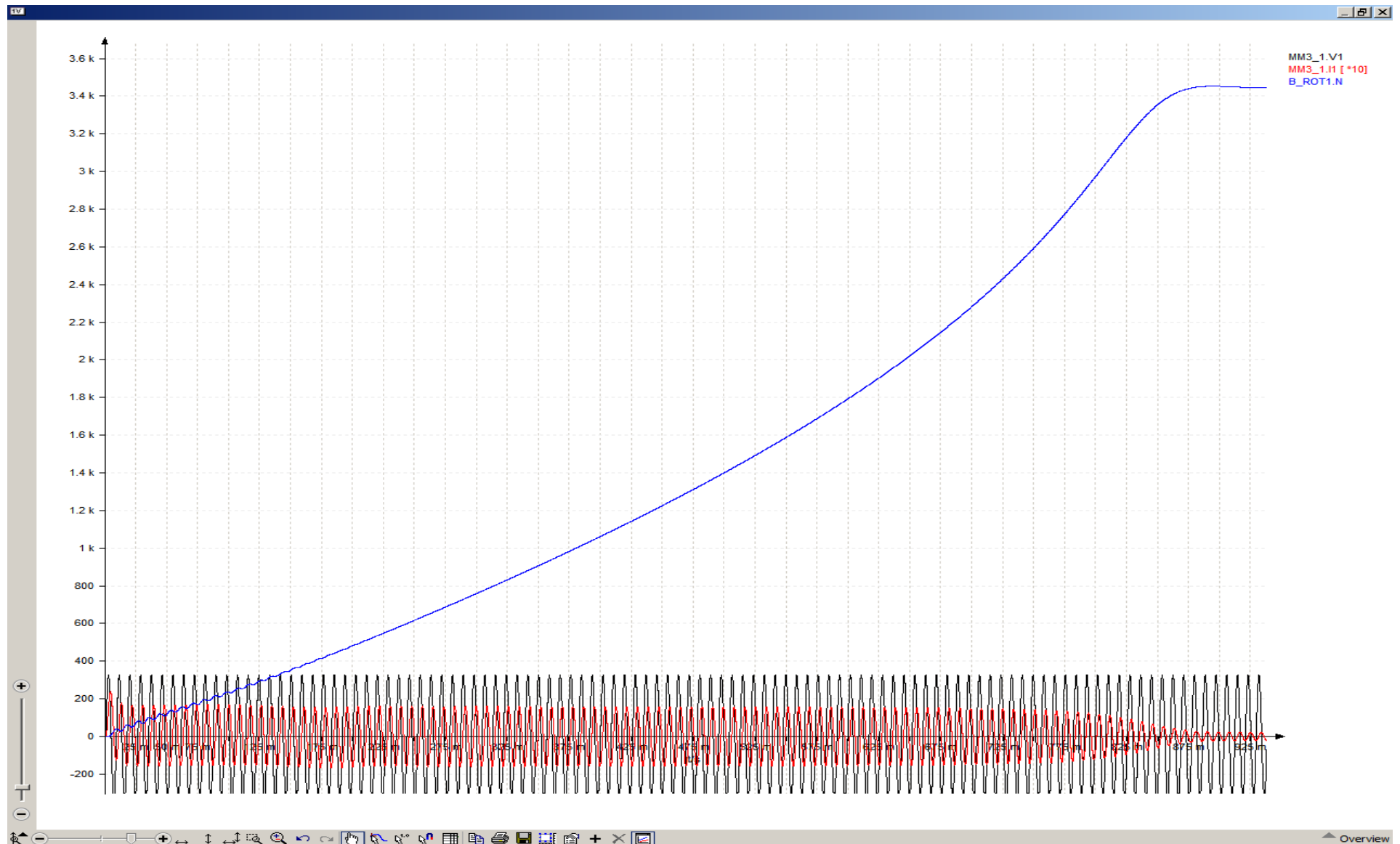
-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,008475742s - 4,00659801s = 77,8631617^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 115,185 \text{ Hz}}{2} = 3455,55 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{3455,55 - 3444,58}{3455,55} \cdot 100 = 0,3174603 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 81 -Frecuencia de alimentacion 116,07Hz-

-Periodo calculado: 8,6154906ms

-Corriente pico a pico: 2,227A

-Corriente de arranque: 23,636A

-Velocidad del rotor: 3470,83rpm

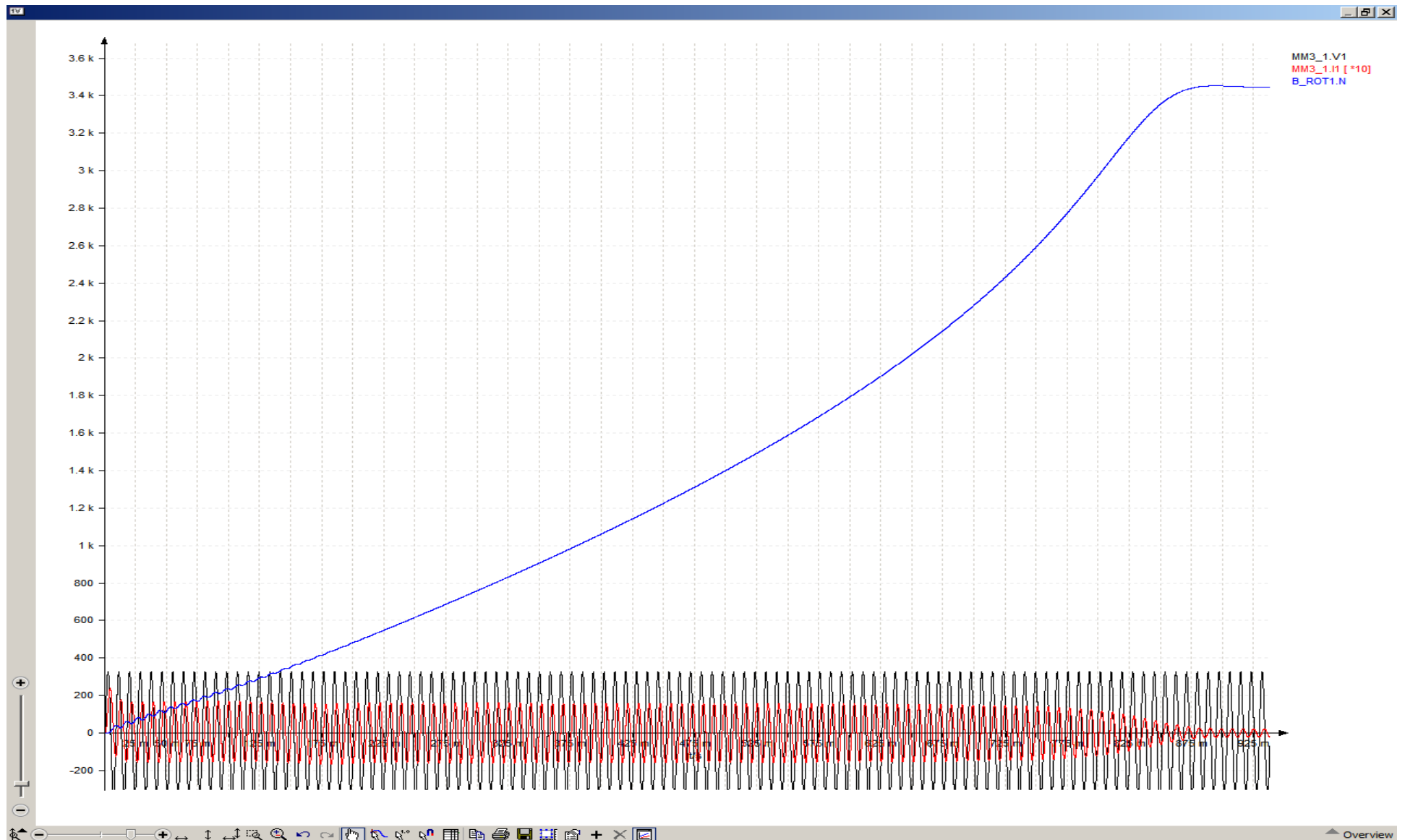
-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,0037530555s - 4,001895394s = 77,622757^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 116,07 \text{ Hz}}{2} = 3482,1 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{3482,1 - 3470,83}{3482,1} \cdot 100 = 0,323655 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 82 -Frecuencia de alimentacion 116,97Hz-

-Periodo calculado: 8,54920ms

-Corriente pico a pico: 2,212A

-Corriente de arranque: 23,507A

-Velocidad del rotor: 3497,48rpm

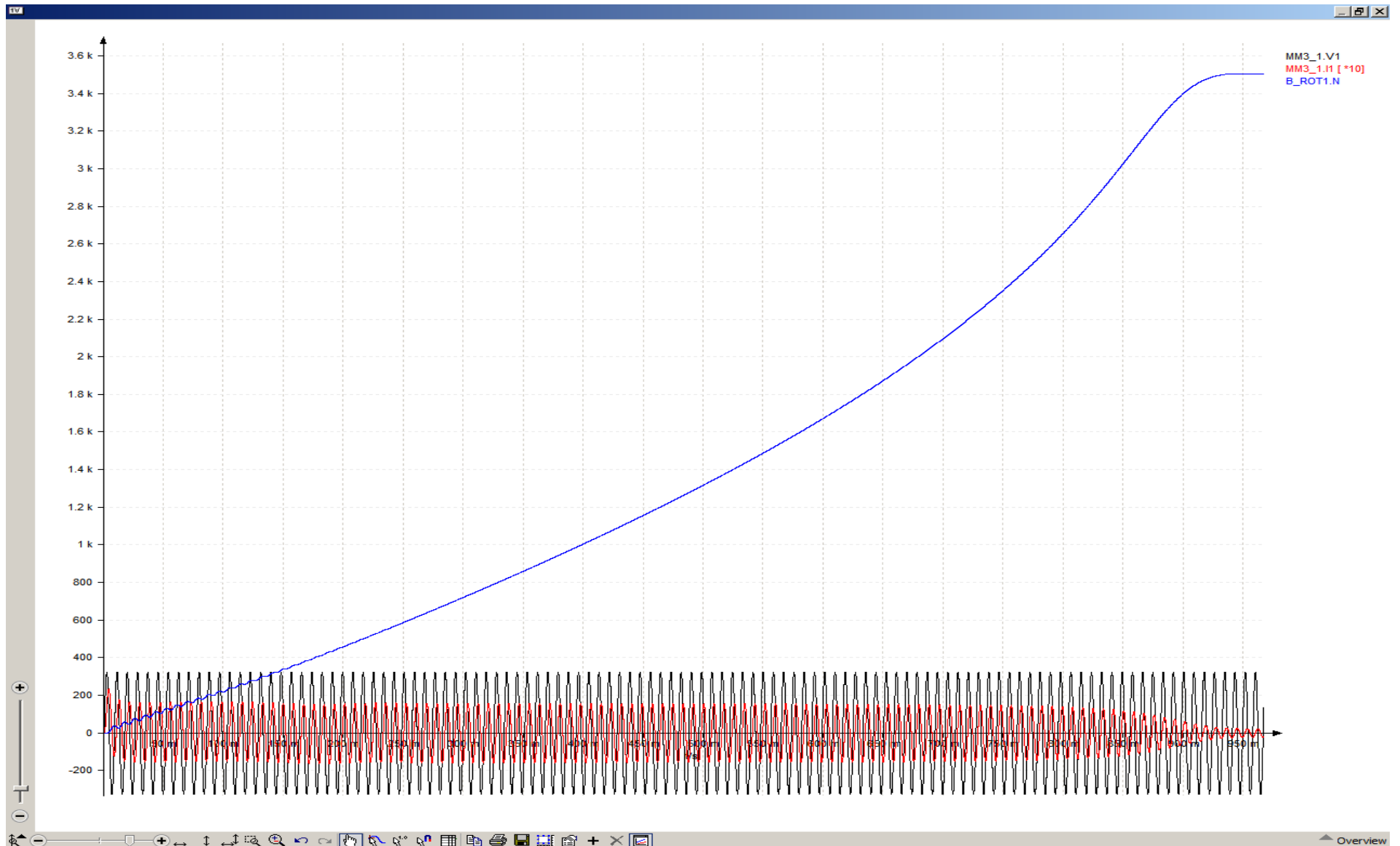
-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,0071376s - 4,0053005s = 77,358811^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 116,97 \text{ Hz}}{2} = 3509,1 \text{ rpm}$$

$$S\% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{3509,1 - 3497,48}{3509,1} \cdot 100 = 0,331139\%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 83 -Frecuencia de alimentacion 117,855Hz-

-Periodo calculado: 8,4850027ms

-Corriente pico a pico: 2,2A

-Corriente de arranque: 23,38A

-Velocidad del rotor: 3523,68rpm

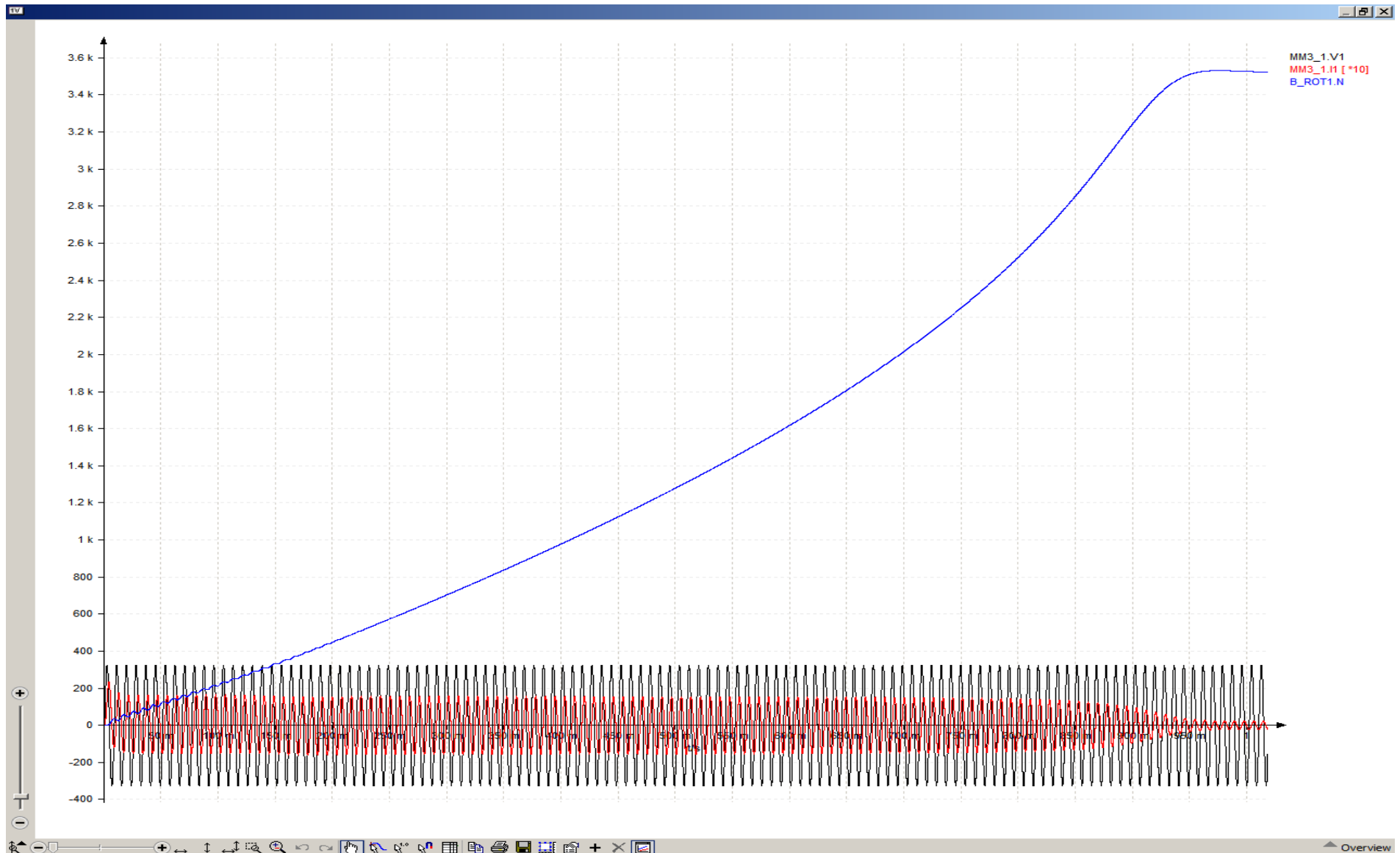
-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,0024966866s - 4,000678766s = 77,1303716^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 117,855 \text{ Hz}}{2} = 3535,65 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{3535,65 - 3523,68}{3535,65} \cdot 100 = 0,3385516 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 84 -Frecuencia de alimentacion 118,755Hz-

-Periodo calculado: 8,420698ms

-Corriente pico a pico: 2,185A

-Corriente de arranque: 23,253A

-Velocidad del rotor: 3550,36rpm

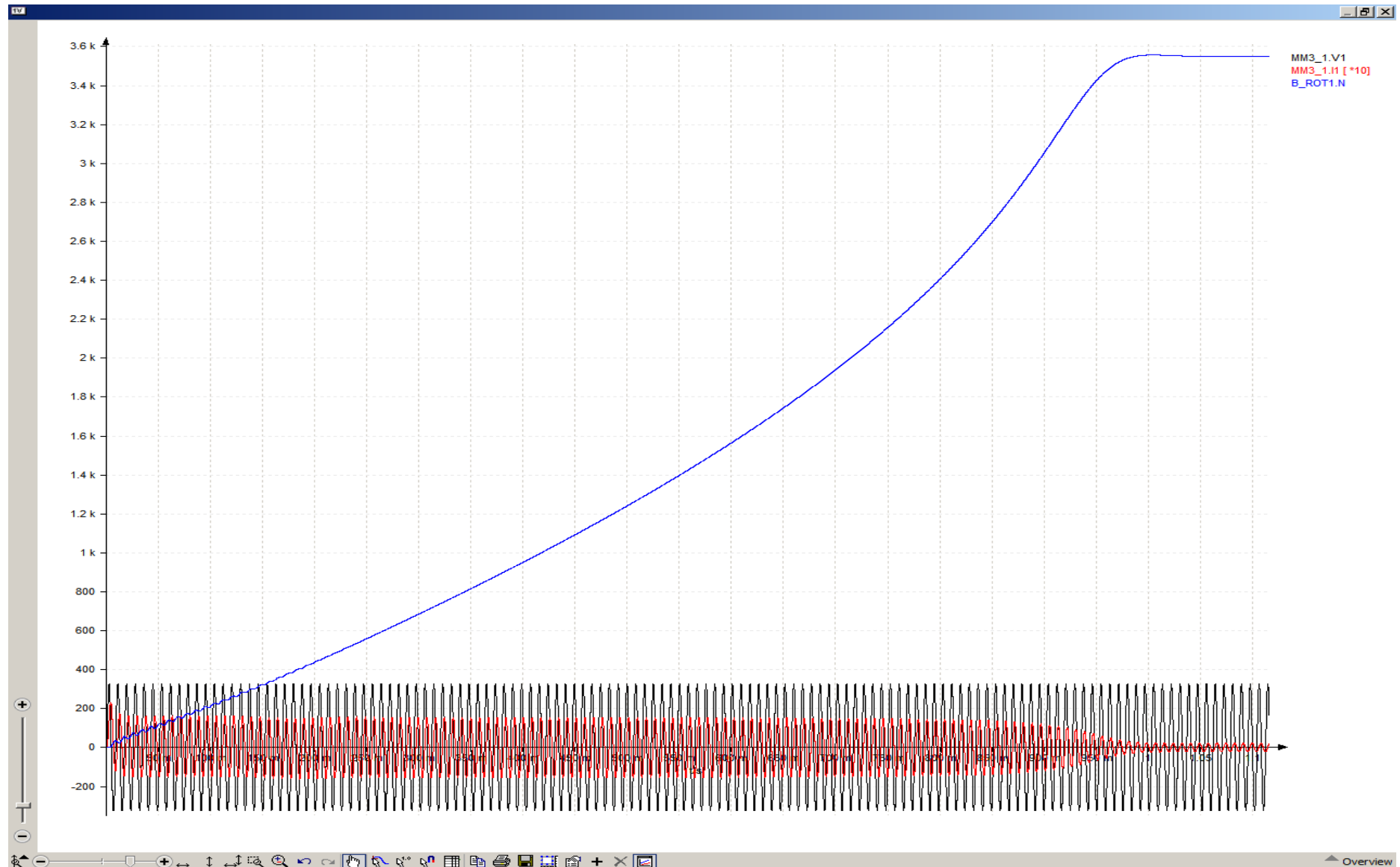
-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,005839965s - 4,004041931s = 76,8691899^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 118,755 \text{ Hz}}{2} = 3562,65 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{3562,65 - 3550,36}{3562,65} \cdot 100 = 0,34496793 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 85 -Frecuencia de alimentacion 119,64Hz-

-Periodo calculado: 8,35840856ms
-Corriente pico a pico: 2,1705A
-Corriente de arranque: 23,128A
-Velocidad del rotor: 3576,63rpm

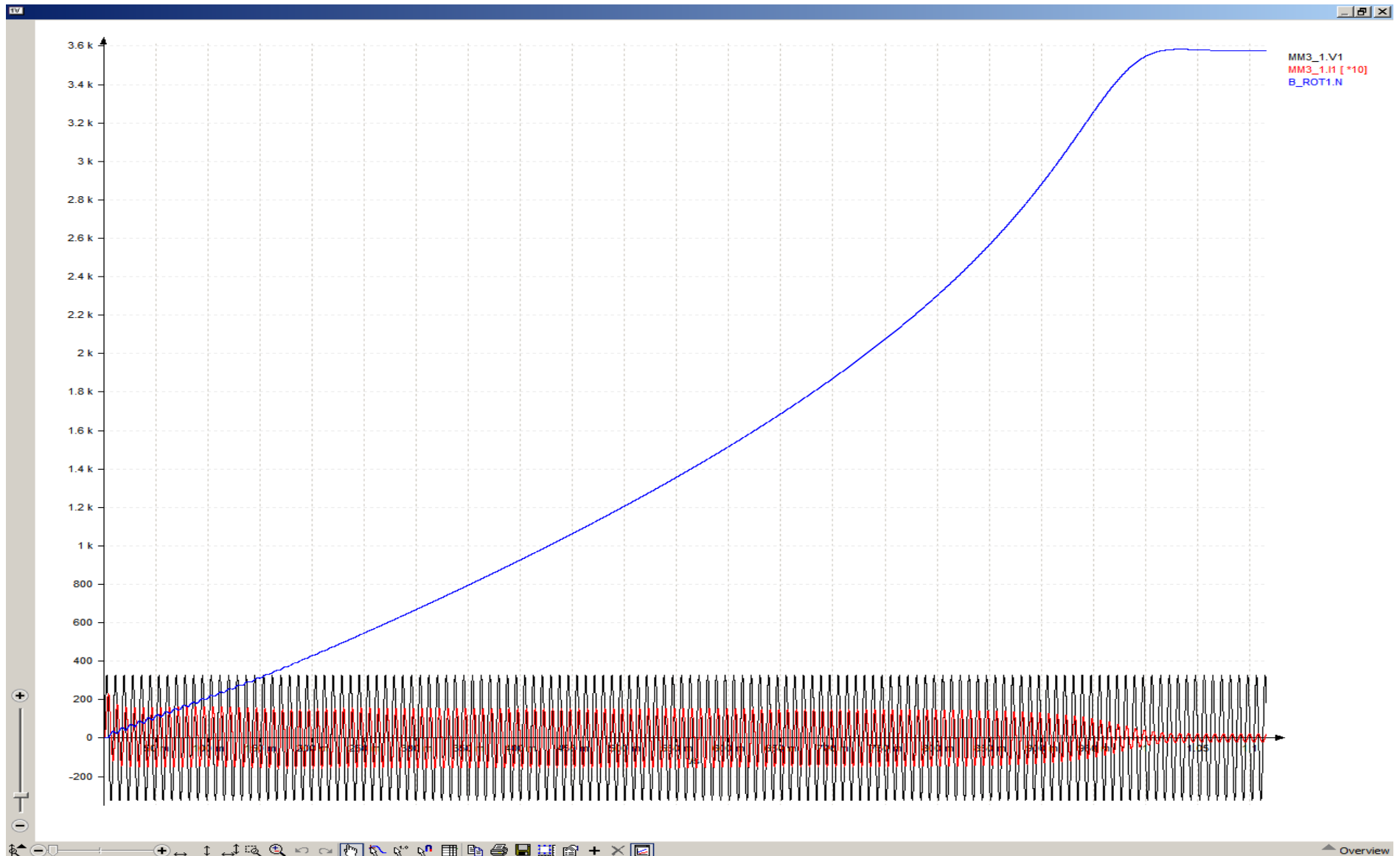
-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,0012775s - 3,9994985s = 76,6222416^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 119,64 \text{ Hz}}{2} = 3589,2 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{3589,2 - 3576,63}{3589,2} \cdot 100 = 0,3502173 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 86 -Frecuencia de alimentacion 120,54Hz-

-Periodo calculado: 8,29600132ms

-Corriente pico a pico: 2,16A

-Corriente de arranque: 23,003A

-Velocidad del rotor: 3603,33rpm

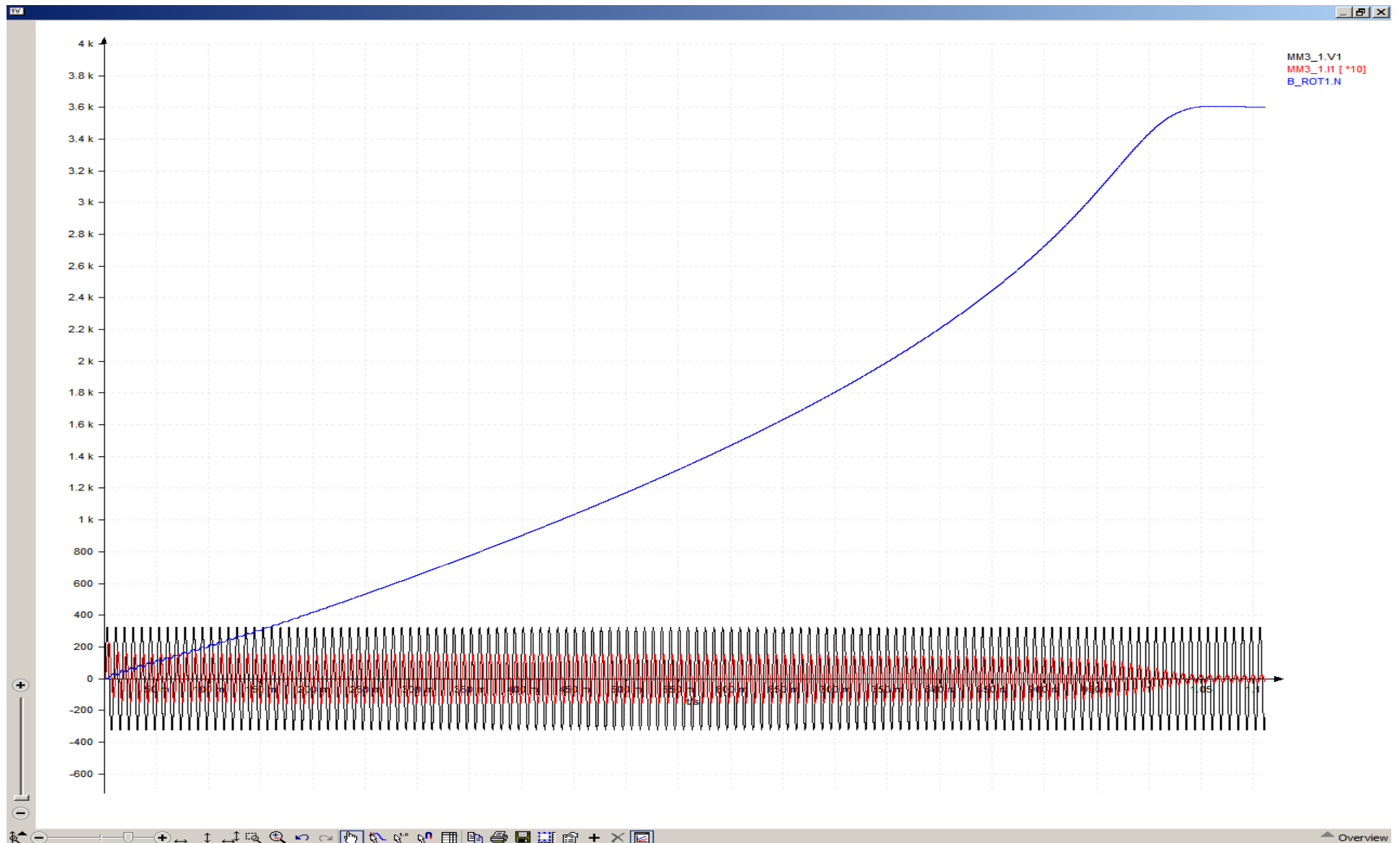
-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,004580353s - 4,002820623s = 76,3624275^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 120,54 \text{ Hz}}{2} = 3616,2 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{3616,2 - 3603,33}{3616,2} \cdot 100 = 0,3558984 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 87 -Frecuencia de alimentacion 122,325Hz-

-Periodo calculado: 8,1749438ms

-Corriente pico a pico: 2,134

-Corriente de arranque: 22,76A

-Velocidad del rotor: 3656,28rpm

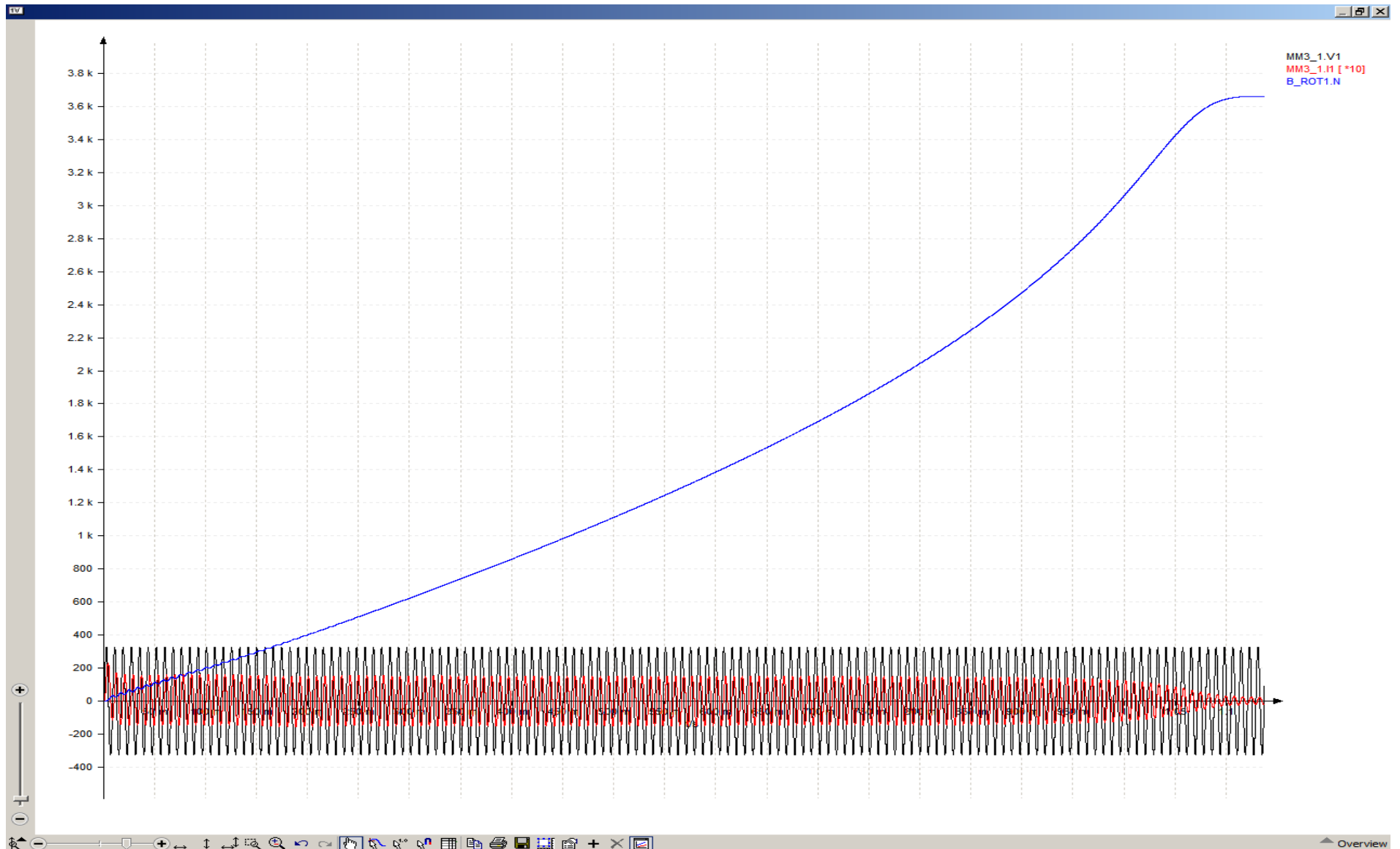
-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,00335765s - 4,001635s = 75,860338^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 122,325 \text{ Hz}}{2} = 3669,75 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{3669,75 - 3656,28}{3669,75} \cdot 100 = 0,3670549 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 88 -Frecuencia de alimentacion 123,21Hz-

-Periodo calculado: 8,116224ms
-Corriente pico a pico: 2,122A
-Corriente de arranque: 22,6418A
-Velocidad del rotor: 3682,54rpm

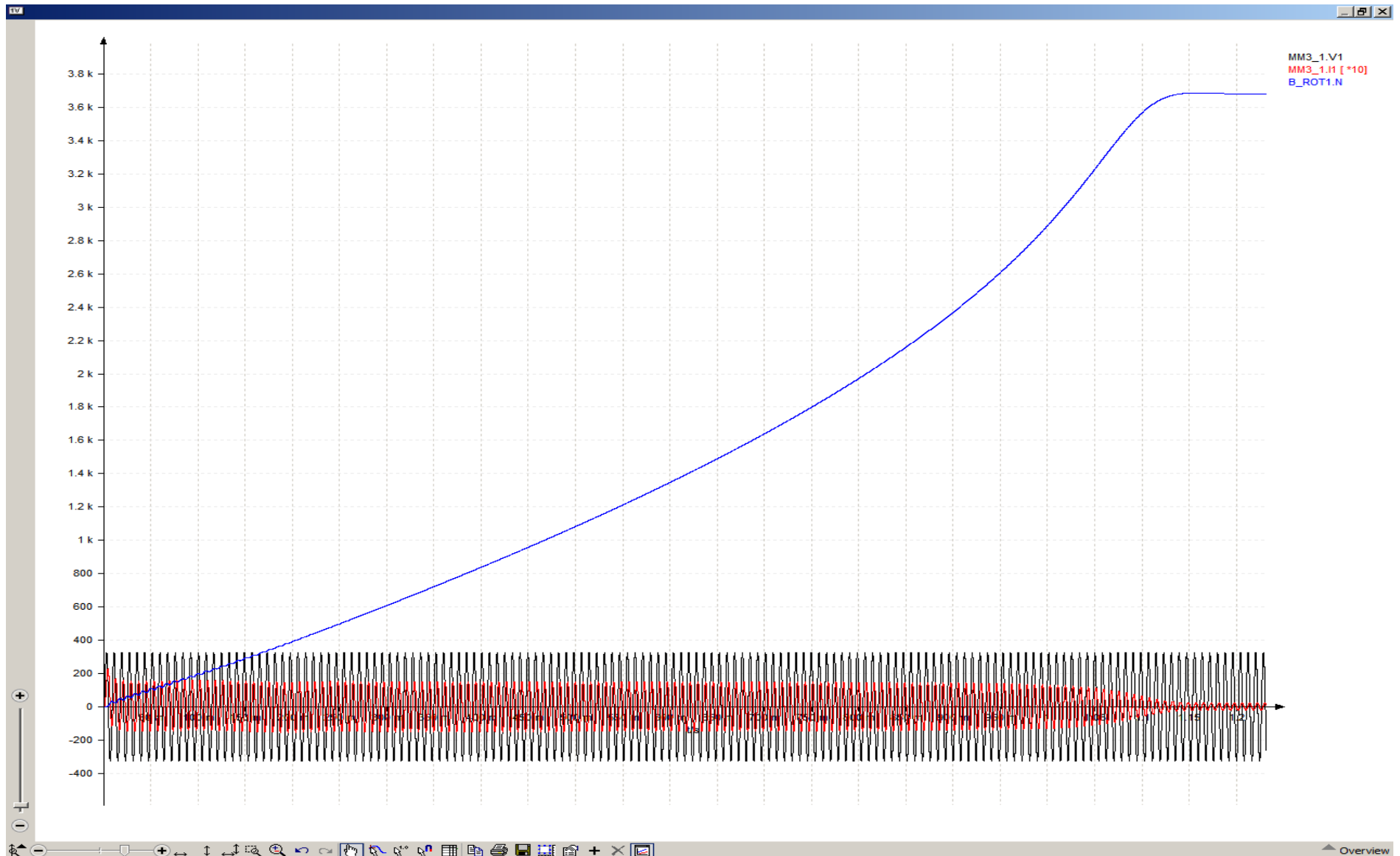
-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,007060723s - 4,00535671s = 75,582763^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 123,21 \text{ Hz}}{2} = 3696,3 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{3696,3 - 3682,54}{3696,3} \cdot 100 = 0,3722641 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 89 -Frecuencia de alimentacion 124,11Hz-

-Periodo calculado: 8,057368463ms

-Corriente pico a pico: 2,11A

-Corriente de arranque: 22,523A

-Velocidad del rotor: 3709,22rpm

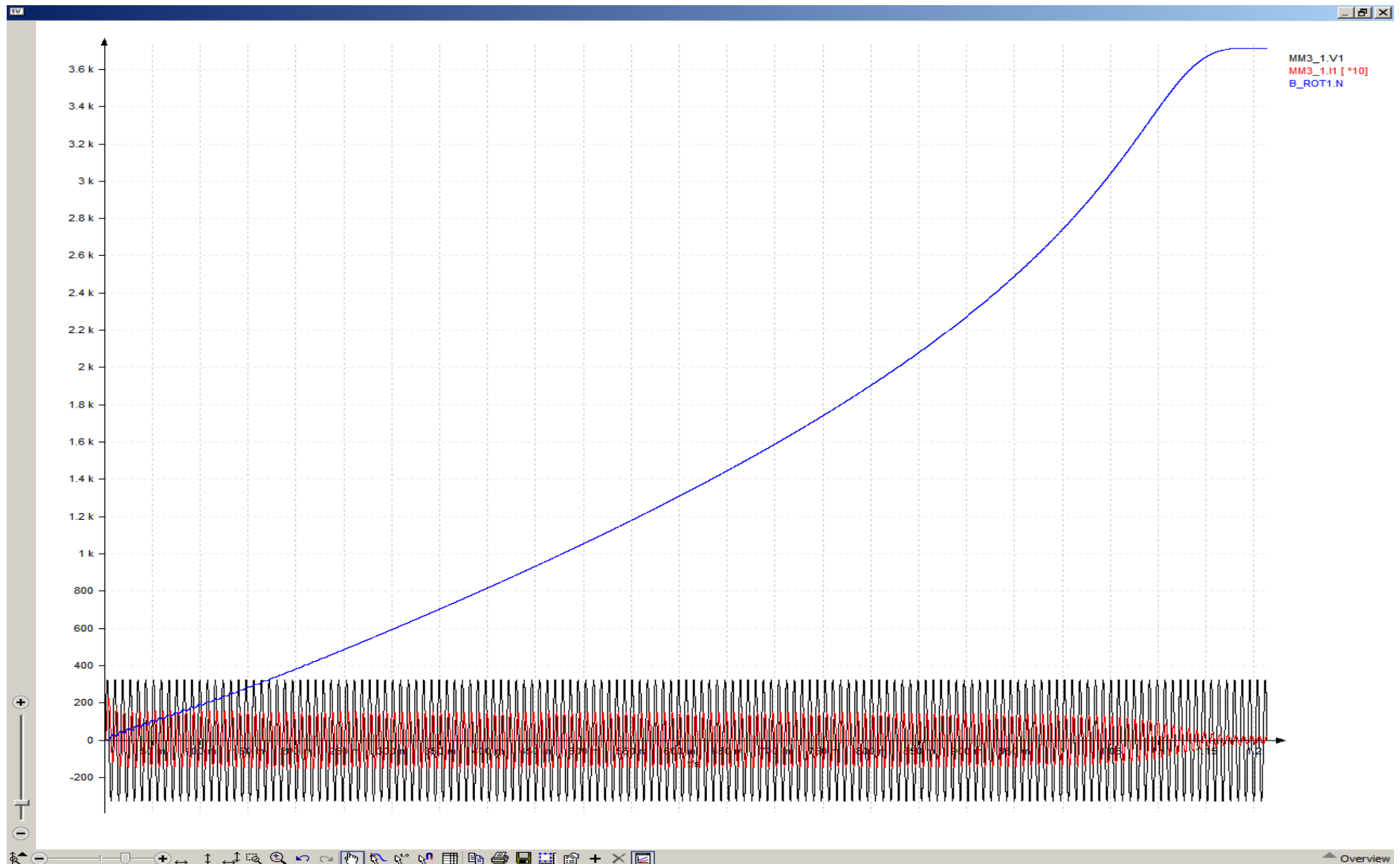
-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,0021691674s - 4,00048339s = 75,31986^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 124,11 \text{ Hz}}{2} = 3723,3 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{3723,3 - 3709,22}{3723,3} \cdot 100 = 0,37815916 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 90 -Frecuencia de alimentacion 124,995Hz-

-Periodo calculado: 8,0003200ms

-Corriente pico a pico: 2,097A

-Corriente de arranque: 22,405A

-Velocidad del rotor: 3735,40rpm

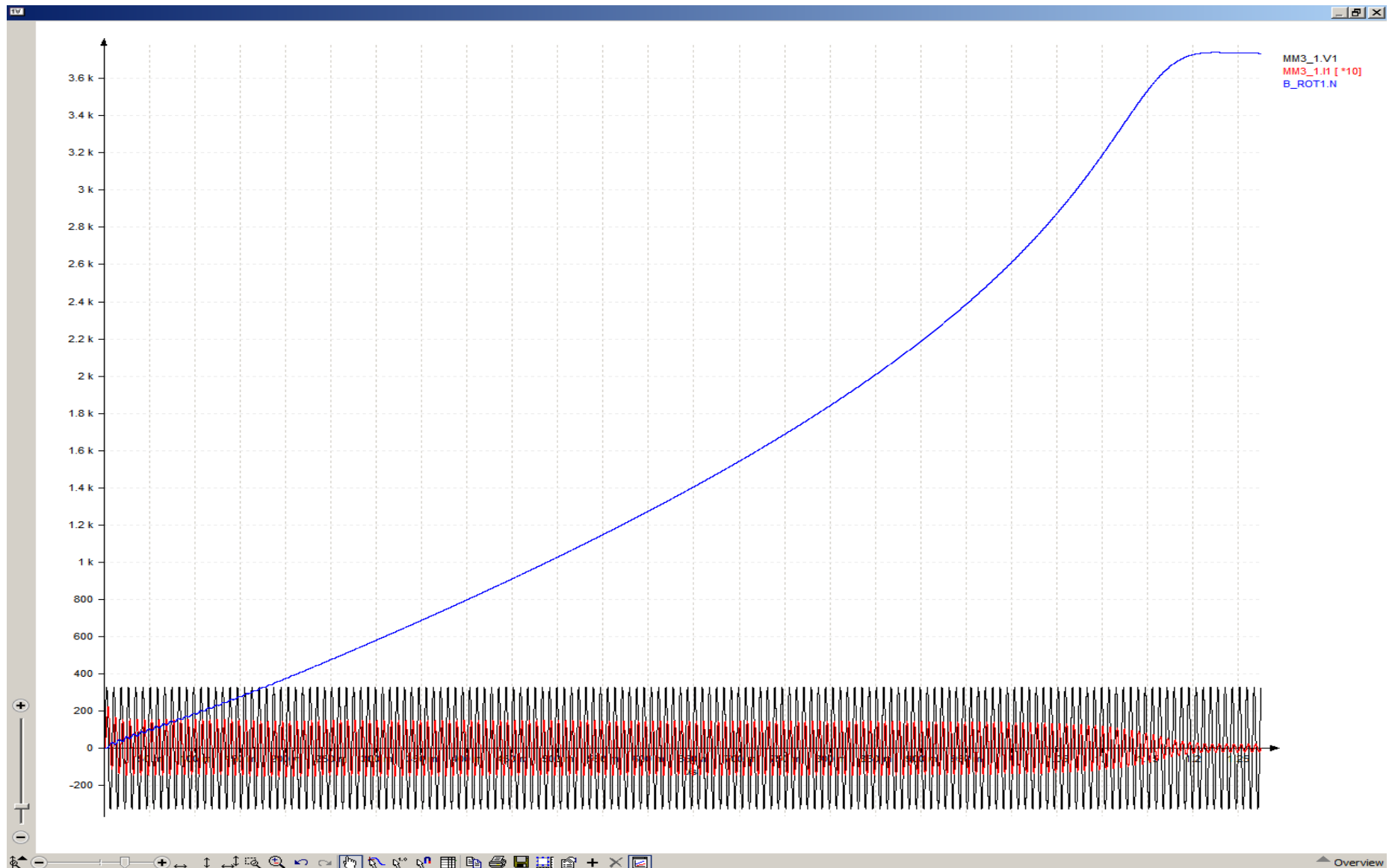
-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,005827972s - 4,0041601658s = 75,04827694^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 124,995 \text{ Hz}}{2} = 3749,85 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{3749,85 - 3735,4}{3749,85} \cdot 100 = 0,3853487 \%$$

-ONDA TRANSITORIA DE VELOCIDAD DEL MOTOR y resumen de la tension, e intensidad escalada 10 veces-



CASO 91 -Frecuencia de alimentacion 125,895Hz-

-Periodo calculado: 7,9431272ms

-Corriente pico a pico: 2,086A

-Corriente de arranque: 22,288A

-Velocidad del rotor: 3762,07rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,008957342s - 4,00730763s = 74,7685772^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 125,895 \text{ Hz}}{2} = 3776,85 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{3776,85 - 3762,07}{3776,85} \cdot 100 = 0,3913314 \%$$

CASO 92 -Frecuencia de alimentacion 126,78Hz-

-Periodo calculado: 7,88767944ms

-Corriente pico a pico: 2,075A

-Corriente de arranque: 22,173A

-Velocidad del rotor: 3788,3rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,00462964s - 4,002997308s = 74,500938^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 126,78 \text{ Hz}}{2} = 3803,4 \text{ rpm}$$

$$S\% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{3803,4 - 3788,3}{3803,4} \cdot 100 = 0,397013198\%$$

CASO 93 -Frecuencia de alimentacion 127,68Hz-

-Periodo calculado: 7,8320802ms

-Corriente pico a pico: 2,065A

-Corriente de arranque: 22,058A

-Velocidad del rotor: 3814,96rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,007723365s - 4,006109016s = 74,2032289° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 127,68 \text{ Hz}}{2} = 3830,4 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{3830,4 - 3814,96}{3830,4} \cdot 100 = 0,40309106 \%$$

CASO 94 -Frecuencia de alimentacion 128,565Hz-

-Periodo calculado: 7,778166686ms

-Corriente pico a pico: 2,0536A

-Corriente de arranque: 21,94A

-Velocidad del rotor: 3841,16rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,0034642386s - 4,00186676s = 73,936741^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 128,565 \text{ Hz}}{2} = 3856,95 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{3856,95 - 3841,16}{3856,95} \cdot 100 = 0,40939084 \%$$

CASO 95 -Frecuencia de alimentacion 130,35Hz-

-Periodo calculado: 7,67165324ms

-Corriente pico a pico: 2,034A

-Corriente de arranque: 21,725A

-Velocidad del rotor: 3893,95rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,002330518s - 4,000767153s = 73,362466^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 130,35 \text{ Hz}}{2} = 3910,5 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{3910,5 - 3893,95}{3910,5} \cdot 100 = 0,42321953 \%$$

CASO 96 -Frecuencia de alimentacion 131,25Hz-

-Periodo calculado: 7,6190476ms

-Corriente pico a pico: 2,024A

-Corriente de arranque: 21,615A

-Velocidad del rotor: 3920,64rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,00535597s - 4,00380947s = 73,072125^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 131,25 \text{ Hz}}{2} = 3937,5 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{3937,5 - 3920,64}{3937,5} \cdot 100 = 0,4281904762 \%$$

CASO 97 -Frecuencia de alimentacion 132,15Hz-

-Periodo calculado: 7,5671585ms

-Corriente pico a pico: 2,015A

-Corriente de arranque: 21,505A

-Velocidad del rotor: 3947,28rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,002330518s - 4,000767153s = 73,362466^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 132,15 \text{ Hz}}{2} = 3964,5 \text{ rpm}$$

$$S\% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{3964,5 - 3947,28}{3964,5} \cdot 100 = 0,4343549\%$$

CASO 98 -Frecuencia de alimentacion 133,035Hz-

-Periodo calculado: 7,51681888ms

-Corriente pico a pico: 2,005A

-Corriente de arranque: 21,4A

-Velocidad del rotor: 3973,41rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,0042187s - 4,00270603s = 72,4456992^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 133,035 \text{ Hz}}{2} = 3991,05 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{3991,05 - 3973,41}{3991,05} \cdot 100 = 0,44198895 \%$$

CASO 99 -Frecuencia de alimentacion 133,935Hz-

-Periodo calculado: 7,466308283ms
-Corriente pico a pico: 1,998A
-Corriente de arranque: 21,2912A
-Velocidad del rotor: 4000,03rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,007171269s - 4,0056744s = 72,1739338^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 133,935 \text{ Hz}}{2} = 4018,05 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{4018,05 - 4000,03}{4018,05} \cdot 100 = 0,4479785 \%$$

CASO 100 -Frecuencia de alimentacion 134,82Hz-

-Periodo calculado: 7,417297136ms

-Corriente pico a pico: 1,988A

-Corriente de arranque: 21,19A

-Velocidad del rotor: 4026,22rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,0031125799s - 4,001631784s = 71,870725^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 134,82 \text{ Hz}}{2} = 4044,6 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{4044,6 - 4026,22}{4044,6} \cdot 100 = 0,4544330 \%$$

CASO 101 -Frecuencia de alimentacion 135,72Hz-

-Periodo calculado: 7,36811082ms
-Corriente pico a pico: 1,9795A
-Corriente de arranque: 21,0836A
-Velocidad del rotor: 4052,90rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,0060331386s - 4,004568212s = 71,5751417347^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 135,72 \text{ Hz}}{2} = 4071,6 \text{ rpm}$$

$$S\% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{4071,6 - 4052,90}{4071,6} \cdot 100 = 0,4592789\%$$

CASO 102 -Frecuencia de alimentacion 136,605Hz-

-Periodo calculado: 7,32037626734ms

-Corriente pico a pico: 1,972A

-Corriente de arranque: 20,98A

-Velocidad del rotor: 4079,06rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,002034621s - 4,00058561s = 71,2591731558^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 136,605 \text{ Hz}}{2} = 4098,15 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{4098,15 - 4079,06}{4098,15} \cdot 100 = 0,465819943145 \%$$

CASO 103 -Frecuencia de alimentacion 137,505Hz-

-Periodo calculado: 7,27246282ms

-Corriente pico a pico: 1,964A

-Corriente de arranque: 20,88A

-Velocidad del rotor: 4105,69rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,0049239s - 4,00349074s = 70,943999688^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 137,505 \text{ Hz}}{2} = 4125,15 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{4125,15 - 4105,69}{4125,15} \cdot 100 = 0,47174042156 \%$$

CASO 104 -Frecuencia de alimentacion 139,29Hz-

-Periodo calculado: 7,17926627899ms

-Corriente pico a pico: 1,948A

-Corriente de arranque: 20,679A

-Velocidad del rotor: 4158,48rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,003843314s - 4,00244093s = 70,32170424^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 139,29 \text{ Hz}}{2} = 4178,7 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{4178,7 - 4158,48}{4178,7} \cdot 100 = 0,4838825472 \%$$

CASO 105 -Frecuencia de alimentacion 140,175Hz-

-Periodo calculado: 7,13393972ms

-Corriente pico a pico: 1,944A

-Corriente de arranque: 20,58A

-Velocidad del rotor: 4184,52rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,00709480742s - 4,00570713s = 70,0263656455^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 140,175 \text{ Hz}}{2} = 4205,25 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{4205,25 - 4184,52}{4205,25} \cdot 100 = 0,49295523453 \%$$

CASO 106 -Frecuencia de alimentacion 141,075Hz-

-Periodo calculado: 7,08842814ms
-Corriente pico a pico: 1,936A
-Corriente de arranque: 20,48A
-Velocidad del rotor: 4211,18rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,002789935375s - 4,001417663s = 69,69359685^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 141,075 \text{ Hz}}{2} = 4232,25 \text{ rpm}$$

$$S\% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{4232,25 - 4211,18}{4232,25} \cdot 100 = 0,497843936\%$$

CASO 107 -Frecuencia de alimentacion 141,96Hz-

-Periodo calculado: 7,0442378134ms

-Corriente pico a pico: 1,928A

-Corriente de arranque: 20,382A

-Velocidad del rotor: 4237,32rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,00600664s - 4,00464918s = 69,373807776^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 141,96 \text{ Hz}}{2} = 4258,8 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{4258,8 - 4237,32}{4232,25} \cdot 100 = 0,504367427444 \%$$

CASO 108 -Frecuencia de alimentacion 142,86Hz-

-Periodo calculado: 6,9998600028ms

-Corriente pico a pico: 1,924A

-Corriente de arranque: 20,285A

-Velocidad del rotor: 4263,84rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,0017627508s - 4,00041996s = 69,0591937277^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 142,86 \text{ Hz}}{2} = 4285,8 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{4285,8 - 4263,84}{4285,8} \cdot 100 = 0,5123897522 \%$$

CASO 109 -Frecuencia de alimentacion 143,745Hz-

-Periodo calculado: 6,9567637135ms
-Corriente pico a pico: 1,916A
-Corriente de arranque: 20,193A
-Velocidad del rotor: 4290,02rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,0049456s - 4,00361740s = 68,73195924° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 143,745 \text{ Hz}}{2} = 4312,35 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{4312,35 - 4290,02}{4312,35} \cdot 100 = 0,51781511241 \%$$

CASO 110 -Frecuencia de alimentacion 144,645Hz-

-Periodo calculado: 6,9134778250ms

-Corriente pico a pico: 1,91A

-Corriente de arranque: 20,1A

-Velocidad del rotor: 4316,59rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,007673765s - 4,0063604s = 68,389804953^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 144,645 \text{ Hz}}{2} = 4339,35 \text{ rpm}$$

$$S\% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{4339,35 - 4216,59}{4339,35} \cdot 100 = 0,5245025176\%$$

CASO 111 -Frecuencia de alimentacion 145,53Hz-

-Periodo calculado: 6,8714354428ms

-Corriente pico a pico: 1,9055A

-Corriente de arranque: 20,005A

-Velocidad del rotor: 4342,67rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,003910615s - 4,002611115s = 68,080010922^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 145,53 \text{ Hz}}{2} = 4365,9 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{4365,9 - 4342,67}{4365,9} \cdot 100 = 0,532078151126 \%$$

CASO 112 -Frecuencia de alimentacion 147,315Hz-

-Periodo calculado: 6,788175ms

-Corriente pico a pico: 1,895A

-Corriente de arranque: 19,82A

-Velocidad del rotor: 4395,31rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,002900375s - 4,00162914s = 67,41791425° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 147,315 \text{ Hz}}{2} = 4419,45 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{4419,45 - 4395,31}{4419,45} \cdot 100 = 0,546221815 \%$$

CASO 113 -Frecuencia de alimentacion 148,215Hz-

-Periodo calculado: 6,746955436ms

-Corriente pico a pico: 1,8885A

-Corriente de arranque: 19,728A

-Velocidad del rotor: 4421,88rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: $4,0055750406s - 4,00431803s = 67,0708173884^\circ$ (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 148,215 \text{ Hz}}{2} = 4446,45 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{4446,45 - 4421,88}{4446,45} \cdot 100 = 0,55257565 \%$$

CASO 114 -Frecuencia de alimentacion 149,1Hz-

-Periodo calculado: 6,70690811536ms

-Corriente pico a pico: 1,883A

-Corriente de arranque: 19,63865A

-Velocidad del rotor: 4447,99rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,00191381s - 4,0006707s = 66,72517236° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 149,1 \text{ Hz}}{2} = 4473 \text{ rpm}$$

$$S\% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{4473 - 4447,99}{4473} \cdot 100 = 0,5591325732\%$$

CASO 115 -Frecuencia de alimentacion 150Hz-

- Periodo calculado: 6,6666667ms
- Corriente pico: 1,8798A
- Corriente de arranque pico: 19,546A
- Velocidad del rotor: 4474,51rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,004563003s - 4,003333318s = 66,40299° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

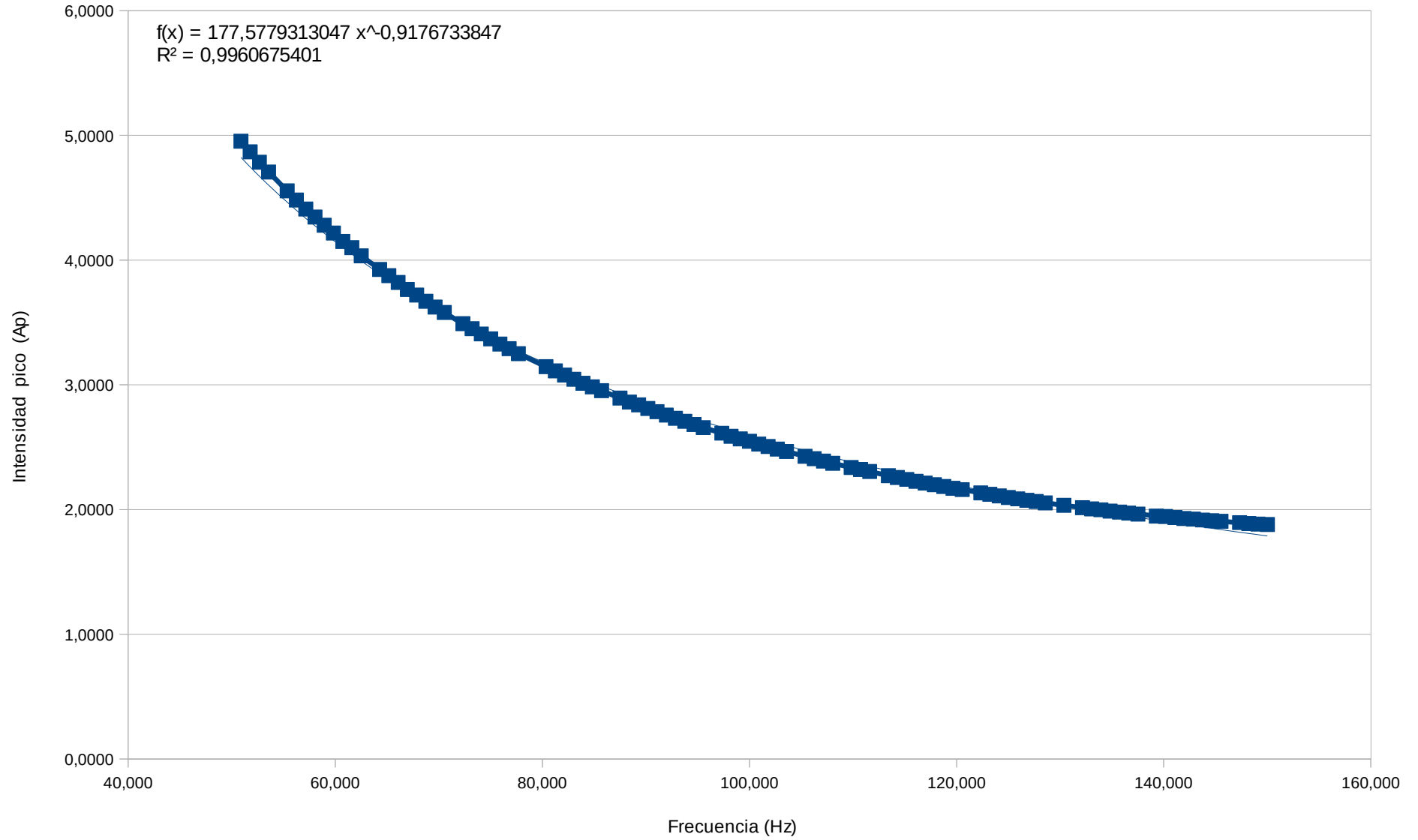
$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 150 \text{ Hz}}{2} = 4500 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{4500 - 4474,51}{4500} \cdot 100 = 0,56644444 \%$$

-RESUMEN DE DATOS , VARIACION DE FRECUENCIA DESDE 50Hz HASTA 150Hz SIN CARGA-

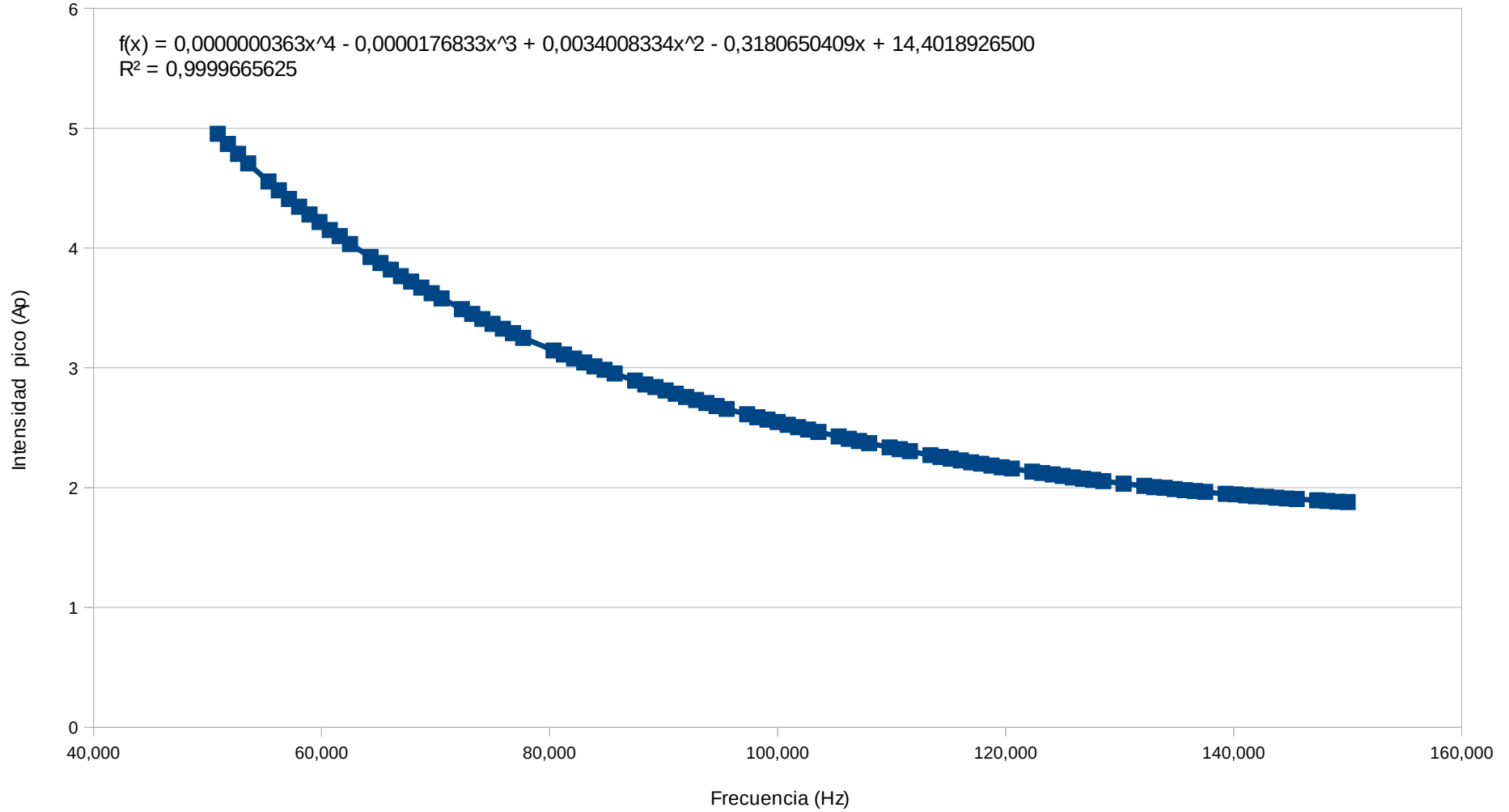
Frecuencia	Tension	Intensidad	Intensidad Arranque	Velocidad	Desfase V/I GRADOS	Deslizamient.
50,895	325,250	4,9533	39,250	1526,350	86,425817	0,0327472
51,780	325,250	4,8683	38,908	1552,950	86,409149	0,0289680
52,680	325,250	4,7850	38,570	1579,940	86,412160	0,0291060
53,565	325,250	4,7065	38,235	1606,430	86,381923	0,0201928
55,350	325,250	4,5550	37,590	1659,910	86,355286	0,0355314
56,250	325,250	4,4820	37,267	1686,860	86,311776	0,0379260
57,150	325,250	4,4100	36,960	1713,790	86,410800	0,0414115
58,035	325,250	4,3450	36,650	1740,270	86,359560	0,0448000
58,935	325,250	4,2800	36,350	1767,290	86,224267	0,0429852
59,820	325,250	4,2170	36,050	1793,850	86,140800	0,0417920
60,720	325,250	4,1500	35,750	1820,700	86,173666	0,0494071
61,600	325,250	4,1000	35,470	1847,270	86,142674	0,0395022
62,505	325,250	4,0340	35,180	1874,100	86,114389	0,0559955
64,290	325,250	3,9250	34,626	1927,540	85,984686	0,0601441
65,175	325,250	3,8750	34,355	1954,020	85,926190	0,0629076
66,075	325,250	3,8200	34,085	1980,940	85,875114	0,0660865
66,960	325,250	3,7650	33,820	2007,420	85,843750	0,0686977
67,860	325,250	3,7200	33,556	2034,340	85,780876	0,0717163
68,745	325,250	3,6700	33,300	2060,840	85,678268	0,0732174
69,645	325,250	3,6232	33,050	2087,710	85,630589	0,0784933
70,530	325,250	3,5800	32,800	2114,160	85,540512	0,0822345
72,315	325,250	3,4900	32,315	2167,470	85,399964	0,0912674
73,215	325,250	3,4500	32,075	2194,370	85,314318	0,0946983
74,100	325,250	3,4080	31,839	2200,840	85,256496	0,0971660
75,000	325,250	3,3680	31,606	2247,740	85,163548	0,1004444
75,900	325,250	3,3267	31,373	2274,620	85,036660	0,1045235
76,785	325,250	3,2900	31,150	2301,060	84,946401	0,1080940
77,685	325,250	3,2500	30,930	2327,950	84,546405	0,1115616
80,355	325,250	3,1450	30,280	2407,680	84,539904	0,1232033
81,255	325,250	3,1114	30,067	2434,570	84,448191	0,1263512
82,140	325,250	3,0780	29,860	2460,980	84,311124	0,1306712
83,040	325,250	3,0450	29,655	2487,840	84,203132	0,1348748
83,925	325,250	3,0120	29,455	2514,240	84,075437	0,1394102
84,825	325,250	2,9830	29,252	2541,140	83,987438	0,1418607
85,710	325,250	2,9530	29,060	2567,470	83,864610	0,1489519
87,495	325,250	2,8933	28,680	2620,760	83,596223	0,1558184
88,400	325,250	2,8617	28,481	2647,640	83,439867	0,1644042
89,280	325,250	2,8390	28,300	2673,980	83,357325	0,1650239
90,180	325,250	2,8104	28,110	2700,820	83,181635	0,1692911
91,065	325,250	2,7843	27,930	2727,190	83,027239	0,1742345
91,965	325,250	2,7570	27,751	2754,050	82,892983	0,1776037
92,850	325,250	2,7312	27,573	2780,430	82,704650	0,1820140
93,750	325,250	2,7070	27,396	2807,210	82,562625	0,1880889
94,650	325,250	2,6822	27,224	2834,080	82,442554	0,1908786
95,535	325,250	2,6570	27,055	2860,450	82,268974	0,1953908
97,320	325,250	2,6120	26,720	2913,590	81,912298	0,2058501
98,220	325,250	2,5870	26,550	2940,400	81,745988	0,2104120
99,105	325,250	2,5670	26,390	2966,720	81,545286	0,2162689
100,005	325,250	2,5474	26,228	2993,530	81,435766	0,2206556
100,890	325,250	2,5250	26,069	3019,870	81,226942	0,2256583
101,790	325,250	2,5050	25,913	3046,680	81,058389	0,2298850
102,675	325,250	2,4849	25,757	3072,990	80,844043	0,2356951
103,575	325,250	2,4650	25,604	3099,770	80,653011	0,2407273
105,360	325,250	2,4270	25,300	3152,880	80,255241	0,2505694
106,245	325,250	2,4080	25,154	3179,200	80,099006	0,2556983
107,145	325,250	2,3890	25,011	3206,000	79,932555	0,2597726
108,030	325,250	2,3713	24,864	3232,340	79,617987	0,2641241
109,815	325,250	2,3367	24,579	3285,310	79,200730	0,2774363
110,715	325,250	2,3210	24,438	3312,040	78,991786	0,2833100
111,600	325,250	2,3050	24,306	3338,290	78,801632	0,2900239
113,400	325,250	2,2716	24,033	3391,720	78,328600	0,3021752
114,285	325,250	2,2568	23,900	3417,960	78,105824	0,3088769
115,185	325,250	2,2415	23,768	3444,580	77,863162	0,3174603
116,070	325,250	2,2270	23,636	3470,830	77,622757	0,3236550
116,970	325,250	2,2120	23,507	3497,480	77,358811	0,3311390
117,855	325,250	2,2000	23,380	3523,680	77,130372	0,3385516
118,755	325,250	2,1850	23,253	3550,360	76,869190	0,3449679
119,640	325,250	2,1705	23,128	3576,630	76,622242	0,3502173
120,540	325,250	2,1600	23,003	3603,330	76,362428	0,3558984
122,325	325,250	2,1340	22,760	3656,280	75,860338	0,3670549
123,210	325,250	2,1220	22,642	3682,540	75,582763	0,3722641
124,110	325,250	2,1100	22,523	3706,220	75,319860	0,3781592
124,995	325,250	2,0970	22,405	3735,400	75,048277	0,3853487
125,895	325,250	2,0860	22,288	3762,070	74,768577	0,3913314
126,780	325,250	2,0750	22,173	3788,300	74,500938	0,3970132
127,680	325,250	2,0650	22,058	3814,960	74,203229	0,4030911
128,565	325,250	2,0536	21,940	3841,160	73,936741	0,4093908
130,350	325,250	2,0340	21,725	3893,950	73,362466	0,4232195
132,150	325,250	2,0150	21,505	3947,280	73,362466	0,4343549
133,035	325,250	2,0050	21,400	3973,410	72,445699	0,4419890
133,935	325,250	1,9980	21,291	4000,030	72,173934	0,4479785
134,820	325,250	1,9880	21,190	4026,220	71,870725	0,4544330
135,720	325,250	1,9795	21,084	4052,900	71,575142	0,4592789
136,605	325,250	1,9720	20,980	4079,060	71,259173	0,4658199
137,505	325,250	1,9640	20,880	4105,690	70,944000	0,4717404
139,290	325,250	1,9480	20,679	4158,480	70,321704	0,4838825
140,175	325,250	1,9440	20,580	4184,520	70,026366	0,4929552
141,075	325,250	1,9360	20,480	4211,180	69,693597	0,4978439
141,950	325,250	1,9280	20,382	4237,320	69,373808	0,5043674
142,860	325,250	1,9240	20,285	4263,840	69,059194	0,5123898
143,745	325,250	1,9160	20,193	4290,020	68,731959	0,5174151
144,645	325,250	1,9100	20,100	4316,590	68,389805	0,5245025
145,530	325,250	1,9055	20,005	4342,670	68,080011	0,5320782
147,315	325,250	1,8950	19,820	4395,310	67,417914	0,5462218
148,215	325,250	1,8885	19,728	4421,880	67,070817	0,5525757
149,100	325,250	1,8830	19,639	4447,990	66,725172	0,5591326
150,000	325,250	1,8798	19,546	4474,510	66,402990	0,5664444

Intensidad pico en funcion de la frecuencia



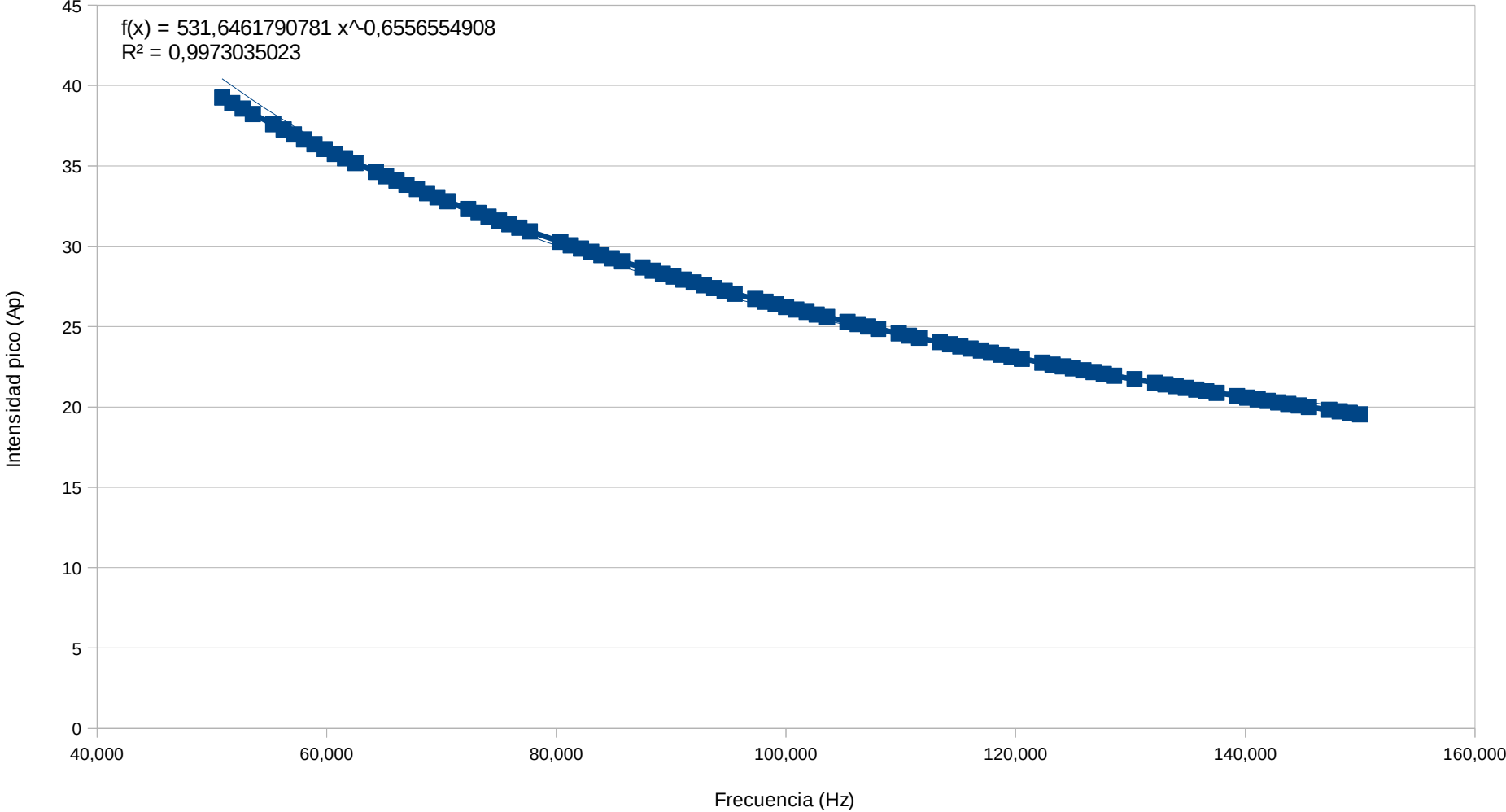
Si añadimos una ecuacion polinomial de 4° grado el error disminuye.

Intensidad pico en funcion de la frecuencia



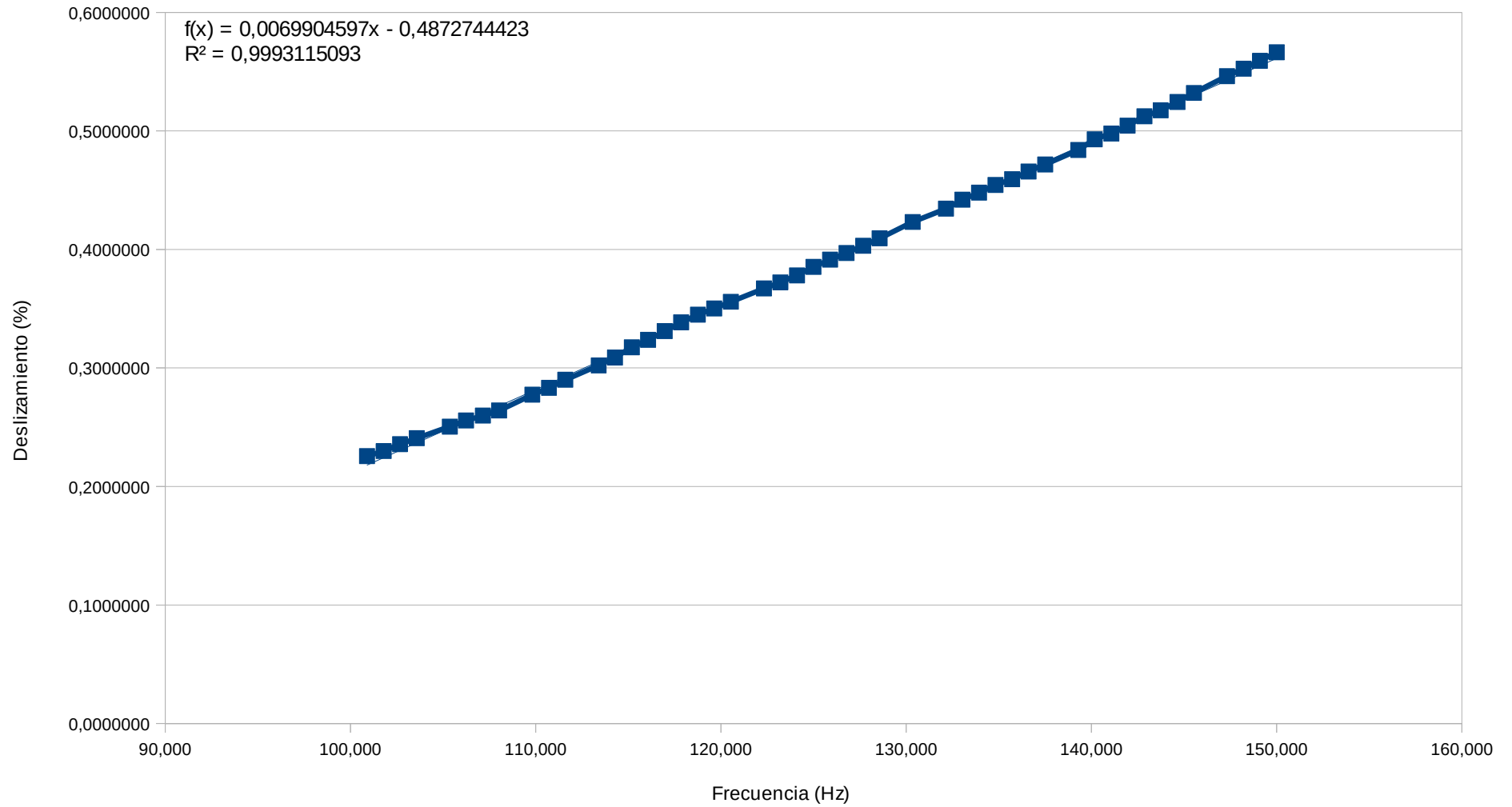
Agregando la ecuacion de una Potencia, vemos que el error aumenta, aparte que los valores iniciales se salen un poco, por tanto no es una ecuacion tan buena, pero es igual de valida, ya que el error es despreciable.

Intensidad pico de arranque en funcion de la frecuencia



El deslizamiento se comporta como una relacion lineal a partir de 100Hz de alimentacion hasta 150Hz

Deslizamiento en funcion de la frecuencia



RESUMEN DEL PRIMER ENSAYO EN VACIO:

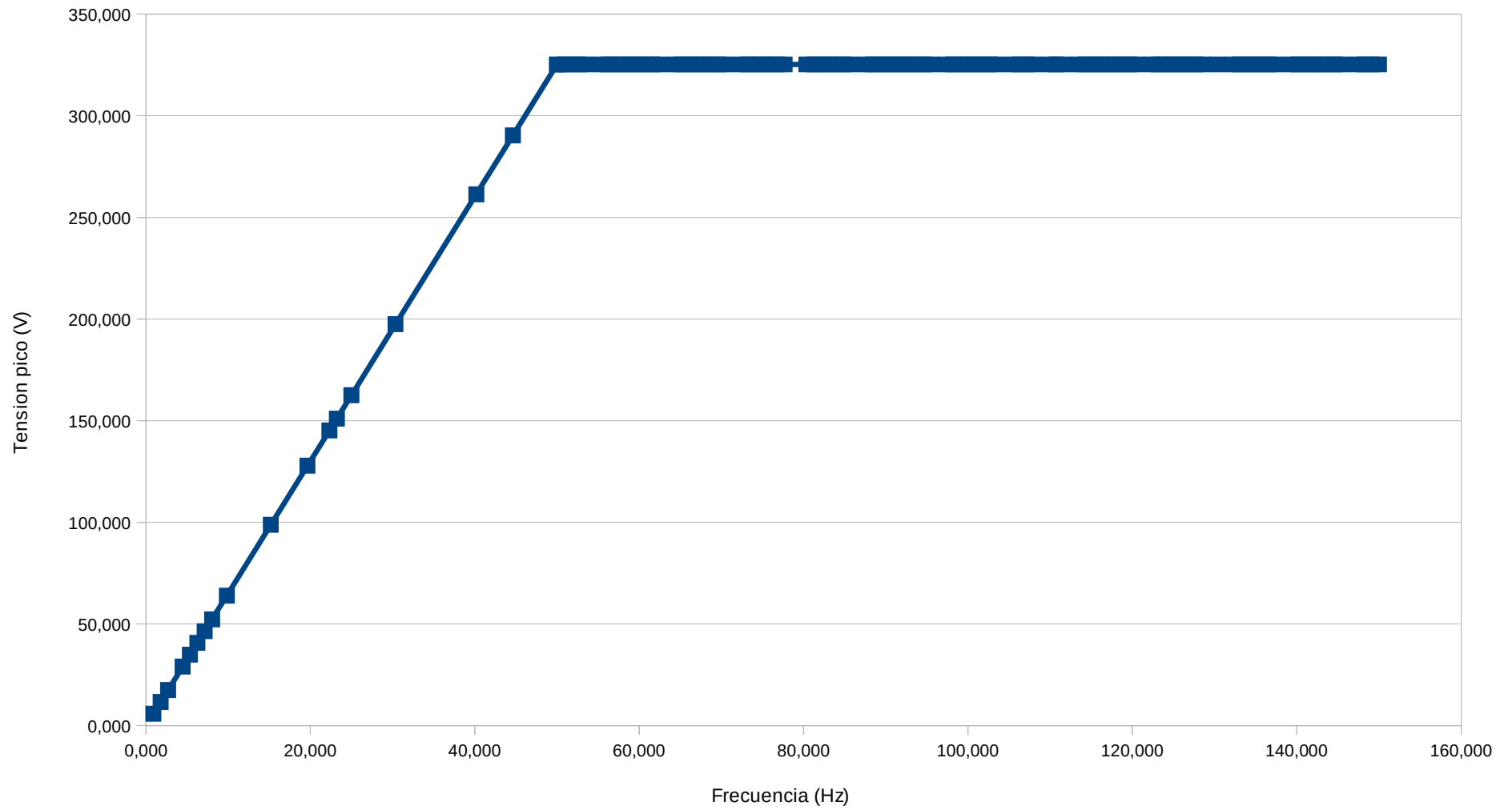
Como se ha observado , la intensidad debe bajar a partir de la frecuencia nominal para que la relacion entre la frecuencia y la velocidad no se pierda, sin embargo la tension sera constante, es decir, sacrifica la intensidad para seguir aumentando la velocidad. El desfase entre la tension e intensidad tambien disminuye a medida que se aumenta la frecuencia de alimentacion.

El primer ensayo a frecuencia variable y par constante ha finalizado, asi pues se expondran las graficas de las variables estudiadas desde la precuencia 0Hz hasta 150Hz en una sola grafica para cada magnitud.

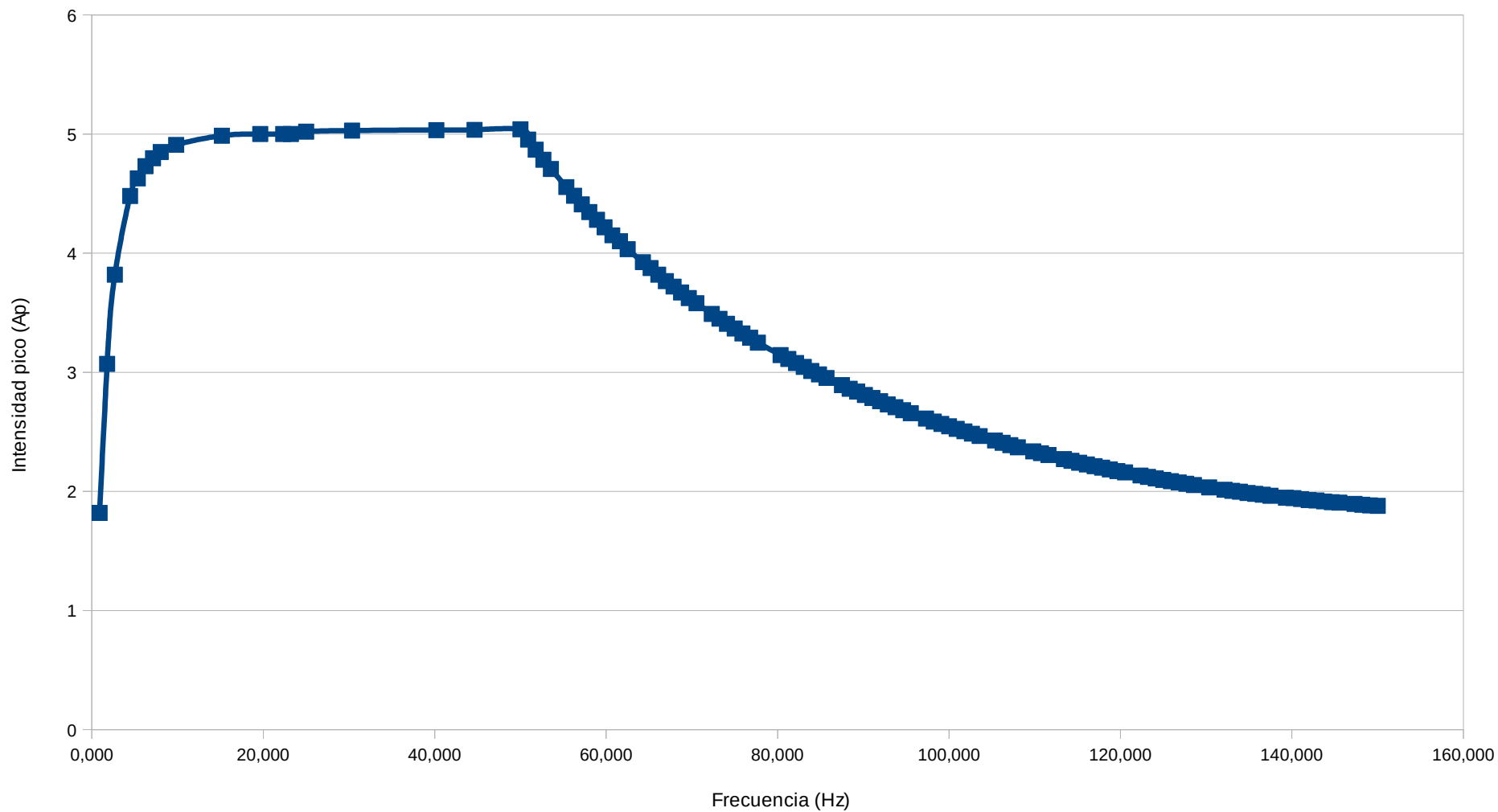
-LAS MAGNITUDES ELECTRICAS DE 0Hz HASTA 150Hz-

**REPRESENTADAS GRAFICAMENTE EN FUNCION DE LA
FRECUENCIA**

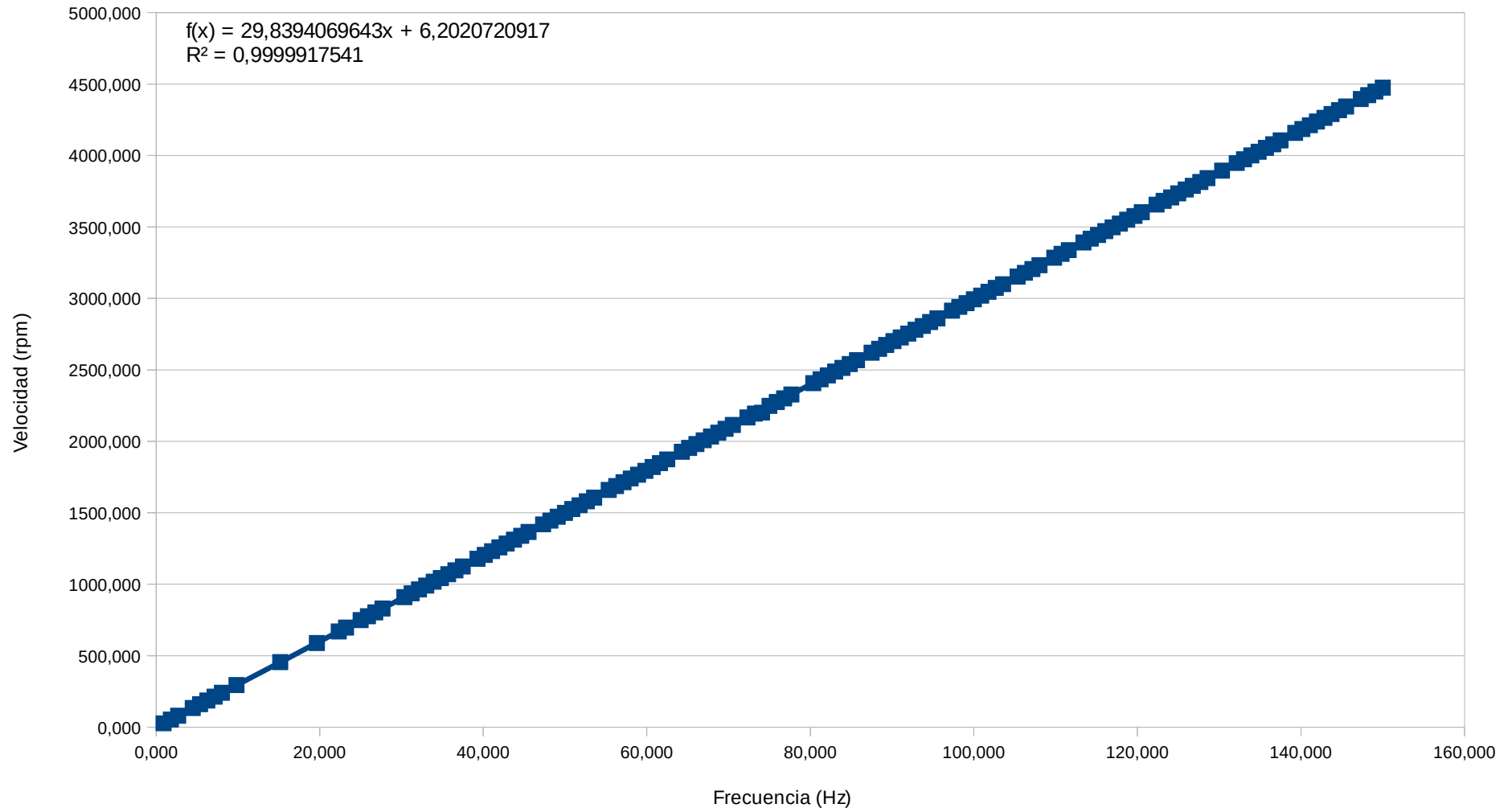
Tension en funcion de la frecuencia



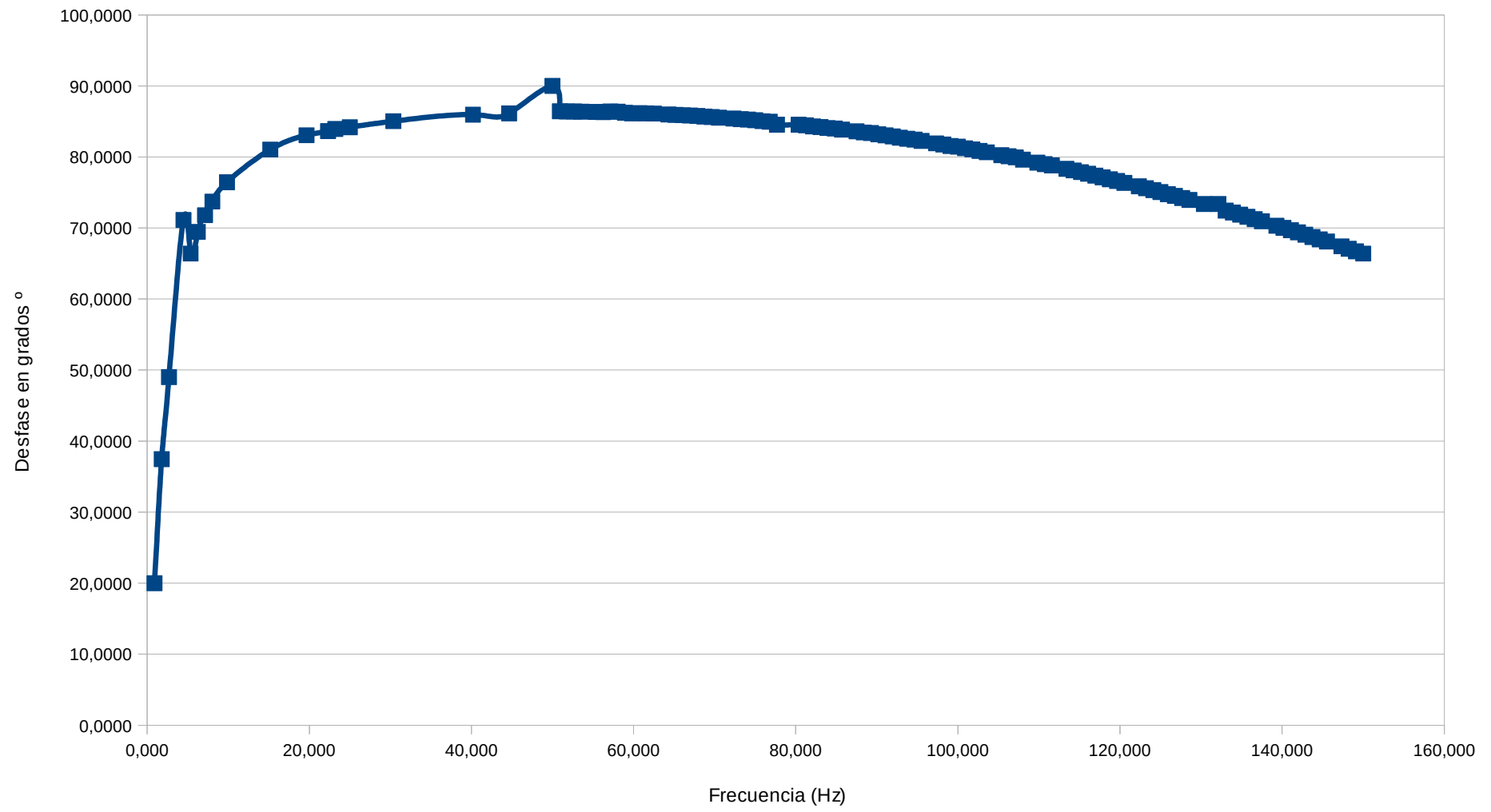
Intensidad pico nominal en funcion de la frecuencia



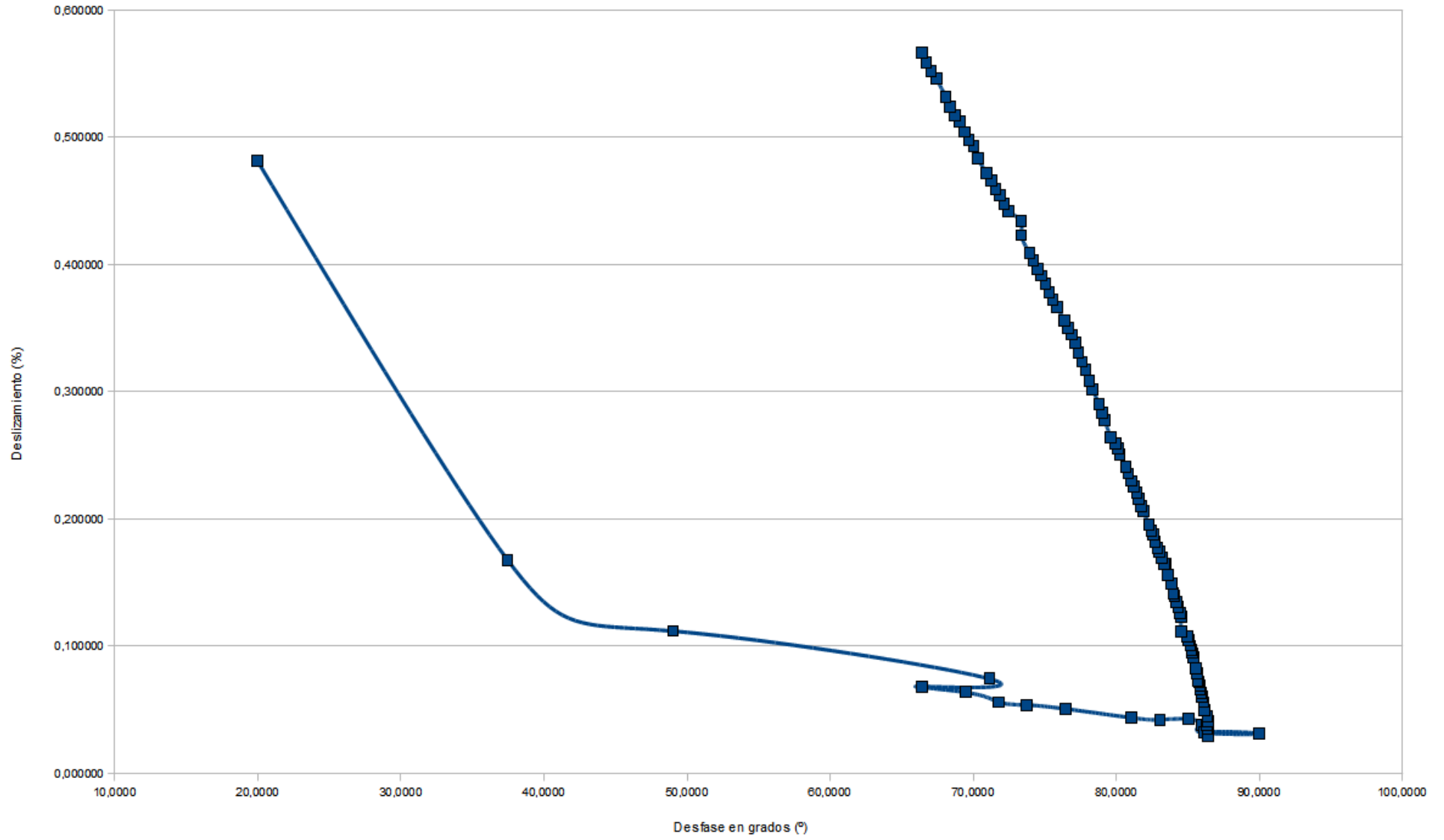
Velocidad en funcion de la frecuencia



Desfase Tension / Intensidad en funcion de la frecuencia



Deslizamiento en funcion del Desfase Tension/Intensidad



3. 2

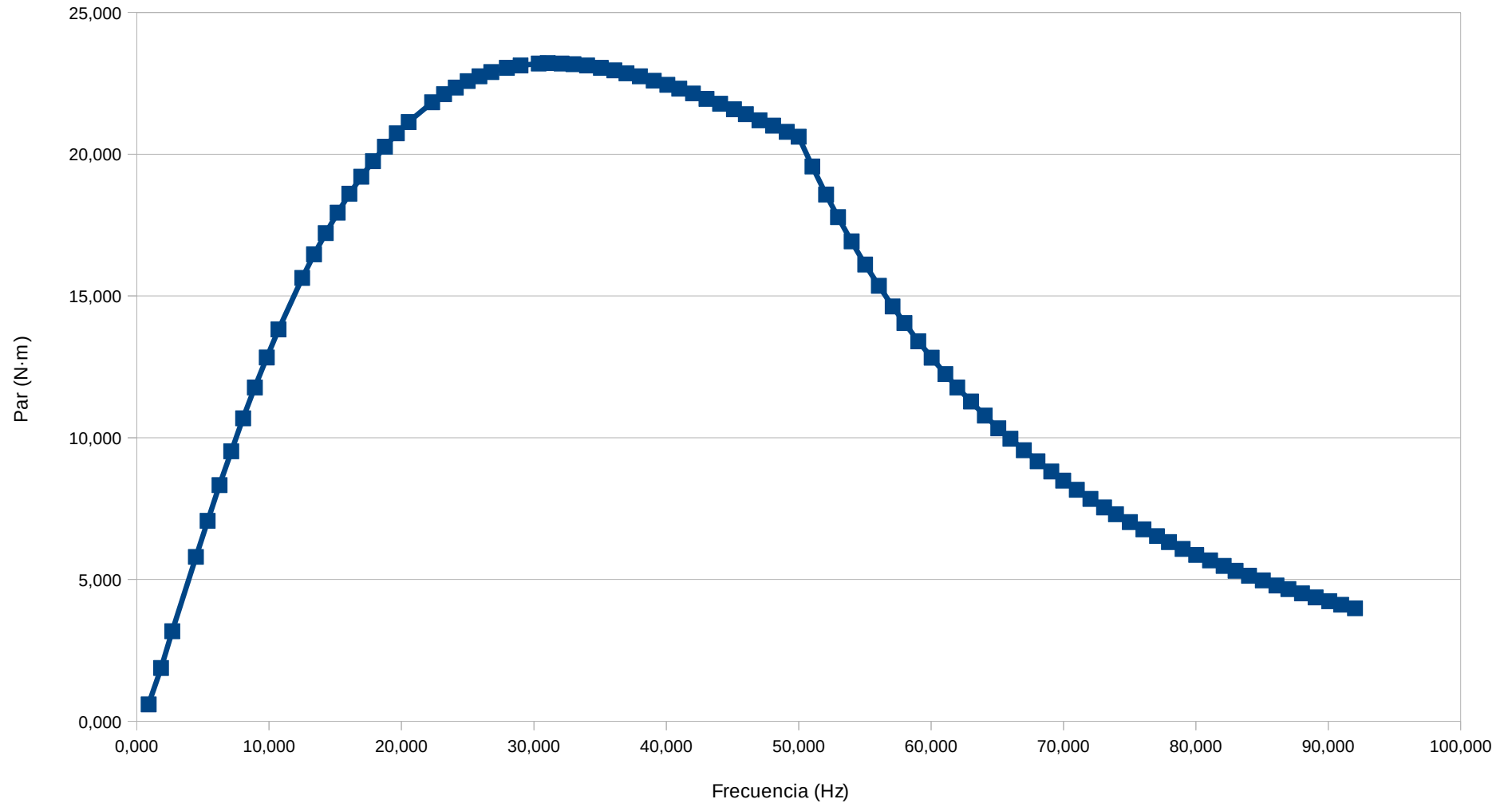
—PAR Y FRECUENCIA VARIABLE—

PAR MAXIMO DE ARRANQUE

-PAR Y FRECUENCIA VARIABLE- ENSAYO CON PORTUNUS 6.1

Frecuencia	Tarranque maximo
0,900	0,595
1,845	1,874
2,685	3,172
4,470	5,794
5,355	7,067
6,255	8,328
7,140	9,519
8,040	10,686
8,925	11,774
9,825	12,831
10,710	13,817
12,500	15,634
13,395	16,468
14,280	17,218
15,180	17,940
16,065	18,604
16,965	19,206
17,850	19,756
18,750	20,262
19,650	20,738
20,535	21,135
22,320	21,830
23,220	22,118
24,105	22,352
25,000	22,580
25,890	22,750
26,790	22,898
27,960	23,045
28,995	23,133
30,360	23,198
31,050	23,218
32,085	23,195
32,985	23,175
34,020	23,133
35,055	23,045
36,079	22,960
36,990	22,852
38,010	22,745
39,045	22,595
40,080	22,445
40,980	22,315
42,015	22,143
43,035	21,950
44,070	21,778
45,105	21,585
46,005	21,413
47,040	21,198
48,060	21,005
49,095	20,790
49,995	20,618
51,030	19,565
52,065	18,578
52,965	17,782
54,000	16,925
55,020	16,108
56,055	15,358
57,090	14,628
57,990	14,047
59,025	13,403
60,045	12,820
61,080	12,243
61,980	11,770
63,015	11,275
64,054	10,783
65,070	10,330
65,985	9,965
67,005	9,558
68,040	9,170
69,075	8,805
69,975	8,482
71,010	8,162
72,030	7,840
73,065	7,538
73,965	7,303
75,000	7,023
76,035	6,765
77,055	6,530
77,970	6,315
78,990	6,078
80,025	5,862
81,060	5,670
82,095	5,478
82,995	5,305
84,015	5,133
85,050	4,963
86,085	4,790
86,985	4,660
88,020	4,507
89,040	4,363
90,075	4,227
90,975	4,107
92,010	3,979

Par maximo en el arranque



3. 3

—PAR VARIABLE—

FRECUENCIA FIJA

CASO 116 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 0,996 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms

-Corriente pico a pico: 5,044A

-Corriente de arranque: 39,626A

-Velocidad del rotor: 1495,52rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 2,23482117s - 2,230223s =82,7587833° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S\% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1495,52}{1499,85} \cdot 100 = 0,2886955\%$$

CASO 117 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 1,992 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms
-Corriente pico a pico: 5,078A
-Corriente de arranque: 39,653A
-Velocidad del rotor: 1491,53rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,01479680126s - 4,01040094s =79,11759013° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1491,53}{1499,85} \cdot 100 = 0,5547221 \%$$

CASO 118 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 2,988 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms
-Corriente pico a pico: 5,1355A
-Corriente de arranque: 39,6905A
-Velocidad del rotor: 1487,55rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,0145958s - 4,01040094s =75,49993° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1487,55}{1499,85} \cdot 100 = 0,820082 \%$$

CASO 119 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 4,020 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms

-Corriente pico a pico: 5,228A

-Corriente de arranque: 39,7208A

-Velocidad del rotor: 1483,31rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,014395524s - 4,01040104s =71,89352193° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S\% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1483,31}{1499,85} \cdot 100 = 1,102777\%$$

CASO 120 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 5,005 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms

-Corriente pico a pico: 5,34A

-Corriente de arranque: 39,7575A

-Velocidad del rotor: 1479,31rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,01420883s - 4,010400985s =68,53435588° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S\% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1479,31}{1499,85} \cdot 100 = 1,36947028\%$$

CASO 121 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 6,001 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms
-Corriente pico a pico: 5,4765A
-Corriente de arranque: 39,7835A
-Velocidad del rotor: 1475,12rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,01402956s - 4,01040104s =65,30682866° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1475,12}{1499,85} \cdot 100 = 1,64883155\%$$

CASO 122 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 7,008 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms
-Corriente pico a pico: 5,6425A
-Corriente de arranque: 39,825A
-Velocidad del rotor: 1470,8rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,013858098s - 4,01040104s =62,2208213° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S\% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1470,8}{1499,85} \cdot 100 = 1,936860353\%$$

CASO 123 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 7,999 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms
-Corriente pico a pico: 5,8266A
-Corriente de arranque: 39,86A
-Velocidad del rotor: 1466,47rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,0137001244s - 4,010401028s =59,37779683° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1466,47}{1499,85} \cdot 100 = 2,22555589 \%$$

CASO 124 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 8,995 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms
-Corriente pico a pico: 6,033A
-Corriente de arranque: 39,88A
-Velocidad del rotor: 1462,03rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,013552338s - 4,010401026s =56,71794364° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S\% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1462,03}{1499,85} \cdot 100 = 2,5215855\%$$

CASO 125 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 9,991 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms
-Corriente pico a pico: 6,26A
-Corriente de arranque: 39,92A
-Velocidad del rotor: 1457,53rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,013415566s - 4,01040102s =54,2564018° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1457,53}{1499,85} \cdot 100 = 2,8216155 \%$$

CASO 126 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 11 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms
-Corriente pico a pico: 6,5067A
-Corriente de arranque: 39,9475A
-Velocidad del rotor: 1452,87rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,013288002s - 4,01040096s =51,96155932° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S\% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1452,87}{1499,85} \cdot 100 = 3,13231323\%$$

CASO 127 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 12,009 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms
-Corriente pico a pico: 6,78A
-Corriente de arranque: 39,998A
-Velocidad del rotor: 1448,11rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,013171363s - 4,010401025s =49,86109739° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1448,11}{1499,85} \cdot 100 = 3,449678301\%$$

CASO 128 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 13,006 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms

-Corriente pico a pico: 7,055A

-Corriente de arranque: 40,03A

-Velocidad del rotor: 1443,31rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,013066454s - 4,01040104s =47,97265425° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S\% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1443,31}{1499,85} \cdot 100 = 3,769710304\%$$

CASO 129 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 14,002 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms
-Corriente pico a pico: 7,3535A
-Corriente de arranque: 40,067A
-Velocidad del rotor: 1438,39rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,012971073s - 4,01040104s =46,25596794° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1438,39}{1499,85} \cdot 100 = 4,097743108 \%$$

CASO 130 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 15 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms
-Corriente pico a pico: 7,665A
-Corriente de arranque: 40,102A
-Velocidad del rotor: 1433,33rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,012884922s - 4,01040104s =44,70540501° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S\% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1433,33}{1499,85} \cdot 100 = 4,435110178\%$$

CASO 131 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 16,006 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms

-Corriente pico a pico: 7,995A

-Corriente de arranque: 40,13A

-Velocidad del rotor: 1428,1rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,012806723s - 4,01040104s =43,29796377° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1428,1}{1499,85} \cdot 100 = 4,783811715 \%$$

CASO 132 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 16,996 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms
-Corriente pico a pico: 8,335A
-Corriente de arranque: 40,1732A
-Velocidad del rotor: 1422,8rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,012737494s - 4,01040104s =42,05196638° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1422,8}{1499,85} \cdot 100 = 5,137180385 \%$$

CASO 133 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 18,004 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms
-Corriente pico a pico: 8,6943A
-Corriente de arranque: 40,205A
-Velocidad del rotor: 1417,24rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,0126746082s - 4,01040104s =40,92013518° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S\% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1417,24}{1499,85} \cdot 100 = 5,507884122\%$$

CASO 134 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 19,010 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms
-Corriente pico a pico: 9,0685A
-Corriente de arranque: 40,245A
-Velocidad del rotor: 1411,51rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,0126190859s - 4,01040104s =39,92083372° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1411,51}{1499,85} \cdot 100 = 5,889922326 \%$$

CASO 135 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 20 Nm

- Periodo calculado: 20,00200020ms
- Corriente pico a pico: 9,45A
- Corriente de arranque: 40,28A
- Velocidad del rotor: 1405,67rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,0125706076s - 4,01040104s =39,04831158° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1405,67}{1499,85} \cdot 100 = 6,279294596 \%$$

A partir de 21Nm la maquina no es capaz de arrancar con dicho par, ya que no lleva una velocidad inicial con su correspondiente momento de inercia.

Asi pues, arrancaremos a 20Nm y acoplaremos los siguientes pares de carga, lo haremos incrementando la unidad (par) hasta que el motor no sea capaz de afrontar el par en regimen permanente.

Se puede concluir que el par lo afrontaba en regimen transitorio hasta los 21Nm, ahora acoplamos el par en regimen permanente, y se mide a los 4 segundos, tiempo mas que suficiente para que los valores se estabilicen una vez acoplada la carga.

CASO 136 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 21,003 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms
-Corriente pico a pico: 9,8495A
-Corriente de arranque: 40,245A
-Velocidad del rotor: 1399,52rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,012527915s - 4,01040104s =38,27992163° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S\% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1399,52}{1499,85} \cdot 100 = 6,6893356\%$$

CASO 137 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 21,997 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms
-Corriente pico a pico: 10,26177A
-Corriente de arranque: 40,245A
-Velocidad del rotor: 1393,18rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,012491169s - 4,01040104s =37,61855977° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1393,18}{1499,85} \cdot 100 = 7,112044538\%$$

CASO 138 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 23,012 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms
-Corriente pico a pico: 10,698A
-Corriente de arranque: 40,245A
-Velocidad del rotor: 1386,43rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,01245901652s - 4,01040104s =37,039873° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1386,43}{1499,85} \cdot 100 = 7,5620895 \%$$

CASO 139 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 24,005 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms
-Corriente pico a pico: 11,1415A
-Corriente de arranque: 40,245A
-Velocidad del rotor: 1379,51rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,012432905s - 4,01040104s =36,5699126° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1379,51}{1499,85} \cdot 100 = 8,023469014 \%$$

CASO 140 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 25 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms

-Corriente pico a pico: 11,6022A

-Corriente de arranque: 40,245A

-Velocidad del rotor: 1372,23rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,012411408s - 4,01040104s =36,18300534° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S\% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1372,23}{1499,85} \cdot 100 = 8,508850885\%$$

CASO 141 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 26,007 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms

-Corriente pico a pico: 12,0872A

-Corriente de arranque: 40,245A

-Velocidad del rotor: 1364,44rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,012394342s - 4,01040104s =35,87584806° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1364,44}{1499,85} \cdot 100 = 9,028236157\%$$

CASO 142 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 27,006 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms
-Corriente pico a pico: 12,589A
-Corriente de arranque: 40,245A
-Velocidad del rotor: 1356,26rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,012382028s - 4,01040104s =35,65421822° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1356,26}{1499,85} \cdot 100 = 9,57362403 \%$$

CASO 143 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 28,002 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms
-Corriente pico a pico: 13,1135A
-Corriente de arranque: 40,245A
-Velocidad del rotor: 1347,54rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,01237425s - 4,01040104s =35,51422822° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S\% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1347,54}{1499,85} \cdot 100 = 10,1550155\%$$

CASO 144 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 29,001 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms
-Corriente pico a pico: 13,6656A
-Corriente de arranque: 40,245A
-Velocidad del rotor: 1338,17rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,012370924s - 4,01040104s =35,45436621° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1338,17}{1499,85} \cdot 100 = 10,77974464 \%$$

CASO 145 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 30 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms
-Corriente pico a pico: 14,2474A
-Corriente de arranque: 40,245A
-Velocidad del rotor: 1328,02rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,012372184s - 4,01040104s =35,47704394° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S\% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1328,02}{1499,85} \cdot 100 = 11,45647898\%$$

CASO 146 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 30,996 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms
-Corriente pico a pico: 14,864A
-Corriente de arranque: 40,245A
-Velocidad del rotor: 1316,94rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,012378366s - 4,01040104s =35,58830881° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1316,94}{1499,85} \cdot 100 = 12,19521952 \%$$

CASO 147 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 32,018 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms

-Corriente pico a pico: 15,5432A

-Corriente de arranque: 40,245A

-Velocidad del rotor: 1304,31rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,01239011235s - 4,01040104s =35,79972197° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1304,31}{1499,85} \cdot 100 = 13,0373037 \%$$

CASO 148 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 33,012 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms
-Corriente pico a pico: 16,26A
-Corriente de arranque: 40,245A
-Velocidad del rotor: 1290,41rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,0124075276s - 4,01040104s =36,11316512° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S\% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1290,41}{1499,85} \cdot 100 = 13,96406307\%$$

CASO 149 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 34,006 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms
-Corriente pico a pico: 17,0553A
-Corriente de arranque: 40,245A
-Velocidad del rotor: 1274,3rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,0124320905s - 4,01040104s =36,55525311° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1274,3}{1499,85} \cdot 100 = 15,03817048 \%$$

CASO 150 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 35 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms

-Corriente pico a pico: 17,9611A

-Corriente de arranque: 40,245A

-Velocidad del rotor: 1254,87rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,012466236s - 4,01040104s =37,16981065° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1254,87}{1499,85} \cdot 100 = 16,3336333\%$$

CASO 151 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 36,008 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms
-Corriente pico a pico: 19,0658A
-Corriente de arranque: 40,245A
-Velocidad del rotor: 1229,21rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,012515792s - 4,01040104s =38,06172945° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1229,21}{1499,85} \cdot 100 = 18,04447111 \%$$

CASO 152 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 37,012 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms
-Corriente pico a pico: 20,626A
-Corriente de arranque: 40,245A
-Velocidad del rotor: 1188,91rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 4,012598341s - 4,01040104s =39,54746286° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S\% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1188,91}{1499,85} \cdot 100 = 20,73140647\%$$

CASO 153 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 37,468 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms
-Corriente pico a pico: 22,015A
-Corriente de arranque: 40,245A
-Velocidad del rotor: 1147,57rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 5,012783569s - 5,01050105s =41,08123347° (corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1147,57}{1499,85} \cdot 100 = 23,4876821 \%$$

A partir de 37,5Nm la velocidad no se estabiliza y empieza a decaer 1rpm por segundo en la simulacion hasta que finalmente se produce una brusca caida de par, el cual hace que la revoluciones tornen un sentido negativo.

En el borde del límite estan cogidos los siguientes datos estables:

CASO 154 -Frecuencia nominal de alimentacion fija 49,995Hz, Par T = 37,5 Nm

-Periodo calculado: 20,00200020ms

-Corriente pico a pico: 22,24A

-Corriente de arranque: 40,245A

-Velocidad del rotor: 1140,39rpm

-RP Desfase Intensidad-Tension: 6,412938163s - 6,41064106388s = 41,343649,38°
(corta absisas)

OBSERVACIONES: se puede comprobar el deslizamiento porcentual, restando la velocidad del rotor con la velocidad de sincronismo del campo giratorio del estator:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 49,995 \text{ Hz}}{2} = 1499,85 \text{ rpm}$$

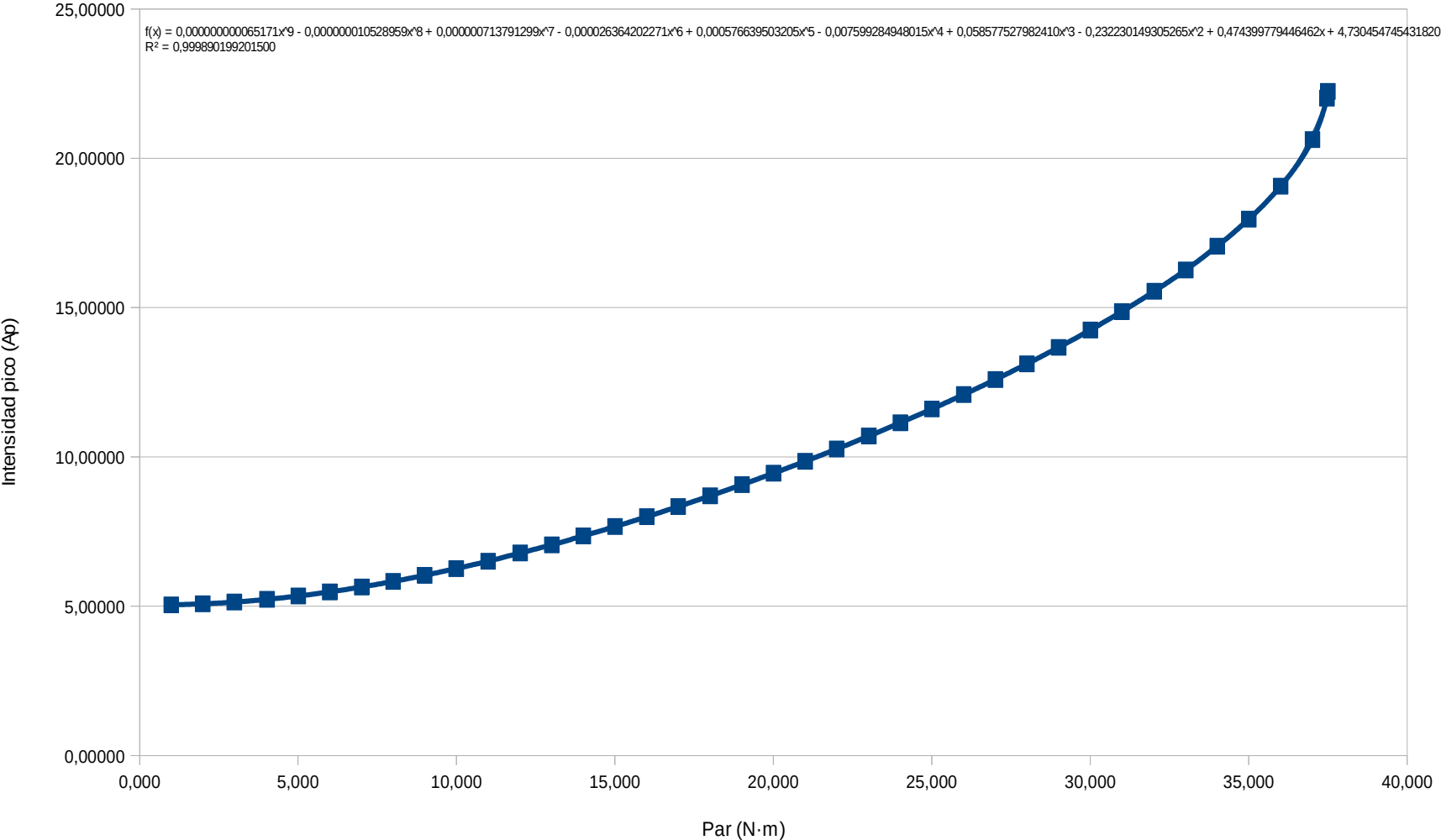
$$S \% = \frac{(n_s - n_r)}{n_s} \cdot 100 = \frac{1499,85 - 1140,39}{1499,85} \cdot 100 = 23,96639664 \%$$

A partir de 37,5Nm la maquina, es incapaz de mantener una velocidad fija con dicha carga, y tarda exactamente 6 segundos en mantener dicha carga, despues de los 6 segundos la velocidad sera reducida , y sera incapaz de aportar par, lo cual desencadenara una caida repentina de potencia y de velocidad.

TABLA RESUMEN DE DATOS OBTENIDOS

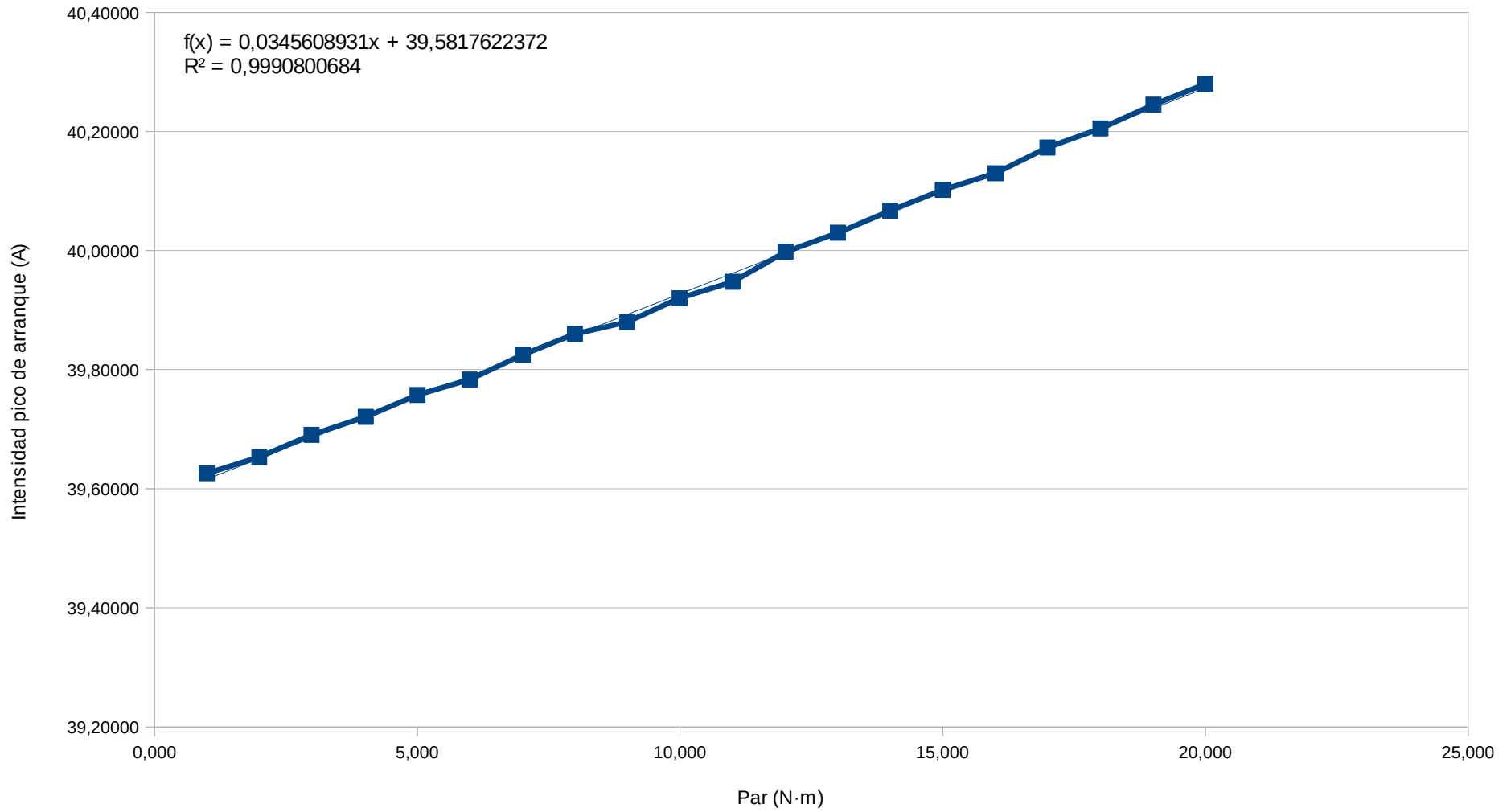
Frecuencia	Par	Intensidad	Intensidad de arranque	Velocidad	Desfase V/I	Deslizamiento (%)
49,995	0,996	5,04400	39,62600	1495,52	82,7587833	0,2886955
49,995	1,992	5,07800	39,65300	1491,53	79,1175901	0,5547221
49,995	2,988	5,13550	39,69050	1487,55	75,4999300	0,8200820
49,995	4,020	5,22800	39,72080	1483,31	71,8935219	1,1027770
49,995	5,005	5,34000	39,75750	1479,31	68,5343559	1,3694703
49,995	6,001	5,47650	39,78350	1475,12	65,3068287	1,6488316
49,995	7,008	5,64250	39,82500	1470,80	62,2208213	1,9369604
49,995	7,999	5,82660	39,86000	1466,47	59,3777968	2,2255559
49,995	8,995	6,03300	39,88000	1462,03	56,7179436	2,5215855
49,995	9,991	6,26000	39,92000	1457,53	54,2564018	2,8216155
49,995	11,000	6,50670	39,94750	1452,87	51,9615593	3,1323132
49,995	12,009	6,78000	39,99800	1448,11	49,8610974	3,4496783
49,995	13,006	7,05500	40,03000	1443,31	47,9726543	3,7697103
49,995	14,002	7,35350	40,06700	1438,39	46,2559679	4,0977431
49,995	15,000	7,66500	40,10200	1433,33	44,7054050	4,4351102
49,995	16,006	7,99500	40,13000	1428,10	43,2979638	4,7838117
49,995	16,996	8,33500	40,17320	1422,80	42,0519664	5,1371804
49,995	18,004	8,69430	40,20500	1417,24	40,9201352	5,5078841
49,995	19,010	9,06850	40,24500	1411,51	39,9208337	5,8899223
49,995	20,000	9,45000	40,28000	1405,67	39,0483116	6,2792946
49,995	21,003	9,84950	40,24500	1399,52	38,2799216	6,6893356
49,995	21,997	10,26177	40,24500	1393,18	37,6185598	7,1120445
49,995	23,012	10,69800	40,24500	1386,43	37,0398730	7,5620895
49,995	24,005	11,14150	40,24500	1379,51	36,5699126	8,0234690
49,995	25,000	11,60220	40,24500	1372,23	36,1830053	8,5088509
49,995	26,007	12,08720	40,24500	1364,44	35,8758481	9,0282362
49,995	27,006	12,58900	40,24500	1356,26	35,6542182	9,5736240
49,995	28,002	13,11350	40,24500	1347,54	35,5142282	10,1550155
49,995	29,001	13,66560	40,24500	1338,17	35,4543662	10,7797446
49,995	30,000	14,24740	40,24500	1328,02	35,4770439	11,4564790
49,995	30,996	14,86400	40,24500	1316,94	35,5886088	12,1952195
49,995	32,018	15,54320	40,24500	1304,31	35,7997220	13,0373037
49,995	33,012	16,26000	40,24500	1290,41	36,1131651	13,9640631
49,995	34,006	17,05530	40,24500	1274,30	36,5552531	15,0381705
49,995	35,000	17,96110	40,24500	1254,87	37,1698107	16,3336333
49,995	36,008	19,06580	40,24500	1229,21	38,0617295	18,0444711
49,995	37,012	20,62600	40,24500	1188,91	39,5474629	20,7314065
49,995	37,468	22,01500	40,24500	1147,57	41,0812335	23,4876821
49,995	37,500	22,24000	40,24500	1140,39	41,3436490	23,9663966

Intensidad pico en funcion del par

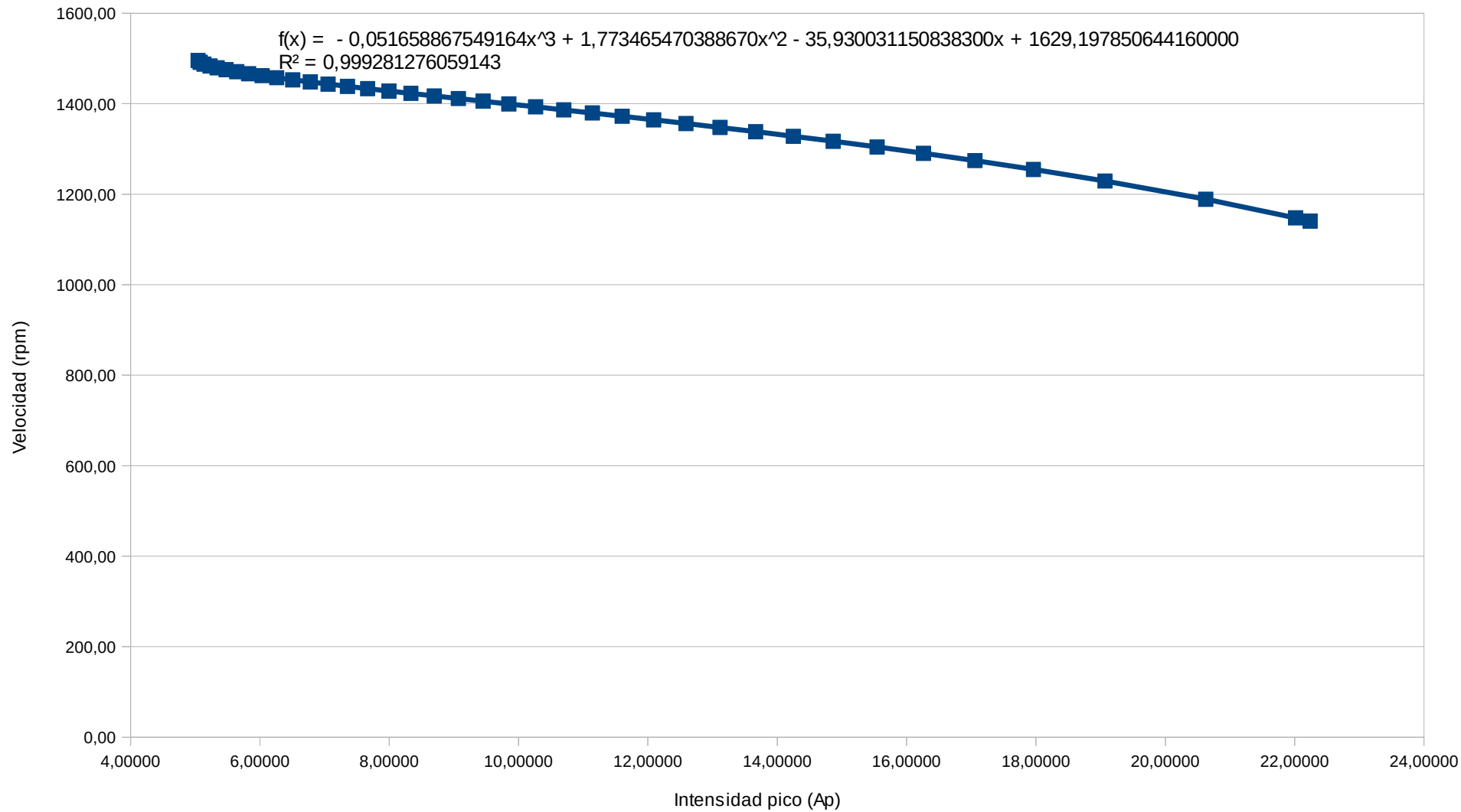


Como la maquina no puede arrancar con un par superior a 20Nm, solo esta hasta ese valor.

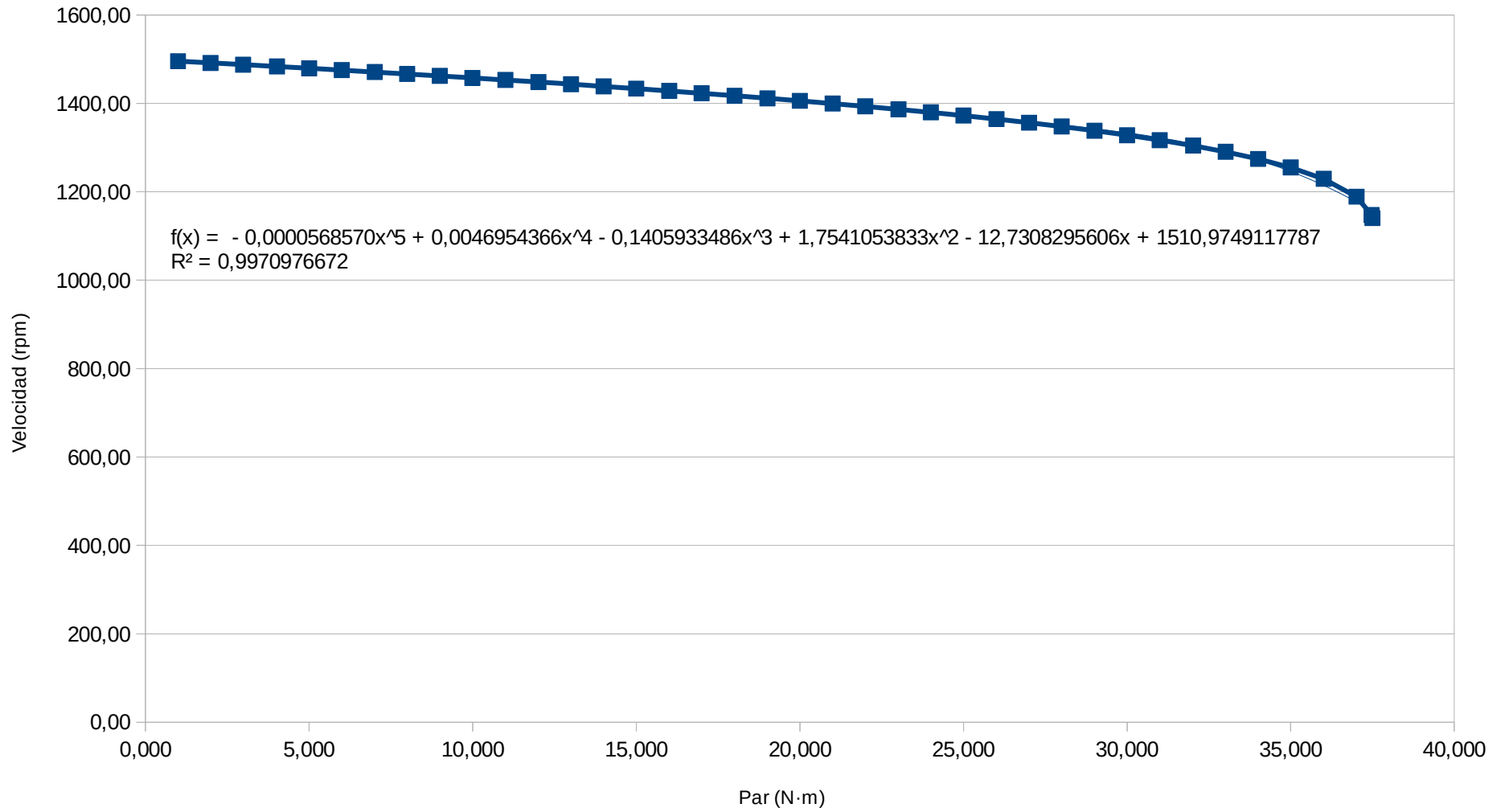
Intensidad pico de arranque en funcion del par



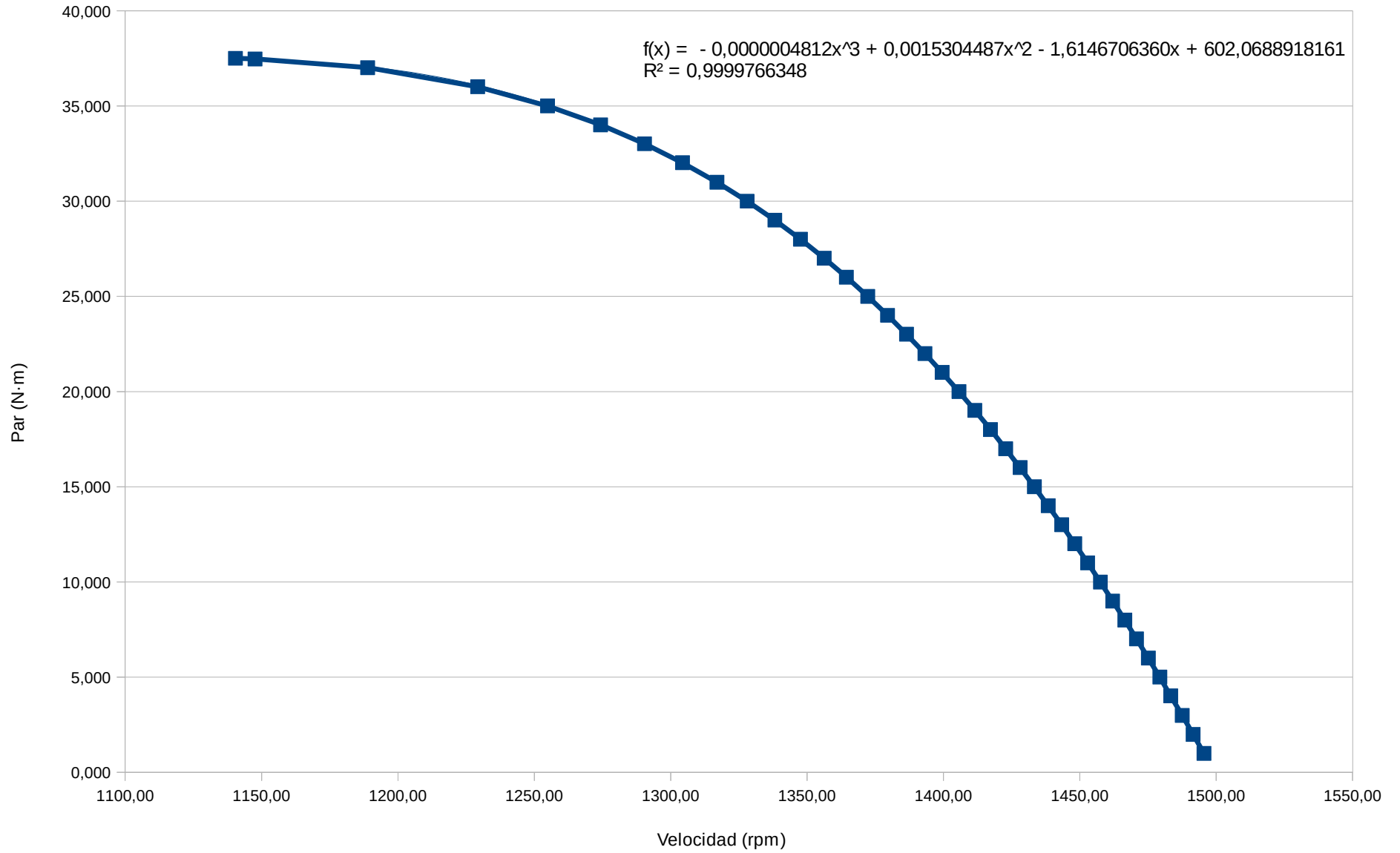
Velocidad en funcion de la intensidad pico



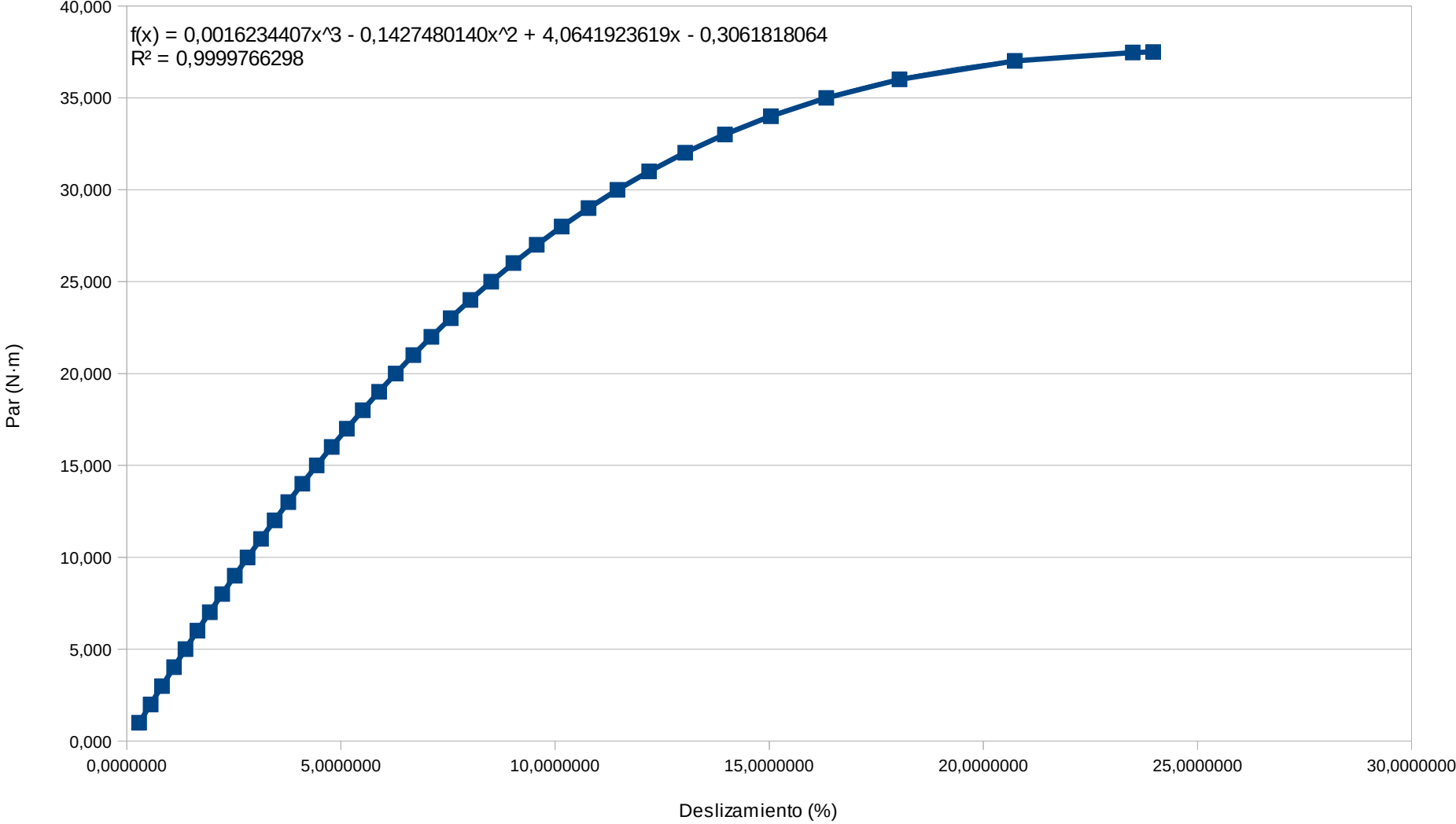
Velocidad en funcion del Par



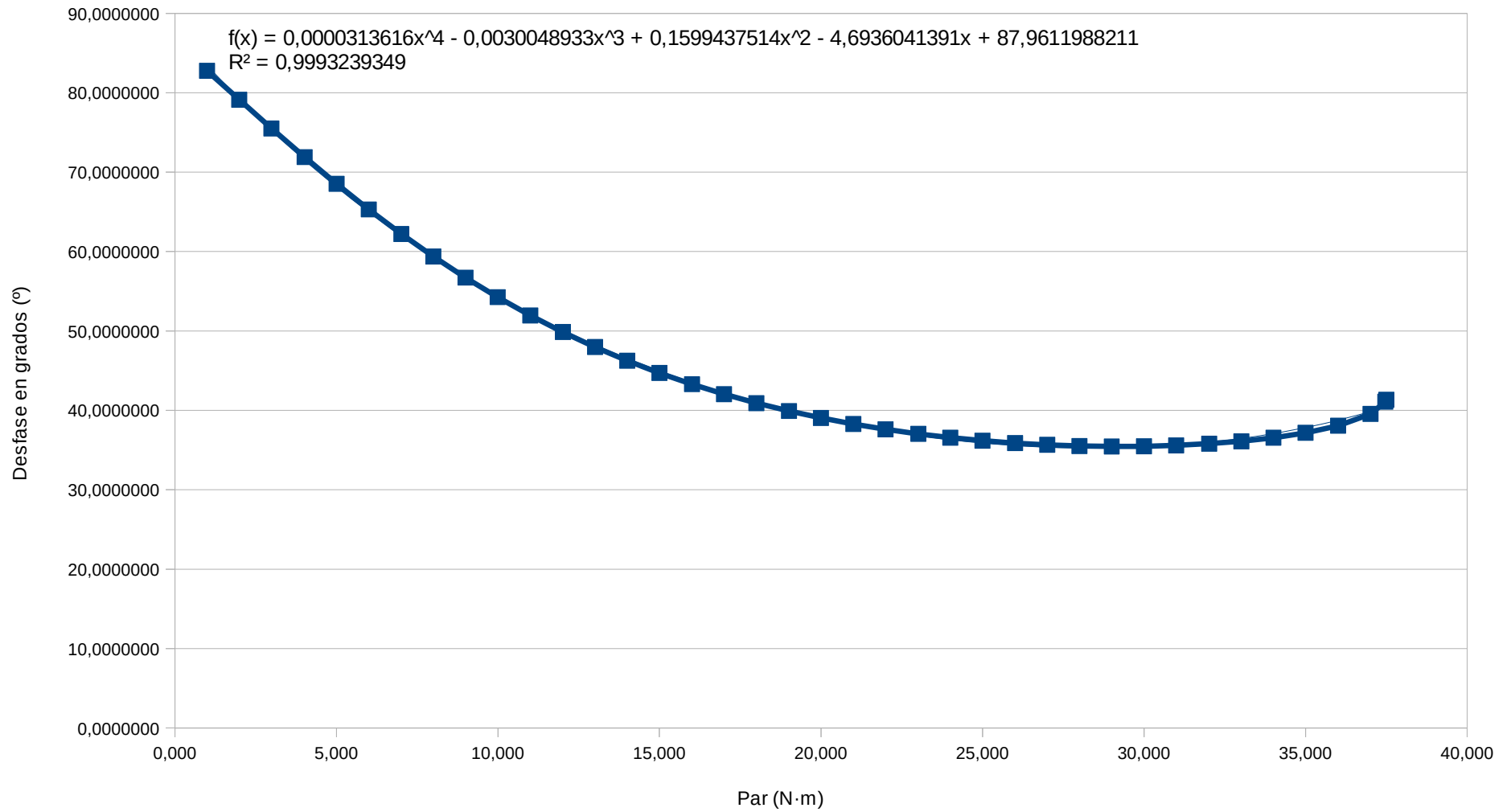
El par en funcion de la velocidad



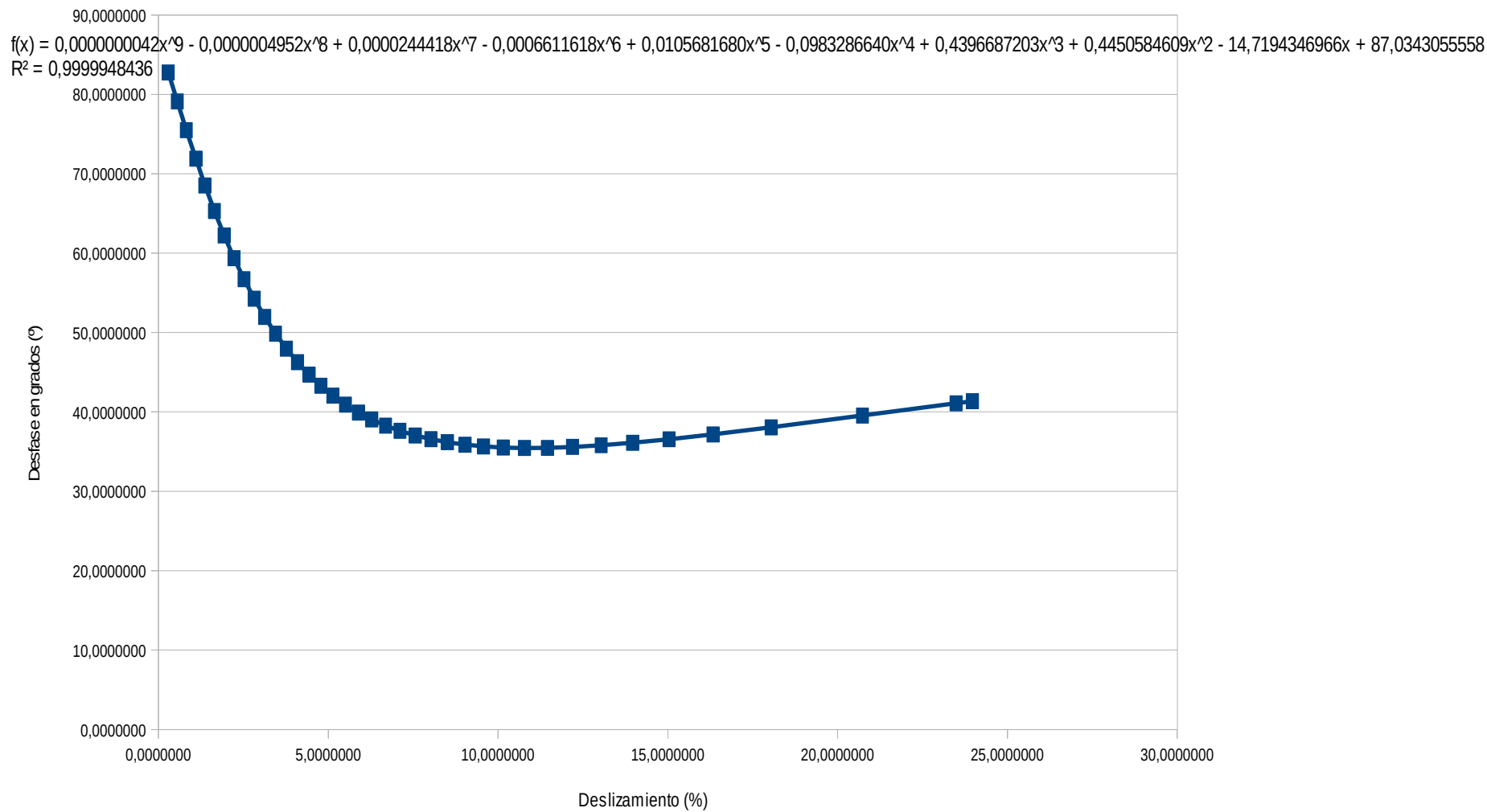
Par en en funcion del deslizamiento



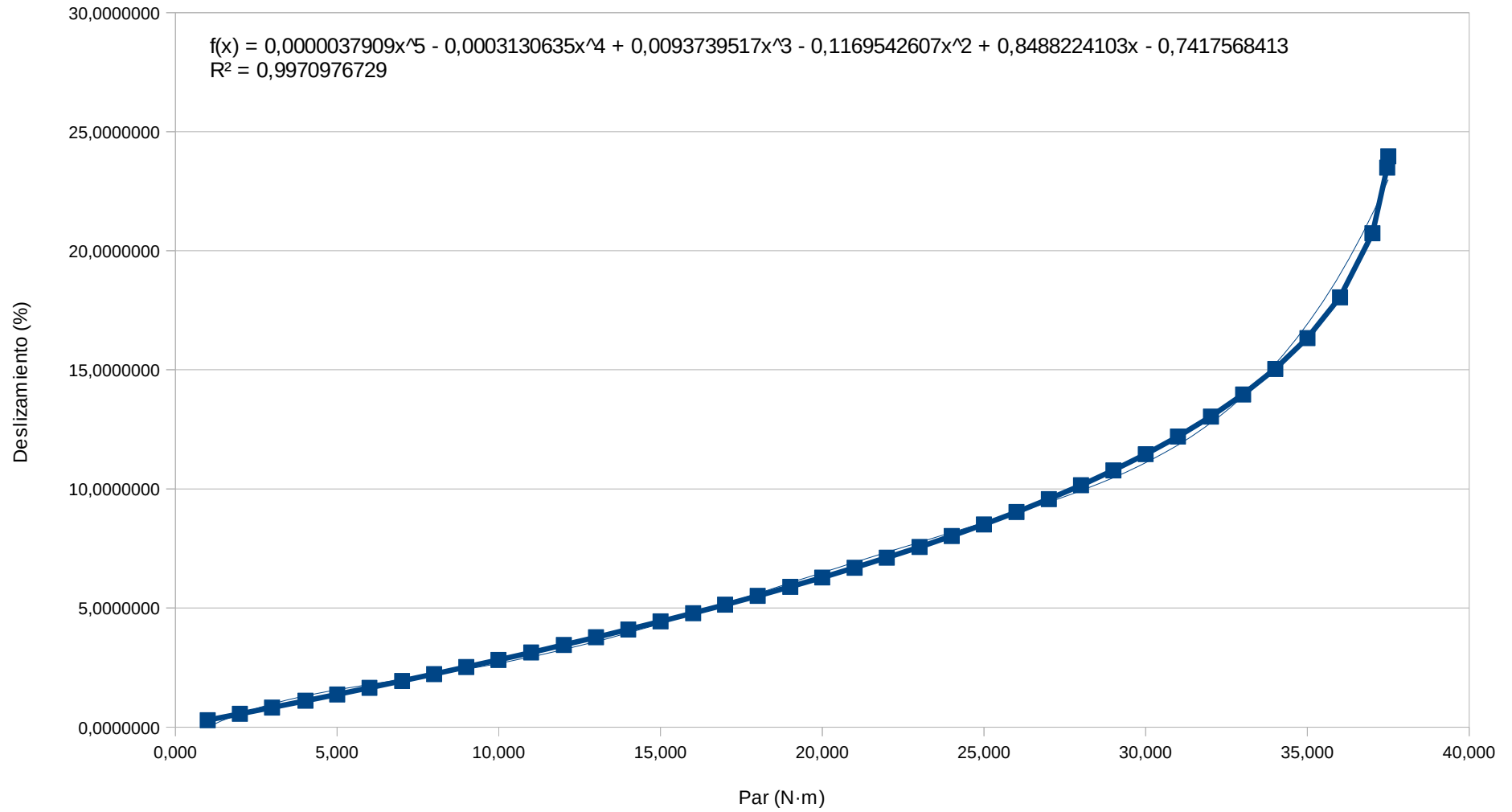
Desfase Tension/intensidad en funcion del par



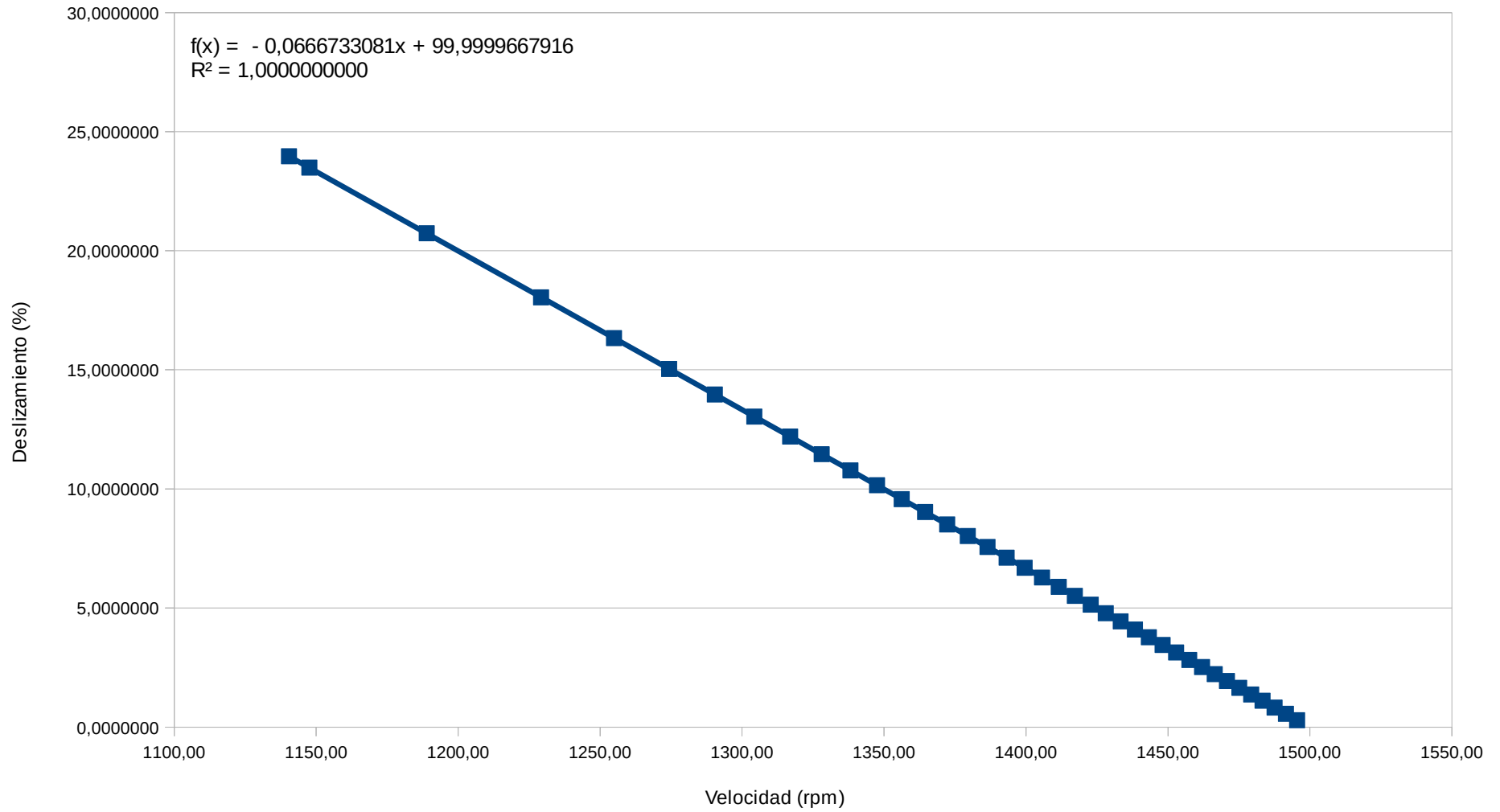
Desfase Tension / Intensidad en grados en funcion del deslizamiento



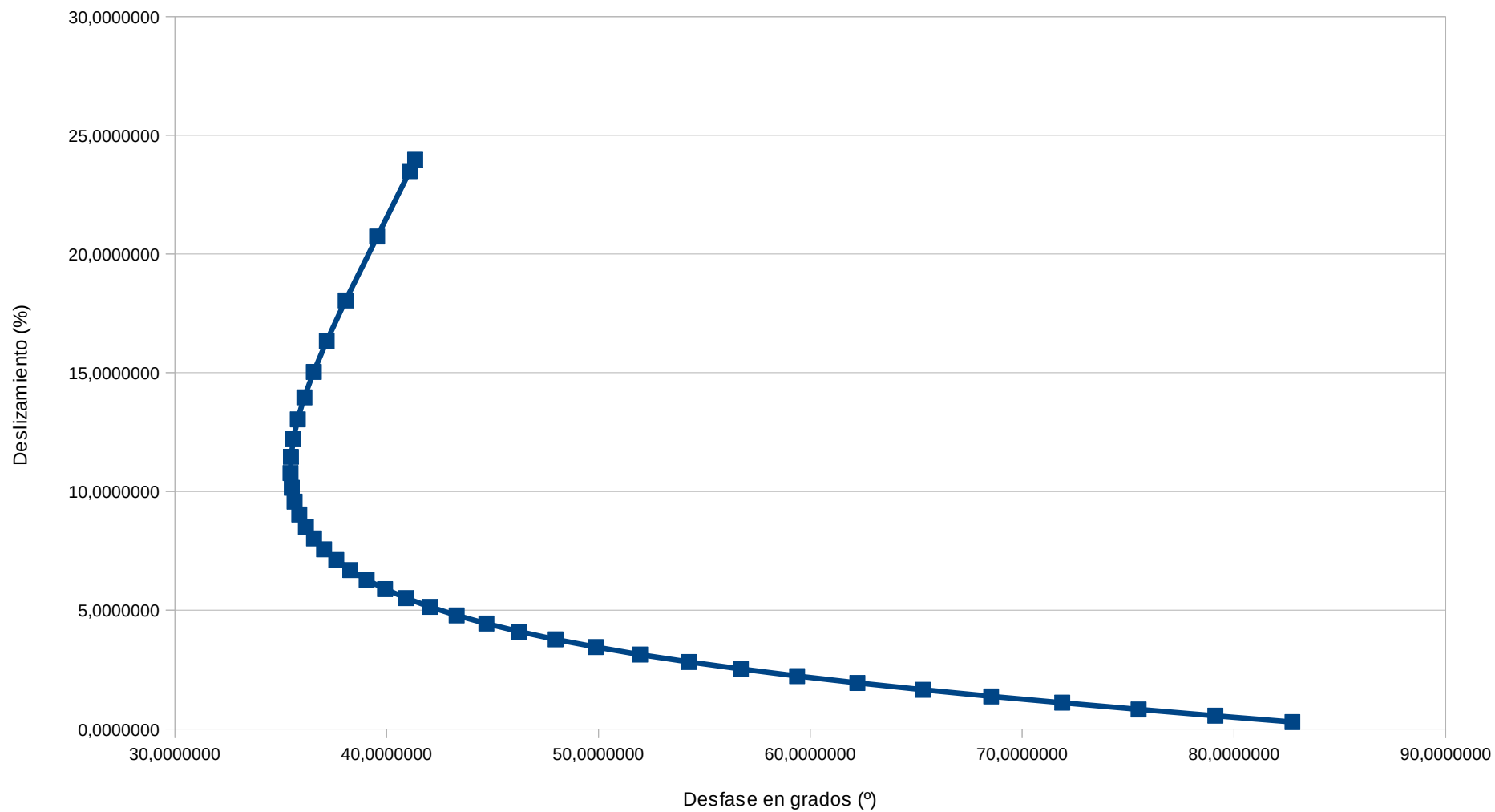
Deslizamiento en funcion del par



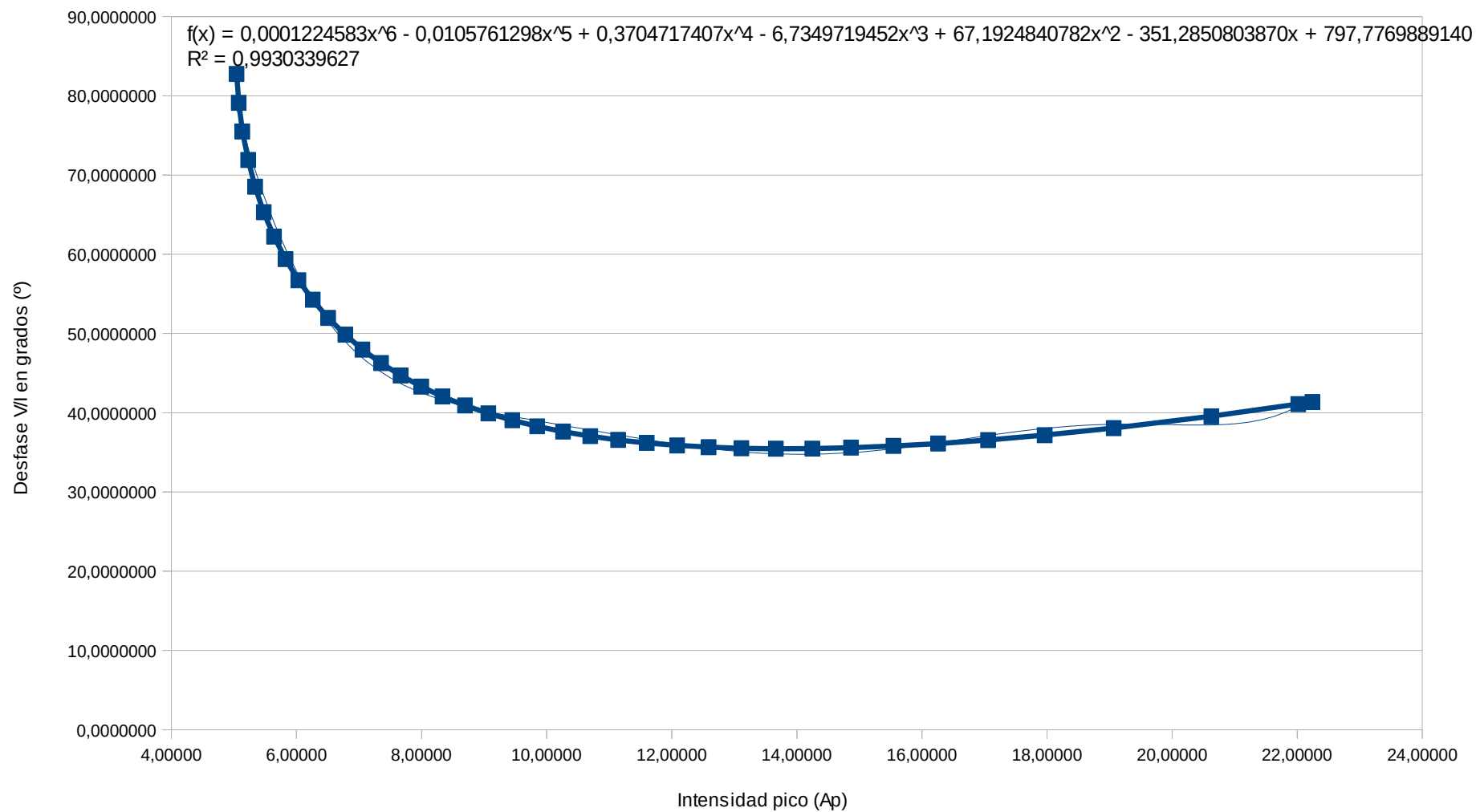
Deslizamiento en funcion de la velocidad



Deslizamiento en funcion del desfase Tension / Intensidad



Desfase Tension/Intensidad en funcion de la Intensidad pico



Como se ha observado en las graficas anteriores, a partir de 14 Amperios pico, y a partir de 27,5Nm la linealidad se rompe, al igual que el deslizamiento y el desfase, se puede concluir, que la maquina empieza a hacer cosas raras a partir de estos datos extremos, tan extremos que la maquina empieza a saturarse, probablemente , no pueda hacer frente a par excesivo, y empiece a comportarse en un regimen transitorio cerca del fallo de la maquina.

Hay que tener en cuenta que esto es un simulador, evidentemente, las maquinas rotatorias como estas deben tener protecciones como magnetotermicos, y si este simulador tuviera en cuenta el calentamiento, a los 4 segundos, aunque al principio la maquina pudiera afrontar el par, dicho magnetotermico se iría calentando hasta que finalmente las protecciones saltaran, logicamente estos magnetotermicos tienen que pasar por alto los picos de corriente en el arranque, pero si esta arrastrando una carga muy pesada, dudo mucho que aguantara mas de 4 segundos, y es mas o menos lo que pasa aqui, a partir de 27,5Nm.

3.4

–VARIACION DEL PAR EN EL TIEMPO–

CON FALLO

FRECUENCIA FIJA

Por otro lado en el siguiente ensayo -Aquí se muestra la variación del par en el tiempo-:

Como vemos en las gráficas de abajo, el par representado en una línea naranja, se incrementa de manera exponencialmente negativa, lo que da lugar a ese trazo característico, que es conocido como la variación de temperatura que sufre un material al ser calentado, como por ejemplo, los datos del par suben rápido al principio y luego se estabilizan. Aquí lo que se quería ver, era el fallo del motor con 37,5Nm, para ello teníamos que ahorrar tiempo en el aporte de par, he ir incrementando paulatinamente (par) al borde del fallo, para que a la velocidad le diese tiempo a experimentar un decremento en el tiempo sin variar el par, es una situación, en el que la máquina no mantiene una velocidad estable con el par constante, lo cual indica que el par está al límite. Y el decremento de velocidad de esa máquina provoca una pérdida del momento de inercia que condiciona más pérdida de velocidad, hasta que de repente baja bruscamente la velocidad y la máquina entra en fallo.

El par está escalado 10 veces.

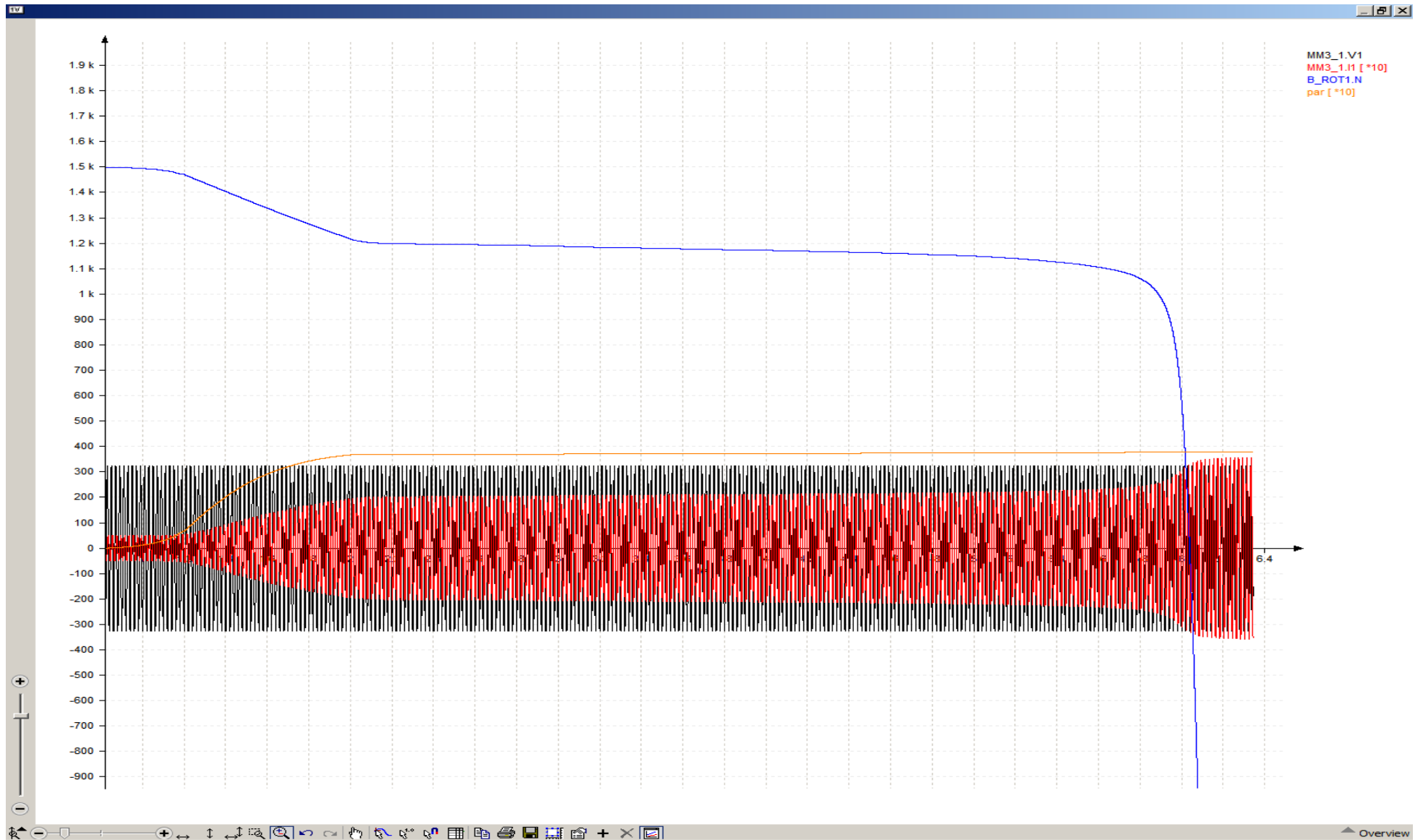
La variación de la intensidad es lineal en función de la variación de el par, la intensidad viene representada como una línea roja.

Y en el software se puede ver detalladamente que a medida que aplico par, el desfase entre la tensión e intensidad cambia bastante, el desfase se decrementa a medida que aumenta el par, pero por encima de valores nominales del par, el desfase a partir de valores nominales se incrementa, lo cual no se quiere decir este dato, habrá que esperar al apartado conclusiones.

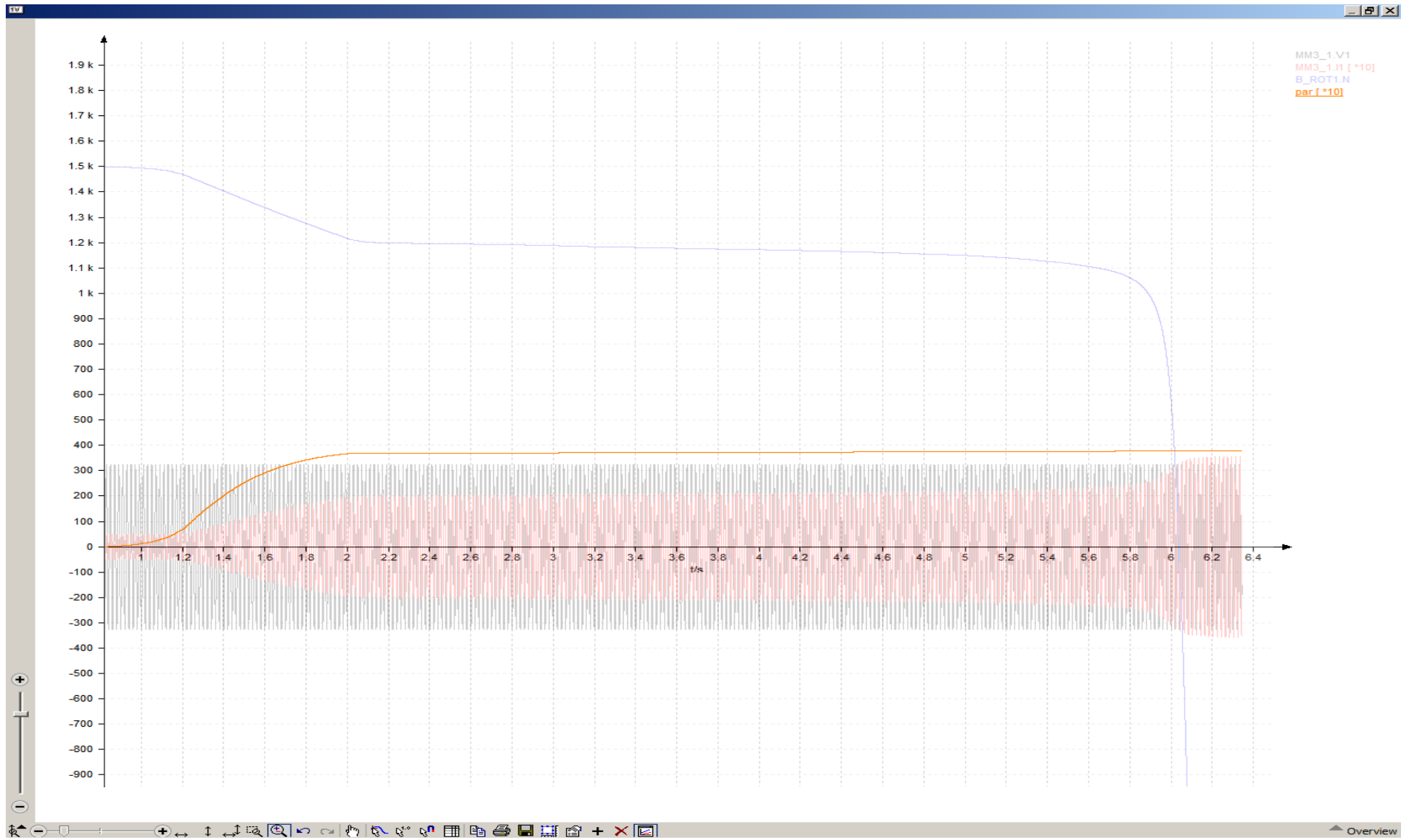
Por otro lado la velocidad viene representada como línea azul, y a medida que aumenta el par la velocidad baja de manera lineal, cuando el par se incrementa exponencialmente

La gráfica es:

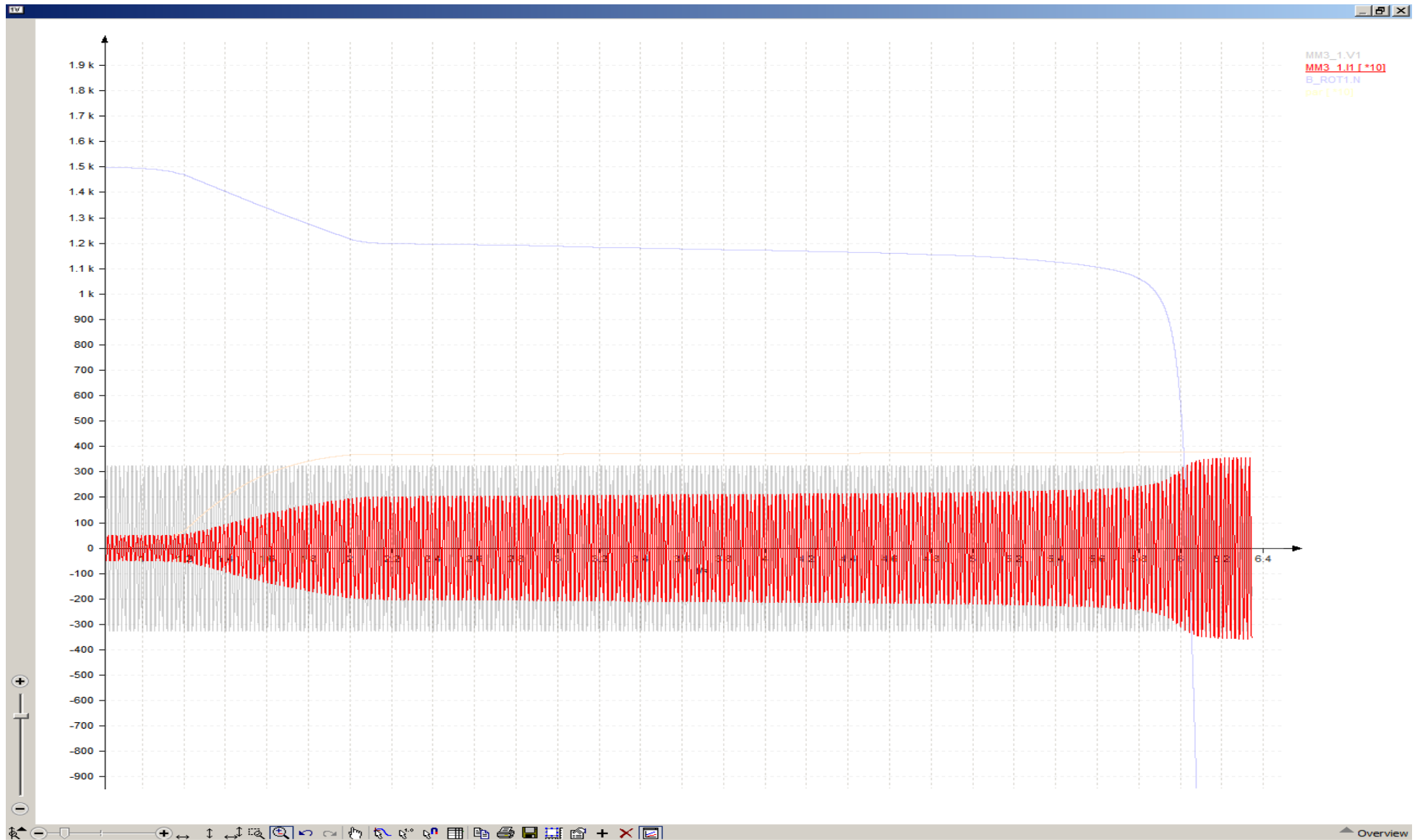
Incremento de par con fallo en 37,5Nm



El par



Intensidad inversamente proporcional a la velocidad



Si nos fijamos en la ultima cola de la intensidad, justo cuando la velocidad pasa por 0rpm, podemos ver la intensidad de cortocircito, y situandonos en esta, observamos que justo cuando se produce el fallo, al bajar la velocidad bruscamente la intensidad pico sube bruscamente a los 32Amperios, donde se da la intensidad de cortocircuito a 0rpm de velocidad.

3.5) MODELOS MATEMATICOS CREADOS A PARTIR DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

-Modelos matematicos en vacio a frecuencia variable:

Rango de frecuencias 0 hasta 50Hz:

*Ecuacion de la TENSION pico en funcion de la frecuencia (X)

$$V(x) = 6,5043677660 x + 0,0068541390 \quad \text{No hay error.}$$

*Ecuacion de la VELOCIDAD en funcion de la frecuencia (X)

$$V_{RPM}(x) = 29,9915950580 x - 0,0632725465 \quad \text{No hay error.}$$

*Ecuacion de la Corriente pico en funcion de la frecuencia (X)

$$I(x) = 0x^9 - (2,1 \cdot 10^{-9})x^8 + (2,038 \cdot 10^{-7})x^7 - (1,08373 \cdot 10^{-5})x^6 + (3,479654 \cdot 10^{-4})x^5 - 0,0069568695x^4 + 0,0863305466x^3 - 0,6442336375x^2 + 2,6906576769x - 0,1261129914$$

Error de 0,03%

*Ecuacion de la Corriente de arranque pico en funcion de la frecuencia (X)

$$I_A(x) = -0,0094637590x^2 + 1,2459411871x + 0,6375198189 \quad \text{Error de 0,0223\%}$$

*Ecuacion de desfase entre la tension e Intensidad en grados en funcion de la frecuencia (X)

$$Desf(x) = -(1,5 \cdot 10^{-9})x^8 + (3,261 \cdot 10^{-7})x^7 - 0,0000294275x^6 + 0,0014307113x^5 - 0,0406416071x^4 + 0,6852173954x^3 - 6,6862927766x^2 + 35,6475721189x - 7,8028190303$$

Error 0,8326%

*Ecuacion del Deslizamiento (d) en funcion de la frecuencia (X)

$$d(x) = 0,2006 \cdot x^{-0,4817} \quad \text{Error} = 14,56\%$$

Hay otra ecuacion que reduce el error considerablemente pero es mas compleja

$$d(x) = (6 \cdot 10^{-10})x^{10} - (2,60 \cdot 10^{-8})x^9 + (8,790 \cdot 10^{-7})x^8 - 0,0000214062x^7 + 0,0003747409x^6 - 0,0046491357x^5 + 0,0398164396x^4 - 0,2258214230x^3 + 0,7950047673x^2 - 1,5571596870x + 1,3778260130$$

Error 0,22031%

Rango de frecuencias 50 hasta 150Hz:

*Ecuacion de la Corriente pico en funcion de la frecuencia (X)

$$I(x) = 177,5779313047 \cdot x^{-0,917673347} \quad \text{Error} = 0,3933\%$$

Mas aproximada la funcion polinomica de grado 4°:

$$I(x) = (3,63 \cdot 10^{-8})x^4 - 0,0000176833x^3 + 0,0034008334x^2 - 0,3180650409x + 14,4018926500$$

Error de 0,0034%

*Ecuacion de la Corriente pico de arranque en funcion de la frecuencia (X)

$$I_A(x) = 531,6461790781 \cdot x^{-0,6556554908} \quad \text{Error} = 0,27\%$$

Hay una ecuacion polinomica de 2° que reduce el error:

$$I_A(x) = 0,0013075674x^2 - 0,4532201812x + 58,4536295408 \quad \text{Error} = 0,087\%$$

*Ecuacion de la Velocidad en funcion de la Frecuencia (X).

$$V_{RPM}(x) = 29,7569070925x + 15,2481974586 \quad \text{No hay error}$$

*Ecuacion de Desfase de la (Tension / Intensidad) en funcion de la frecuencia:

$$Desf(x) = -0,0020057020x^2 + 0,2000236409x + 81,4292801644$$

Error: 0,015%

*Ecuacion del Deslizamiento en funcion de la Frecuencia (X).

$$d(x) = x^{2,72241} \quad \text{Error} = 0,648\%$$

Se puede reducir el error ajustando en dos ecuaciones:

-Limites para esta ecuacion: 50Hz-119,64Hz $d(x) = x^{2,9049}$ Error = 0,48%

-Limites para esta ecuacion: 120,54-150Hz $d(x) = 0,0069904597x - 0,4872744423$

Error = 0,0689%

Pero la mejor expresion que unifica todo el rango es la siguiente ecuacion:

$$d(x) = 0,0000294136x^2 - 0,0003336329x - 0,0382733242 \quad \text{Error} = 0,0519\%$$

Rango de frecuencias de 0 hasta 150Hz:

*Ecuacion de la velocidad en funcion de la frecuencia :

$$V(x)=29,8394069643x+6,2020720917 \quad \text{No hay error}$$

*Ecuacion Desfase Tension / Intensidad en funcion de la frecuencia:

$$\begin{aligned} Desf(x) = & 3 \cdot 10^{-20} x^{13} - (1,621 \cdot 10^{-17}) x^{12} + (4,81145 \cdot 10^{-15}) x^{11} - (9,4412326 \cdot 10^{-13}) x^{10} + \\ & (1,2889032063 \cdot 10^{-10}) x^9 - (1,255024260103 \cdot 10^{-8}) x^8 + 0,00000087915454264195 x^7 - \\ & 0,00004412837941798470 x^6 + 0,00156407694762675000 x^5 - 0,03804068347611420000 x^4 + \\ & 0,60790199439709000000 x^3 - 5,98618394483003000000 x^2 + 33,2583970551814000000 x - \\ & 5,65185583159339000000 \end{aligned}$$

Error de 0,65%

*Ecuacion de deslizamiento en funcion de la frecuencia

$$\begin{aligned} d(x) = & (6 \cdot 10^{-20}) x^{15} + (5,60 \cdot 10^{-18}) x^{14} - (4,7404 \cdot 10^{-16}) x^{13} + (3,362171 \cdot 10^{-14}) x^{12} - \\ & (1,99100945 \cdot 10^{-12}) x^{11} + (9,768512643 \cdot 10^{-11}) x^{10} - (3,92671055813 \cdot 10^{-9}) x^9 + \\ & 0,00000012743651948697 x^8 - 0,00000327751657716912 x^7 + 0,00006525472495774990 x^6 - \\ & 0,00097617548782214200 x^5 + 0,01055156545809820000 x^4 - 0,07812685631984500000 x^3 + \\ & 0,36648675928278700000 x^2 - 0,95651173209817600000 x + 1,08865011343722000000 \end{aligned}$$

-Modelos matematicos limites de par de arranque:

*Ecuacion del par maximo de arranque en funcion de la frecuencia (X):

-Limites para esta ecuacion: 0Hz -32Hz $T_{MAX\ Arranque}(x)=7,9658 \ln(x)-3,9441$
Error = 4,68%

-Limites para esta ecuacion: 32Hz-50Hz $T_{MAX\ Arranque}(x)=-0,1500x+28,3101$
Error = 2,55%

-Limites para esta ecuacion: 50Hz-92Hz $T_{MAX\ Arranque}(x)=843598,9255 \cdot x^{-2,7100}$
Error = 0,02%

Hay otra ecuacion con menos error que unifica a las 3 anteriores:

$$\begin{aligned} T_{MAX\ Arranque} = & -(1 \cdot 10^{-15}) x^{12} + (1,69 \cdot 10^{-13}) x^{11} - (1,9624 \cdot 10^{-11}) x^{10} + (1,563747 \cdot 10^{-9}) x^9 - \\ & (8,7322273 \cdot 10^{-8}) x^8 + 0,000003433074366 x^7 - 0,000094164241386 x^6 + 0,001760418543549 x^5 - \\ & 0,021506169956340 x^4 + 0,159734058745845 x^3 - 0,666027039721077 x^2 + 2,780837502787750 x - \\ & 1,595105910187860 \end{aligned}$$

Error=0,0487%

-Modelos matematicos en carga a frecuencia constante:

*Ecuacion de la intensidad pico en funcion del par (T)

$$I(T)=4,2813 \cdot 1,0416^T \quad \text{Error} = 0,91\%$$

*Ecuacion mejorada con menos error de la intensidad pico en funcion del par (T, que aqui llamamos x)

$$I(x)=(6,5171 \cdot 10^{-11})x^9 - (1,0528959 \cdot 10^{-8})x^8 + (7,13791299 \cdot 10^{-7})x^7 - 0,000026364202271x^6 + 0,0005766639503205x^5 - 0,007599284948015x^4 + 0,058577527982410x^3 - 0,232230149305265x^2 + 0,474399779446462x + 4,730454745431820$$

Error = 0,011%

*Ecuacion de la intensidad pico de arranque en funcion del par (T) hasta 20Nm

$$I_A(T)=0,0346T + 39,5818 \quad \text{Error} = 0,09\%$$

*Ecuacion anterior, pero mejorada con mas decimales pero con el mismo error de la intensidad pico de arranque en funcion del par (T, que aqui llamamos x) , se observa:

$$I_A(x)=0,0345608931x + 39,5817622372 \quad \text{Error} = 0,092\%$$

*Ecuacion de la Velocidad en funcion del Par (T)

$$V_{RPM}(T)=-18,5961T + 1581,3265 \quad \text{Error} = 0,92\%$$

Se mejora el error mediante el uso de una ecuacion polinomica de 5º grado.

$$V(x)=-0,0000568570x^5 + 0,0046954366x^4 - 0,1405933486x^3 + 1,7541053833x^2 - 12,7308295606x + 1510,9749117787$$

Error=0,291%

*Ecuacion de la Velocidad en funcion de la intensidad pico

$$v(x)=-0,051658867549164x^3 + 1,773465470388670x^2 - 35,930031150838300x + 1629,197850644160000$$

Error=0,0719%

*Ecuacion del Par en funcion de la Velocidad

$$T(x)=-0,0000004812x^3 + 0,0015304487x^2 - 1,6146706360x + 602,0688918161$$

No hay Error.

*Ecuacion del Par en funcion del Deslizamiento:

$$T(x) = 0,0016234407 x^3 - 0,01427480140 x^2 + 4,0641923619 x - 0,3061818064$$

No hay Error

*Ecuacion del Desfase Tension / Intensidad en funcion del par

$$Desf(x) = 0,0000313616 x^4 - 0,0030048933 x^3 + 0,1599437514 x^2 - 4,6936041391 x + 87,9611988211$$

Error = 0,067%

*Ecuacion del Desfase Tension / Intensidad en funcion del deslizamiento

$$Desf(x) = (4,2 \cdot 10^{-9}) x^9 - (4,952 \cdot 10^{-7}) x^8 + (2,44418 \cdot 10^{-5}) x^7 - 0,0006611618 x^6 + 0,0105681680 x^5 - 0,0983286640 x^4 + 0,4396687203 x^3 + 0,4450584609 x^2 - 14,7194346966 x + 87,0343055558$$

No hay error.

*Ecuacion del Deslizamiento en funcion del Par

$$d(x) = 0,0000037909 x^5 - 0,0003130635 x^4 + 0,0093739517 x^3 - 0,1169542607 x^2 + 0,8488224103 x - 0,7417568413$$

Error=0,2903%

*Ecuacion del Deslizamiento en funcion de la Velocidad

$$d(x) = -0,0666733081 x + 99,9999667916 \quad \text{No hay error.}$$

*Ecuacion del Desfase Tension /Intensidad en funcion de la Intensidad pico.

$$Desf(x) = 0,0001224583 x^6 - 0,0105761298 x^5 + 0,3704717407 x^4 - 6,7349719452 x^3 + 67,1924840782 x^2 - 351,2850803870 x + 797,7769889140$$

Error=0,697%

*Ecuacion del Deslizamiento en funcion de la Velocidad (V)

$$d(V) = -0,0667 V + 100$$

$$d(V) = -0,0666733081 V + 99,9999667916 \quad \text{No hay error}$$

3.6) CONCLUSIONES

SIN CARGA:

En el variador de frecuencia escalar bucle abierto, la tensión es proporcional a la frecuencia hasta la frecuencia nominal dada por esta expresión

$$V(x) = 6,5044x + 0,0069 .$$

La velocidad es proporcional a la frecuencia de alimentación incluso por valores de frecuencia por encima de los nominales, hasta 150Hz se mantiene una relación proporcional con la Velocidad dada por esta expresión $V_{RPM}(x) = 29,839x + 6,202 .$

Y lógicamente para que el flujo de la máquina no se sature, a medida que se incrementa la frecuencia baja la intensidad, para mantener proporcional la velocidad con la frecuencia, ¿y como baja la intensidad a partir de la frecuencia nominal?, pues baja así, $I(x) = 177,5779 \cdot x^{-0,9177}$ en función de la frecuencia (x), pero esto es intensidad pico, ya que las medidas están sacadas de los valores picos de las ondas senoidales de la corriente.

También baja el desfase entre la tensión y la intensidad a partir de la frecuencia nominal y en cambio sube el deslizamiento de esta manera $d(x) = x^{2,72241}$ en función de la frecuencia (X).

Finalmente vemos que los datos muestran un comportamiento transitorio de 0 a 20Hz, luego desde la frecuencia nominal vuelven a aparecer los mismos efectos, se incrementan el deslizamiento y bajan el desfase Tensión/Intensidad, y baja la corriente para mantener la relación proporcional entre Velocidad/Frecuencia, a Tensión constante, sacrificando la corriente pico de esta forma $I(x) = 177,5779 \cdot x^{-0,9177}$ en función de la frecuencia (X).

En cuanto a las gráficas se aprecian una aberrante uniformidad de la onda senoide de la corriente en los primeros casos de ensayo a reducida frecuencia de alimentación en lo que se refiere a los regímenes transitorios. A causa de dicha corriente, la velocidad fluctúa y no padece un incremento lineal, más bien aberrante.

Esta corriente, se puede llamar corriente de arranque, y tiene hasta 6 veces el valor de la corriente nominal (a frecuencia nominal) repartidas por varios ciclos hasta que el motor consigue su velocidad nominal de funcionamiento, es decir, una velocidad estable.

Por otro lado a medida que se va elevando la frecuencia de ensayo la uniformidad aparece a partir de los 20Hz, teniendo la onda-alternosenoidal de la corriente una simetría perfecta.

PAR MAXIMO DE ARRANQUE:

El maximo par que puede vencer la maquina en el arranque a distintas frecuencias.

Como se ha observado en la grafica, el maximo par lo vence a una frecuencia de 30 -31 Hz, lo cual hace que la frecuencia nominal se reduzca el par de arranque a 3Nm, y a partir de la frecuencia nominal , el par de arranque se reduzca con la misma tendencia que la intensidad con la frecuencia, hay un debilitamiento de par de arranque a partir de la frecuencia nominal.

Dicha curva tiene 3 comportamientos visibles, una recuperacion grande de par al principio con una moderacion al final de los 30Hz dada por esta expresion

$T_{MAX\ Arranque}(x)=7,9658\ln(x)-3,9441$, luego una linealidad negativa hasta los 50Hz de apenas 3Nm menos dada por esta expresion $T_{MAX\ Arranque}(x)=-0,1500x+28,3101$, y finalmente una exponencial negativa desde los 50Hz, correspondiente a dicho debilitamiento de par dada por esta expresion $T_{MAX\ Arranque}(x)=843598,9255 \cdot x^{-2,7100}$ todas ellas en funcion de la frecuencia de alimentacion (X).

CON CARGA -PAR VARIABLE- a frecuencia fija 49,995Hz (nominal):

Se observa que a medida que se aumenta el par, sube la intensidad pico de la siguiente forma $I(T)=4,2813 \cdot 1,0416^T$, y en cuanto a la intensidad pico de arranque, a frecuencia nominal solo es capaz de afrontar en el arranque 20 o 21Nm, por lo tanto , en los posteriores ensayos lo que se ha hecho es arrancar con 20Nm y despues , cuando el motor ya tiene un momento de inercia con su correspondiente velocidad, se le acopla la carga deseada progresivamente se han ido tomando datos hasta el fallo, que ronda los 37,5Nm.

Por lo tanto la Corriente de arranque pico solo puede expresarse hasta los 20Nm, comportandose de esta forma en funcion del Par $I_A(T)=0,0346T+39,5818$.

A medida que se incrementaba el Par baja la Velocidad de esta forma

$V_{RPM}(T)=-18,5961T+1581,3265$, y tiene una relacion proporcional inversa.

En cuanto al Deslizamiento ha sido mas dificil determinar su ecuacion, por lo tanto , se pone en funcion de la velocidad dada por esta expresion

$d(V)=-0,0667V+100$ contra mas velocidad menos deslizamiento. Si se quiere hallar el deslizamiento en funcion del par , solo se tiene que sustituir el par en la ecuacion de la velocidad (($V_{RPM}(T)=-18,5961T+1581,3265$)) y luego sustituir la velocidad en la ecuacion del deslizamiento ($d(V)=-0,0667V+100$)

Logicamente el deslizamiento se incrementa a medida que el Par aumenta.

OBSERVACION: La ecuacion del Deslizamiento viene expresada en forma porcentual(%)

En cuanto al desfase, a medida que aumenta el par, el desfase se reduce, pero cuando el par supera los 30Nm , el desfase se vuelve a incrementar, y la tendencia de incremento es muy similar a la intensidad, proximas a la de cortocircuito cuando el par esta apunto de provocar un 0 en la maquina, de hecho momento antes entre 30Nm y 37,5Nm se puede decir que debido al comportamiento erratico de las magnitudes electricas en funcion del par, la maquina empieza a comportarse en regimen transitorio, y empiezan a verse incongruencias en la intensidad, y el deslizamiento , y sobretodo en el desfase, (ya que este vuelve a incrementarse a partir de 30Nm).

La intensidad se dispara, y a partir de 37,5Nm la maquina no es capaz de mantener la velocidad constante, decrementando 1rpm/segundo, provocando que la velocidad de giro disminuya, asi como la fuerza de inercia o el momento, el cual hace que no sea capaz de afrontar, el par, y disminuya la velocidad hasta un momento crítico suficiente para que se produzca el fallo, a los 7 segundos de mantener dicha velocidad, la velocidad de la maquina cae bruscamente, y cuando pasa por 0 , la intensidad de cortocircuito se hace notar en la grafica correspondiente al ensayo -VARIACION DEL PAR EN EL TIEMPO-, donde se aprecia la subida repentina de corriente, unos 30 Amperios pico.

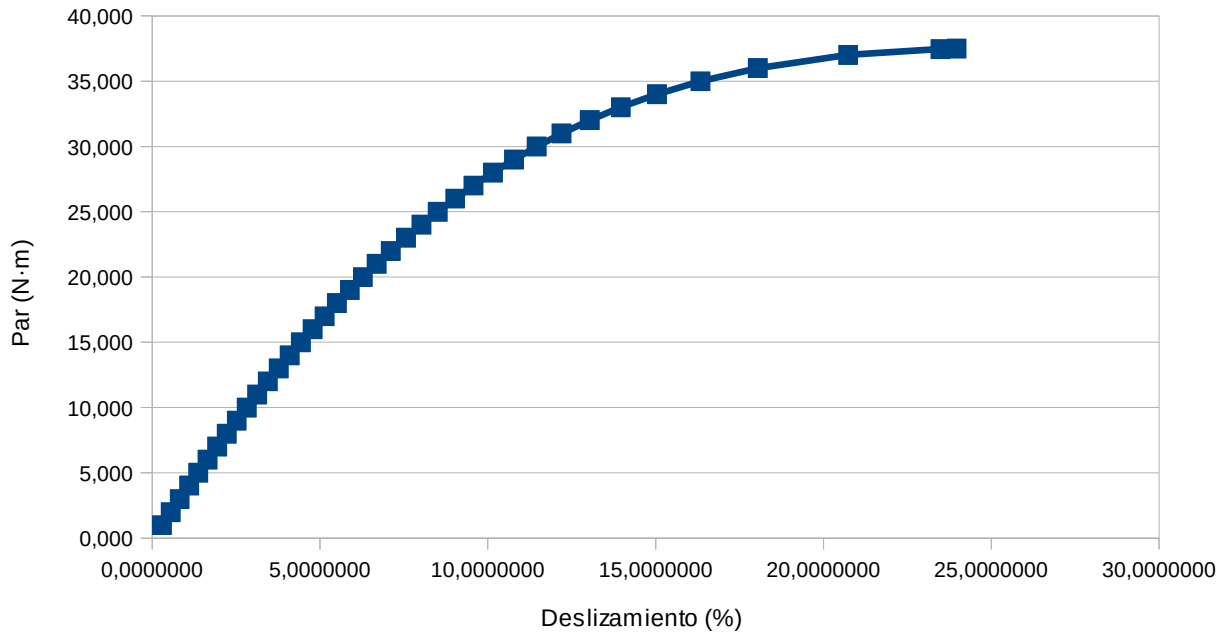
COMPROBACION DE LOS DATOS DEL ENSAYO EN VACIO Y CCTO CALCULADOS CON LOS ENSAYADOS

$$\cos \phi_0 = \frac{296W}{230 \cdot 3,5} = 82,96^\circ$$
 Pues para un par nulo (sin carga a 50Hz) los grados de desfase Tension/Intensidad si son mas o menos los mismos ensayados.

Cuando desfase de cortocircuito

Por otro lado hemos hecho ensayos, y en funcion de el Par hemos sacado el deslizamiento

Par en en funcion del deslizamiento



C=Par

Par del Motor Asíncrono: Característica Par-Deslizamiento

La fem con el rotor parado E_2 y ω_1 son constantes

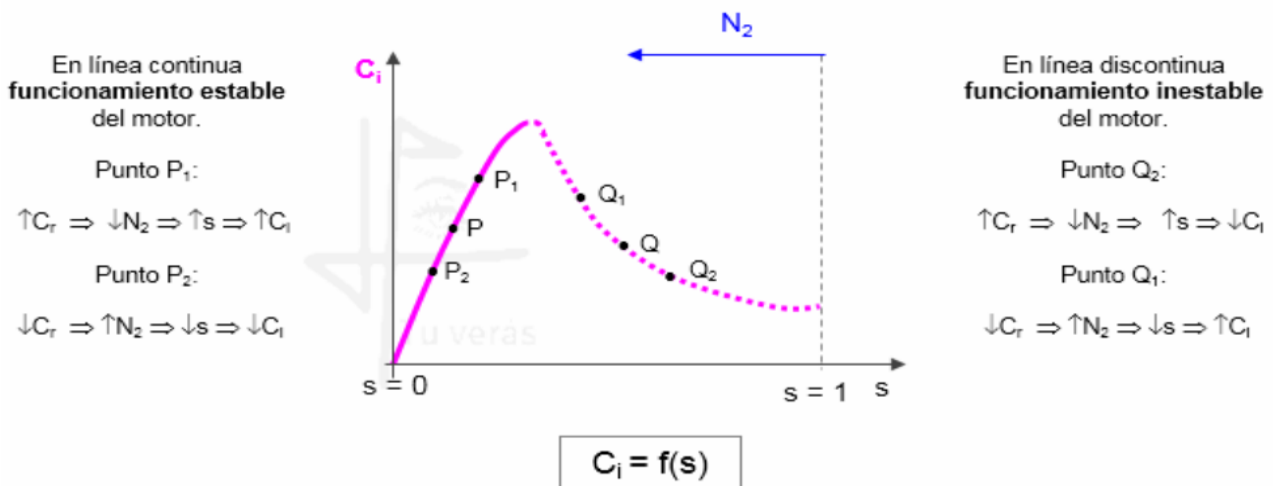
$$C_1 = \frac{E_2 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2}{\omega_1} = K \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2$$

$$I_2 = \frac{s \cdot E_2}{\sqrt{R_2^2 + (s \cdot X_2)^2}}$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + (s \cdot X_2)^2}}$$

E_2, R_2, X_2 son ctes.: $C = f(s)$

$$C_1 = K \frac{s \cdot E_2 \cdot R_2}{R_2^2 + (s \cdot X_2)^2}$$



Como se puede observar la línea continua es la que hemos ensayado (es decir un funcionamiento estable) y es el primer gráfico que he puesto en la hoja anterior.

En el punto 2 la característica entre par y deslizamiento baja, la velocidad es superior a la del punto 1 y el deslizamiento es bajo.

En el Punto 1 a medida que vamos aplicando par, el deslizamiento se incrementa, la velocidad baja y la curva característica del Par-deslizamiento aumenta.

Por lo tanto:

*El Par máximo se obtiene cuando la reactancia del rotor iguala a su resistencia

$$\frac{dC}{ds} = 0 \rightarrow s \cdot X_2 = R_2$$

El Par máximo es independiente de la resistencia del rotor. Sustituyendo la expresión anterior en la fórmula del par:

$$C = k \cdot \frac{E_2}{2 \cdot X_2}$$

Para un determinado deslizamiento el par es proporcional al cuadrado de la tensión de alimentación:

$$C = \frac{E_2 \cdot I_2 \cdot \cos \phi_2}{\omega_1} = \frac{E_2 \cdot (k_1 \cdot E_2) \cdot k_2}{k_3} = k_4 \cdot E_2^2 = k_4 \cdot (K_5 \cdot V_1^2) = K \cdot V_1^2$$

En las proximidades de sincronismo el par es sensiblemente proporcional al deslizamiento:

En la fórmula del par, para deslizamientos (s) pequeños $s \cdot X_2 \ll R_2 \rightarrow C = K \cdot s$

Para un determinado par, en la zona corriente de utilización, el deslizamiento es proporcional a la resistencia del rotor.

En la fórmula del par, para s pequeños: $s \cdot X_2 \ll R_2 \rightarrow C = K \cdot I_2$

Como : $P_{CV2} = R_2 \cdot I_2^2 = C \cdot \omega_1 \cdot s \rightarrow$ Si $C = \text{cte} \rightarrow s = k \cdot R_2$

Para un determinado par, en la zona corriente de utilización, el deslizamiento es inversamente proporcional al cuadrado de la tensión.

$$s = \frac{R_2 \cdot I_2^2}{C_1 \cdot \omega_1} \quad \text{y} \quad C = \frac{E_2 \cdot I_2 \cdot \cos \phi_2}{\omega_1} = k \cdot E_2 \cdot I_2 \quad \rightarrow \quad s = \frac{k}{V_1^2}$$

En cuanto a los datos ensayados la formula idílica para este motor que representa el par en funcion del deslizamiento es:

*Ecuacion de la Velocidad en funcion del Par (T)

$$V_{RPM}(T) = -18,5961T + 1581,3265 \quad \text{Error} = 0,92\%$$

*Ecuacion del Deslizamiento en funcion de la Velocidad (V)

$$d(V) = -0,0667V + 100$$

Sustiyendo el par en la ecuacion de la velocidad $V_{RPM}(T) = -18,5961T + 1581,3265$ y luego sustituir la velocidad en la ecuacion del deslizamiento

$$d(V) = -0,0667V + 100$$

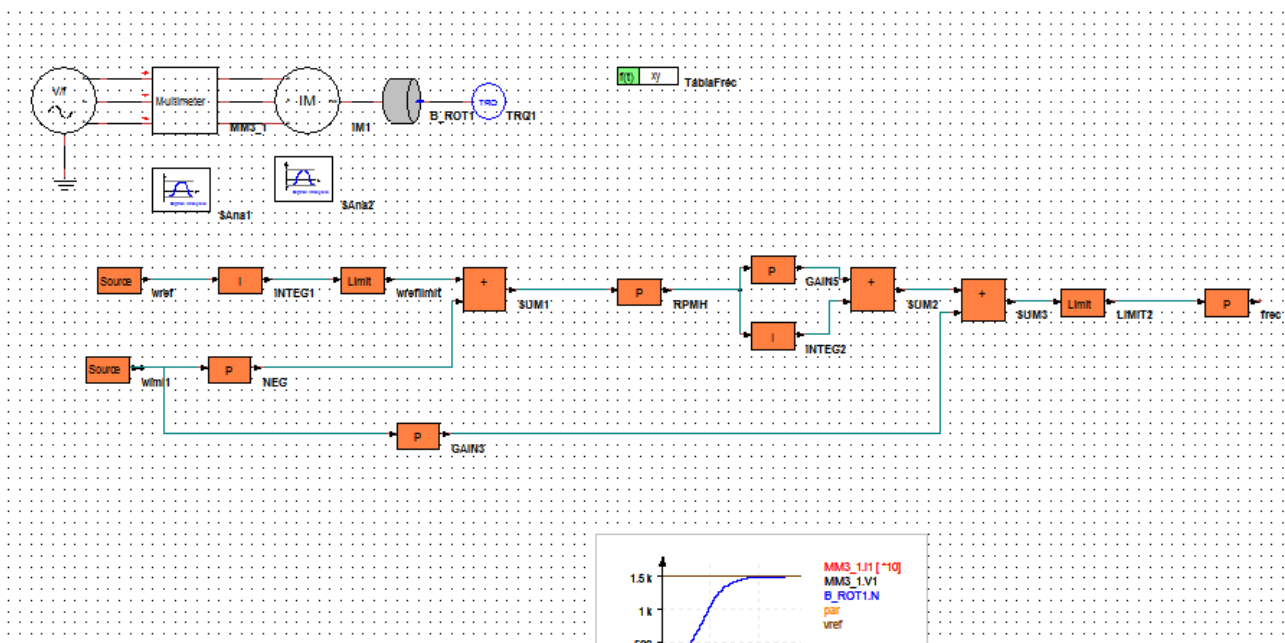
Se tiene el deslizamiento $d(T) = -0,0667 \cdot (-18,5961T + 1581,3265) + 100$ en (%)

4) ENSAYO TERCERO: CONTROL ESCALAR EN BUCLE CERRADO

En esta practica se variaran las magnitudes mediante la barra de control ubicada en la ventana de controles, se variará la accion proporcional K_p y la accion integral K_i . Tambien se podra ajustar a la velocidad de referencia y modificar el par.

Veremos dos ensayos, unos para determinar el tiempo de respuesta en vacio que tiene el motor a diferentes valores de K_i para llegar a la velocidad nominal de referencia (1500rpm), y otro ensayo variando en el tiempo la carga para ver la respuesta de la accion integral, la accion proporcional y de la accion integral y proporcional combinadas.

El esquema es el siguiente:



Y tomamos valores como la tension pico lineas (negras), la corriente pico lineas (rojas) la velocidad lineas (azules) el par lineas (naranjas) y el velocidad de referencia lineas (marrones).

Normalmente la intensidad siempre la escalamos 10 veces de su magnitud para poder interpretarla en la grafico ya que , comparado con las otras magnitudes, suele ser esta muy reducida e inapreciable graficamente.

Lo que se pretende hacer es averiguar estos 5 puntos:

4.1) COMPORTAMIENTO NORMAL, OSCILATORIO Y SOBREOSCILATORIO-INESTABLE (K_p y K_i).

El comportamiento normal se da cuando no se produce ninguna perturbación a régimen permanente que altere o pueda alterar mi proceso. Es decir, cuando no se producen oscilaciones.

Esta condición se da experimentalmente cuando $K_i=3$ y $K_p=0$ hasta 0,5, si K_p es mayor que 0,5 habrán oscilaciones, y si K_p es mayor a 0,832 el sistema se vuelve inestable, ya que las sobreoscilaciones entran en un régimen supercrítico que hacen que la amplitud de las oscilaciones se descontrolen provocando que la máquina estalle o que las protecciones se disparen.

Lo vamos a ver con más detalle en los siguientes gráficos:

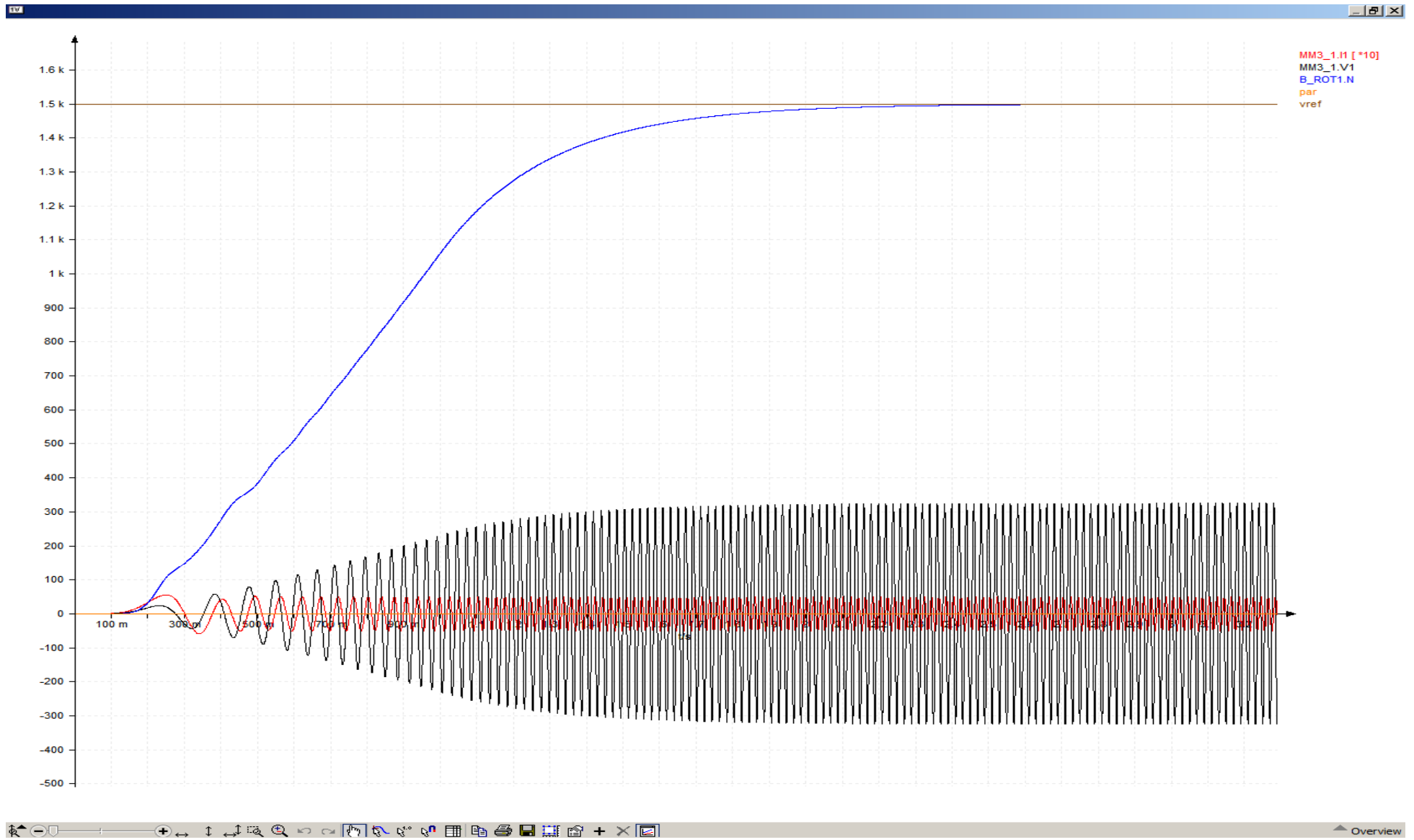
1.1) Comportamiento Normal: $K_i=3$; $K_p=0$

Se determinará en vacío, y aplicando carga al motor para asegurar de que ninguna perturbación de carga presente perturbaciones en la velocidad de nuestra máquina.

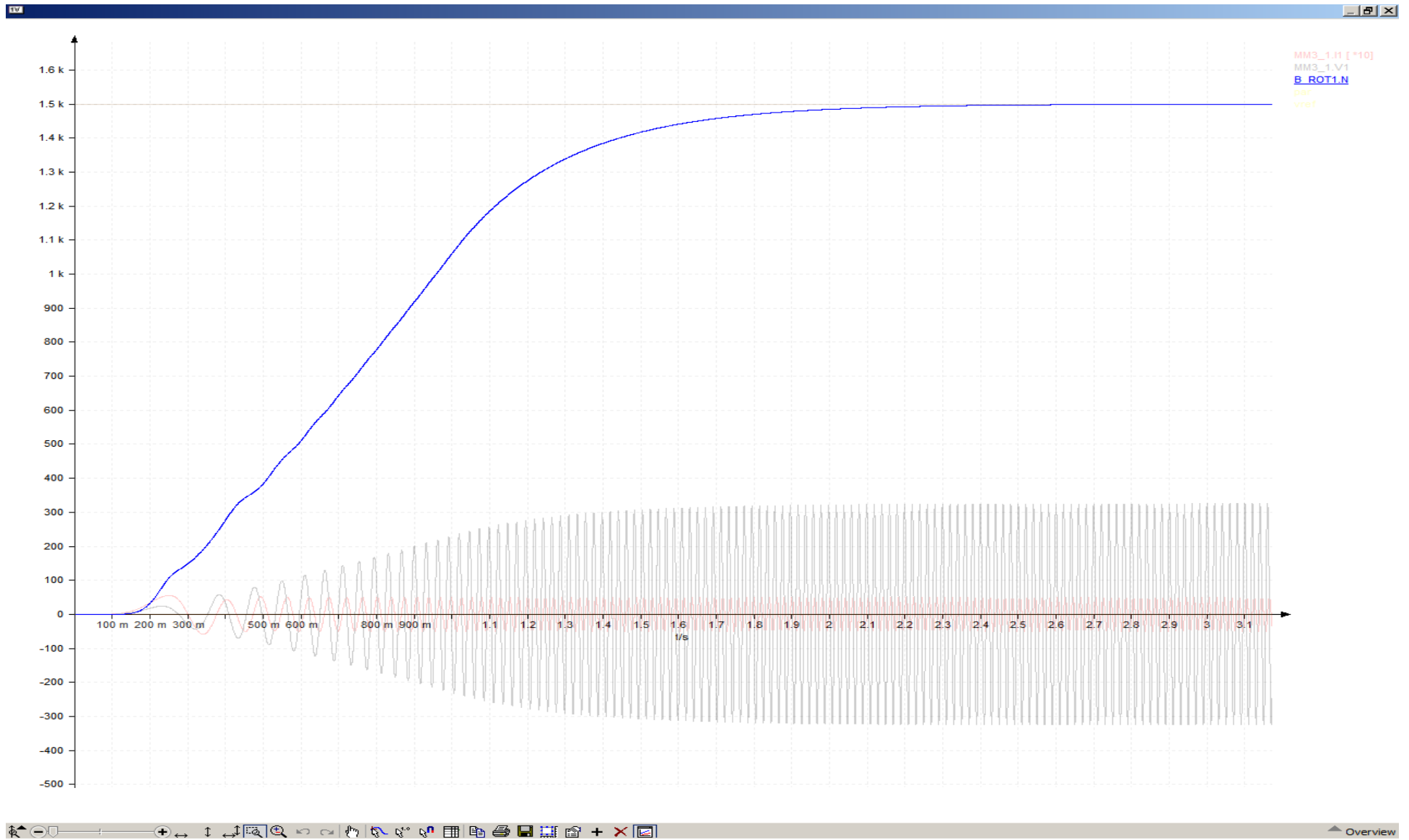
Según las dos primeras gráficas tarda 3 segundos en llegar a la velocidad de referencia, en las dos siguientes se muestra el par máximo de arranque (8,371Nm) que es capaz de suministrar la máquina con ($K_i=3$; $K_p=0$) y los segundos que tarda hasta llegar a la velocidad de referencia de 1500rpm.

En la 5ª gráfica se muestra que aplicando una acción proporcional de 0,5 frente a la acción integral de 3, se puede superar un par de arranque máximo de 14,277Nm, con lo cual, la acción proporcional nos ayuda a ofrecer más par de arranque comparados con los 8,371Nm, cuando la acción proporcional era 0.

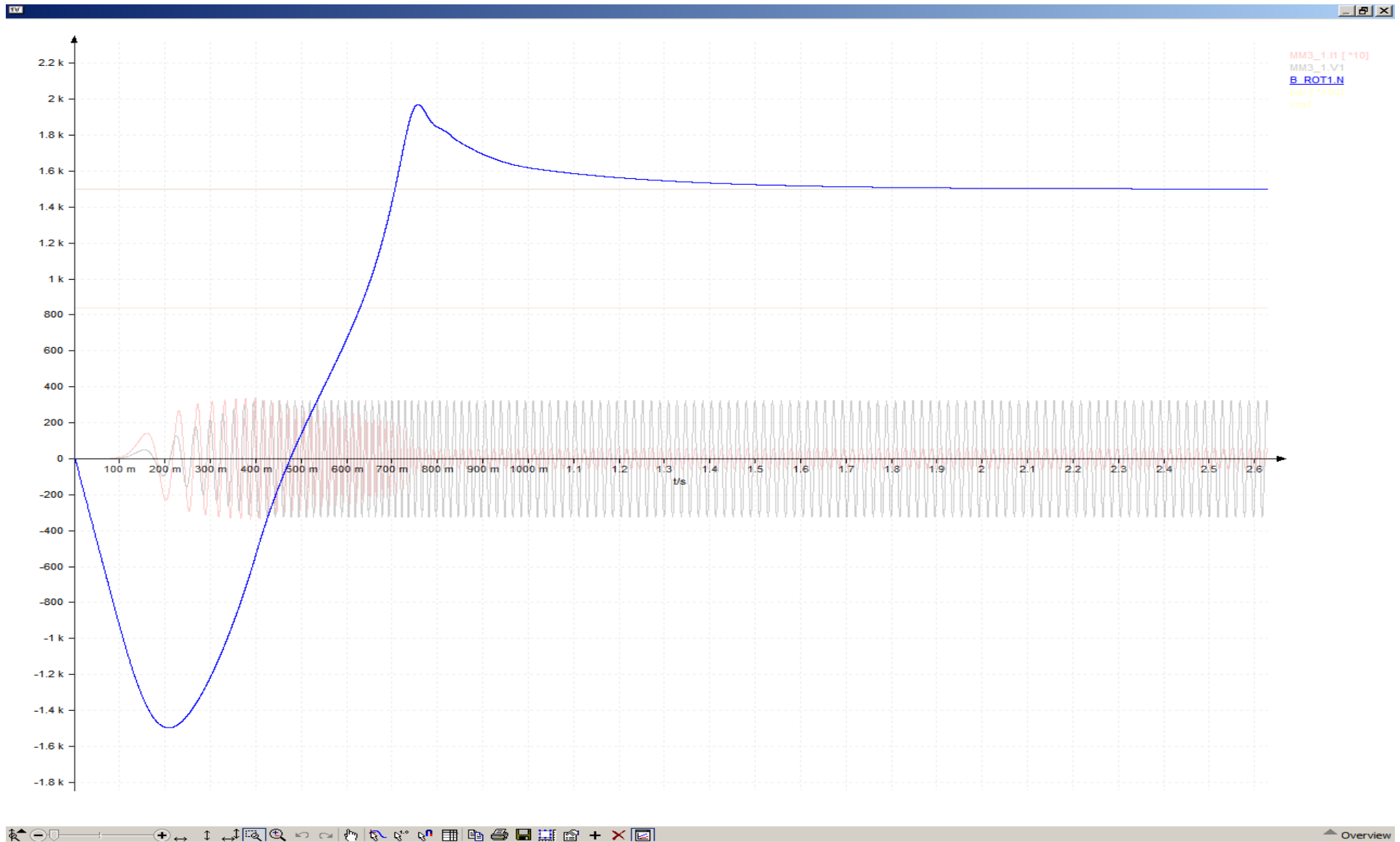
Ki=3 ; Kp=0 Vref= 1500rpm SIN CARGA



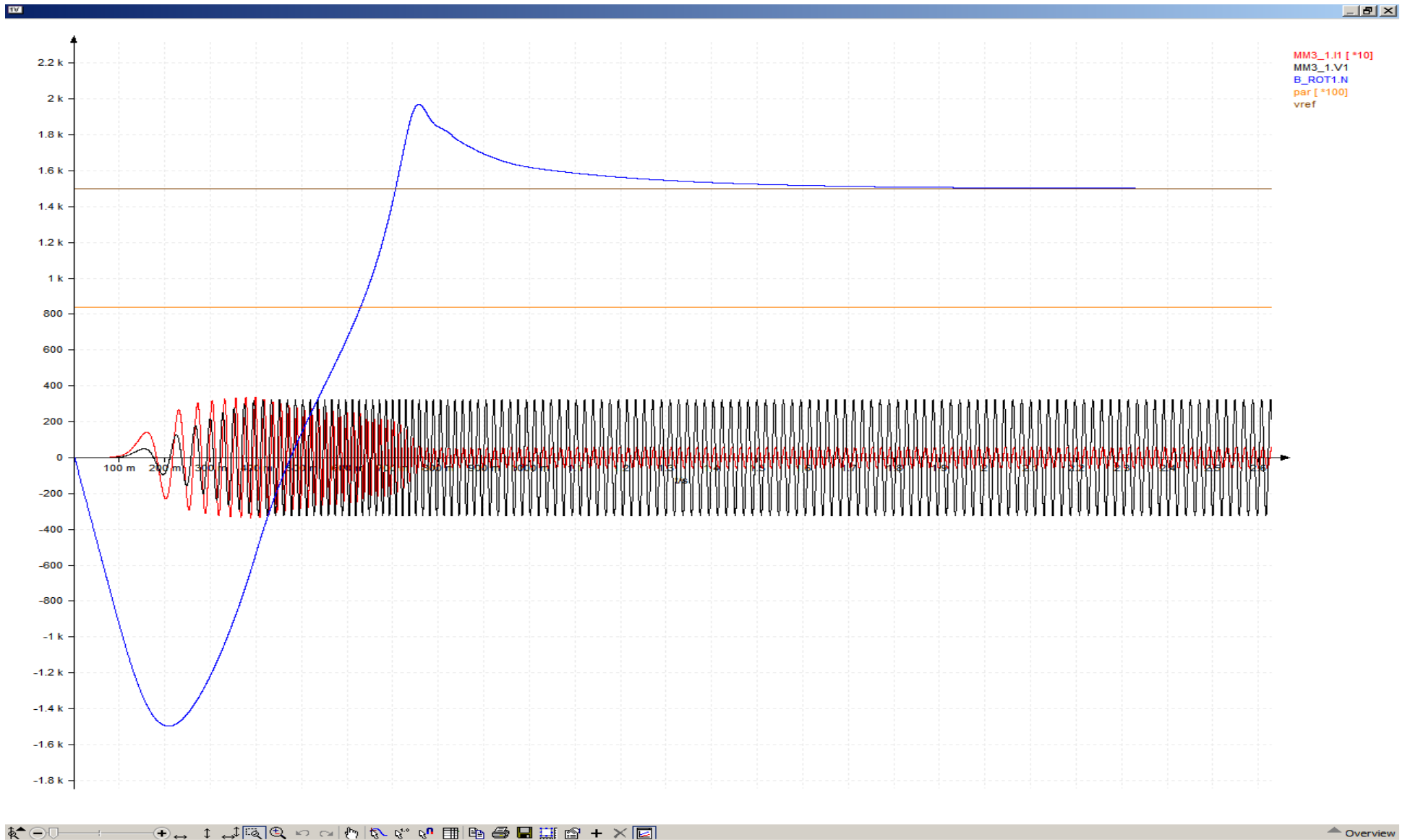
Como se observa , alcanza la velocidad de referencia a los 3 segundos, y despues, no se producen oscilaciones.



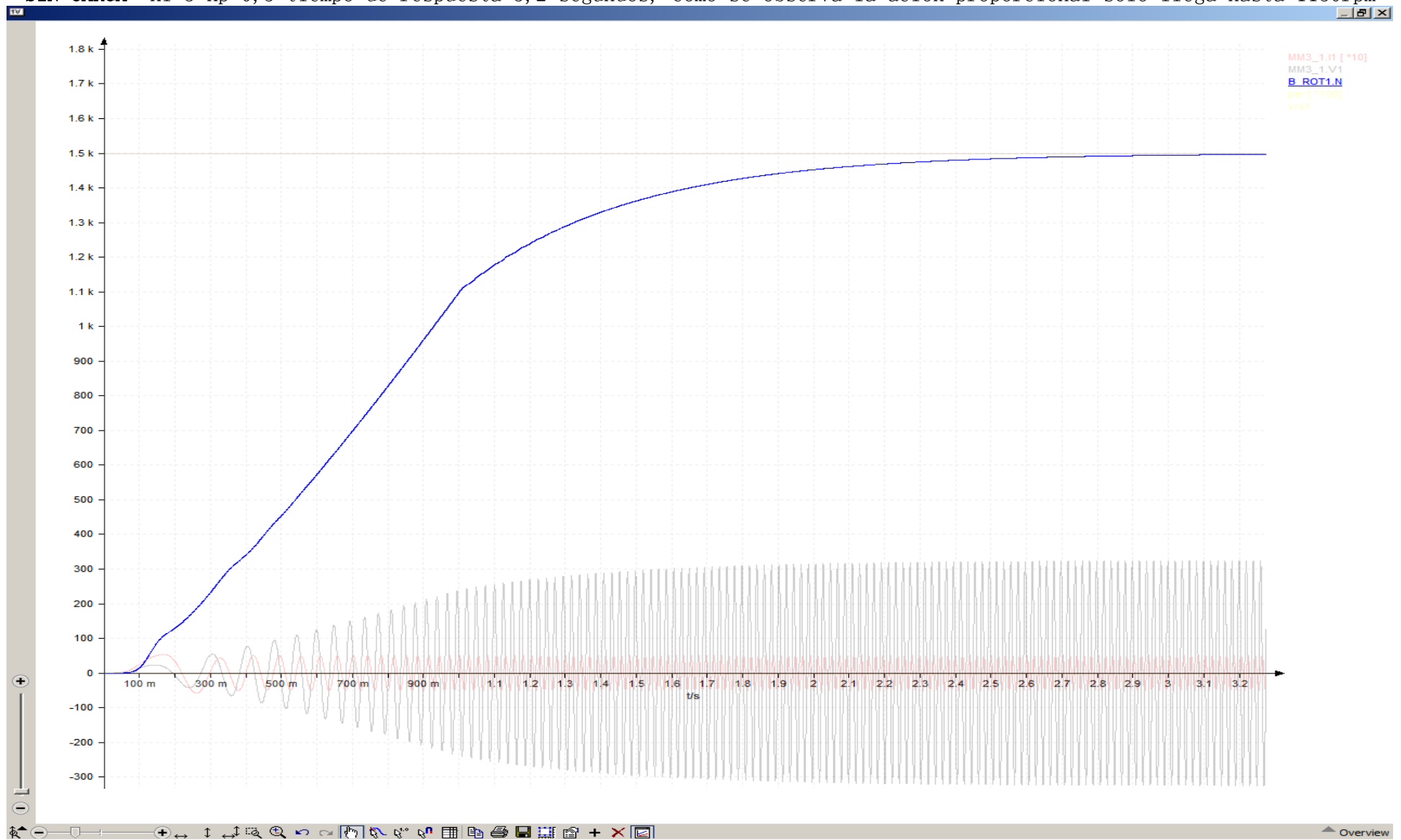
CON CARGA $K_i=3;K_p=0$. Par maximo a la que es capaz de arrancar =8,371Nm, Tiempo de respuesta hasta 1500rpm = 2,6s



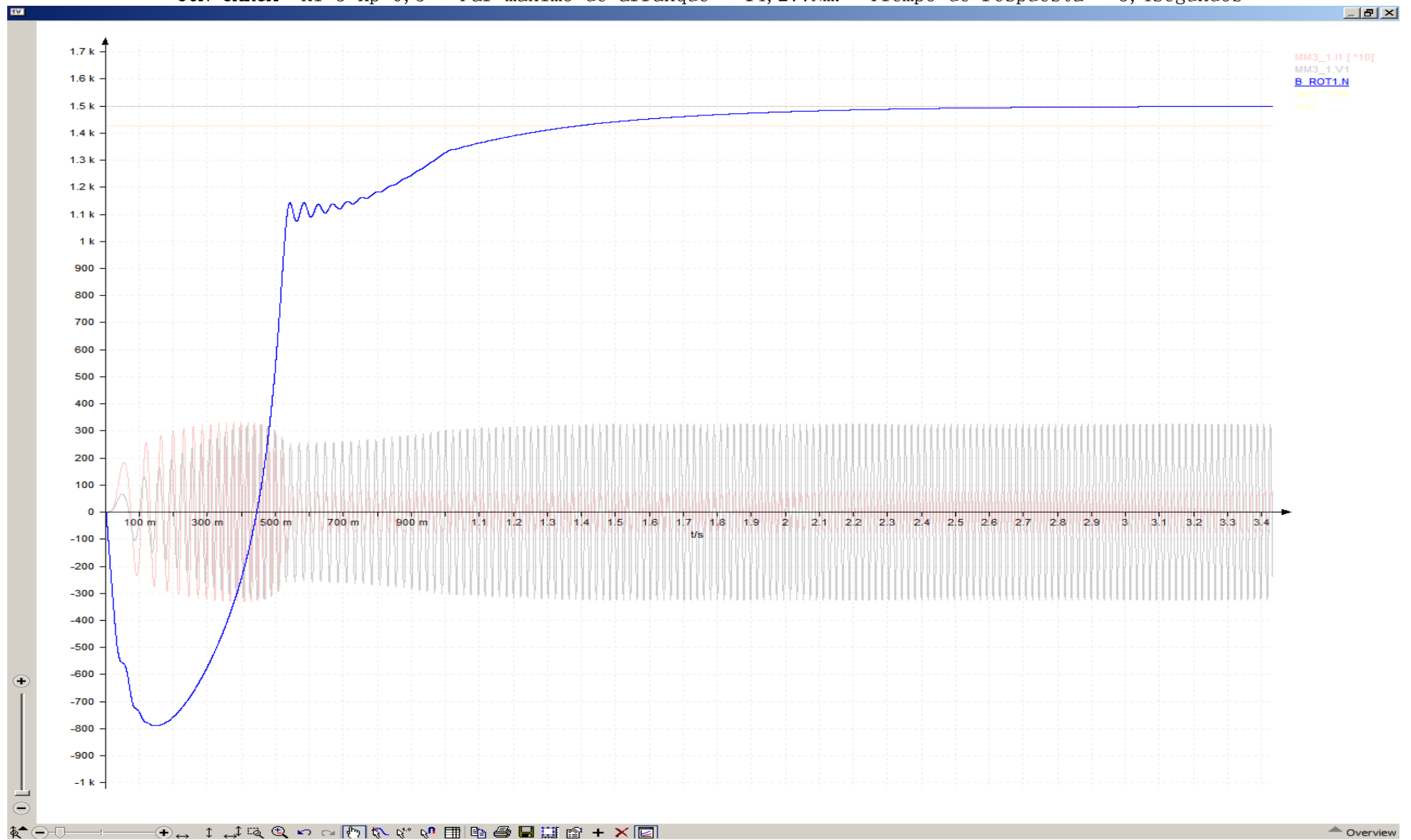
Par maximo en el arranque = 8,371Nm Intensidad pico maxima en arranque = 34Amperios



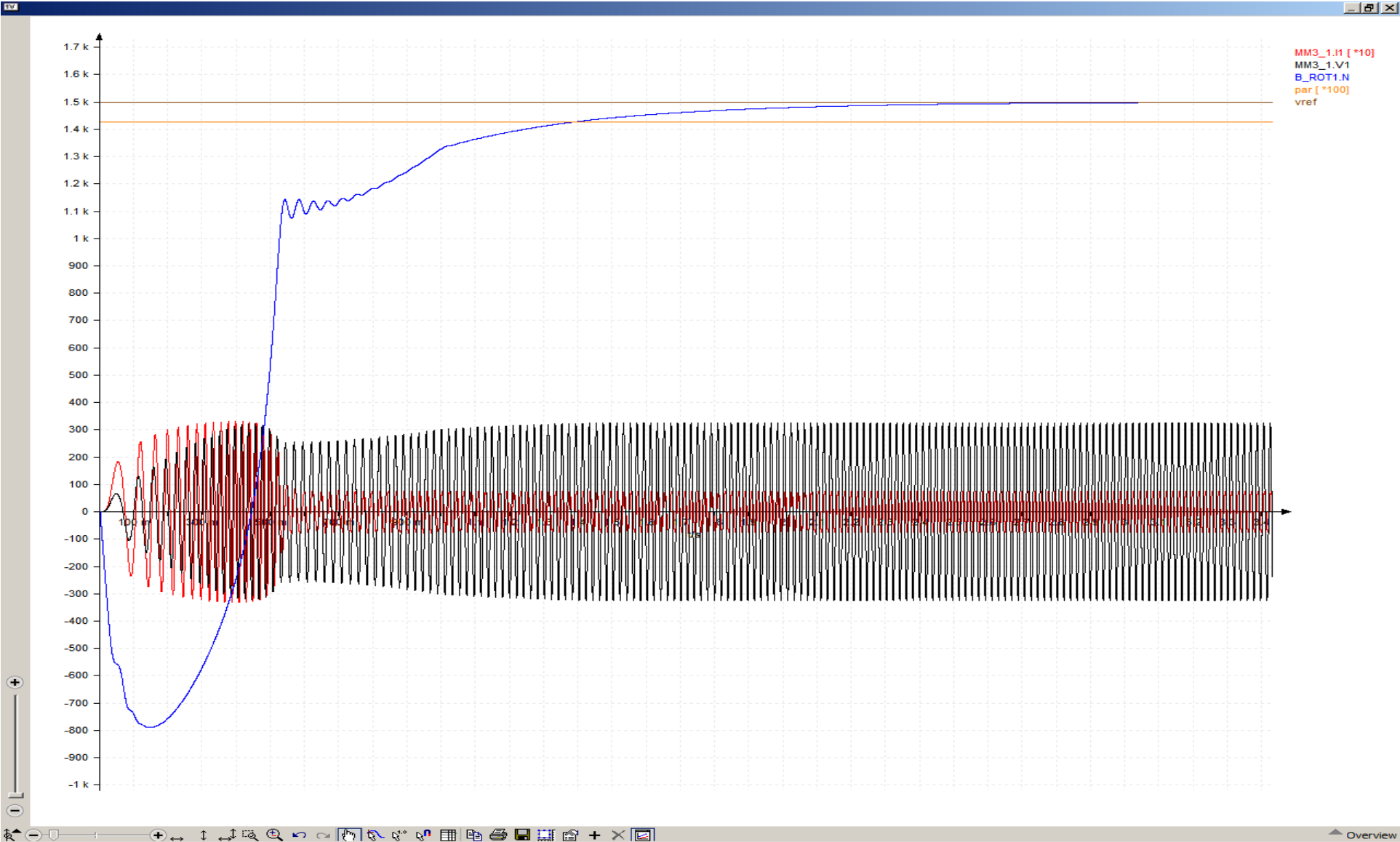
SIN CARGA $K_i=3$ $K_p=0,5$ tiempo de respuesta 3,2 segundos, como se observa la acion proporcional solo llega hasta 1150rpm



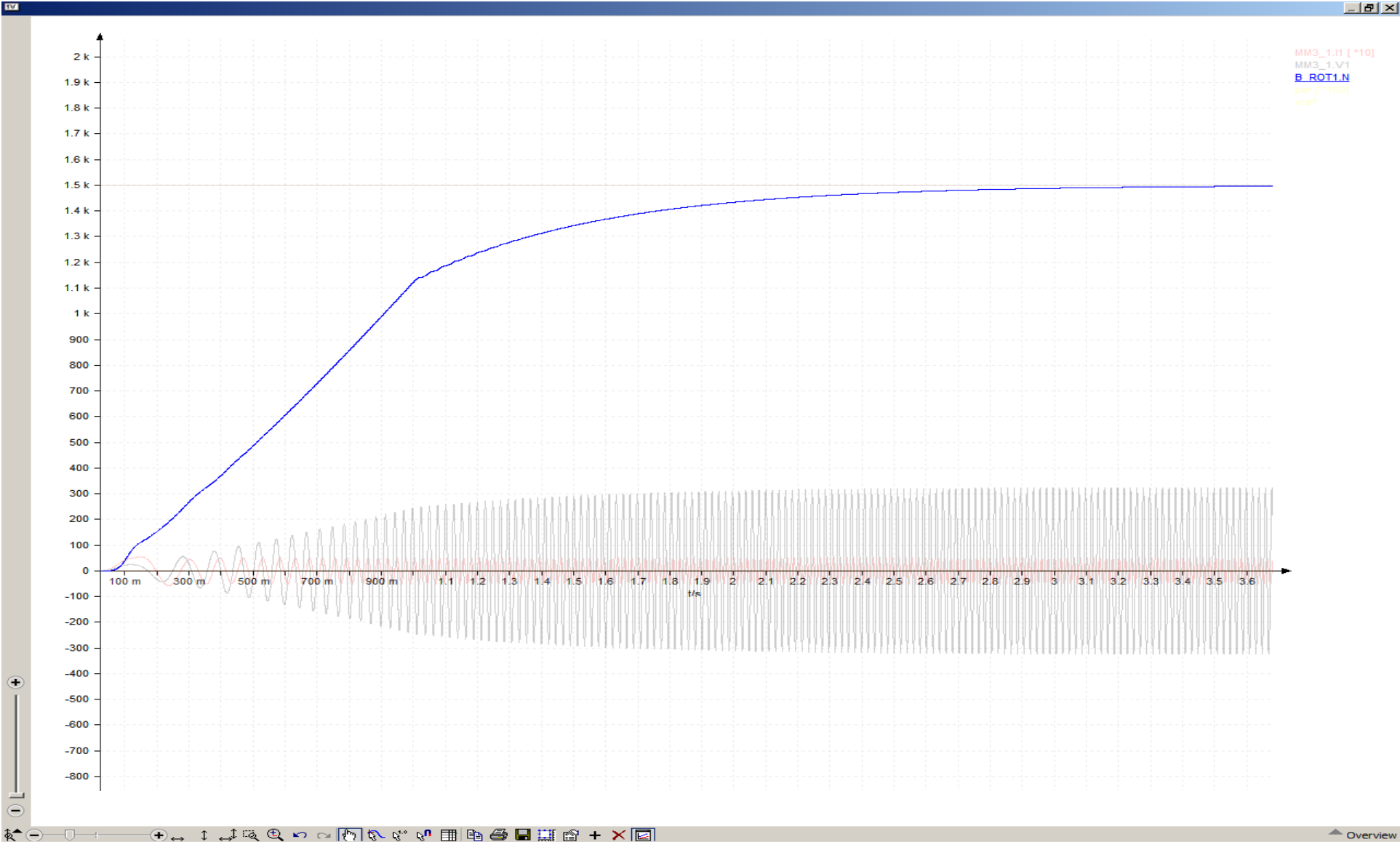
CON CARGA $K_i=3$ $K_p=0,5$ Par maximo de arranque = 14,277Nm. Tiempo de respuesta = 3,4segundos



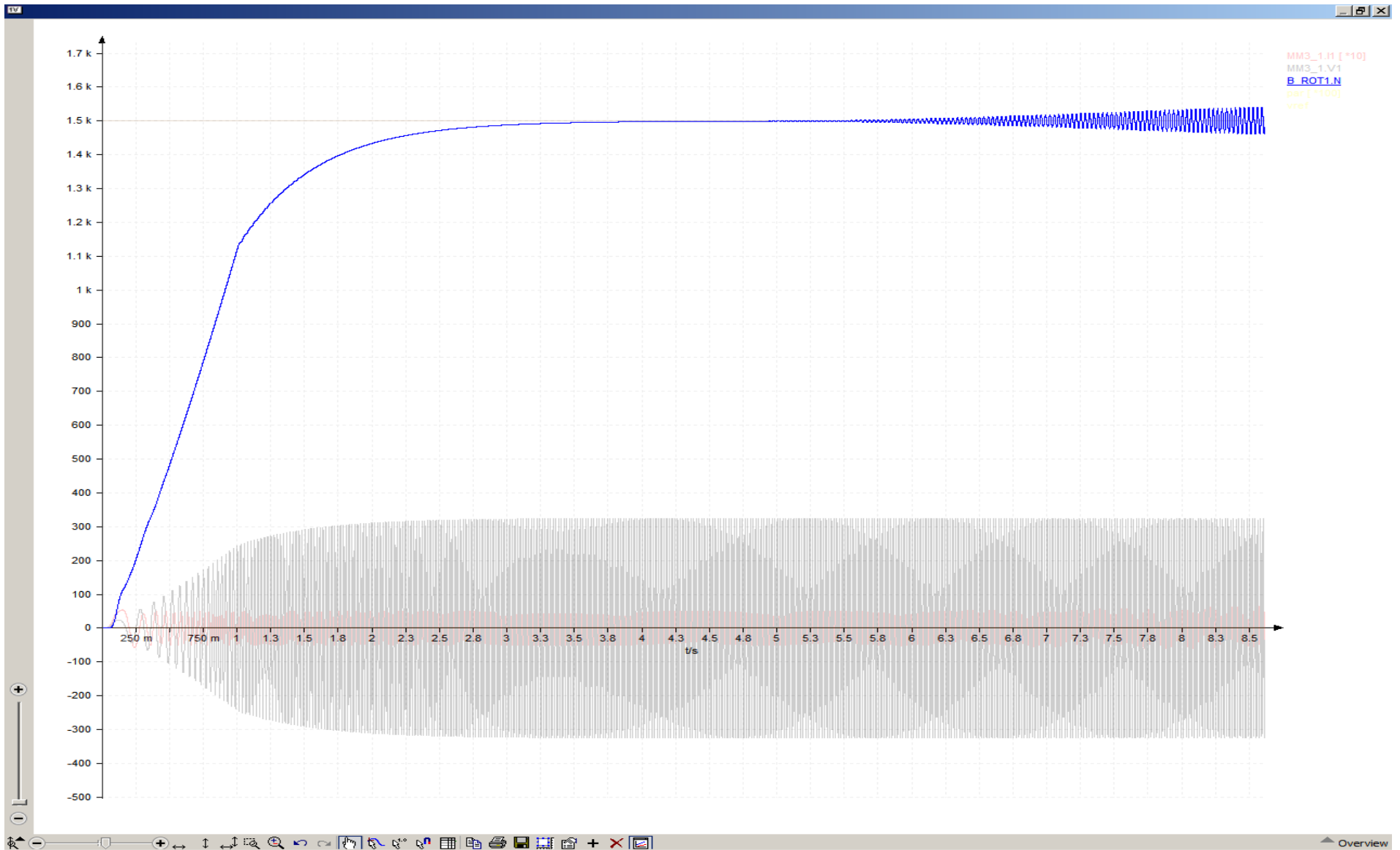
Intensidad pico maxima 34Amperios



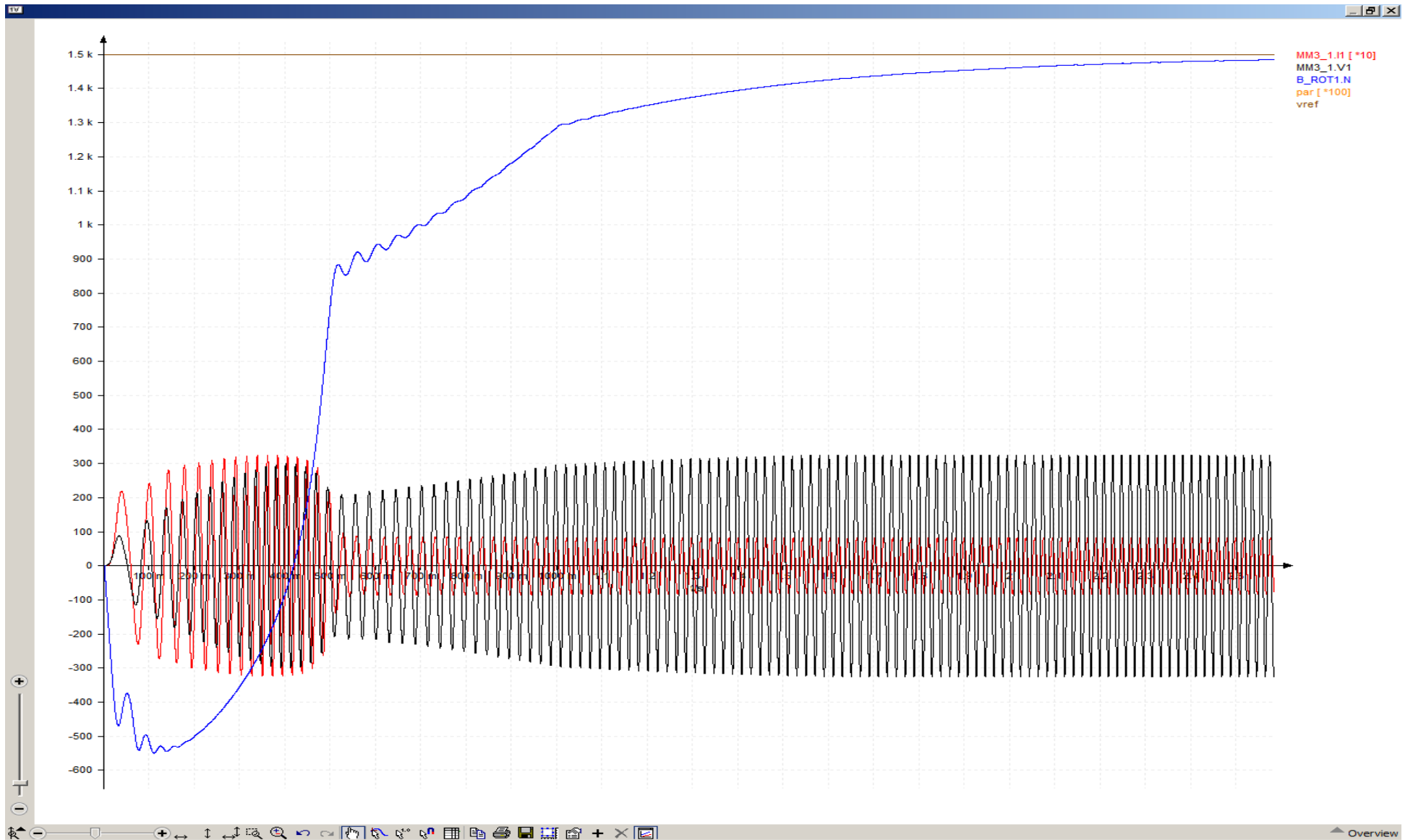
$K_i=3$; $K_p=0,832$



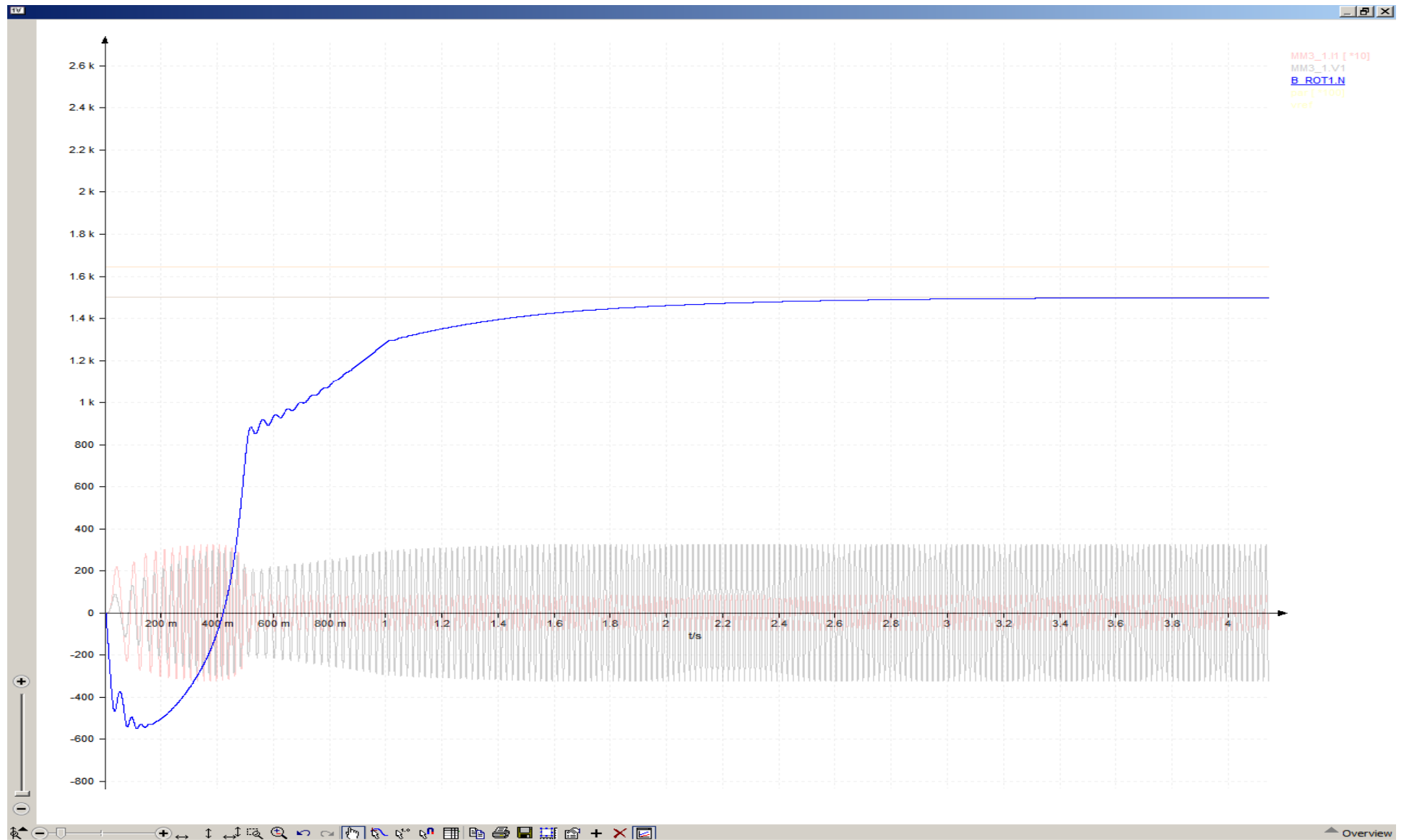
A los 6 segundos aparecen oscilaciones que van en incremento y se estabilizan en ± 100 rpm de amplitud



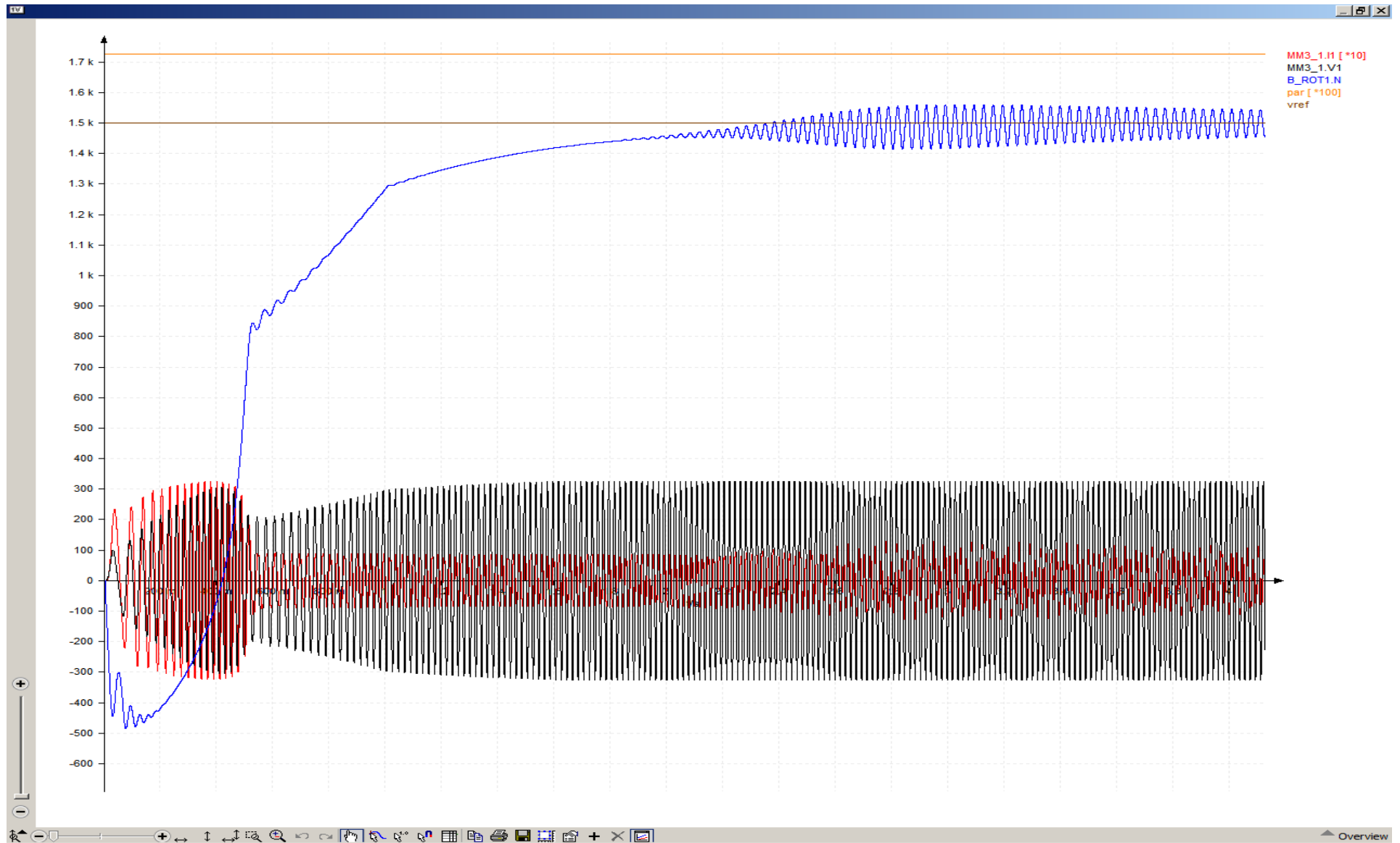
Ki=3 Kp=0,832. Par maximo de arranque =16,443Nm



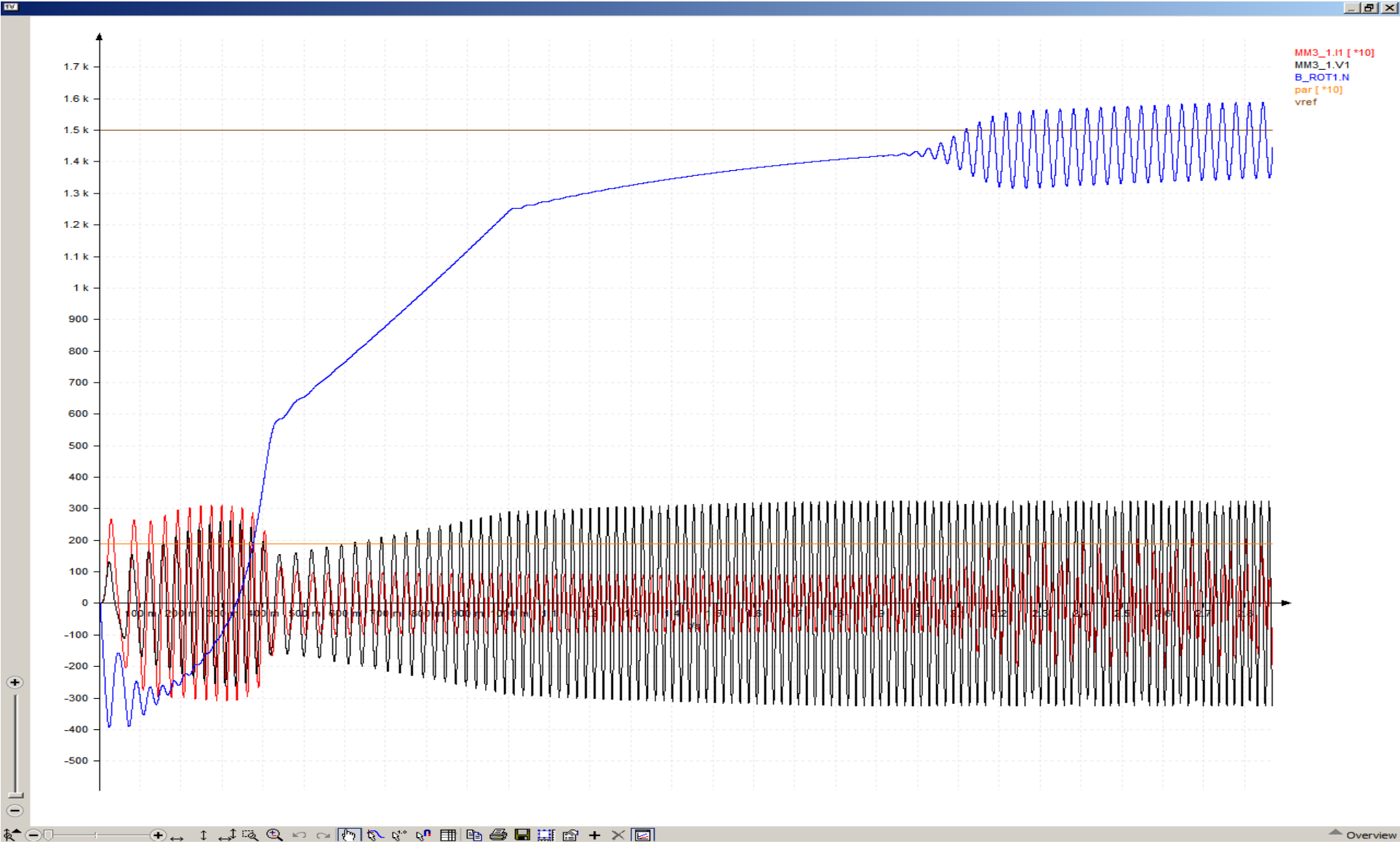
Tiempo de respuesta 4,2 segundos



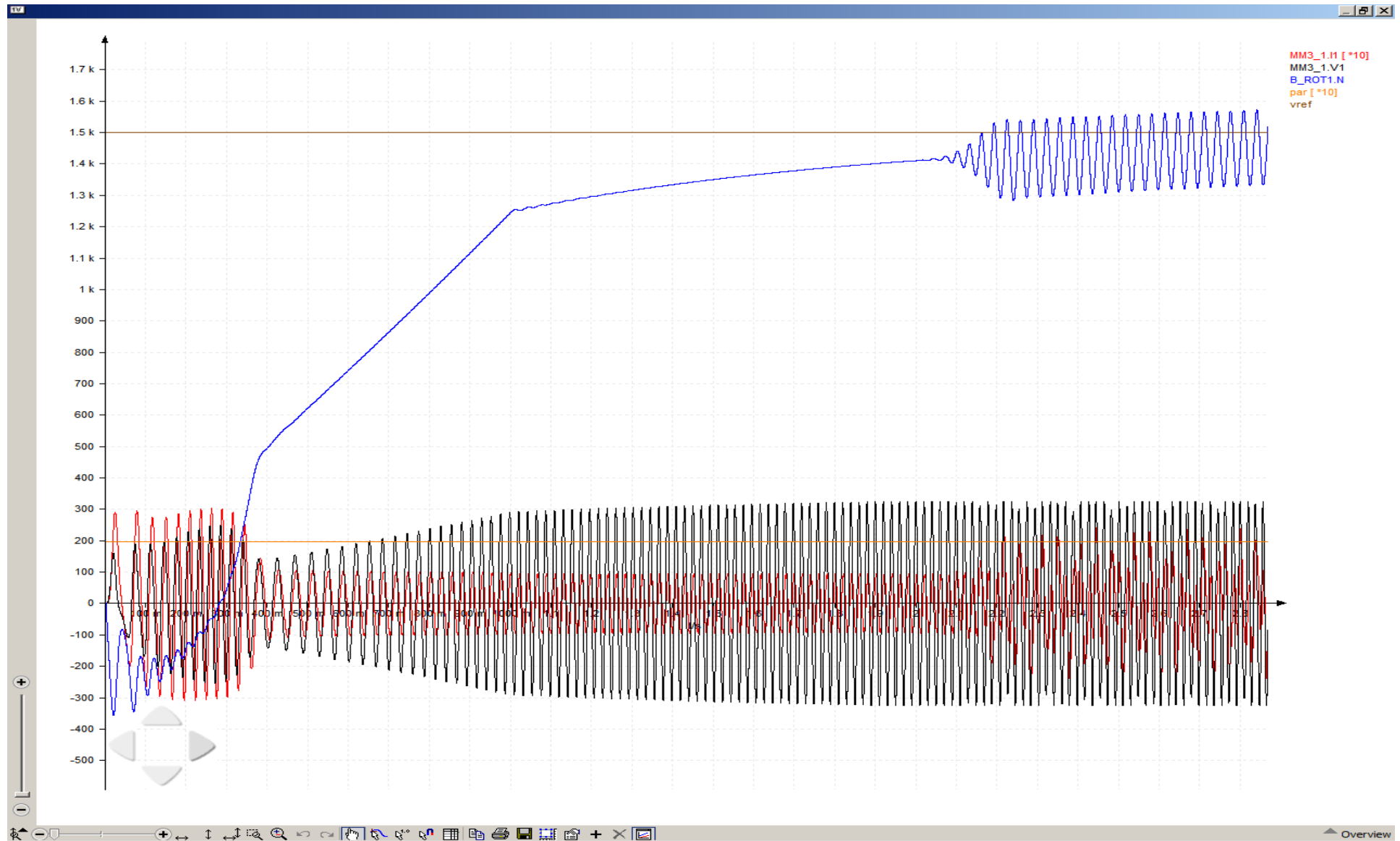
Ensayo CON CARGA, $K_i=3$; $K_p=1$ Par maximo de arranque =17,260Nm



Ensayo CON CARGA, $K_i=3$; $K_p=1,5$ Par maximo de arranque =18,875Nm



Ensayo CON CARGA, $K_i=3$; $K_p=2$ Par maximo de arranque =19,714Nm



4.2) ENSAYO DE RESPUESTA (tiempo de respuesta en segundos a 1500rpm actuando sobre el valor de K_i y K_p)

($K_p=0$)

$K_i=0,5$	Tiempo de respuesta hasta 1500rpm = 14s
$K_i=1$	Tiempo de respuesta hasta 1500rpm = 7,5s
$K_i=1,5$	Tiempo de respuesta hasta 1500rpm = 5,2s
$K_i=2$	Tiempo de respuesta hasta 1500rpm = 4s
$K_i=2,5$	Tiempo de respuesta hasta 1500rpm = 3,3s
$K_i=3$	Tiempo de respuesta hasta 1500rpm = 2,9s

4.3) COMPORTAMIENTO DE LA VELOCIDAD SOBRE LA ACCION PROPORCIONAL (K_p)

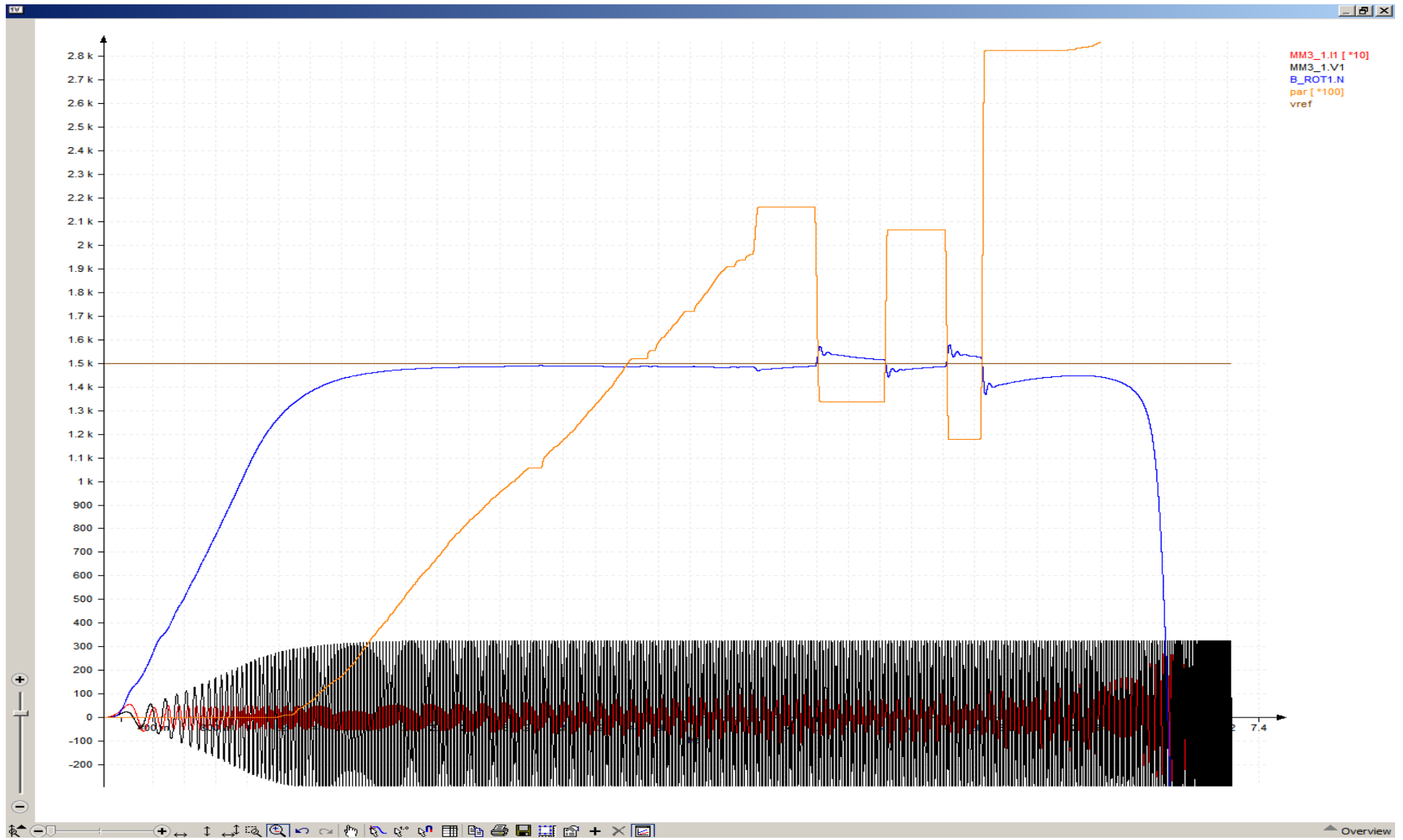
$K_p=0,5;K_i=0$	---Velocidad de Respuesta = 533,2rpm
$K_p=1,004;K_i=0$	--Velocidad de Respuesta = 786,85rpm
$K_p=1,507;K_i=0$	--Velocidad de Respuesta = 934,9rpm
$K_p=2,009;K_i=0$	--Velocidad de Respuesta = 1032,15rpm
$K_p=2,498;K_i=0$	--Velocidad de Respuesta = 1099,32rpm
$K_p=3;K_i=0$	-----Velocidad de Respuesta = 1150,76rpm

4.4) ENSAYO DE COMPORTAMIENTO DE LA VELOCIDAD VARIANDO EL PAR EN EL TIEMPO.

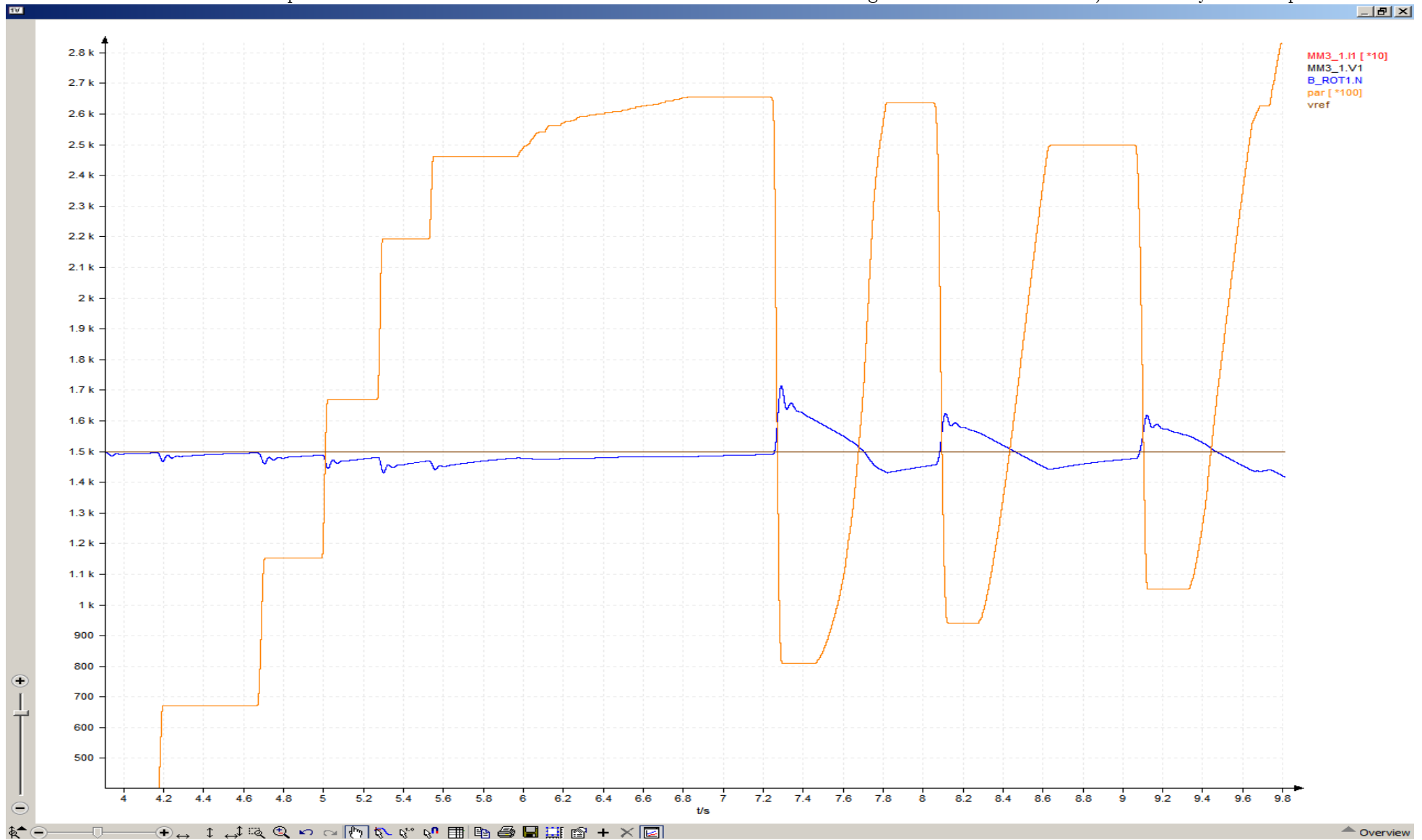
Para $K_i=3$; $K_p=0$

Como se observa en las graficas siguientes a esta hoja, se puede observar que el par se ha ido incrementando linealmente hasta bajar y subir abruptamente , y la velocidad se ha intentado rectificar lo mejor que a podido la accion integral, pero finalmente se ha producido un par mayor y ha entrado en fallo la maquina.

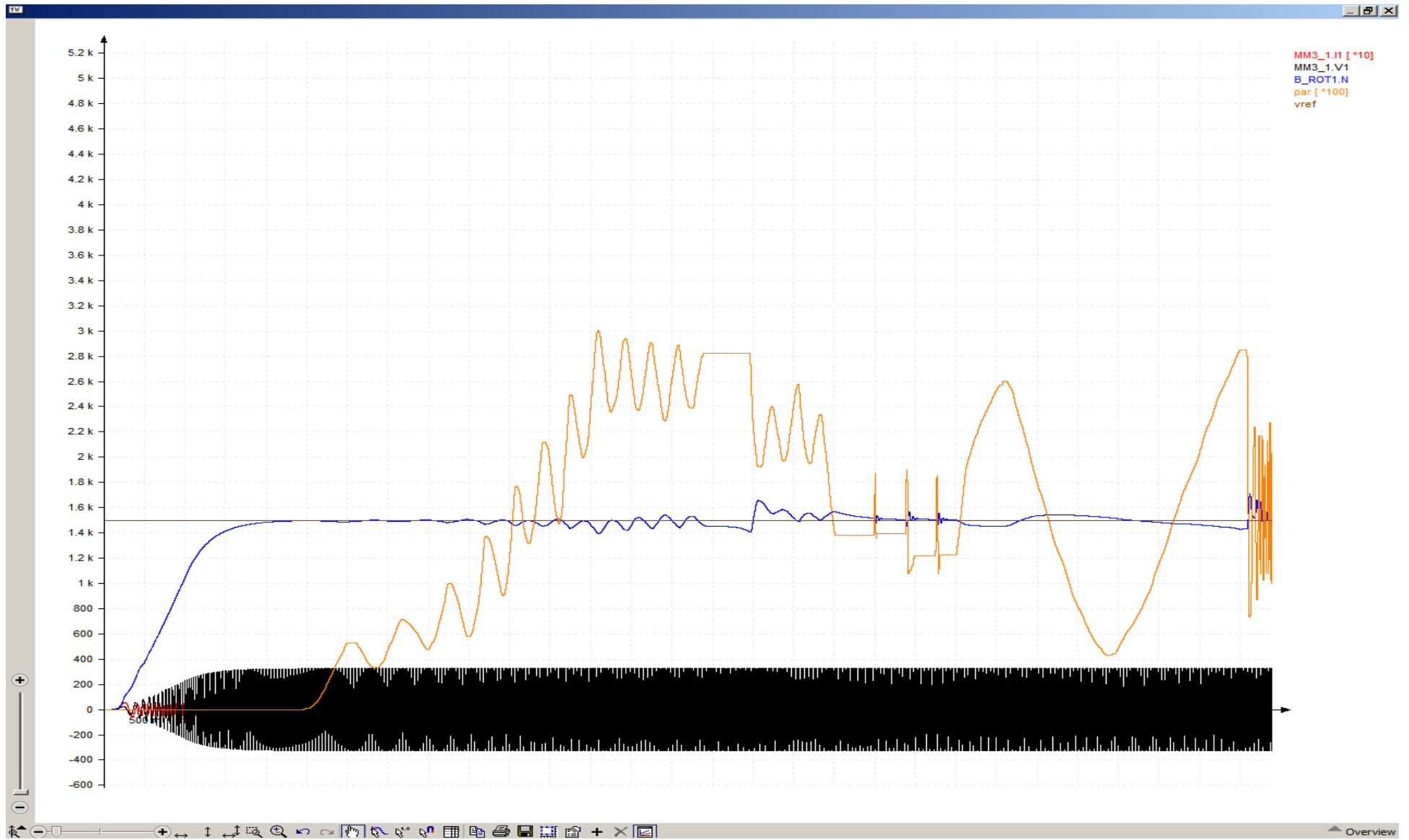
en el 2 grafico vemos la rectificacion de la velocidad nuevamente , pero con un par extremo de 37Nm



Como veis el comportamiento de la velocidad ante variaciones de cargas bruscas es bueno, solo hay ± 100 rpm

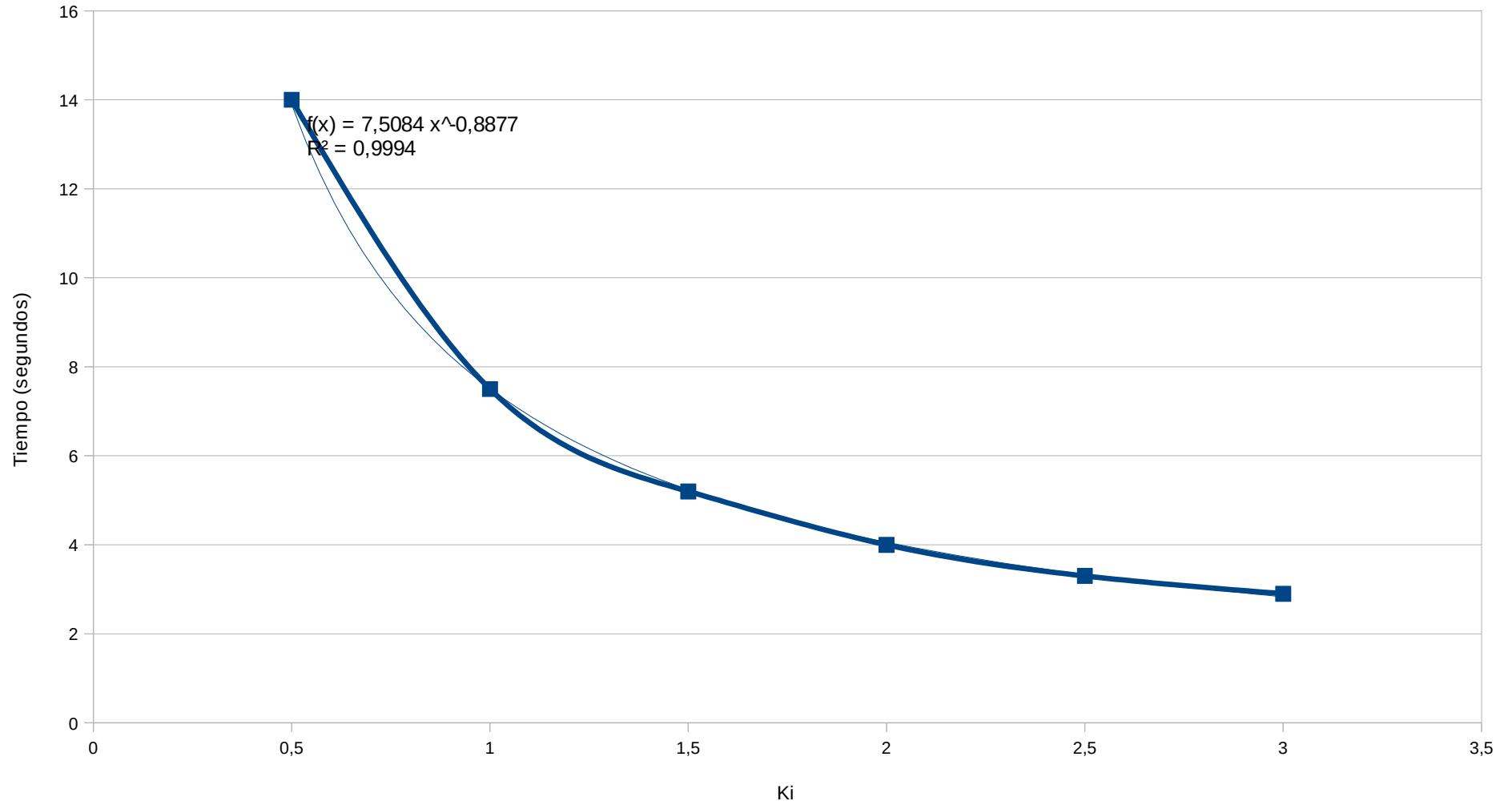


Ante variaciones de carga oscilantes , tipo escaleras mecanicas, la velocidad se comporta de forma ejemplar



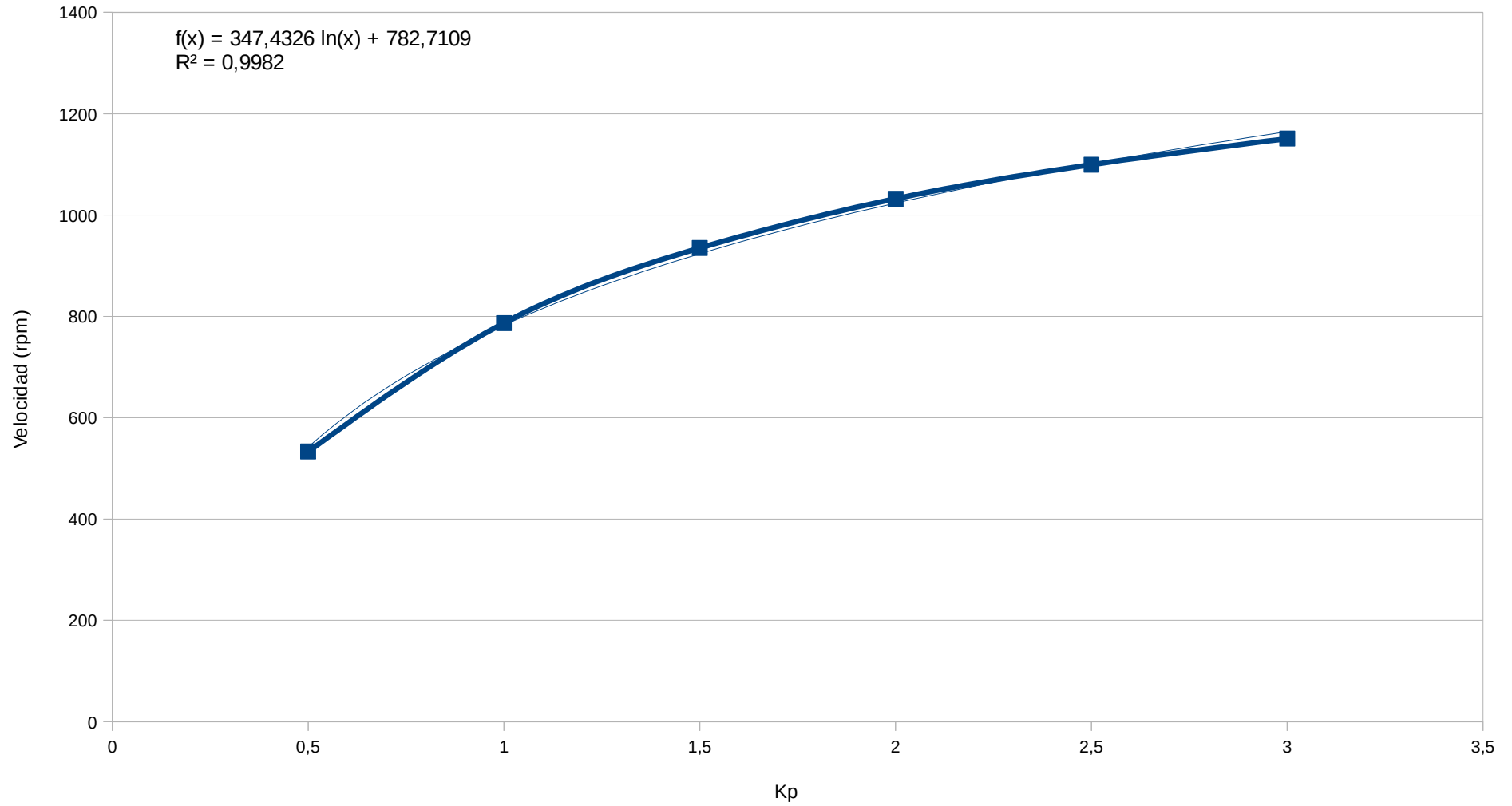
4.5) Ecuaciones del tiempo de respuesta acción integral (Ki) a partir de datos ensayados: SIN CARGA

Tiempo de respuesta hasta velocidad 1500rpm Kp=0



4.6) Ecuaciones de la Velocidad en funcion de Kp cuando Ki=0 SIN CARGA

Velocidad en funcion de Kp



4. 7) CONCLUSIONES

Las conclusiones que puedo llegar, es que solo con la accion proporcional es imposible llegar hasta el valor de referencia.

Solo con la accion integral es imposible afrontar un par de arranque superior a 8,371Nm, y en vacio (sin carga), dependiendo el valor de Ki el tiempo de respuesta hasta la velocidad nominal sigue esta ecuacion $T_s(Ki)=7,5084 \cdot Ki^{-0,8877}$ con un error de 0,06%.

Y en cuando a la velocidad que se llega siendo Ki=0 , en funcion de Kp sigue esta ecuacion $V(Kp)=347,4326 \ln(Kp)+782,7109$ con un error del 0,18%.

En cuanto a la combinacion de ambas acciones, si combinamos la accion integral (Ki=3) y Kp, la Kp aporta mas par en el arranque tal que así:

Cuando Ki=3 y Kp=0,25 El par de arranque maximo es de 11,799

Cuando Ki=3 y Kp=0,5 El par de arranque maximo es de 14,277Nm en vez de 8,371Nm.

Cuando Ki=3 Kp=0,832 el par de arranque maximo es de 16,443Nm

Cuando Ki=3 Kp=1 el par de arranque maximo es de 17,260Nm pero el sistema se vuelve inestable ya que oscila en +/-100rpm, creando oscilaciones en la velocidad

Cuando Ki=3 Kp=1,5 el par de arranque maximo es de 18,875 pero el sistema se vuelve inestable en -/+200rpm, creando oscilaciones en la velocidad.

Cuando Ki=3 Kp=2 el par de arranque maximo es de 19,714, pero el sistema se vuelve inestable , pero se mantiene con la misma inestabilidad que antes +/-200rpm

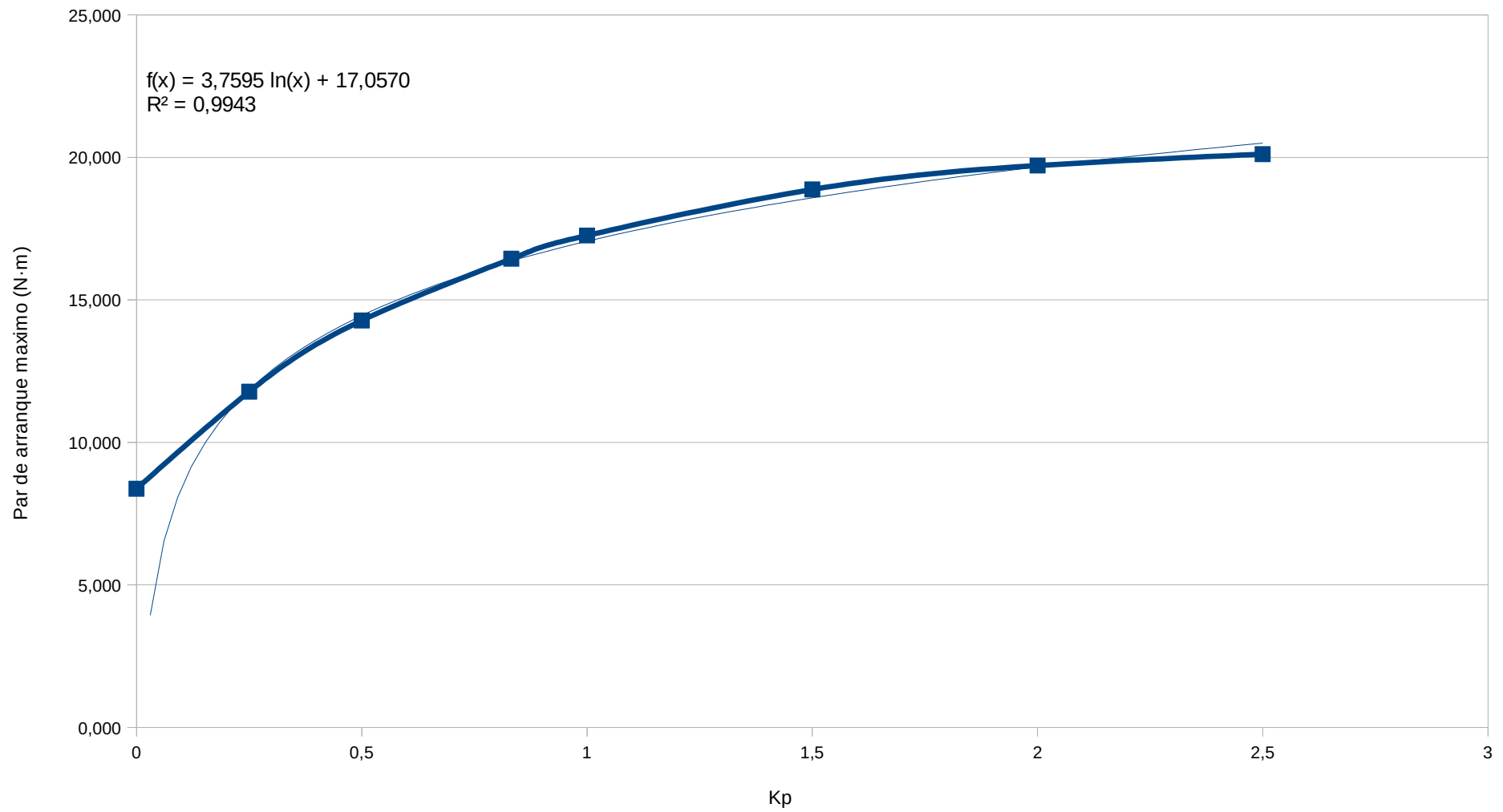
Cuando Ki=3 Kp=2,5 el par de arranque maximo es de 20,117, pero el sistema se vuelve inestable , pero se mantiene con la misma inestabilidad que antes +/-200rpm

Todos los sistemas inestables, acaban oscilando creando problemas mecanicos y sobretodo consumen grandes cantidades de corriente haciendo que los magnetotermicos salten, en este caso la corriente pico registrada era cercana a la de cortocircuito sobre 34amperios pico.

La ecuacion que describe el maximo par de arranque en funcion de Kp, manteniendo constante la (Ki=3) sigue la siguiente ecuacion: $T(Kp)=3,7595 \ln(Kp)+17,0570$ teniendo un error de

Y el grafico es:

Par maximo de arranque en funcion de Kp Ki=3



Concluyo que la accion integral tiene que ser la máxima, y en cuanto a la accion proporcional, no mas de 0,832.

Si quiero arrancar un motor hasta los 20Nm, habria que elevar la Kp hasta el valor de 3, pero de forma inmediata al arranque de la maquina, una vez tenga la velocidad suficiente habria que eliminar la accion proporcional a 0, o dejar a 0,5, ya que valores superiores a los 0,832 se crean sobreoscilaciones peligrosas, tanto para mi proceso como para mi maquina.

En cuanto a variaciones de par en el tiempo, $K_i=3$ $K_p=0$ no hay ningun problema, como habreis podido comprobar en la grafica del apartado 4, hemos hecho todo tipo de perrerias con el par y la velocidad se estabilizaba perfectamente en el tiempo, incluso con variaciones de par grandes y bruscas.

4.8) FUNCIONES DE TRANSFERENCIA , en lo que se refiere al bucle cerrado , hay un cierto control automatico de la velocidad, que se analizan dentro de la Teoria del Tiempo Discreto.

4.8.1) EL REGULADOR PROPORCIONAL INTEGRAL

El valor de la salida del controlador $u(t)$ se cambia a una razon proporcional a la señal de error $e(t)$, es decir:

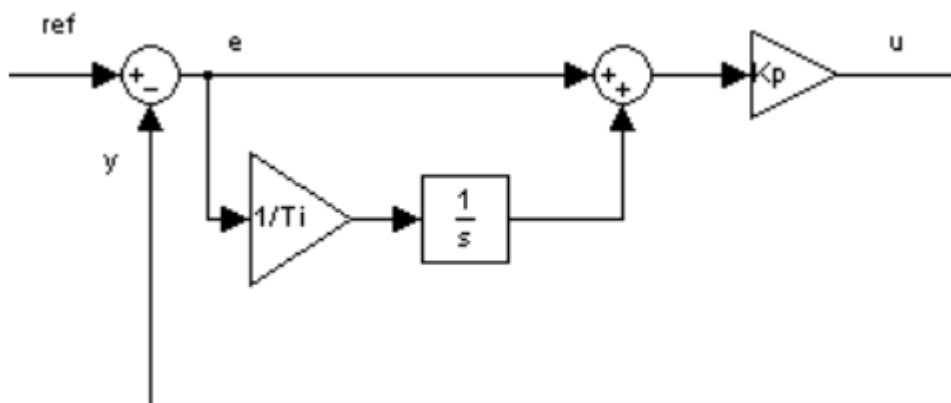
$$u(t) = K_P e(t) + \frac{K_P}{T_i} \int_0^t e(t) dt$$

Siendo su equivalente en funcion de la tranferencia de Laplace:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_P \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right)$$

Donde K_p =Ganancia proporcional y T_i =Tiempo integral.

Ambos parametros son ajustables, el tiempo integral ajusta la accion de control integral, mientras que un cambio en el valor de la ganancia proporcional, afecta las partes integral y proporcional de la accion de control. El inverso de T_i se denomina velocidad de reajuste, ésta indica la cantidad de veces por minuto que se duplica la parte proporcional de la accion de control ; su representacion en diagrama de bloques es el mostrado en la figura.



El PI mejora el amortiguamiento y reduce el sobrepaso maximo, incrementa el tiempo de levantamiento, disminuye el ancho de banda, mejora el margen de ganancia y de fase y la magnitud de pico de resonancia y filtra el ruido a alta frecuencia.

El error en estado estable se mejora con un orden, si el error en estado estable

a una entrada dada es constante, el control Pi lo reduce a cero. Este tipo de controlador se utiliza generalmente cuando se desea mejorar el error en estado estacionario. Los sistemas se hacen normalmente mas oscilatorios, si no se ajusta correctamente se puede hacer inestable como habiamos visto, en los ensayos.

Para este caso $PI = K_p \cdot (1 + \frac{1}{T_i \cdot S})$ Normalmente con un Pi el 90% de problemas estan solucionados, la mayoria de motores entre un 90 y 95% de motores se controlan con un PI.

Con la accion porporcional nunca se va a llegar al valor de referencia por mas que elevemos el valor K_p , se debe de incorporar una accion integral para corregir el error.

Y se debe mirar en cuanto se debe elevar ambos valores para que no se produzcan sobreoscilaciones provocando un sistema inestable.

En aquellos casos en que el regulador proporcional es suficiente para cumplir las especificaciones dinamicas pero no las estaticas (el sistema presenta mayor error del deseado), se puede emplear un regulador PI, que ademas de la accion proporcional, incluye accion integral, con lo que mejorara la precision del sistema. El integrador del regulador aumentara el tipo del servosistema lo cual elevera un nivel la precision del sistema (si el error de posicion era constante ahora será nulo, si el rror de velocidad era infinito ahora sera constante,...) . Si se implementara la accion integral tan solo situando un polo en el origen (un integrador) para aumentar el tipo del sistema, la forma del lugar de las raíces cambia completamente, con lo que dejarán de cumplirse las especificaciones dinamicas. Para evitar eso, ademas del polo en el origen se añade un cero próximo para que su efecto se compense y la respuesta dinamica se vea afectada lo menos posible . Lafuncion de transferencia del regulador PI es la siguiente:

4.8.2) EJEMPLO DE DISEÑO DE UN REGULADOR PROPORCIONAL INTEGRAL

$$G_{R(PI)}(S) = K \cdot \frac{(s+Z_I)}{s} = K_R \cdot \left(1 + \frac{1}{T_I \cdot S}\right)$$

Como se ve en la expresion anterior el regulador Pi tiene un polo en el origen $s=0$ y un cero en $s=-Z_I=-1/T_I$. El parametro T_I , que determina la posicion del cero se conoce como tiempo de integracion y es un indicador del tiempo que se tarda en cancelar los errores. Si el cero se pone muy cerca del polo (T_I grande), la modificacion del lugar de las raíces es pequeña, pero el inconveniente es que la accion integral es lenta y se tarda mucho tiempo en cancelar los errores. Por el contrario, si el polo esta alejado (T_I pequeña), el regulador tiene mucha accion integral y, con ello los errores se cancelan rápidamente, pero el lugar de las raíces se modifica demasiado, hasta el punto que puede suceder que los polos en bucle cerrado se salgan de la zona correspondiente a las especificaciones dinámicas. Hay que llegar a un compromiso y el criterio que se suele seguir se basa en la parte real de los polos en bucle cerrado dominantes:

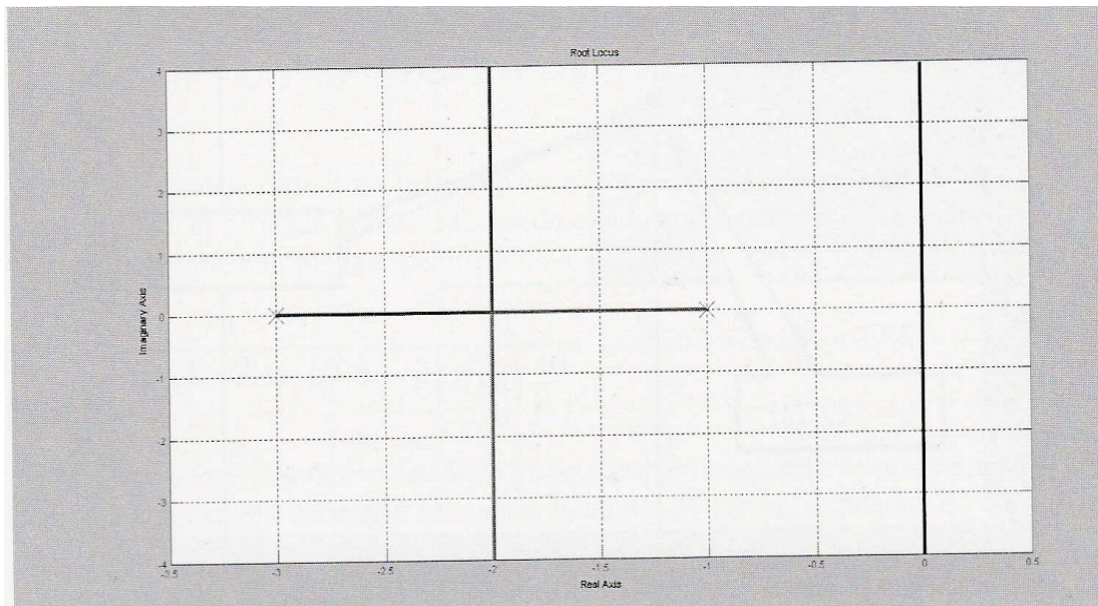
$$\frac{\sigma_{diseño}}{10} < Z_I = \frac{1}{T_I} < \frac{\sigma_{diseño}}{5}$$

Segun esto la distancia que separa la pareja de polo-cero del integrador será entre 5 y 10 veces mas pequeña que la parte real del punto de diseño elegido, que es donde se supone que van a estar los polos en bucle cerrado dominantes.

Elegido el tiempo de integracion y, puesto que el lugar de las raíces se ha modificado poco y no es necesario volver a ajustar la accion proporcional, ya esta determinada completamente la funcion de transferencia del regulador.

Imaginemos que queremos diseñar nuestro sistema con $S=1$ y $S=3$, con error de posicion de $ep < 10\%$ y sobreoscilacion $\delta < 10\%$ con un tiempo de establecimiento de 2,5 segundos.

$$G_P(s) = \frac{10}{(s+1) \cdot (s+3)} ; H(s) = 1$$



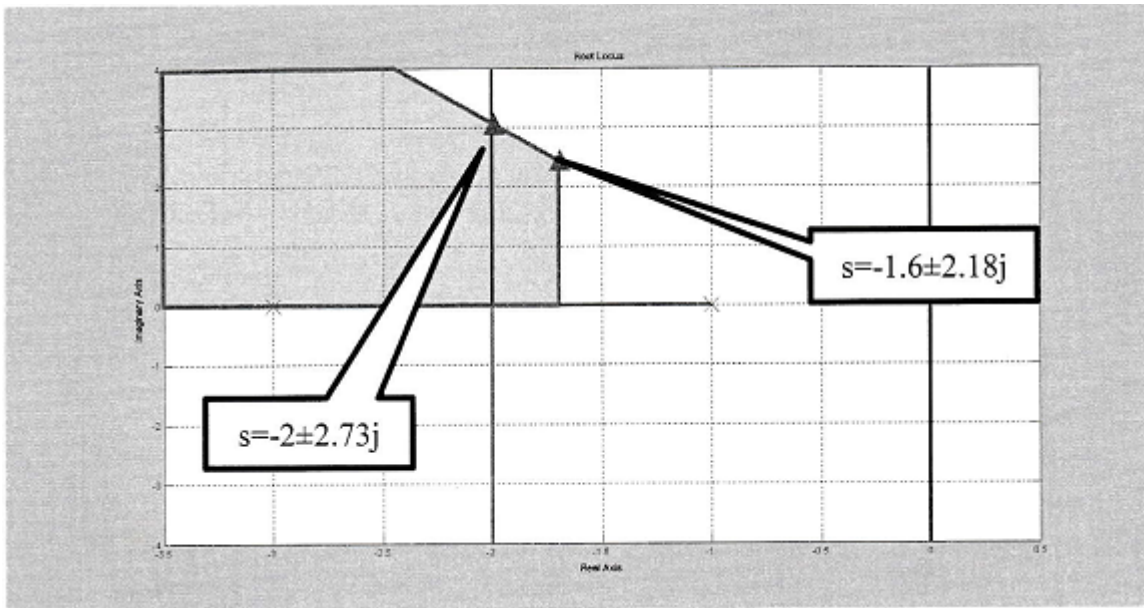
La primera etapa consiste en superponer la zona de especificaciones dinámicas para ver como interseca con el lugar las raíces. El tiempo de establecimiento delimita una zona de puntos desde una cierta vertical hacia la derecha, esto es, puntos del plano complejo con parte real mayor (en valor absoluto) que un cierto valor. La especificacion de sobreoscilacion delimita una zona desde una cierta diagonal hacia abajo, esto es, puntos del plano complejo que forman un angulo menor que un cierto valor con el origen de coordenadas:

$$te = \frac{4}{\sigma} < 2,5 \quad \text{--->} \quad \sigma > 1,6$$

$$\delta = e^{\frac{-\pi}{\text{tg}\phi}} < 10\% = 0,1 \quad \text{--->} \quad \phi < 53,8^\circ$$

$$\text{tg}\phi = 1,37 = \frac{\omega_p}{\sigma} \quad \text{--->} \quad \sigma > 1,6 \quad \text{--->} \quad \omega_p = 2,18$$

Utilizando el punto (1.6 , 2.18) que no pertenece al lugar de las raíces se puede trazar el ángulo correspondiente a la especificacion de sobreoscilacion. La interseccion de ambas zonas delimita la zona de especificaciones dinamica que se supone al trazado del lugar de las raíces que proporciona el enunciado.



En la segunda etapa hay que elegir el punto de diseño. No es conveniente elegir el punto (1.6 , 2.18) porque no pertenece al lugar de las raíces y nos obligaría a incluir acción derivada en el regulador. Para evitarla elegiremos un punto del tramo del lugar de las raíces que intersecta con la zona de especificaciones dinámicas. Además, con la intención de elegir el punto que de lugar a la mayor ganancia y, por lo tanto, al menor error en régimen permanente se elegirá, de entre todos los puntos de la intersección, el punto (2 , 2.73). Las coordenadas de este punto pueden obtener directamente del plano complejo o calcularlas con ayuda del ángulo correspondiente a la sobreoscilación máxima.

Este punto corresponde a un tiempo de establecimiento de 2 segundos y una sobreoscilación del 10%.

fig arranque regulador

$$\operatorname{tg} \phi = 1,37 = \frac{\omega_p}{\sigma} \longrightarrow \sigma > 2 \longrightarrow \omega_p = 2,73$$

Al ser el punto de la zona de especificaciones dinámicas más alejado de los puntos iniciales (no tanto en distancia sino en camino recorrido) será el que dará lugar (al aplicar el criterio del módulo) a la mayor ganancia y por lo tanto, al menor error en régimen permanente que se puede conseguir con un regulador P. Puesto que no es necesario cambiar la forma del lugar de las raíces, la acción derivada no la incluimos en el regulador.

La cuarta etapa consiste en la aplicación del criterio del módulo para obtener la ganancia del regulador que lleva los polos en bucle cerrado al punto de diseño:

$$K_L = \sqrt{((2-1)^2 + 2,73^2)} \cdot \sqrt{\frac{H}{((3-1)^2 + 2,73^2)}} = 8,45 = K \cdot K_L \quad - \quad K_G = 10 \quad K_H = 1 \quad - \quad K = 0,845$$

Para ver si es necesario o no incluir la acción integral en el regulador hay que calcular, en este caso, el error de posición teniendo en cuenta la ganancia del regulador calculada, para ver si se cumple la especificación estática:

$$e_p = \frac{1}{1 + \lim_{s \rightarrow 0} K \cdot G(s) \cdot H(s)} = \frac{1}{1 + 0,845 \cdot \frac{10}{1 \cdot 3} \cdot 1} = 0,262 = 26,2\% > 10\%$$

No se puede elegir un punto de diseño que de lugar a una ganancia mayor ya que se saldría de la zona de especificaciones dinámicas (en concreto, no se cumpliría la sobreoscilación). Por lo tanto, es necesaria la acción integral. Siguiendo el criterio de $\sigma/10$, se determina la posición del cero del integrador y, con ella, el tiempo de integración del regulador PI.

$$Z_I = \frac{\sigma_{\text{diseño}}}{10} = \frac{2}{10} = 0,2$$

Al añadir el integrador, el servosistema ha pasado a ser de tipo 1 con lo que el error de posición se ha hecho nulo (y por lo tanto, menor del 10%). Con esto queda diseñado el regulador PI que hace que se cumplan las especificaciones propuestas:

$$G_R(s) = K_R \cdot \left(1 + \frac{1}{T_{IS}}\right) = K \cdot \left(1 + \frac{1}{Z_I} \cdot s\right) = 0,845 \cdot \left(1 + \frac{1}{5 \cdot s}\right)$$

Para ver si efectivamente se cumplen las especificaciones dinámicas hay que calcular las posiciones de los polos y ceros en el bucle cerrado. Para ellos es suficiente con calcular la función de transferencia en bucle cerrado:

$$M(s) = \frac{G_R(s) \cdot G(s)}{1 + G_R(s) \cdot G(s) \cdot H(s)} = \frac{8,45 \cdot (s + 0,2)}{(s + 0,156) \cdot ((s + 1,92)^2 + 2,67^2)}$$

Como se puede apreciar, hay dos polos en posiciones próximas al punto de diseño (no están exactamente debido a la influencia de la pareja polo/cero del integrador que ha modificado ligeramente el trazado del lugar de las raíces). Existe un tercer polo que es el que se mueve por la pequeña rama que se ha creado entre el polo y el cero del integrador. Además hay un cero en bucle cerrado que es el cero del integrador. La distancia que separa la pareja polo-cero (0,044) es menor que la décima parte de la parte real de los polos en el punto de diseño (0,192) por lo que su efecto en el transitorio puede considerarse despreciable. Sin embargo la duración del transitorio hasta la cancelación del error será de unos 5 segundos ya que ese es el tiempo de integración.

Para comprobar la influencia de la posición del cero del integrador podemos repetir usando el criterio $\sigma/5$

$$Z_I = \frac{\sigma_{\text{diseño}}}{5} = \frac{2}{5} = 0,4$$

$$G_R(s) = K_R \cdot \left(1 + \frac{1}{T_{IS}}\right) = K \cdot \left(1 + \frac{1}{\frac{1}{Z_I}} \cdot s\right) = 0,845 \cdot \left(1 + \frac{1}{2,5 \cdot s}\right)$$

$$M(s) = \frac{G_R(s) \cdot G(s)}{1 + G_R(s) \cdot G(s) \cdot H(s)} = \frac{8,45 \cdot (s+0,4)}{(s+0,33) \cdot ((s+1,83)^2 + 2,62^2)}$$

Desde el punto de vista dinámico con $\sigma/5$ es peor, ya que los polos en bucle cerrado se alejan más del punto de diseño, al estar más separadas la pareja polo/cero del integrador. Desde el punto de vista estático es mejor ya que el error de posición se cancela más rápidamente, ya que el tiempo de integración es ha reducido a la mitad.

4. 8. 3) DIAGRAMA DE BLOQUES PARA NUESTRO MOTOR

El modelo para nuestro motor es el siguiente:

$$(1) \quad Va(t) = R \cdot ia(t) + L \cdot \frac{dia(t)}{dt}$$

$$(2) \quad Vce(t) = K_1 \cdot \omega(t)$$

$$(3) \quad Tm(t) = K_2 \cdot ia(t)$$

$$(4) \quad Tm(t) - Tr(t) - B \cdot \omega(t) = J \cdot \frac{d\omega(t)}{dt}$$

Donde $Va(t)$ y $Tr(t)$ son las entradas del sistema y $\omega(t)$ es la salida.

Para obtener un modelo en diagramas de bloques, el primer paso es obtener el modelo en el dominio de Laplace. Para ello comprobamos que todas las ecuaciones son lineales y aplicamos la Transformada de Laplace.

$$(1) \quad Va(s) = (R + L \cdot s) \cdot Ia(s) + Vce(s)$$

$$(2) \quad Vce(s) = K_1 \cdot \omega(s)$$

$$(3) \quad Tm(s) = K_2 \cdot Ia(s)$$

$$(4) \quad Tm(s) - Tr(s) = (B \cdot J \cdot s) \cdot \omega(s)$$

Con las ecuaciones transformadas vamos a trazar un diagrama que represente la relación entre las distintas entradas y la salida. De ese modo comenzaremos trazando el diagrama desde una de las entradas y deberemos acabar por la salida del sistema.

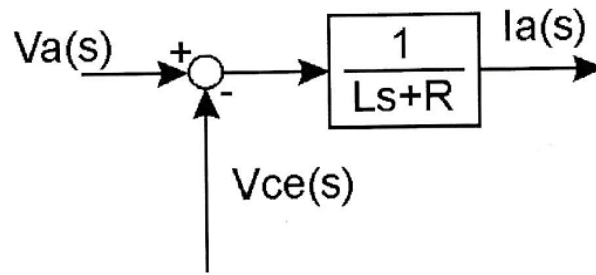
Puesto que debemos comenzar por una de las entradas, seleccionamos la primera ecuación, donde está $Va(s)$. Plantearemos la ecuación de manera que se pueda calcular una de las variables involucradas a partir de otros datos ya conocidos. Por ejemplo, despejamos $Ia(s)$.

$$Ia(s) = \frac{1}{R + L \cdot s} \cdot (Va(s) - Vce(s))$$

De ese modo, $Ia(s)$ se podrá calcular si se conocen $Va(s)$ y $Vce(s)$. $Va(s)$ se conoce, al tratarse de una entrada, mientras que $Vce(s)$ no, por lo tanto, se debe tener en cuenta que necesitaremos, posteriormente, que otra ecuación del modelo calcule esta variable.

La ecuación se plantea como una resta de variables multiplicando por una expresión (en la que sólo hay parámetros y la variable compleja s), así que se

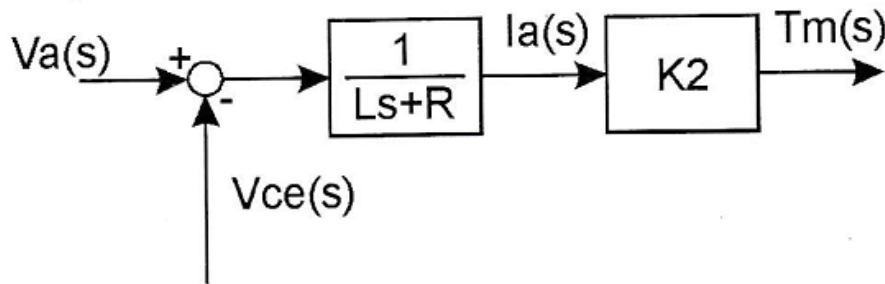
puede trazar como:



Ahora tomamos la variable que ya hemos calculado $Ia(s)$ y la utilizaremos como dato de entrada en otra ecuacion distinta. En este caso, solo aparece en una ecuacion:

$$Tm(s) = K_2 \cdot Ia(s)$$

Puesto que solo hay otra variable y está despejada, emplearemos $Ia(s)$ para calcular $Tm(s)$. El nuevo bloque será:



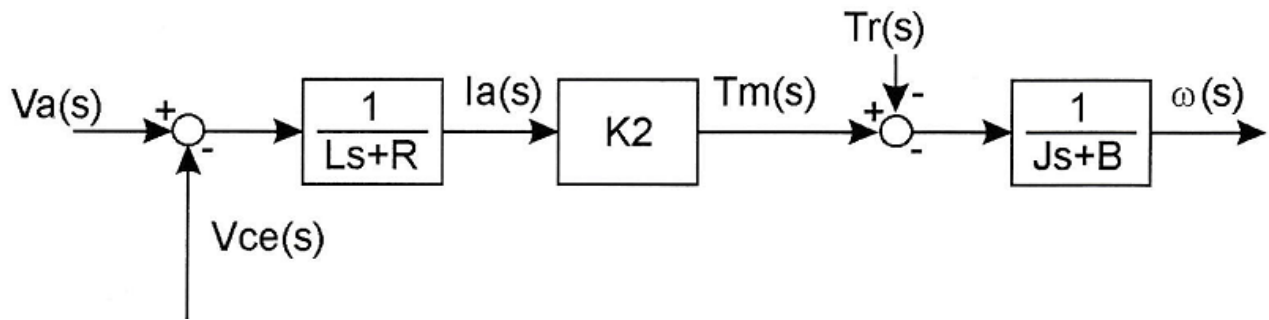
Repetimos la operacion, empleando, en este caso, $Tm(s)$ como dato en otra ecuacion que no hayamos usado para calcular una nueva variable. Aparece en:

$$Tm(s) - Tr(s) = (B \cdot J \cdot s) \cdot \omega(s)$$

Siguiendo el procedimiento, empleamos $Tm(s)$ para calcular otra de las variables que aparecen. En este caso sólo puede tratarse de $\omega(s)$, puesto que $Tr(s)$ es una entrada y, por lo tanto un dato que vendrá impuesto desde fuera del diagrama. Despejando la variable:

$$\omega(s) = \frac{1}{B + J \cdot s} \cdot (Tm(s) - Tr(s))$$

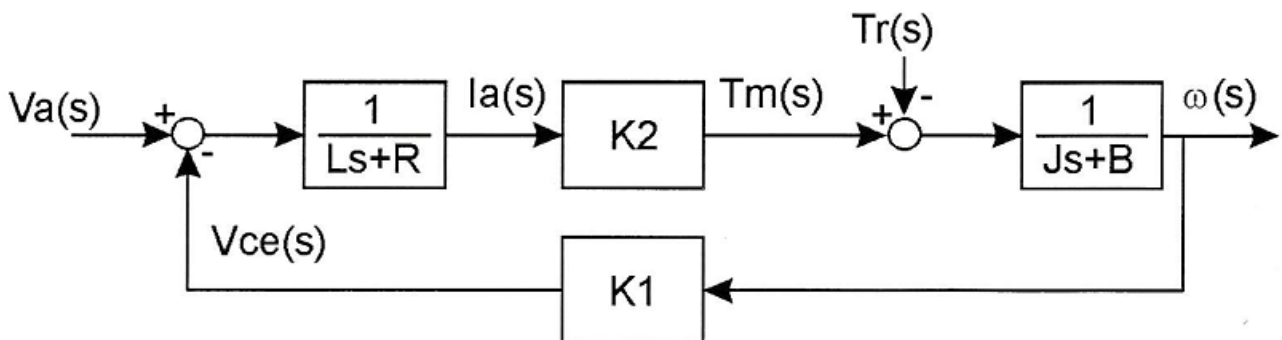
Que puede trazarse del mismo modo que el primer bloque:



En este punto ya hemos llegado a la salida. El siguiente paso es comprobar que las entradas que nos han quedado sin calcular son entradas y no variables internas. Tal y como hemos previsto antes, $V_{ce}(s)$ es una variable interna que debemos calcular con las ecuaciones. Para calcularla, empleamos las ecuaciones que no se hayan empleado y que incluyan esta variable, en este caso

$$V_{ce}(t) = K_I \cdot \omega(s)$$

Así pues, calculamos $V_{ce}(s)$ a partir de $\omega(s)$, que ya está calculada en el modelo, quedando el diagrama de bloques:



Puesto que ya no quedan ecuaciones y no quedan variables internas que calcular, el diagrama de bloques está terminado.

Para conocer las funciones de transferencia que relacione las distintas entradas y salidas, el diagrama se puede reducir hasta una sola función de transferencia mediante la aplicación del álgebra de bloques.