



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
ITINERARIO ELECTRÓNICO

DESARROLLO DE UN AVR DIGITAL PARA GRUPOS ELECTRÓGENOS

Autor: José Juan Elum Muelas
Director: Carlos Ibáñez Guerrero

Madrid
Junio de 2018

AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESINAS O MEMORIAS DE BACHILLERATO

1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.

El autor D. JOSÉ JUAN ELUM MUELAS

DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra:

DESARROLLO DE UN AVR DIGITAL PARA GRUPOS ELECTRÓGENOS, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2º. Objeto y fines de la cesión.

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor **CEDE** a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

3º. Condiciones de la cesión y acceso

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar “marcas de agua” o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducirla en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

4º. Derechos del autor.

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

5º. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que

d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

ACCEPTA

L. L. L.

Motivos para solicitar el acceso restringido, cerrado o embargado del trabajo en el Repositorio Institucional:

[illegible]

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado
con el título:

DESARROLLO DE UN AVR DIGITAL PARA GRUPOS ELECTRÓGENOS

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia
Comillas en el curso académico 2017/18 es de mi autoría,
original e inédito y no ha sido presentado con anterioridad a
otros efectos. El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni
parcialmente y la información que ha sido tomada de otros
documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: José Juan Elum Muelas

Fecha: 01/06/2018

Autorizada la entrega del proyecto
EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Carlos Ibáñez Guerrero

Fecha: 01/06/2018



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
ITINERARIO ELECTRÓNICO

DESARROLLO DE UN AVR DIGITAL PARA GRUPOS ELECTRÓGENOS

Autor: José Juan Elum Muelas
Director: Carlos Ibáñez Guerrero

Madrid
Junio de 2018

(Esta página se ha dejado en blanco a propósito)

Agradecimientos

No quiero dejar la pasar la oportunidad de agradecer:

A Himoina y Dismuntel, por facilitarme toda la ayuda y recursos necesarios para enriquecer este proyecto.

A Carlos Ibáñez, por acceder a dirigir este trabajo, y ser para mí un verdadero referente personal y profesional.

A Nicolás Garnés, por toda su dedicación y formación en grupos electrógenos, y especialmente por enseñarme a no hacer preguntas tontas ni difíciles.

A mi Padrino, por su increíble ayuda en los momentos más duros de la carrera.

(Esta página se ha dejado en blanco a propósito)

DESARROLLO DE UN AVR DIGITAL PARA GRUPOS ELECTRÓGENOS

Autor: Elum Muelas, José Juan.

Director: Ibáñez Guerrero, Carlos.

Entidad Colaboradora: Himoinsa S.L. & Dismuntel S.A.L.

RESUMEN DEL PROYECTO

1.- Introducción

Los grupos electrógenos han evolucionado a lo largo de los años para seguir aportando soluciones frente a fallos de red o compensación de carga, y la regulación electrónica ha jugado un papel principal con el desarrollo del AVR (Automatic Voltage Regulator). La función principal de un AVR es la de ajustar la corriente de excitación de un alternador, a través de una excitatriz, en función de la tensión de salida referenciada en el estator del mismo.

El objetivo del presente PFG es el de colaborar con dos empresas del sector industrial, Himoinsa y Dismuntel, en el desarrollo de un AVR digital que aumente las prestaciones y versatilidad de la placa con la incorporación de un microcontrolador.

2.- Estado del arte

Los grupos electrógenos están constituidos por un motor y un alternador gestionados a través de un cuadro de control. Dicho cuadro, lleva incorporada una central que monitoriza la energía producida por el alternador, así como todos los parámetros de control del motor para garantizar un correcto funcionamiento y detectar posibles fallas.

Más en concreto, los alternadores auto-excitados (empleados en la gran mayoría de dichos grupos electrógenos) poseen una tarjeta de regulación automática de tensión (AVR) analógica, que se encarga de excitar el estator principal del alternador en función de la tensión de salida que haya en el mismo.

El hecho de ser una tarjeta de regulación analógica y poseer unos aspectos constructivos muy limitados, impide que la central de control del grupo electrógeno tenga acceso directo a la misma. Por ello, la implementación de un microcontrolador en la tarjeta facilitaría una comunicación directa con el cuadro de mando y un ajuste de parámetros más preciso.

3.- Método

Con el fin de desarrollar un AVR digital, el presente proyecto pretende en un primer lugar establecer los requisitos imprescindibles de funcionamiento de la tarjeta analizando el comportamiento de un AVR analógico y a continuación, se desarrollará a nivel de Hardware la comunicación CAN bus que se empleará para controlar los

parámetros de la tarjeta reguladora en función del resto de medidas tomadas en el grupo electrógeno.

Para estudiar el comportamiento del AVR analógico se realizan impactos de carga en dos grupos electrógenos que trabajan a 50Hz (1500 rpm) y 60Hz (1800 rpm). Uno de ellos tendrá capacidad para generar 60kVA y otro 200kVA. Los impactos de carga vendrán definidos por la norma ISO-8627 que rige el tiempo de recuperación de un grupo electrógeno a sus condiciones naturales de funcionamiento frente a la aparición y supresión súbita de carga. Más en concreto, se presta principal atención a impactos negativos de carga (cuando desaparece y el motor se embala).

Por otro lado, se empleará un microcontrolador de la familia Renesas (RX631) por lo que el diseño de hardware vendrá supeditado a los requisitos funcionales del microcontrolador y por supuesto los costes de los mismos.

4.- Resultados y conclusiones

Tras realizar las pruebas de varios impactos de carga a 50Hz y 60Hz, se obtienen los siguientes resultados:

1.- Tensión de alimentación de la tarjeta reguladora

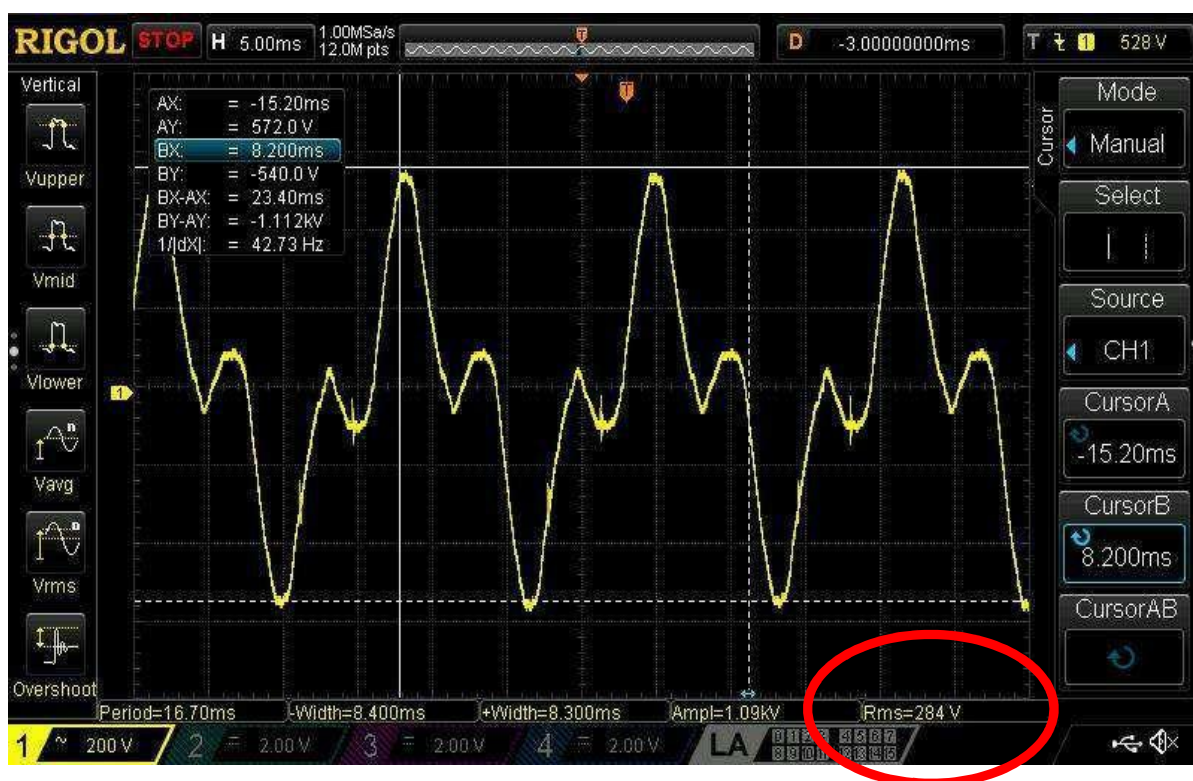


Figura 1: Tensión en bobina auxiliar al realizar un impacto de 0-100% en grupo de 200kVA a 60Hz

Midiendo los valores de tensión en el bobinado auxiliar del grupo de 200kVA a 60Hz en un impacto de 0-100%, se obtienen valores eficaces de hasta 284 voltios por lo que se diseñará una tarjeta que soporte hasta 300V

2.- Rampa de protección por baja frecuencia

Frente a un impacto del 0-100% de la carga el grupo de 200kVA a 50Hz no era capaz de recuperarse. Por ello, en el AVR digital se diseñará una rampa de protección por baja frecuencia variable que variará la cantidad de voltios que caen por hercio en función de lo establecido previamente por el usuario.

3.- Supresión del puente de 50/60Hz

Las tarjetas reguladoras analógicas tienen dos pines físicos que se puentean o no en función de si la máquina trabaja a 50 ó 60 hercios. Puesto que a finalidad del AVR es que esté presente en grupos electrógenos que puedan funcionar en paralelo con otros grupos en isla o con la red, ajustar vía CAN el régimen de funcionamiento del AVR ahorrará una gran cantidad de tiempo.

4.- Tiempos de recuperación de la tarjeta

Analizando los tiempos de recuperación en los impactos negativos más críticos, se estima en un máximo de 3 segundos.

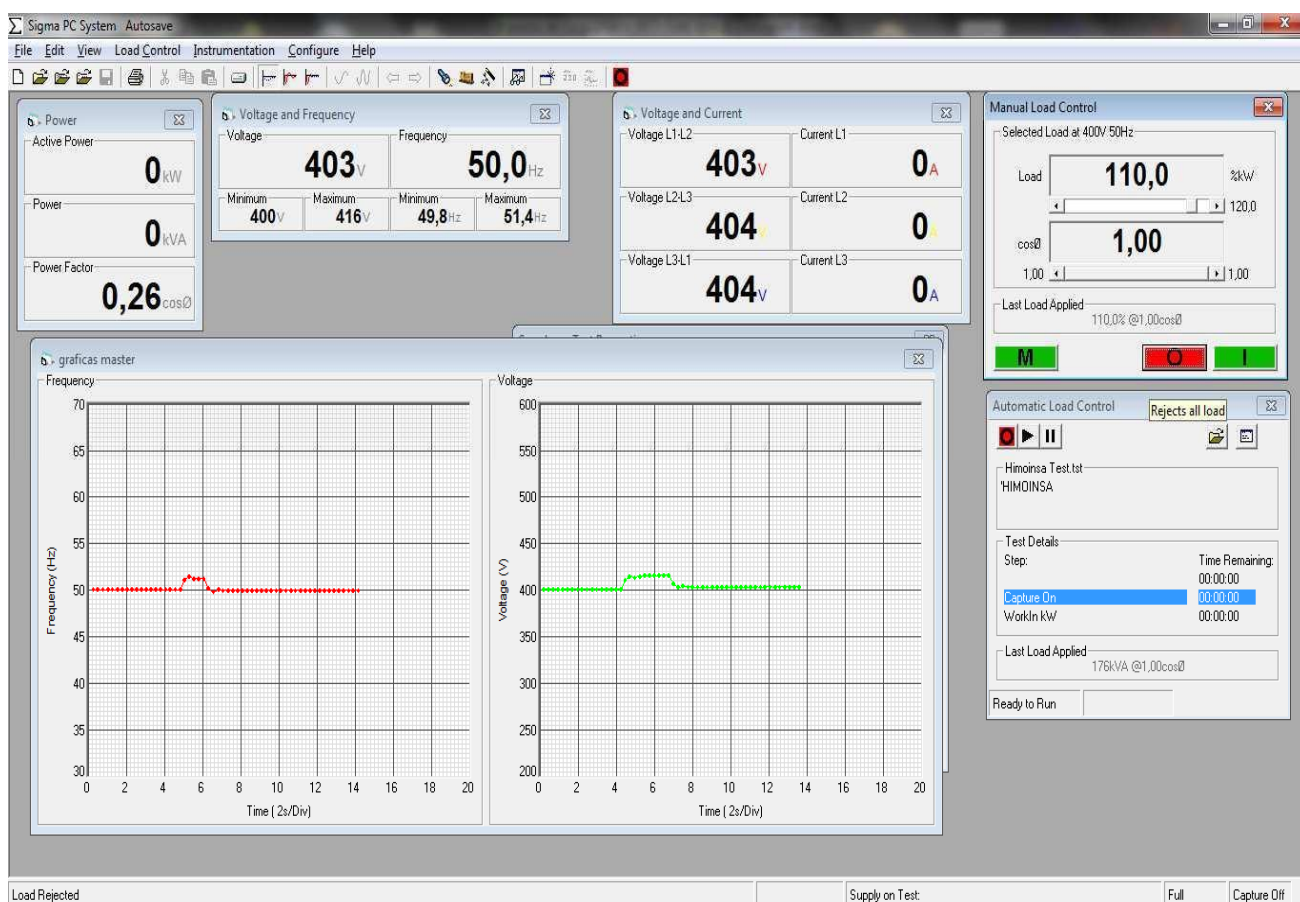


Figura 2. Impacto negativo de 110-0% en grupo de 200kVA a 50Hz

5.- Costes del proyecto

El desarrollo de este PFG ha supuesto el coste indicado en la Tabla 1 a cada una de las empresas colaboradores.

DISEÑO AVR DIGITAL

Autor: José Juan Elum

Empresa: Himoinsa & Dismuntel

Costes totales

Descripción			Cantidad	Coste Unitario	Total
1	Dismuntel				
1.1	AVR5	ud.	1	65,64 €	65,64 €
1.2	Can Bus Hardware	ud.	1	9,74 €	9,74 €
1.3	Diseño AVR digital	ud.	1	11.867,40 €	11.867,40 €
Total					11.942,78 €
2	Himoinsa				
2.1	Grupo 60kVA	ud.	1	4.110,33 €	4.110,33 €
2.2	Grupo 200kVA	ud.	1	8.732,22 €	8.732,22 €
2.3	Banco de pruebas	h.	1	547,30 €	547,30 €
Total					13.389,85 €

Tabla 1. Costes totales del proyecto

DEVELOPMENT OF A DIGITAL AVR USED IN GENERATING SETS

Author: Elum Muelas, José Juan.

Director: Ibáñez Guerrero, Carlos.

Entidad Colaboradora: Himoinsa S.L. & Dismuntel S.A.L.

PROJECT SUMMARY

1.- Introduction

Generating sets have evolved over the years to keep on delivering solutions to load balancing or network failures, and electronic regulation has played a leading role with the development of the AVR (Automatic Voltage Regulator).

The main function of an AVR is the adjustment of an alternator's excitation current, through an exciter, depending on the output voltage referenced in the stator of the same.

The aim of the present thesis is to collaborate with two companies, Himoinsa, and Dismuntel, in the development of a digital AVR that increases the performance and versatility of the board including a microcontroller.

2.- State of the art

Generating sets are constituted by an engine and an alternator managed through a control panel. The control panel, is a station that monitors the energy produced by the alternator, as well as all engine control parameters in order to ensure proper operation and to detect potential failures.

In particular, self-excited alternators (installed in the vast majority of these generators) have an analogue automatic voltage regulation (AVR) board, which is responsible for exciting the main stator of the alternator depending on the voltage output measured.

The fact of being an analogue control board and having very limited constructive aspects, avoids the control panel from having direct access on the board. Therefore, implementing a micro-controller on the PCB will facilitate a direct communication with the control panel and a more precise adjustment of parameters.

3.- Methology

Por otro lado, se empleará un microcontrolador de la familia Renesas (RX631) por lo que el diseño de hardware vendrá supeditado a los requisitos funcionales del microcontrolador y por supuesto los costes de los mismos.

In order to develop a digital AVR, this project aims to first establish the essential performance requirements of the board by analyzing the behavior of an analog AVR and then develop the hardware of the CAN communication protocol which will be used

to control the parameters of the AVR depending on the rest of measures taken on the generating set.

To study the behavior of an analog AVR, load impacts are carried out in two gensets that work at 50 Hz (1500 rpm) and 60 Hz (1800 rpm). One of them will be able to generate 60kVA and another one 200kVA. Load impacts will be defined by the ISO-8627 governing the recovery time of a generator to their standard conditions of operation against the emergence and sudden removal of load.

On the other hand, a microcontroller from Renesas (RX631) will be used for the hardware design, which will be subjected to functional microcontroller requirements and of course the costs of the components

4.- Results and conclusions

After testing several load impacts at 50 Hz and 60 Hz, the following results and conclusions are obtained:

1.- Supply voltage of the board

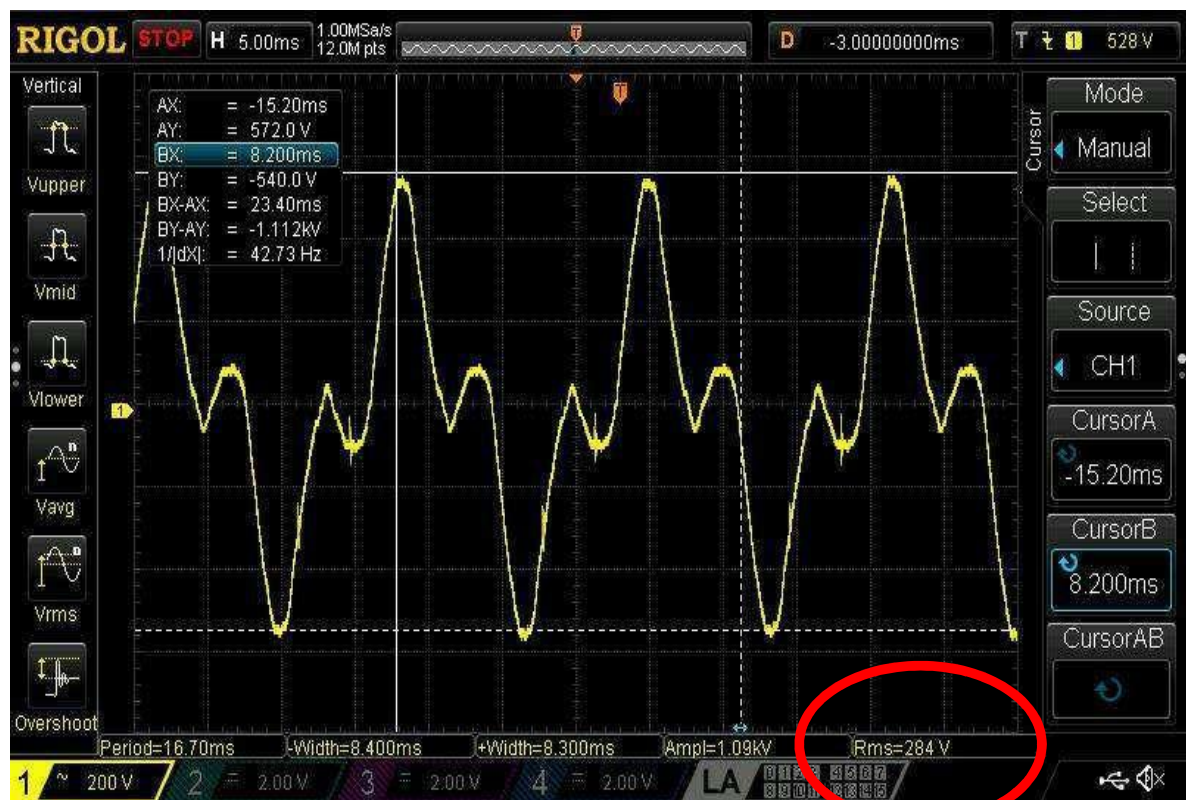


Figure 1: Auxiliary coil's voltage in an impact from 0 - 100% in 200kVA Genset at 60 Hz

Measuring voltage values in the auxiliary winding of the 200kVA genset at 60 Hz in a 0-100% impact, a voltage of 284 volts is obtained. Therefore the board will be design in order to be able to put up with 300 volts.

2.- UFRO's protection ramp

After a load impact from 0-100% in the 200kVA genset at 50 Hz, the machine was not able to recover into nominal conditions. Therefore, the digital AVR will be designed with a variable ramp low frequency protection that will vary the amount of volts that fall by Hertz according to the user configuration

3.- Removal from the 50/60Hz jumper

Analog AVR have two physical pins that will be bypassed or not depending on whether the machine works at 50 or 60 Hertz. Since the purpose of the AVR is to be present in generators that operate with other groups, or with the grid, the adjustment via CAN of the AVR will save a lot of time.

4.- Recovery time

Analyzing the most critical load impacts, the estimated recovery time is a maximum of 3 seconds.

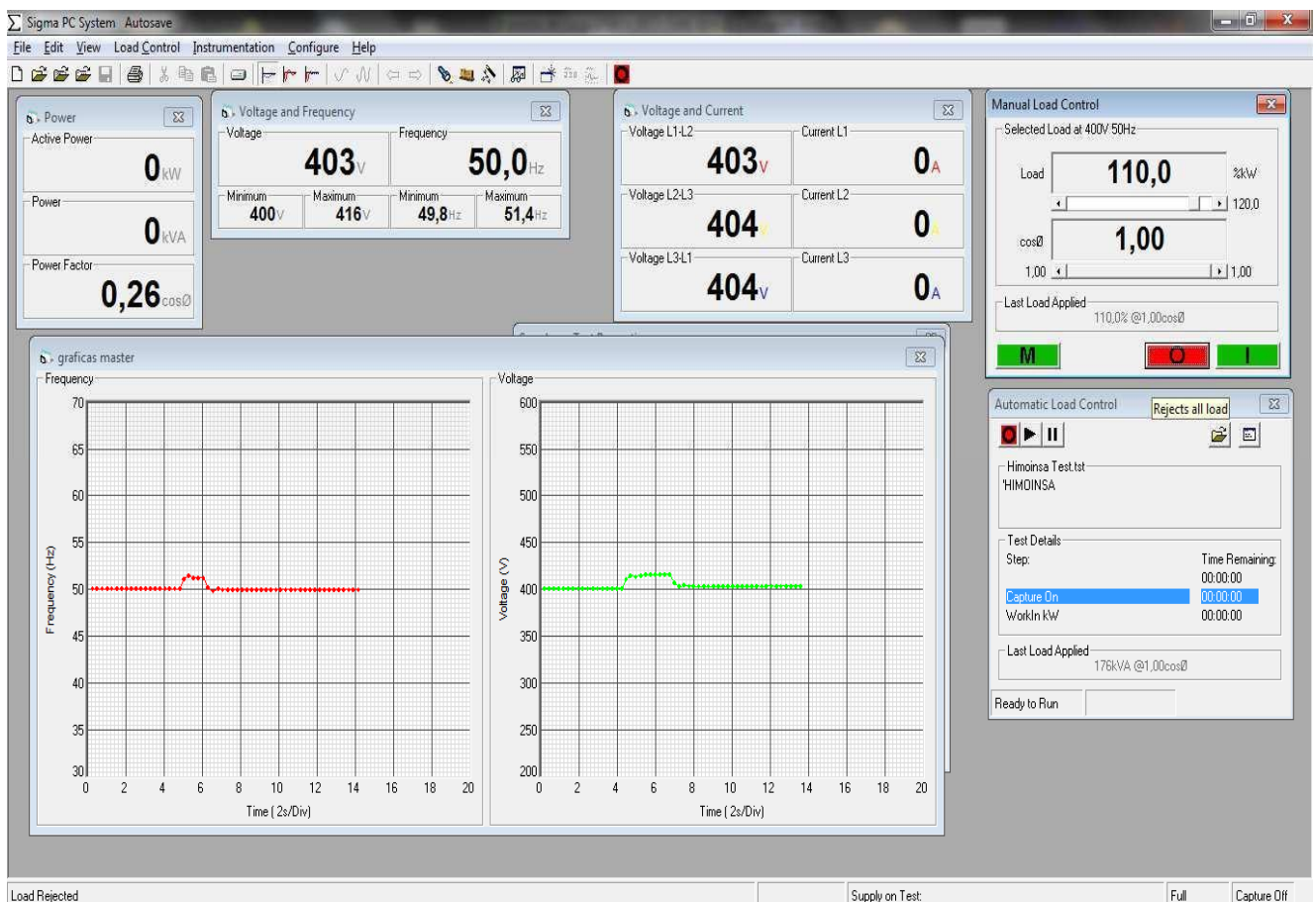


Figure 2. 110 - 0% load impact in a group of 200kVA at 50 Hz

5.- Main costs of the project

The development of this thesis has cost to each of the collaborating companies the indicated one in table 1.

AVR DESIGN					
Author: José Juan Elum					
Companies: Himoinsa & Dismuntel					
Total costs					
Description			Quantity	Unitary cost	Total
1	Dismuntel				
1.1	AVR5	ud.	1	65,64 €	65,64 €
1.2	Can Bus Hardware	ud.	1	9,74 €	9,74 €
1.3	AVR digital design	ud.	1	11.867,40 €	11.867,40 €
Total			11.942,78 €		
2	Himoinsa				
2.1	60kVA Genset	ud.	1	4.110,33 €	4.110,33 €
2.2	200kVA Genset	ud.	1	8.732,22 €	8.732,22 €
2.3	Test bench	h.	1	547,30 €	547,30 €
Total			13.389,85 €		

Table 1. Total Project costs

Parte 1: Memoria

(Esta página se ha dejado en blanco a propósito)

Índice de la Memoria

Capítulo 1: Introducción	10
1.1.- Estado del arte	10
1.2.- Motivación	14
1.3.- Objetivos del Proyecto	14
1.4.- Punto de partida	15
1.5.- Participación específica en el proyecto	16
1.6.- Recursos.....	16
Capítulo 2: Grupos electrógenos	18
2.1.- Grupo eléctrico de 60kVA	19
2.2.- Grupo eléctrico de 200kVA	21
Capítulo 3: Topología de Alternadores.....	23
3.1.- Alternadores con bobinado auxiliar	23
3.2.- Alternadores con PMG	23
3.3.- Alternadores sin bobinado auxiliar ni PMG.....	24
3.4.- Salida de potencia de un generador.....	25
Capítulo 4: Funcionamiento de un AVR.....	27
4.1.- Alimentación, referencia y salida del AVR.....	27
4.2.- Rectificación de la corriente de excitación.....	28
4.3.- Regulación del AVR en condiciones habituales de trabajo	29
4.3.2.- Funcionamiento del AVR bajo carga.....	30
4.3.3.- Funcionamiento del AVR frente a una liberación de carga	30
Capítulo 5: Impactos de carga	33
5.1.- Requisitos previos a la prueba de impactos.....	33
5.2.- Equipo de medida	33
5.3.- Metodología de medición.....	34
5.3.1.- Especificaciones de las pruebas para los grupos de 60kVA y 200kVA.....	34
5.4.- Relación entre un AVR y los impactos de carga	36
5.4.1.- Comportamiento del AVR frente a un impacto positivo de carga.....	36
5.4.2.- Comportamiento del AVR frente a un impacto negativo de carga	37
5.5.- AVR5	37

Capítulo 6: Prueba de impactos en el grupo de 60kVA.....	39
6.1.- Prueba con el AVR5 a 50Hz.....	40
6.2.- Prueba con el AVR5 a 60 Hz.....	47
6.3.- Prueba con la DBT 63-4 a 50Hz y 60Hz.....	54
Capítulo 7: Prueba de impactos en el grupo de 200kVA.....	57
7.1.- Prueba con el AVR5 a 50Hz.....	58
7.2.- Prueba con el AVR5 a 60Hz.....	68
7.3.- Prueba con el GRT7-TH4E a 50Hz y 60Hz	70
7.4.- Conclusiones aplicables al AVR digital.....	70
Capítulo 8: Mejora de operatividad en el AVR digital	71
8.1.- Supresión del puente de 50/60Hz	71
8.2.- Rampa de UFRO (SLOPE)	72
8.3.- Ajuste del DROOP	72
8.4.- Ajuste del STAB, UFRO y VOLT.....	73
Capítulo 9: Implementación de mejoras en el protocolo CAN de HIMOINSA	75
9.1.- El protocolo CAN en Himionsa.....	75
Capítulo 10: Diseño Hardware del CAN bus en el AVR.....	77
10.1.- Componentes en el AVR	77
10.2.- Aislamiento de alimentación	77
10.3.- Aislamiento de señales RX y TX	78
Anexo A: Diagrama de conexiones en un alternador de Cramaco	95
Anexo B: Ficha técnica grupo de 60kVA.....	97
Anexo C: Ficha técnica grupo de 200kVA.....	103
Anexo D: Configuración del banco de pruebas	109
Anexo E: Cálculos para clasificar grupos electrógenos en función de los impactos de carga	113
Anexo F: Características principales del AVR5	117
Anexo G: Tabla de impactos en el grupo de 60kVA	123

Índice de Figuras

Figura 1. Logotipos de Himoina y Dismuntel	10
Figura 3. Interior de un alternador Stamford.....	12
Figura 4. Disposición de potenciómetros en un modelo de AVR analógico.	13
Figura 5. Esquema de conexión del CAN bus	15
Figura 6. Road Map del proyecto	17
Figura 7. Grupo 60kVA.....	20
Figura 8. Regulador de velocidad mecánica	20
Figura 9. Grupo 200kVA.....	21
Figura 10. Circuito de control de un motor electrónico.....	22
Figura 11. Disposición del bobinado auxiliar en un alternador de Cramaco	23
Figura 12. Ubicación del PMG en un alternador	24
Figura 13. Relación de conexiones entre AVR y alternador	27
Figura 14. Circuito de control con diodo	28
Figura 15. Circuito de control con tiristor	28
Figura 16. Tiempo de disparo en los tiristores	29
Figura 17. Funcionamiento del AVR en vacío	29
Figura 19. Flujo magnético al eliminar la carga.....	31
Figura 20. Esquema de conexión para la prueba de impactos de carga.....	34
Figura 21. Embarrado de conexión entre banco de carga y grupo de 60kVA (izqda.) ó 200kVA (dcha.).....	35
Figura 22. Conexión estrella serie del AVR5 para alternador de 6 bobinados, 3 fases 380-480VAC	38
Figura 23. Vista superior de una tarjeta AVR5	38
Figura 24. Grupo 60kVA preparado para pruebas	39
Figura 25. Instalación de las AVR DBT 63-4 (izqda.) y AVR5 (dcha.)	39
Figura 26. Instalación del AVR GRT7-TH4E en grupo de 200kVA	57
Figura 27. Instalación del AVR5 en grupo de 200kVA	57
Figura 28. Funcionamiento del turbo en un motor de combustión interna	67
Figura 29. Medida de tensiones entre medias fases ante un impacto de 0-100% a 60Hz	69
Figura 31. Trama CAN estándar.....	75

Figura 32. Aislamiento de la alimentación del microcontrolador	77
Figura 33. Aislamiento de las señales RX y TX.....	78

Índice de Gráficas

Gráfica 1. Ejemplo de gráfica y valores a medir en un impacto de carga	36
Gráfica 2. Máquina de 60kVA al 0% (50Hz)	40
Gráfica 3. Impacto en grupo de 60kVA del 0-25% (50Hz)	40
Gráfica 4. Impacto en grupo de 60kVA del 25-0% (50Hz)	41
Gráfica 4. Impacto en grupo de 60kVA del 0-40% (50Hz)	41
Gráfica 5. Impacto en grupo de 60kVA del 40-0% (50Hz)	42
Gráfica 6. Impacto en grupo de 60kVA del 0-50% (50Hz)	42
Gráfica 7. Impacto en grupo de 60kVA del 50-0% (50Hz)	43
Gráfica 8. Impacto en grupo de 60kVA del 0-75% (50Hz)	43
Gráfica 9. Impacto en grupo de 60kVA del 75-0% (50Hz)	44
Gráfica 10. Impacto en grupo de 60kVA del 0-84% (50Hz)	44
Gráfica 11. Impacto en grupo de 60kVA del 84-0% (50Hz)	45
Gráfica 12. Impacto en grupo de 60kVA del 0-100% (50Hz)	45
Gráfica 13. Impacto en grupo de 60kVA del 100-0% (50Hz)	46
Gráfica 14. Máquina de 60kVA al 100% (50Hz)	46
Gráfica 15. Máquina de 60kVA al 0% (60Hz)	47
Gráfica 16. Impacto en grupo de 60kVA del 0-25% (60Hz)	47
Gráfica 17. Impacto en grupo de 60kVA del 25-0% (60Hz)	48
Gráfica 18. Impacto en grupo de 60kVA del 0-40% (60Hz)	48
Gráfica 19. Impacto en grupo de 60kVA del 40-0% (60Hz)	49
Gráfica 20. Impacto en grupo de 60kVA del 0-50% (60Hz)	49
Gráfica 21. Impacto en grupo de 60kVA del 50-0% (60Hz)	50
Gráfica 22. Impacto en grupo de 60kVA del 0-75% (60Hz)	50
Gráfica 23. Impacto en grupo de 60kVA del 75-0% (60Hz)	51
Gráfica 24. Impacto en grupo de 60kVA del 0-84% (60Hz)	51
Gráfica 25. Impacto en grupo de 60kVA del 84-0% (60Hz)	52
Gráfica 26. Impacto en grupo de 60kVA del 0-100% (60Hz)	52
Gráfica 27. Impacto en grupo de 60kVA del 100-0% (60Hz)	53
Gráfica 28. Máquina de 60kVA al 100% (60Hz)	53
Gráfica 29. Máquina de 60kVA al 100% (50Hz) de DBT 63-4	54

Gráfica 30. Máquina de 60kVA al 100% (60Hz) de DBT 63-4	55
Gráfica 31. Máquina de 200kVA al 0% (50Hz)	58
Gráfica 32. Impacto en grupo de 200kVA del 0-25% (50Hz)	58
Gráfica 33. Impacto en grupo de 200kVA del 25-0% (50Hz)	59
Gráfica 34. Impacto en grupo de 200kVA del 0-37% (50Hz)	59
Gráfica 35. Impacto en grupo de 200kVA del 37-0% (50Hz)	60
Gráfica 36. Impacto en grupo de 200kVA del 0-50% (50Hz)	60
Gráfica 37. Impacto en grupo de 200kVA del 50-0% (50Hz)	61
Gráfica 38. Impacto en grupo de 200kVA del 0-64% (50Hz)	61
Gráfica 39. Impacto en grupo de 200kVA del 64-0% (50Hz)	62
Gráfica 40. Impacto en grupo de 200kVA del 0-75% (50Hz)	62
Gráfica 41. Impacto en grupo de 200kVA del 75-0% (50Hz)	63
Gráfica 42. Impacto en grupo de 200kVA del 0-85% (50Hz)	63
Gráfica 43. Impacto en grupo de 200kVA del 85-0% (50Hz)	64
Gráfica 44. Impacto en grupo de 200kVA del 0-90% (50Hz)	64
Gráfica 45. Impacto en grupo de 200kVA del 90-0% (50Hz)	65
Gráfica 46. Impacto en grupo de 200kVA del 0-95% (50Hz)	65
Gráfica 47. Impacto en grupo de 200kVA del 95-0% (50Hz)	66
Gráfica 48. Impacto en grupo de 200kVA del 10-100% (50Hz)	67
Gráfica 49. Impacto en grupo de 200kVA del 110-0% (50Hz)	68
Gráfica 50. Impacto en grupo de 200kVA del 100-0% (50Hz)	69
Gráfica 51. Impacto en grupo de 200kVA del 100-0% (50Hz) GRT7-TH4E	70

Índice de Tablas

Tabla 1. Esquemas de conexión en alternador Cramaco	79
Tabla 2. Costes totales del proyecto	118
Tabla 3. Costes de producción del AVR5	118
Tabla 4. Costes de producción del circuito CAN.....	119
Tabla 5. Previsión de costes de producción del circuito CAN	117
Tabla 6. Costes del banco de pruebas	119
Tabla 7. Costes producción de los grupos electrógenos	120
Tabla 8. Costes del banco de pruebas	121

Capítulo 1: Introducción

El presente proyecto tiene como objetivo plantear una solución de aplicación industrial y económicamente viable en el sector de los grupos electrógenos diseñando un AVR digital. La empresa encargada del desarrollo electrónico del proyecto es Dismuntel SAL y se aplicará en productos fabricados por HimoinSA.

Un grupo electrógeno es por definición una máquina que integra un motor de combustión interna cuyo movimiento genera una variación de campo electromagnético en la máquina síncrona o de corriente continua a la que está acoplada. En el caso de los productos desarrollados por HimoinSA, todos los alternadores son generadores de corriente alterna.

Las máquinas síncronas con las que trabaja HimoinSA poseen, por norma general, dos pares de polos. Por ello, y para obtener unas frecuencias de corriente de 50 ó 60 hercios, el eje de la máquina tendrá una velocidad de 1500 ó 1800 revoluciones por minuto respectivamente. Este tipo de generadores se emplean principalmente en aquellos lugares donde no hay suministro de red eléctrica, así como en instalaciones donde no es tolerable que se suspenda el suministro de la misma.



Figura 1. Logotipos de HimoinSA y Dismuntel

1.1.- Estado del arte

Los alternadores que constituyen parte de un grupo electrógeno están formados en general por dos devanados:

- Un devanado inductor rotativo concentrado o distribuido en ranuras y alimentado por corriente continua que da lugar a un campo magnético giratorio.
- Un devanado inducido distribuido de manera trifásica por el que circula corriente.

Para alimentar el devanado del rotor, se pueden emplear sistemas tradicionales en los que la excitatriz está montada sobre el eje de la máquina y la corriente de excitación se

aplica mediante el contacto de escobillas o se puede instalar un sistema de auto-excitado.

La figura 2 muestra el comentado sistema de auto-excitado. El alternador posee unas bobinas auxiliares que se encuentran en el estator alimentadas con corriente continua (F1) y (F2) que inducen una corriente alterna trifásica en el rotor. Dicha corriente se rectifica a través de un puente de diodos y se emplea para alimentar el bobinado del rotor principal con corriente continua.

En función de la intensidad que circule por el rotor, la tensión de salida en el estator variará. Por ello, el alternador cuenta con un AVR (Automatic Voltage Regulator) para obtener unos valores de corriente y frecuencia estables a la salida del estator principal. A mayor excitación, mayor tensión generada en el inducido de salida.

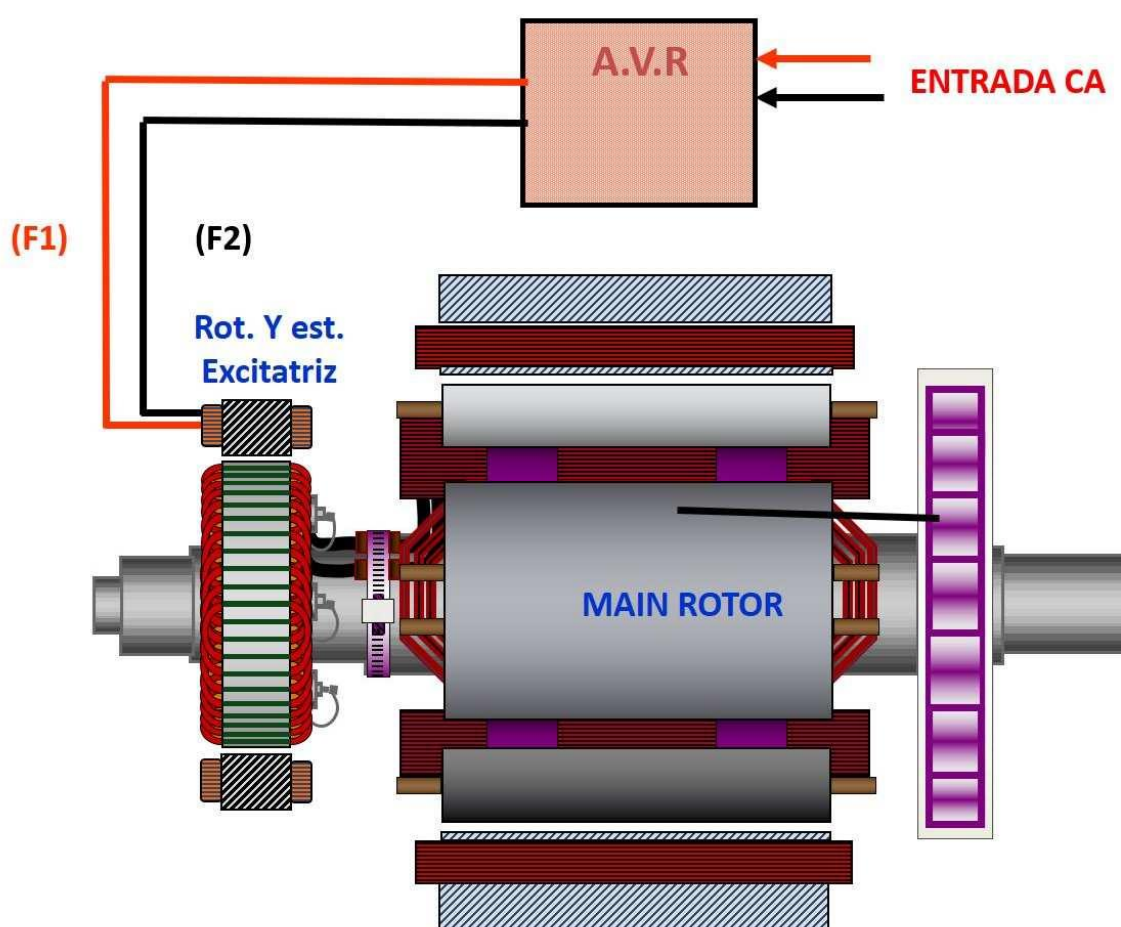


Figura 2. Sistema de autoexcitación de un alternador Cramaco.

El módulo electrónico que constituye el AVR es independiente de la potencia suministrada por el alternador, así como del factor de potencia de la carga, temperatura de funcionamiento y velocidad de giro del motor. Además, proporciona ciertas protecciones al alternador del grupo electrógeno tales como cortar la excitación ante una baja frecuencia de señal de alterna o exceso de corriente de excitación.

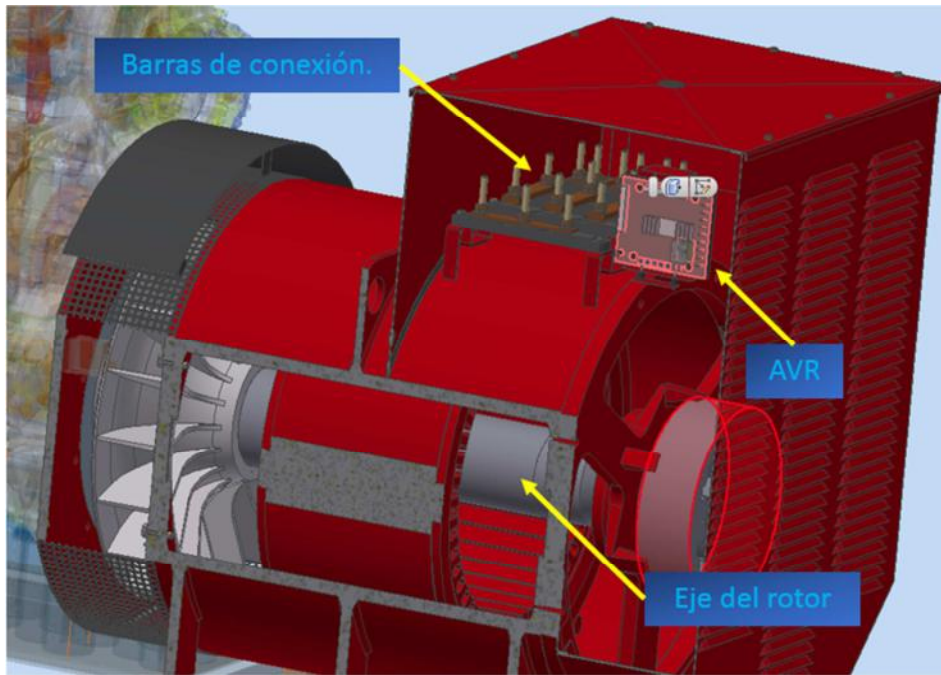


Figura 3. Interior de un alternador Stamford.

Dentro del conjunto que constituye el AVR, se distinguen varios bloques:

- Bloque de alimentación: Proporciona una alimentación estabilizada a la electrónica del regulador procedente de la salida del bobinado principal o de un devanado auxiliar instalado expresamente para alimentar al regulador de tensión.
- Referencia de tensión de salida: La tensión medida en dicho bloque es la que intenta regular la placa.
- Entrada analógica de ajuste de tensión de salida: Permite ajustar remotamente la tensión de salida del alternador. Esta función es especialmente útil para compensar potencia reactiva en sistemas que trabajan con grupos en paralelo.
- Circuito de control: Responsable de regular la tensión de salida del alternador actuando sobre la excitación.
- Driver de Potencia: Encargado de transmitir la tensión de salida del lazo de control a la bobina de excitación.
- UFRO (Under Frequency Roll Off): Protege al alternador frente a impactos de carga, que conllevan una disminución de la velocidad de giro del motor y como consecuencia una disminución de la frecuencia.
- Control de sobreexcitación: Protección que incluye el AVR para evitar un calentamiento excesivo en la bobina de excitación.

Pese a todos los bloques que constituyen un AVR, un operario que se encargue del ajuste de un grupo electrógeno se centrará en manipular los tres potenciómetros indicados en la figura 4: VOLTS, UFRO y STABILITY.

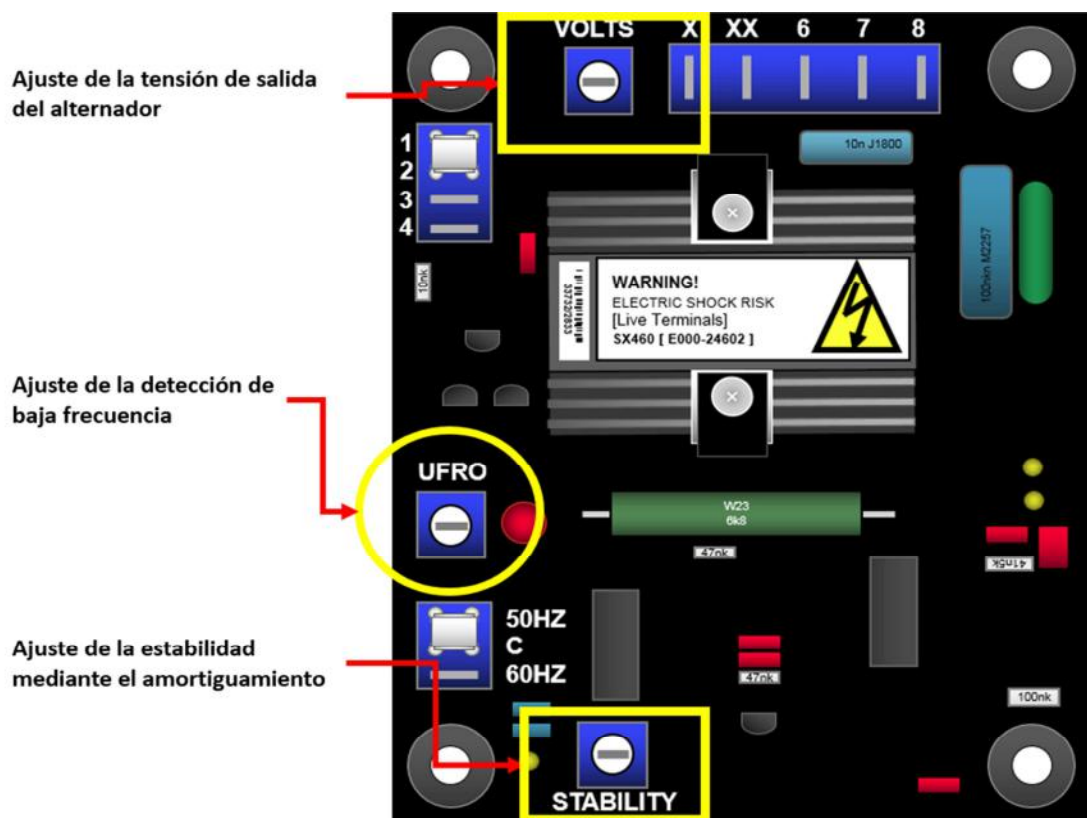


Figura 4. Disposición de potenciómetros en un modelo de AVR analógico.

Actualmente, los AVR siguen un proceso de ajuste durante la puesta en marcha de un grupo electrógeno con el fin de encontrar un equilibrio entre su respuesta dinámica y funcionamiento en régimen permanente. A menor estabilidad, mayor tiempo de recuperación frente a perturbaciones del estado de tensión.

El método que se emplea para ajustar las oscilaciones de un AVR consiste en:

1. Acceder físicamente a la placa AVR desmontando la carcasa del grupo electrógeno (en caso de tener una) y la del alternador.
2. Posicionar el potenciómetro del AVR que ajusta el amortiguamiento del bucle de control al máximo.
3. Arrancar el grupo y medir la tensión de salida.
4. Variar el valor del potenciómetro de ajuste de estabilidad hasta que la tensión de salida del alternador empiece a oscilar.
5. Volver a ajustar la posición del potenciómetro de estabilidad hasta que la tensión de salida en el grupo deje de oscilar y sea estable.

1.2.- Motivación

Existe otro modelo de AVR que sustituye el bloque de control analógico por otro digital mediante un microprocesador donde la principal ventaja está en un mejor ajuste de los parámetros de control (ganancia, control integral y diferencial) mediante una aplicación PC que permite la visualización de la tensión de salida del alternador en tiempo real.

En la actualidad, todos los fabricantes de AVR digitales son extranjeros siendo los principales GRAMEYER (brasileña) y BASLER (estadounidense).

Por todo ello, el presente proyecto se basará en el diseño de un AVR digital con comunicaciones con la central de control de un grupo electrógeno

Además, el proyecto solo podrá ser validado en Himoina si las condiciones económicas son favorables.

1.3.- Objetivos del Proyecto

Las características del proyecto persiguen los siguientes objetivos generales:

- Mejora de la estabilidad de la señal eléctrica alterna generada al tiempo que se acorta el tiempo de estabilización frente a impactos de carga gracias a la implementación de un control digital avanzado.
- Elaboración de herramientas software para el ajuste de los parámetros de funcionamiento del AVR.
- Mejorar el diagnóstico de anomalías mediante el acceso en tiempo real a las características de funcionamiento a través de la centralita de control del grupo electrógeno.
- Facilitar la configuración del AVR gracias a la posibilidad de modificar los parámetros de control de la electrónica sin necesidad de desmontar el chasis del alternador (algo especialmente complicado en grupos insonorizados).
- Obtener un producto económicamente competente en el mercado.

Las citadas metas se cumplirán una vez superados los siguientes requisitos técnicos:

- Análisis e identificación de las necesidades técnicas de un AVR con comunicación por bus CAN.
- Análisis e identificación de las necesidades técnicas de la centralita de un grupo electrógeno con comunicaciones industriales.
- Implementación del protocolo de comunicación.

1.4.- Punto de partida

Se ha identificado la familia Rx631 de RENESAS como microcontrolador para el diseño de la placa electrónica dado que dispone de un periférico integrado de comunicaciones CAN. Este componente está orientado para su uso en el sector industrial y su robustez está probada en el sector de los grupos electrógenos al haberse utilizado en diversos diseños de centralitas compactas.

El Rx631 tiene una arquitectura de 32 bits y posee instrucciones DSP (Digital Signal Processor). Además, los temporizadores del micro son altamente versátiles al permitir la configuración de PWM de hasta 12 fases combinadas sincronizadas.

En cuanto a la caracterización de la señal de tensión de alterna, se emplearán algoritmos de cálculo de alta inmunidad frente a los clásicos basados en la detección de paso por cero (métodos muy vulnerables al ruido electromagnético).

Una vez caracterizada la frecuencia y amplitud de la señal monofásica, el Rx631 implementará un bucle de control digital (PID) que se ajustará mediante programación de sus coeficientes de trabajo (ganancia, integral y derivativo).

La comunicación del AVR con la central de control se realizará a través de un bus CAN y permitirá al usuario ver el estado del alternador; situación de las alarmas del AVR; programar los coeficientes del control PID; configurar la tensión de salida del alternador y compensar la reactiva entre grupos que funcionan en paralelo.

El CAN bus (Controller Area Network) es un bus de comunicaciones estandarizado por BOSCH y su uso está orientado al sector de la automoción ya que permite la comunicación entre las unidades de control sin necesidad de un maestro que organice el acceso al bus (Ver figura 5).

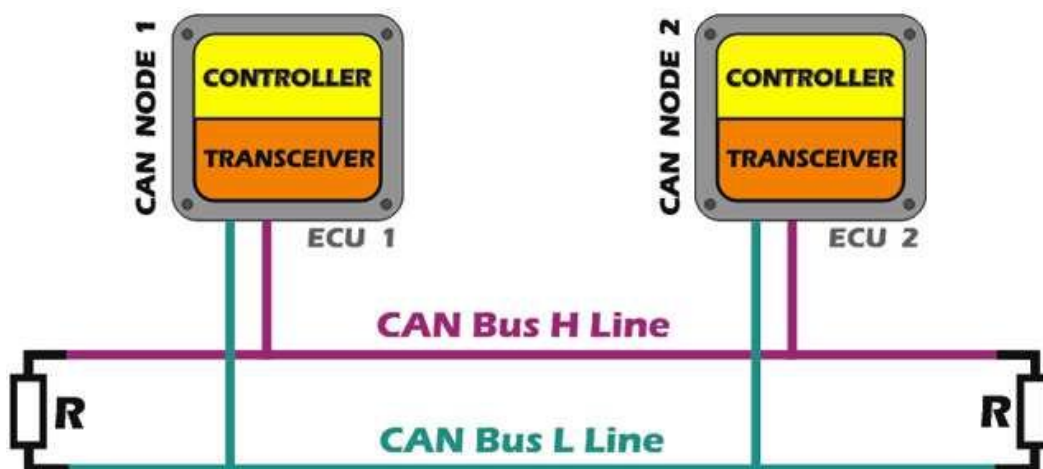


Figura 5. Esquema de conexión del CAN bus

La topología de una implementación estándar de un bus CAN está formada por dos hilos al que se conectan todos los dispositivos de la red y por el que se codifica la información en niveles de tensión diferencial con el fin de lograr una alta inmunidad frente al ruido electromagnético.

Por otro lado, a través de la aplicación PC, se podrá:

- Obtener visualización gráfica en tiempo real de las características de la tensión alterna del alternador.
- Obtener visualización gráfica de la corriente de excitación.
- Configurar los parámetros del bucle de control del AVR.
- Visualizar un histórico de errores del AVR digital.

1.5.- Participación específica en el proyecto

Al tratarse de un proyecto con una envergadura considerable por las cantidades de tiempo y dinero que se invierten, hay un amplio equipo de personas que participan en el mismo.

Por ello, el presente proyecto tendrá dos etapas claramente diferenciadas:

1. Análisis de impactos de carga con un AVR analógica diseñada por Dismuntel y competente en el mercado actual para tener valores que sirvan de referencia de mejora a la hora de validar el producto final
2. Diseño a nivel de hardware del sistema de comunicaciones CAN en el AVR digital.

La figura 6 muestra un “road map” en el que se especifica la cronología de las etapas así como el resto de hitos a cumplir en el proyecto global.

1.6.- Recursos

Para desarrollar el presente proyecto, Himoinsa cuenta con un banco de pruebas en el que se evalúa el funcionamiento de los grupos electrógenos bajo carga y su comportamiento frente a impactos de la misma. Además, también se pueden realizar pruebas de nivel de ruido, refrigeración y entrada de agua en la máquina para obtener una información aún más detallada.

En concreto, los grupos que se emplearán serán de 60kVA y 200kVA, ambos con motores FPT y alternador Cramaco configurados como estático estándar.

Por otra parte, Dismuntel cuenta con toda la infraestructura necesaria para el desarrollo del Hardware a nivel de prototipo y su posterior producción en línea.

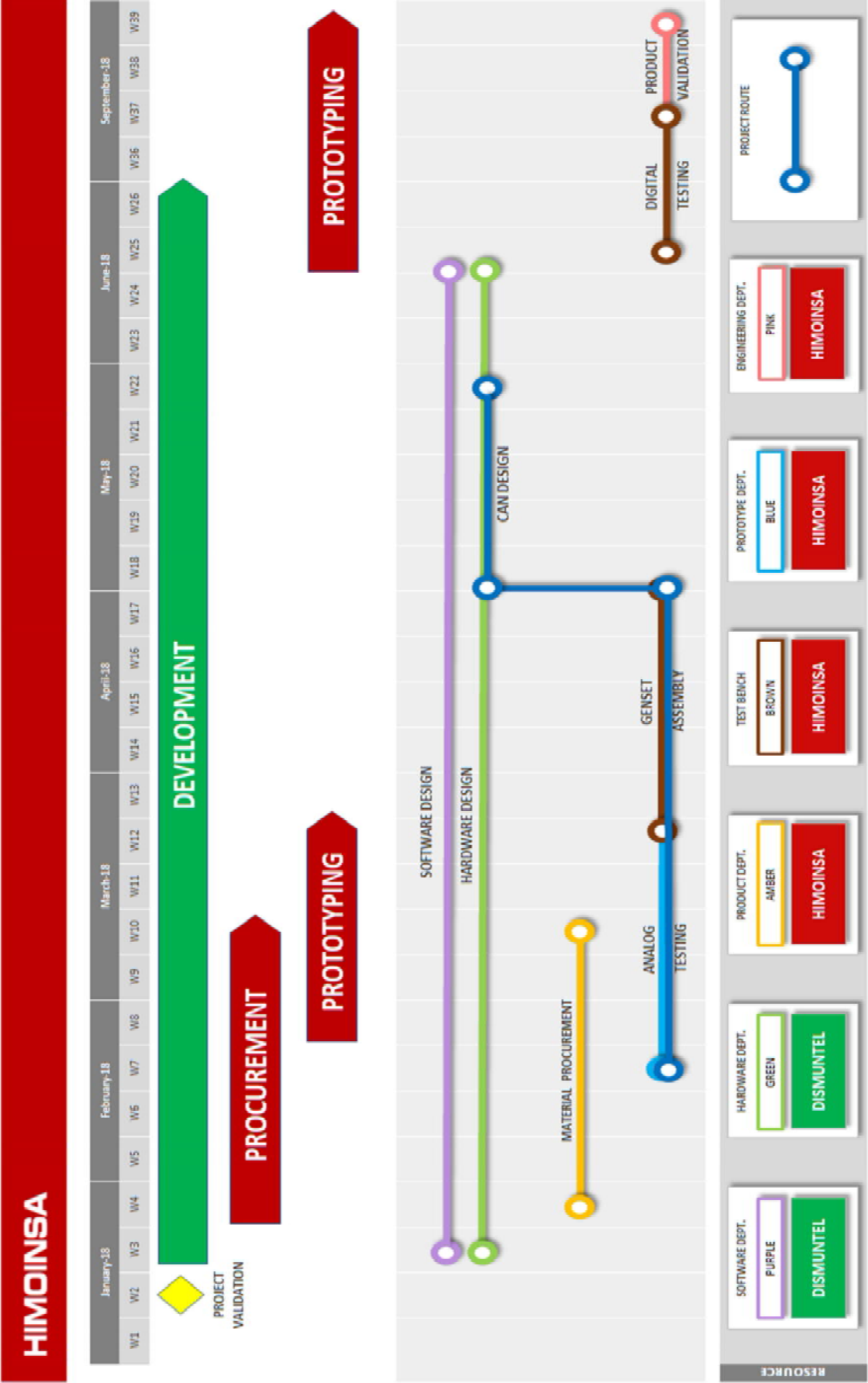


Figura 6. Road Map del proyecto

(Esta página se ha dejado en blanco a propósito)

Capítulo 2: Grupos electrógenos

El presente proyecto tiene una aplicación final en grupos electrógenos comprendidos entre un rango de potencias de 60KVA a 200kVA, por tanto se fabrican dos grupos electrógenos sobre los cuales se estudiará el comportamiento de un AVR analógica frente a impactos de carga.

El análisis de un regulador analógico nos dará una serie de requisitos mínimos a cumplir a la hora de diseñar el AVR digital. No hay que perder de vista que para que el proyecto sea viable tiene que ser rentable y diseñar un producto más costoso y con menos prestaciones que las alternativas ya existentes en el mercado, carece de sentido.

Himoinsa fabricará por tanto los siguientes grupos electrógenos:

2.1.- Grupo electrógeno de 60kVA

Se opta por la siguiente configuración de grupo:

GRUPO ELECTRÓGENO

Modelo: HFW-60 T5

Tipo: Estático estándar

Potencia: 60kVA

Salida de potencia: Trifásica

Refrigeración: Agua

Combustible: Diésel

ALTERNADOR

Fabricante y modelo: Cramaco G2R 200 SD/4

Potencia: 60kVA

Factor de potencia: 0.8

Pares de polos: 2

Tensión: 400V - 440V

Frecuencia: 50Hz - 60Hz

AVR de fábrica: DBT 63-4

MOTOR

Fabricante: FPT Industrial (Iveco)

Modelo: NEF 45 SM1/2A

Regulación: Mecánica

Velocidad de giro: 1500 rpm

CONTROL

Fabricante: Himoinsa

Modelo de central: CEM7 (Dismuntel)

Tipo de control: Manual

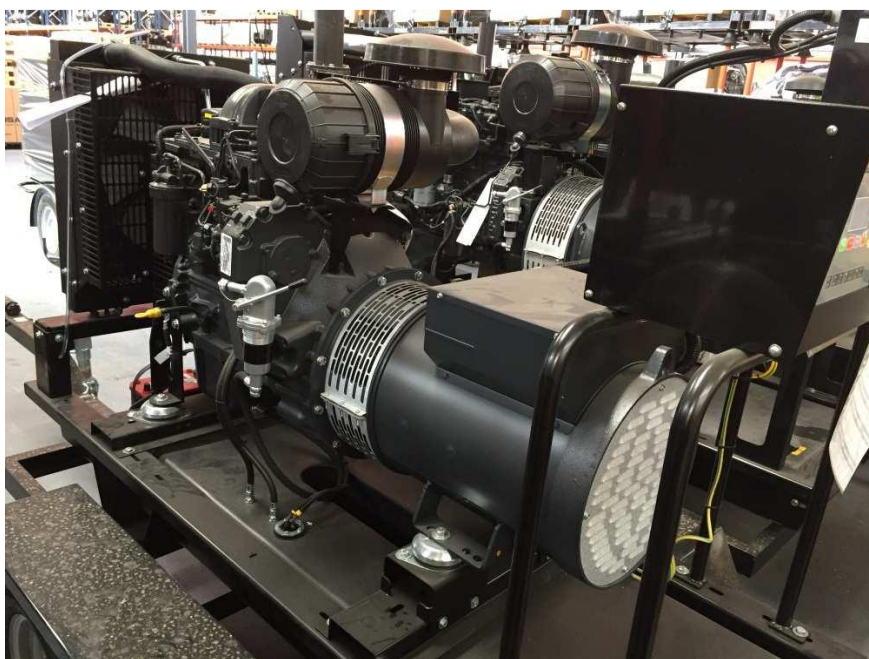


Figura 7. Grupo 60kVA

Entre las características del grupo electrógeno, tiene especial relevancia la regulación mecánica del motor. Este tipo de ajuste implica una variación manual de la cantidad de combustible que llega a los inyectores, de forma que a mayor entrada de diésel, mayor velocidad de giro.

Por tanto, para cambiar el funcionamiento del grupo de 50 a 60Hz, una de las modificaciones a realizar es variar la velocidad de giro del motor de 1500 a 1800 rpm.

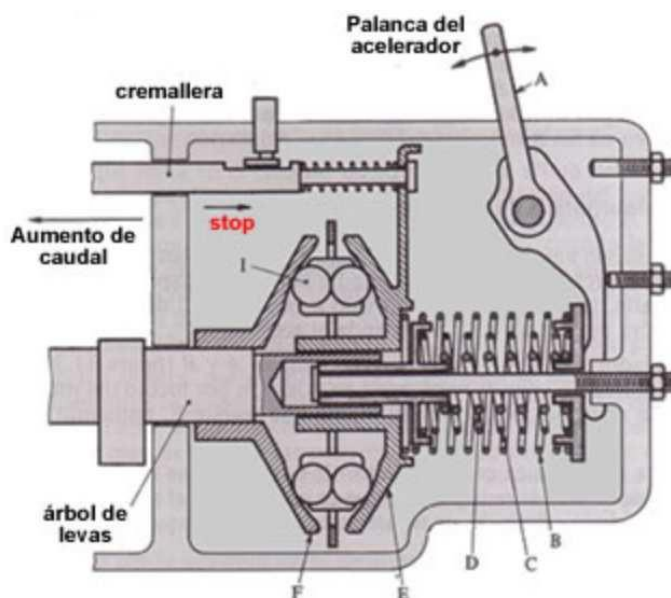


Figura 8. Regulador de velocidad mecánica

El Anexo B muestra una ficha técnica aún más detallada del grupo electrógeno descrito.

2.2.- Grupo electrógeno de 200kVA

Se opta por la siguiente configuración de grupo:

GRUPO ELECTRÓGENO

Modelo: HFW-200 T5
Tipo: Estático estándar
Potencia: 200kVA
Salida de potencia: Trifásica
Refrigeración: Agua
Combustible: Diésel

ALTERNADOR

Fabricante y modelo: Cramaco G2R 250 LB/4
Potencia: 200kVA
Factor de potencia: 0.8
Pares de polos: 2
Tensión: 400V - 440V
Frecuencia: 50Hz - 60Hz
AVR de fábrica: GRT7-TH4E

MOTOR

Fabricante: FPT Industrial (Iveco)
Modelo: NEF 67 TE2A
Regulación: Electrónica
Velocidad de giro: 1500 rpm (50Hz)

CONTROL

Fabricante: Himoina
Modelo de central: CEM7 (Dismuntel)
Tipo de control: Manual



Figura 9. Grupo 200kVA

En esta configuración de grupo a diferencia del anterior, la regulación del motor es electrónica. Esto implica que constructivamente el motor tiene una ECU que se encarga de medir y ajustar el motor a las características de funcionamiento elegidas. Dicha central de motor se comunica con la central del grupo electrógeno a través del protocolo CAN.

La ECU controla el motor a través del circuito que se muestra en la figura 10.

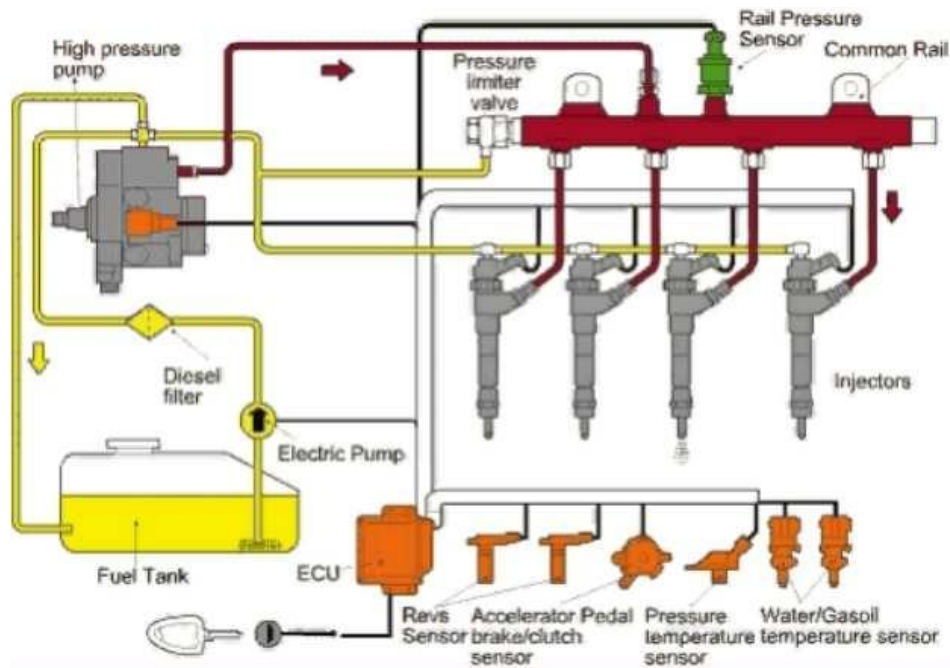


Figura 10. Circuito de control de un motor electrónico

El Anexo C muestra una ficha técnica aún más detallada del modelo de grupo electrógeno descrito.

Capítulo 3: Topología de Alternadores

En el sector industrial existen numerosos fabricantes de alternadores que ofrecen una amplia gama de producto clasificada por su potencia, tipo de aislamiento y aspectos constructivos. En lo que concierne a este proyecto, la característica fundamental a tener en cuenta son los aspectos constructivos del generador.

3.1.- Alternadores con bobinado auxiliar

En este tipo de máquinas se añade en el estator principal, además de los arrollamientos que constituyen cada fase, un bobinado adicional que se emplea para la alimentación del AVR. Es importante tener en cuenta que este bobinado es totalmente independiente de las salidas trifásicas del alternador. La figura 11 muestra un estator con bobinado auxiliar en un alternador del fabricante Cramaco.

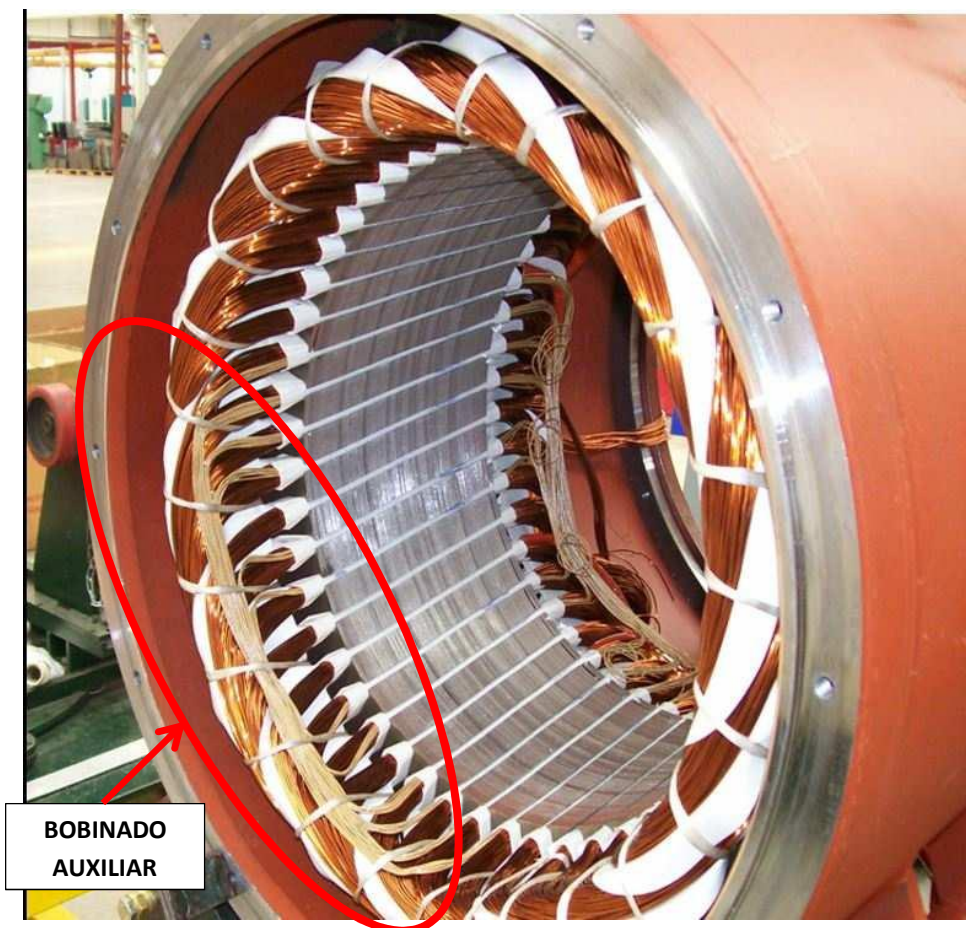


Figura 11. Disposición del bobinado auxiliar en un alternador de Cramaco

3.2.- Alternadores con PMG

El PMG (Permanent Magnet Generator) es un imán que generalmente suele presentarse como un opcional en los alternadores ya que suele encarecer el producto de manera considerable.

Cuando un alternador lleva PMG, se le instala un estator (además del de excitación y el principal) para que alimente al AVR. La principal ventaja del PMG reside en la aportación por parte del imán de un campo magnético estable y poco vulnerable a impactos de carga (concepto que se desarrollará más adelante).

La figura 12 se muestra la ubicación de un PMG dentro de un alternador de Cummins-Stamford.

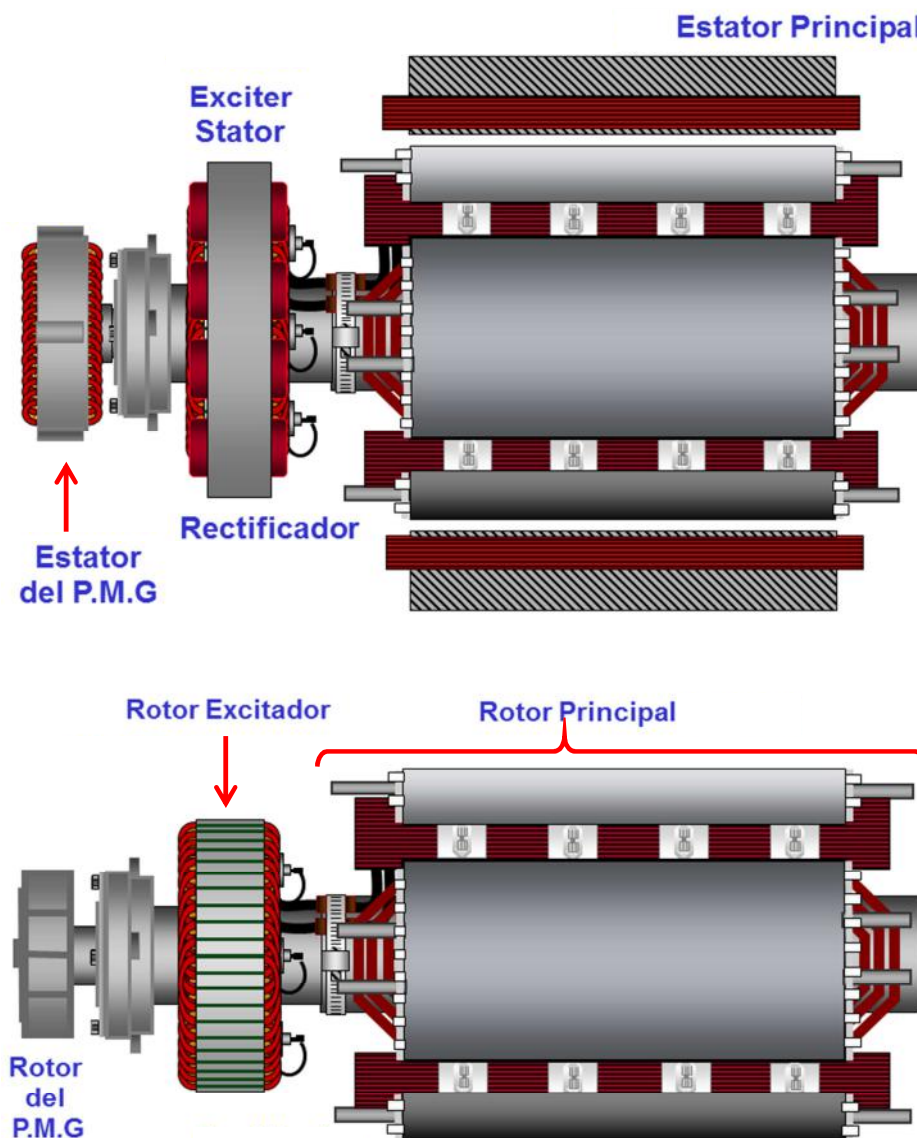


Figura 12. Ubicación del PMG en un alternador

3.3.- Alternadores sin bobinado auxiliar ni PMG

Son aquellos alternadores que no poseen un bobinado auxiliar ni un PMG, de forma que la alimentación de su placa reguladora proviene, al igual que su referencia de tensión, de la salida de potencia.

En el caso particular de este proyecto, esta topología de alternadores se ha descartado para el análisis del AVR analógico puesto que su bobinado impide la monitorización de los impactos de carga. No obstante, esto no supone una limitación en cuanto a su uso una vez esté completamente desarrollado el producto.

3.4.- Salida de potencia de un generador

Otro aspecto fundamental en los alternadores es la salida de potencia y disposición de las bobinas. En la gran mayoría de los casos, un alternador tiene accesibles una conexión trifásica U-V-W y una conexión a neutro en una distribución de doble estrella.

Según la necesidad del cliente, las conexiones del alternador variarán de estrella a triángulo, manteniendo siempre las relaciones trifásicas correspondientes.

En la Tabla 1 del Anexo A se muestran todas las posibilidades que tiene un alternador según la forma que el cliente conecte su bobinado y la frecuencia de trabajo. Todos los indicadores numéricos de los gráficos son puntos de conexión accesibles por el usuario.

(Esta página se ha dejado en blanco a propósito)

Capítulo 4: Funcionamiento de un AVR

Aunque ya se ha comentado parte del funcionamiento de un AVR, el presente capítulo explica de una forma más detallada el funcionamiento del regulador de tensión.

4.1.- Alimentación, referencia y salida del AVR

Para que un AVR actúe correctamente, lo primero que necesita es una fuente de alimentación que puede proceder de un bobinado auxiliar, de un PMG o del bobinado principal del estator (ver figura 13).

Por otro lado, es necesario que la tarjeta reguladora obtenga una referencia de tensión para saber cuál es la tensión de salida de la máquina en cada momento. La amplia mayoría de los fabricantes de AVR (Stamford, Meccalte, Cramaco, Dismuntel...) diseñan sus tarjetas para muestrear unas tensiones entre 170 y 270V, que generalmente se obtienen de una media fase del generador.

Es importante destacar en este punto que el muestreo de los valores de tensiones es monofásico, por ello y de cara al análisis de posibles errores en el funcionamiento del alternador, es importante tener muy claro que fase se está muestreando.

En cuanto a la salida del AVR, se trata de una señal de corriente continua que genera un campo electromagnético en el estator excitatriz y que a su vez induce una corriente trifásica en el rotor de excitación.

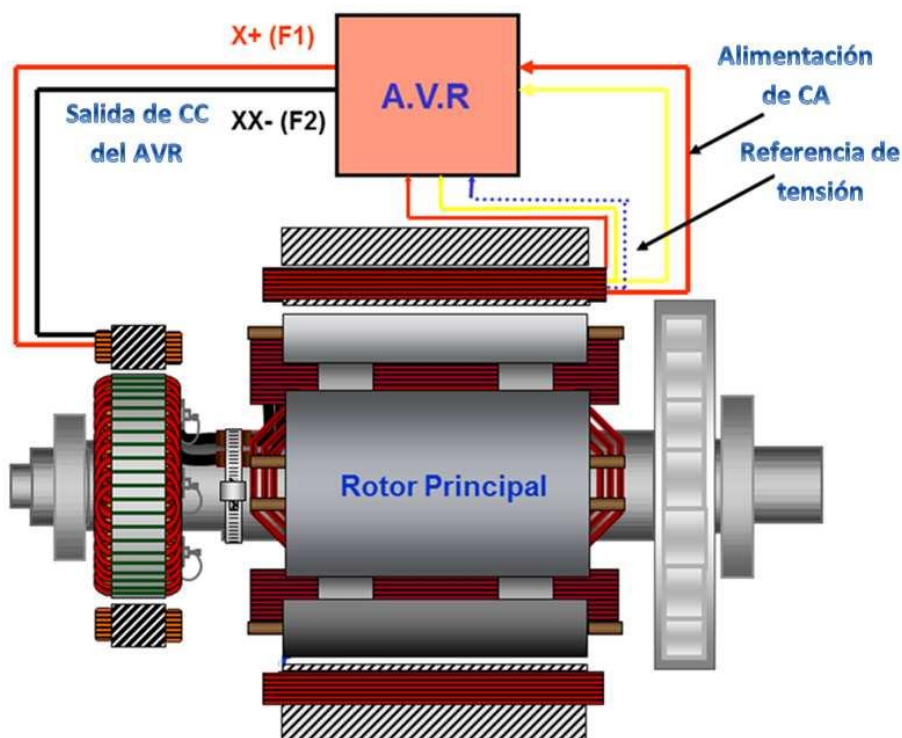


Figura 13. Relación de conexiones entre AVR y alternador

4.2.- Rectificación de la corriente de excitación

Basándonos en la teoría de máquinas síncronas, por el solenoide del rotor principal debe circular una corriente continua que genere (según la ley de Ampère) un campo magnético. Pese a ello, la corriente continua que circula por el estator excitatriz induce una corriente alterna en el rotor de excitación, por lo que tendrá que ser rectificada antes de llegar al bobinado principal del mismo.

En el supuesto de que la rectificación de la corriente se hiciese con un puente de diodos, el AVR no tendría la capacidad de actuar sobre la excitación del generador ya que solo se podría rectificar media forma de onda (figura 14).

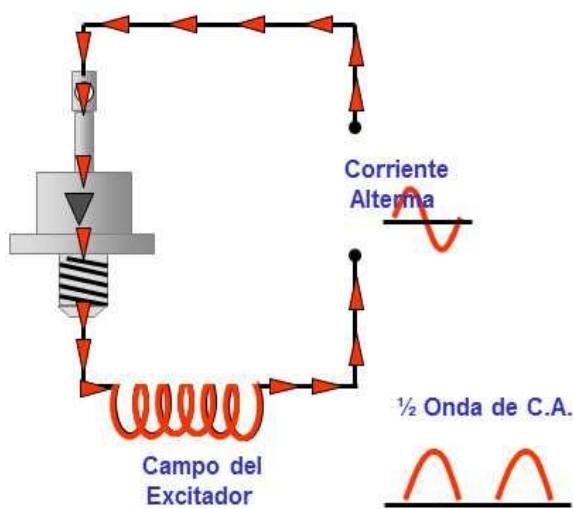


Figura 14. Circuito de control con diodo

Por ello, se emplean tiristores para que el lazo de control del AVR ajuste el tiempo de disparo y la cantidad de corriente continua que le llega al rotor principal (figura 15).

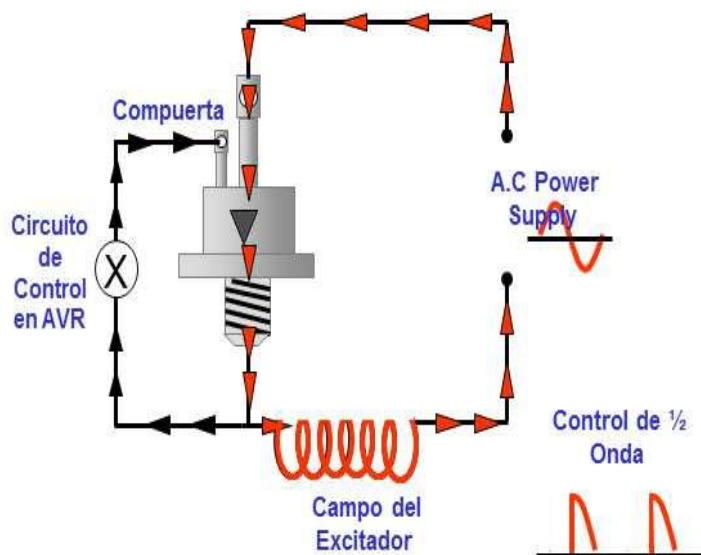


Figura 15. Circuito de control con tiristor

Denominando al tiempo de disparo del tiristor (T), este variará inversamente con la carga aplicada. Es decir, que a mayor demanda de carga, menor tiempo de disparo. De

esta manera se consigue que en el devanado del rotor haya una señal periódica cuyo valor medio irá aumentando a medida que disminuye (T), lo que implicará a su vez un aumento de la tensión de salida del alternador.

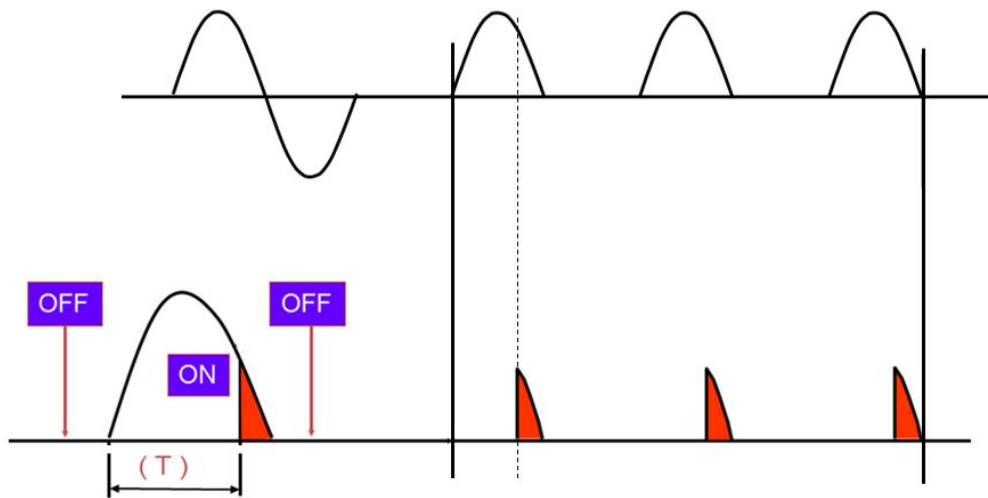


Figura 16. Tiempo de disparo en los tiristores

4.3.- Regulación del AVR en condiciones habituales de trabajo

Un AVR tiene tres formas típicas de trabajo: Vacío, impacto de carga y liberación de carga.

4.3.1.- Funcionamiento del AVR en vacío

La figura 17 muestra el funcionamiento de un generador en vacío (sin carga). El AVR genera una corriente de excitación hasta que la tensión de referencia es igual a la tensión de salida del generador.

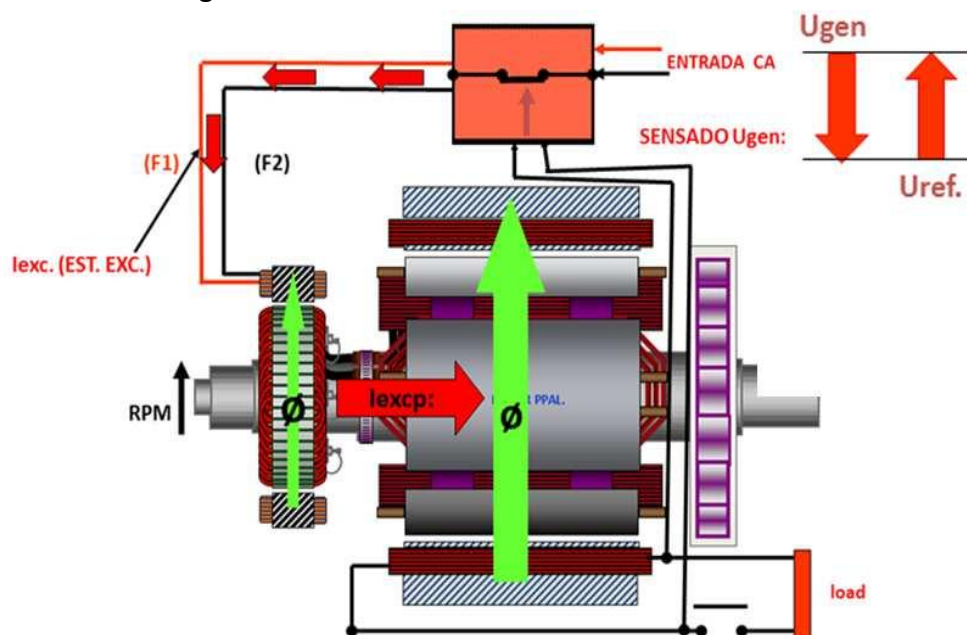


Figura 17. Funcionamiento del AVR en vacío

4.3.2.- Funcionamiento del AVR bajo carga

Cuando el generador comienza a alimentar una carga, este pasará a consumir una determinada cantidad de corriente eléctrica que generará una reacción en la armadura del estator del alternador, disminuyendo así el valor de tensión U_{gen} (ver figura 18).

Ante dicha situación, el AVR aumentará la corriente de excitación para aumentar el módulo del campo electromagnético generado en el rotor. Este proceso se mantiene hasta que la referencia de tensión de la tarjeta reguladora coincide con la tensión de salida.

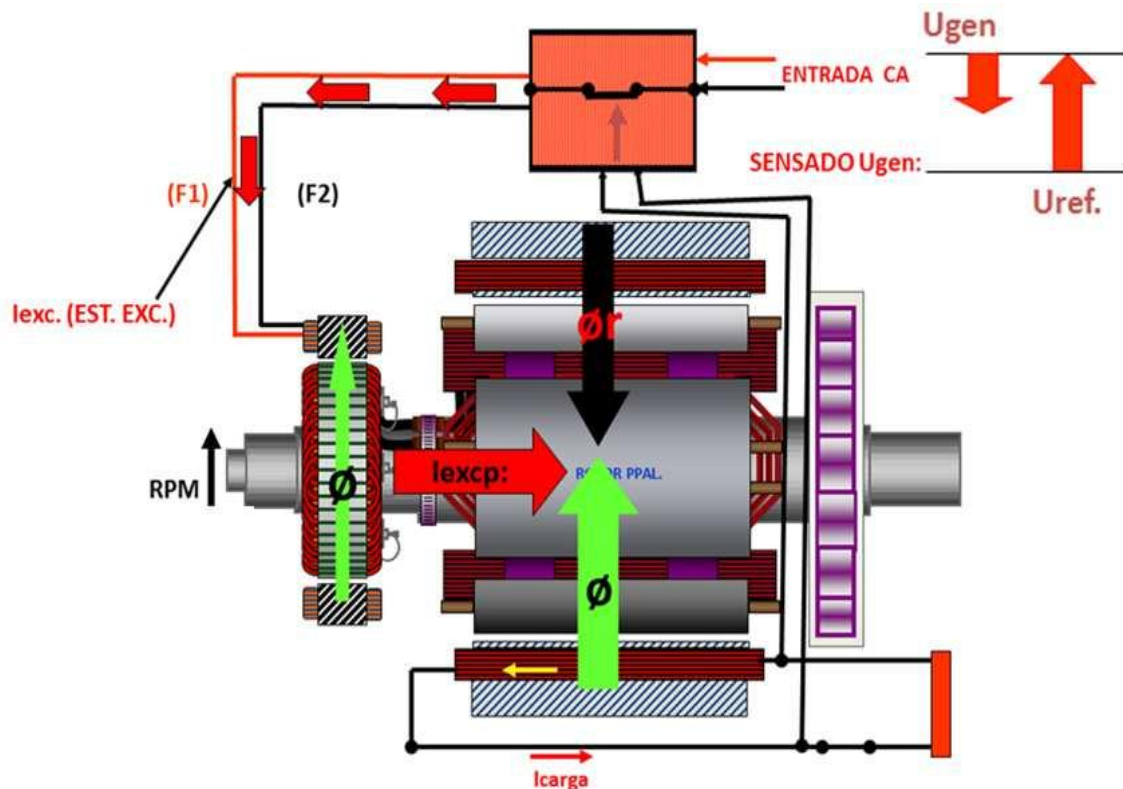


Figura 18. Flujo magnético bajo carga

4.3.3.- Funcionamiento del AVR frente una liberación de carga

Habiendo expuesto previamente el proceso de regulación del AVR bajo carga, el control sobre la máquina a la hora de liberarla es completamente inverso.

Cuando el interruptor que gestiona la carga se abre, el consumo de corriente cesará y por tanto también lo hará la resistencia electromagnética de la armadura. En un primer momento, el campo electromagnético del rotor generará una tensión de salida U_{gen} por encima de la nominal (ver figura 19).

El AVR medirá en su lazo de control como U_{gen} está por encima de la tensión de referencia y actuará sobre los tiristores del rectificador trifásico hasta que ambas tensiones vuelva a ser iguales.

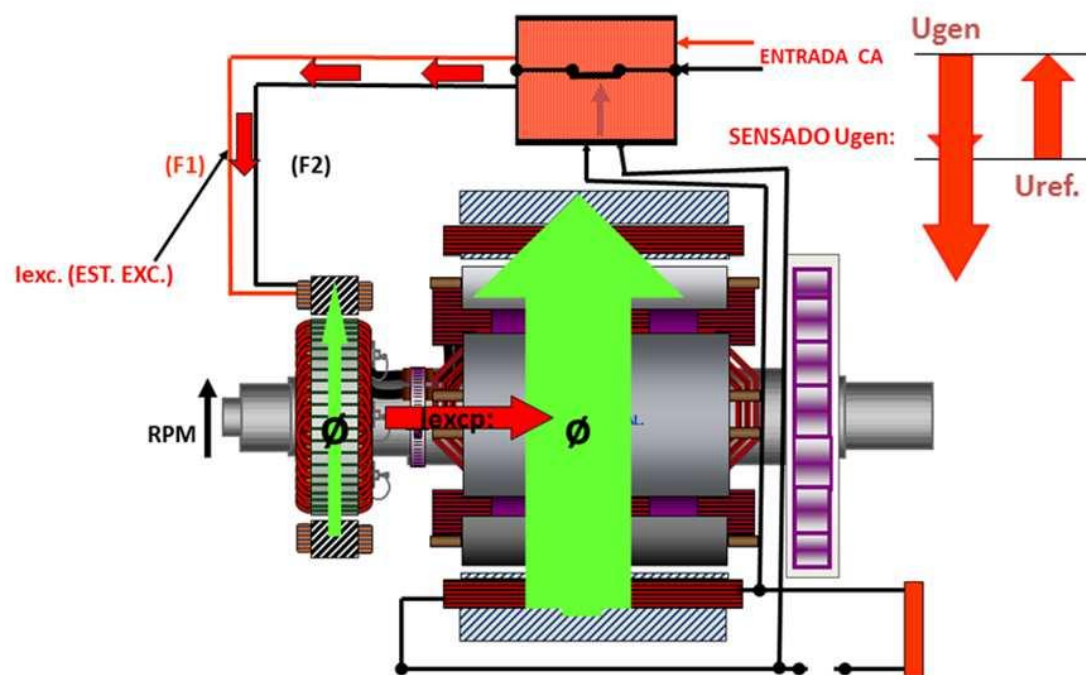


Figura 19. Flujo magnético al eliminar la carga

(Esta página se ha dejado en blanco a propósito)

Capítulo 5: Impactos de carga

A la hora de elaborar el punto de partida en el diseño del AVR, es imprescindible plantear unas pruebas de impactos sobre AVR ya existentes para conocer los rangos de funcionamiento que debe cumplir la placa.

La prueba de impactos de carga consiste en la conexión y desconexión de una serie de impedancias con el fin de medir el transitorio del grupo electrógeno hasta alcanzar el régimen permanente.

5.1.- Requisitos previos a la prueba de impactos

Puesto que la finalidad del producto que se desarrolla en el presente proyecto tiene una aplicación directa en alternadores de grupos electrógenos, se debe cumplir en todo momento la normativa ISO 8528-5. Partiendo de ese reglamento, se define la siguiente lista de requisitos previos aplicables tanto a la máquina de 60 y 200kVA definidas en el capítulo anterior:

1. Comprobar que todos los elementos constituyentes del grupo están perfectamente fijados para evitar vibraciones adicionales a las del propio grupo en funcionamiento.
2. Emplear un banco de carga para la realización de las pruebas que permita un factor de potencia ($\cos \phi$) de 0,8. Aun así, un banco puramente resistivo es perfectamente válido ($\cos \phi = 1$).
3. Situar el grupo electrógeno fuera de posibles focos de calor, como el propio banco de pruebas, y corrientes de aire que desvirtúen las condiciones reales de funcionamiento.
4. Mantener los termostatos del motor en condiciones habituales de funcionamiento (cerrados o abiertos según temperatura de motor).

5.2.- Equipo de medida

El equipo empleado para estudiar el comportamiento del AVR consiste en un banco de carga y un software:

Nombre Banco de Carga: **Sigma Control- froment proofloader**

Nombre Software: **Sigma PC System**

Para el análisis del AVR se realizó una configuración específica del software que se detalla en el anexo D.

5.3.- Metodología de medición

Para las pruebas de ambos grupos, se define la siguiente metodología de pruebas:

1. Conexión del banco de carga al grupo electrógeno teniendo en cuenta el amperaje máximo del grupo para elegir la sección de los cables. El elemento de protección del grupo (magnetotérmico) deberá estar abierto.
2. Conectar el cable de transmisión de datos desde el banco de carga hasta un ordenador para poder instalar el software específico.
3. Arranque de motor y ajuste de valores para su funcionamiento en condiciones nominales.
4. Conectar el magnetotérmico de grupo. ¡OJO! Si todo se ha realizado correctamente, el grupo tendrá una tensión de salida de 400V (50Hz) ó 440V (60Hz).
5. Realizar los impactos de carga tomando capturas de pantalla tanto de la admisión de carga como de la liberación de la misma. Todas las medidas se representarán dos gráficas: Frecuencia vs Tiempo y Tensión vs Tiempo.

5.3.1.- Especificaciones de las pruebas para los grupos de 60kVA y 200kVA

De manera esquemática, las conexiones entre el banco de pruebas, el grupo electrógeno y el PC quedarían:



Figura 20. Esquema de conexión para la prueba de impactos de carga

Para el grupo de 60kVA, se empleó un cable por fase con una sección de 25mm² mientras que para el de 200kVA era de 95mm² (ver figura 21).

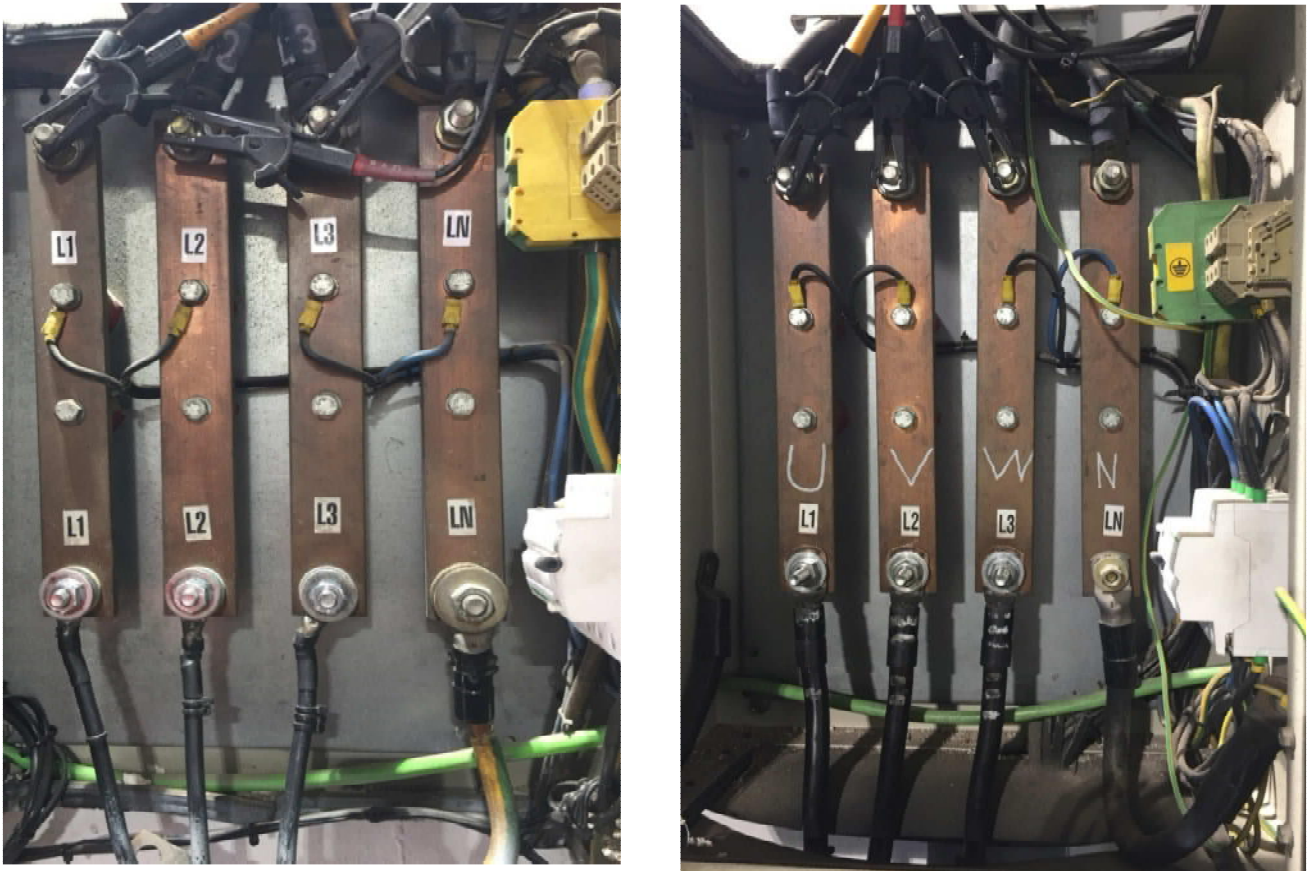


Figura 21. Embarrado de conexión entre banco de carga y grupo de 60kVA (izqda.) ó 200kVA (dcha.)

Por otro lado, los impactos de carga que se van a realizar teniendo en cuenta los motores de cada grupo son:

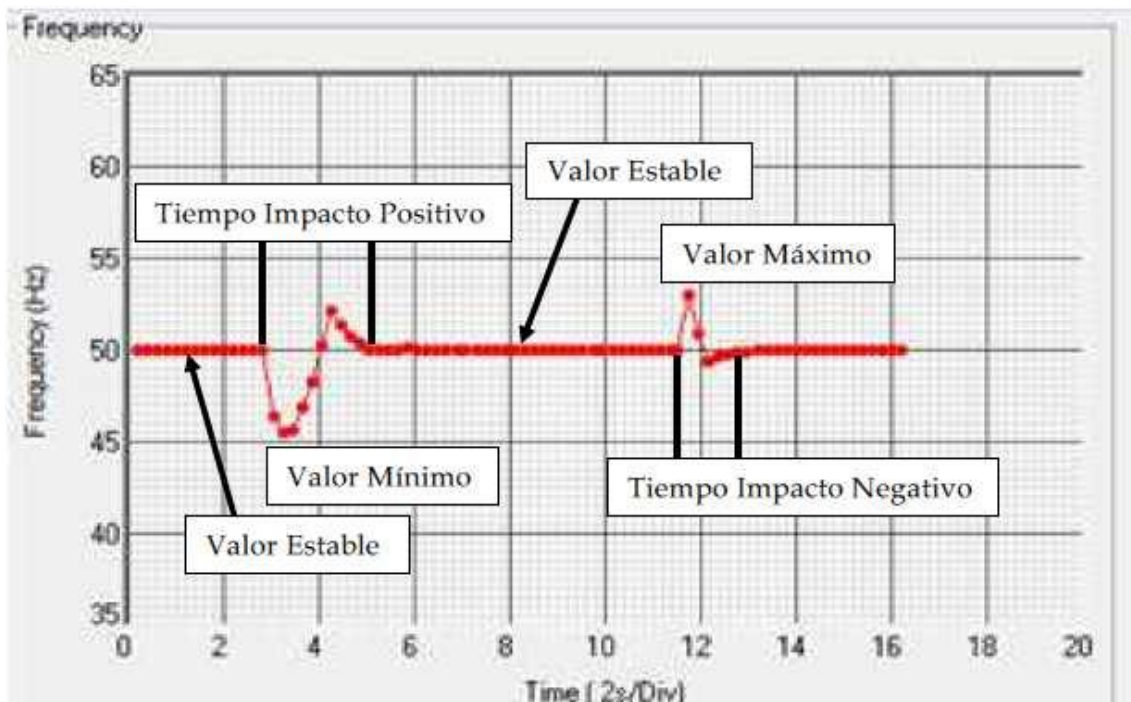
60kVA: 0%, 25%, 40%, 50%, 75%, 84%, 100%

200kVA: 0%, 25%, 37%, 50%, 64%, 75%, 85%, 100%

Antes de alcanzar cada porcentaje de carga hay que pasar por 0%.

Entre los tipos de impactos de carga se distingue entre el positivo y negativo. Se considera un impacto positivo a un incremento del valor de carga suministrado por el banco de pruebas. Un impacto negativo es por tanto, la liberación total o parcial de carga en el grupo electrógeno. Además, en cada impacto se medirán los valores máximos y mínimos de tensión y frecuencia.

Todos los datos obtenidos de los impactos se emplean para posteriormente clasificarlos de acuerdo con la norma ISO 8528-5. Los cálculos necesarios se encuentran en el anexo E.



Gráfica 1. Ejemplo de gráfica y valores a medir en un impacto de carga

5.4.- Relación entre un AVR y los impactos de carga

Lo que se pretende valorar en un AVR a la hora de realizar un impacto positivo o negativo de carga es la capacidad reguladora de la tarjeta. Se analizan a continuación ambos casos:

5.4.1.- Comportamiento del AVR frente a un impacto positivo de carga

Como ya se citó en el capítulo 3, al conectar una carga al grupo electrógeno, aparece una reacción en la armadura del alternador que provocará una disminución en la velocidad de giro del rotor.

Desde la perspectiva del motor, si es de regulación mecánica (60kVA) se ajusta la velocidad de giro del mismo unas revoluciones por encima de las nominales para garantizar que según vaya asumiendo impactos el motor será capaz de responder. Es decir, si el grupo funciona a 1500 rpm (50Hz) se ajusta sobre 1560 rpm (52Hz) y si funciona a 1800 rpm (60Hz) se configura a 1860 rpm (62Hz).

En caso de que el motor sea de regulación electrónica (200kVA) la ECU del mismo se encarga de ajustar la velocidad de giro. La configuración de los parámetros se realiza a través de la central del grupo (comunicación CAN).

En cuanto al AVR, en el capítulo 4 se expuso como en función del ángulo de disparo en los tiristores del puente rectificador se regulaba la intensidad de excitación. No obstante ese tipo de regulación se da en valores que oscilan aproximadamente un 4% de la velocidad nominal.

Fabricantes de alternadores como Stamford, Cramaco y Meccalte aseguran que la operación continua de un generador a velocidades por debajo del valor nominal provoca un calentamiento adicional en los devanados de excitación y un posible daño o deterioro del aislamiento en los devanados. Para ello se diseña el circuito del UFRO (Under Frequency Roll-Off) pensado para reducir automáticamente la corriente de excitación a niveles seguros para el alternador.

Es muy importante ajustar el UFRO de manera adecuada ya que en la prueba de impactos de carga, la velocidad de giro del rotor suele caer (aunque de manera transitoria) por debajo del 4% de la velocidad nominal.

En las AVR analógicas, el UFRO se ajusta con un potenciómetro que lleva un ajuste previo de fábrica.

El impacto de carga positivo es el más crítico de esta prueba.

5.4.2.- Comportamiento del AVR frente a un impacto negativo de carga

Quitarle carga súbitamente a un grupo electrógeno siempre es un proceso menos crítico que añadirla. El motor subirá de revoluciones puntualmente debido a la inercia del mismo y la tensión de salida del alternador aumentará igualmente.

Si la regulación del motor es mecánica, la velocidad del motor volverá rápidamente a su valor inicialmente establecido ya que la entrada de combustible está destinada para dicho fin.

En caso de tener una regulación electrónica, la ECU detectará una sobre velocidad del eje principal respecto a la previamente parametrizada y ajustará la cantidad de combustible que le llega al motor hasta alcanzarla.

El AVR por otro lado, ajustará el ángulo de disparo de los tiristores hasta alcanzar la tensión de salida nominal.

5.5.- AVR5

Los valores más relevantes a tener en cuenta de la AVR5 de cara a las pruebas son:

- Alimentación de 170VAC a 265VAC (50/60Hz)
- Corriente de campo nominal de 5A a 63VDC
- Rango de tensión de referencia monofásica de 170VAC a 265VAC (50/60Hz)
- Potenciómetro para el ajuste de tensión de salida del alternador
- Potenciómetro de ajuste de estabilidad
- Led verde de alimentación ON
- Led amarillo de protección de baja frecuencia U/F
- Protección de baja frecuencia, con ajuste por potenciómetro y selector de 50Hz/60Hz

El potenciómetro de estabilidad, STAB se emplea para ajustar la estabilidad del generador frente a saltos de carga y mejorar la respuesta transitoria del sistema. Es importante tener en cuenta que a mayor estabilidad en el generador, la respuesta frente a los impactos de carga será más lenta. Por tanto, para la realización de las pruebas de impactos de carga se ajusta el potenciómetro con la menor estabilidad posible sin afectar los valores nominales de la tensión de salida.

El esquema de conexión del AVR5 en el alternador de cara a la prueba de impactos de carga se muestra en la figura 22. El anexo F incluye el manual completo del AVR

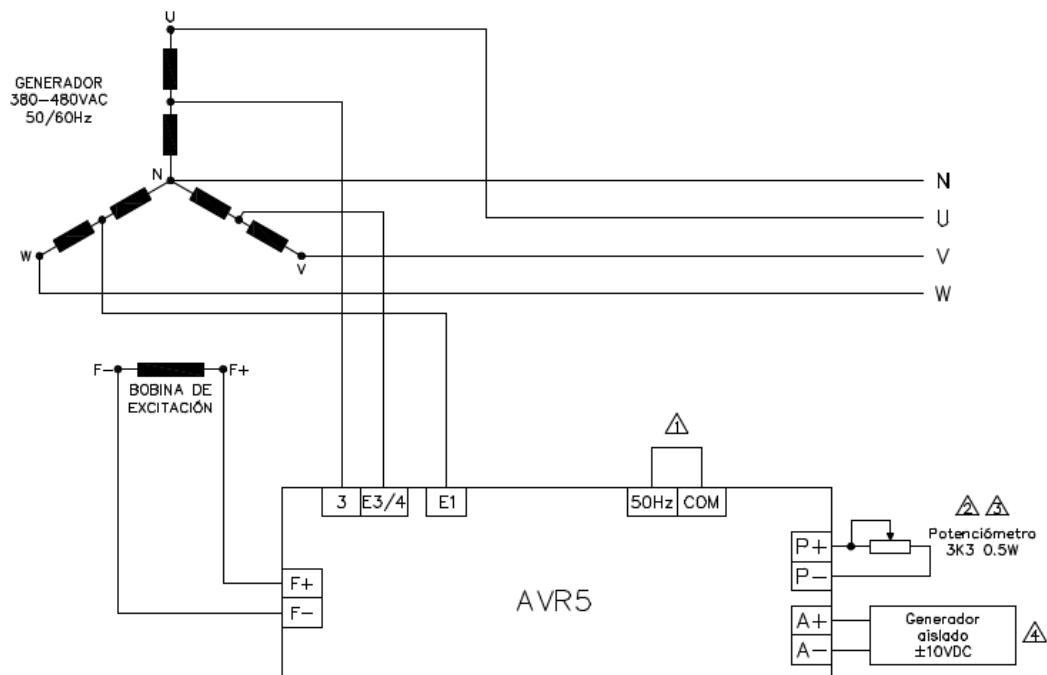


Figura 22. Conexión estrella serie del AVR5 para alternador de 6 bobinados, 3 fases 380-480VAC

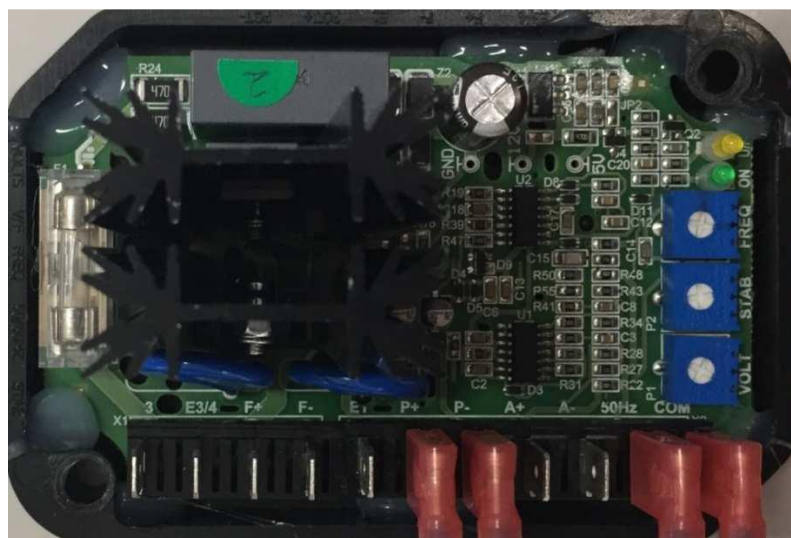


Figura 23. Vista superior de una tarjeta AVR5

Capítulo 6: Prueba de impactos en el grupo de 60kVA

El alternador del grupo de 60kVA viene provisto inicialmente con una AVR de Bassler, modelo DBT 63-4. Se realiza por tanto el estudio minucioso frente a impactos de carga con la AVR5 a 50Hz y 60Hz, y con la DBT 63-4 en su punto más crítico a 50Hz y 60Hz.

El grupo en el banco de pruebas:



Figura 24. Grupo 60kVA preparado para pruebas

Y las AVR ya instaladas para cada condición de funcionamiento quedarían:

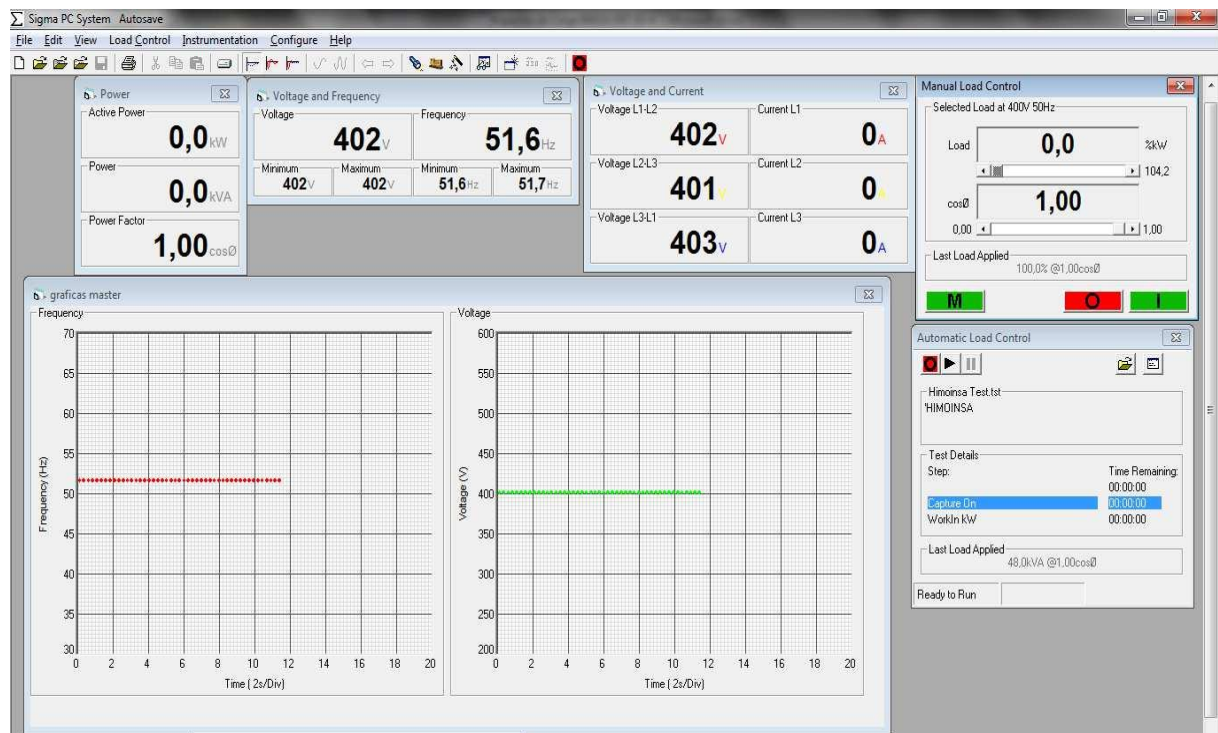


Figura 25. Instalación de las AVR DBT 63-4 (izqda.) y AVR5 (dcha.)

6.1.- Prueba con el AVR5 a 50Hz

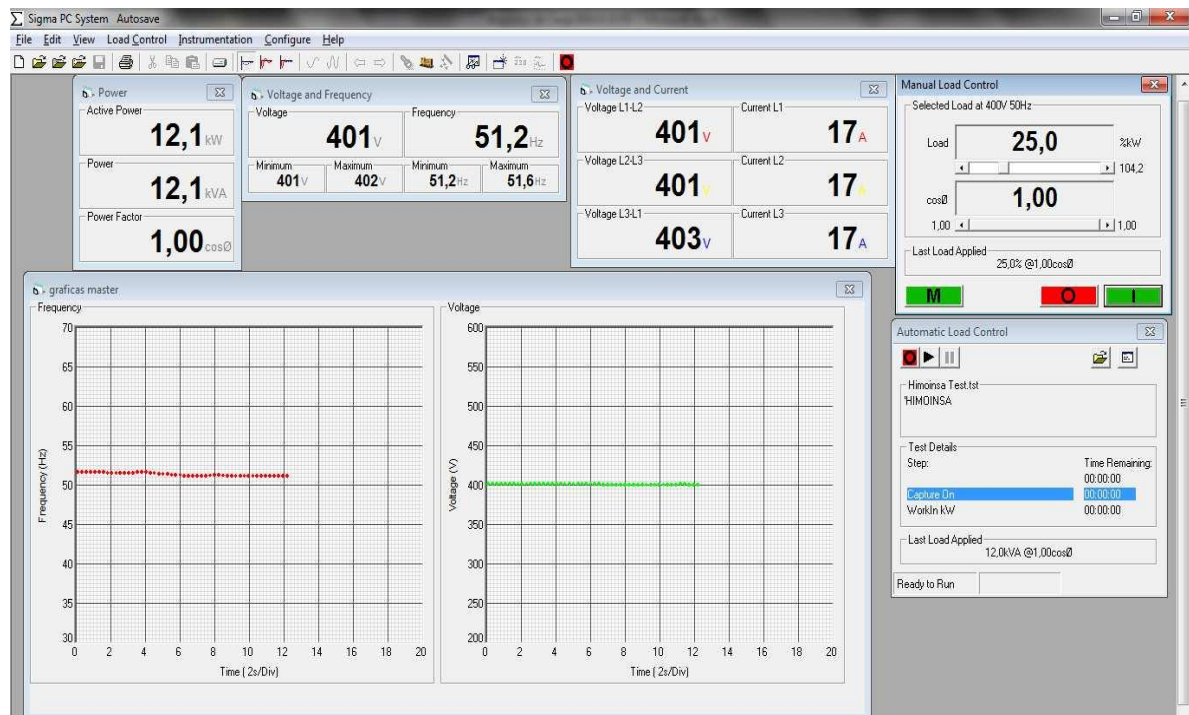
Los resultados obtenidos con el software del banco de carga son:

Máquina al 0%



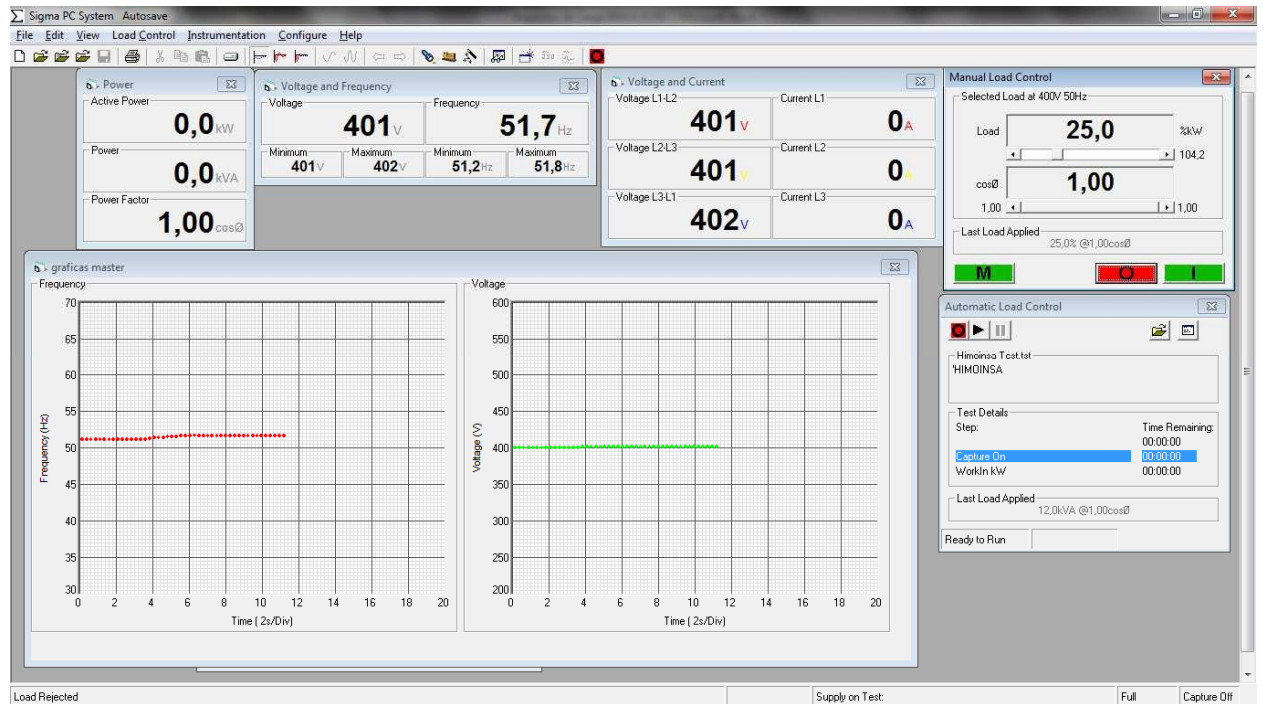
Gráfica 2. Máquina de 60kVA al 0% (50Hz)

Impacto: 0-25%



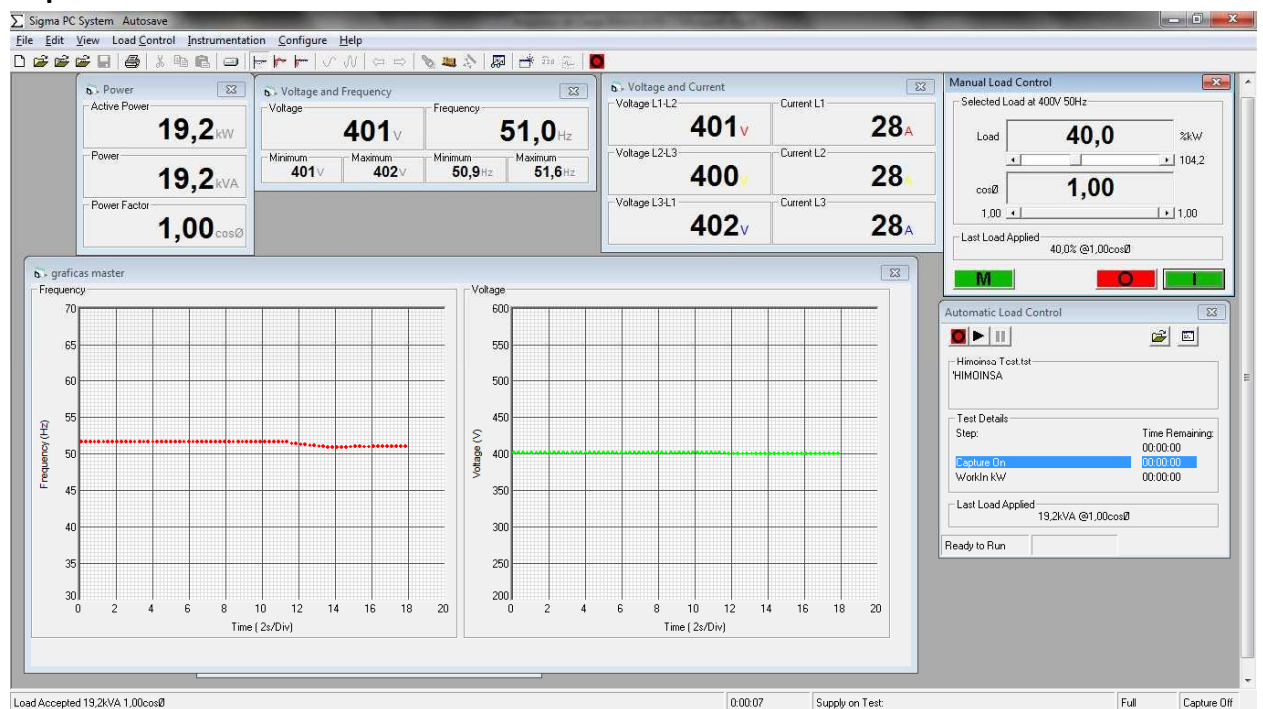
Gráfica 3. Impacto en grupo de 60kVA del 0-25% (50Hz)

Impacto 25-0%



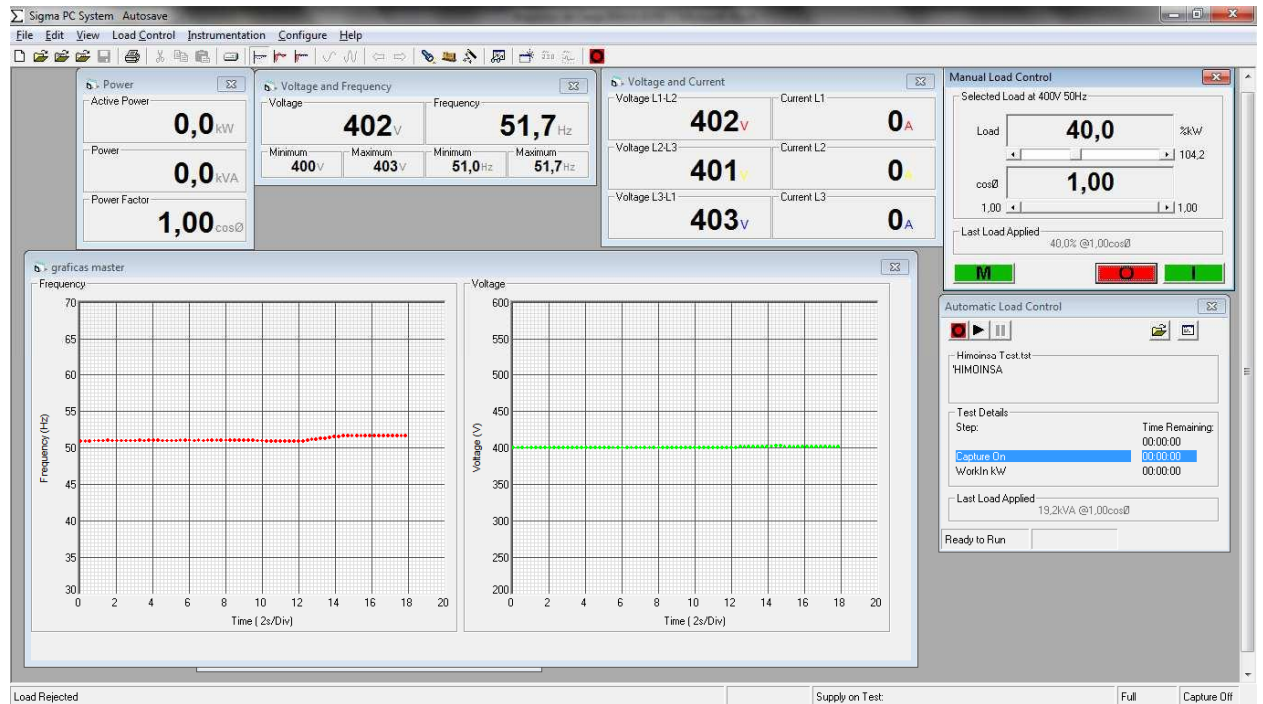
Gráfica 4. Impacto en grupo de 60kVA del 25-0% (50Hz)

Impacto 0-40%



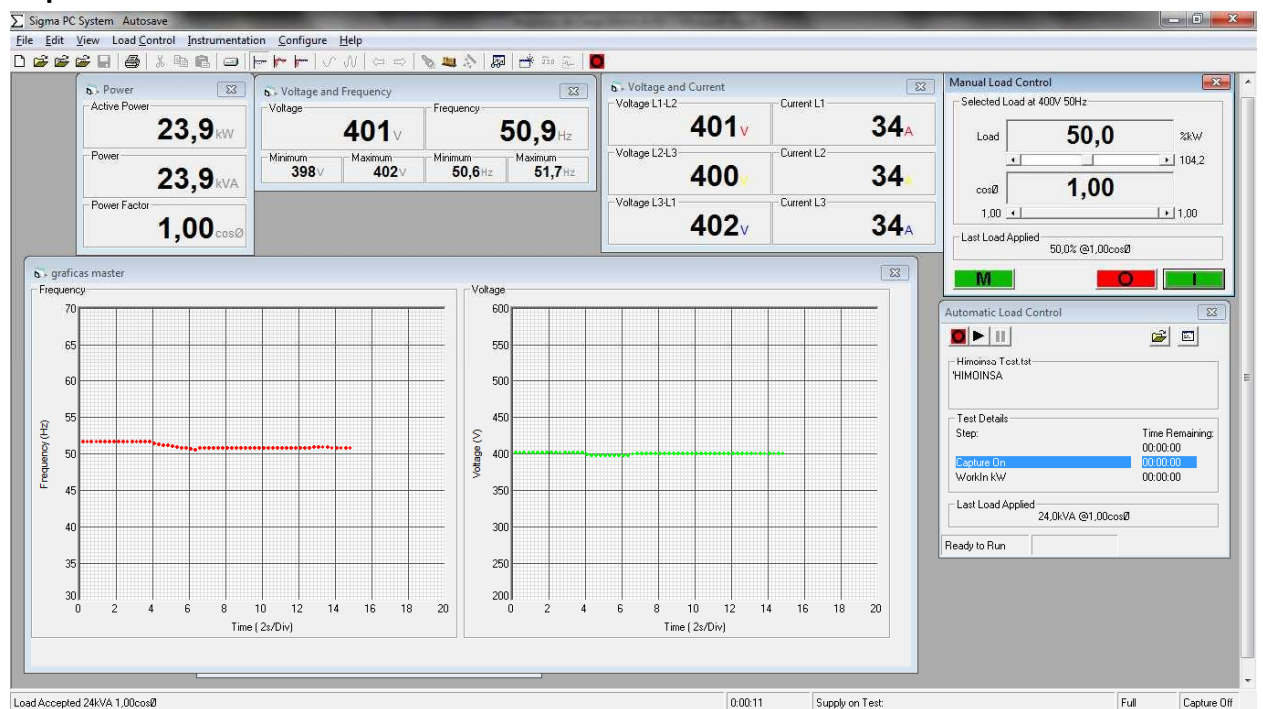
Gráfica 4. Impacto en grupo de 60kVA del 0-40% (50Hz)

Impacto 40-0%



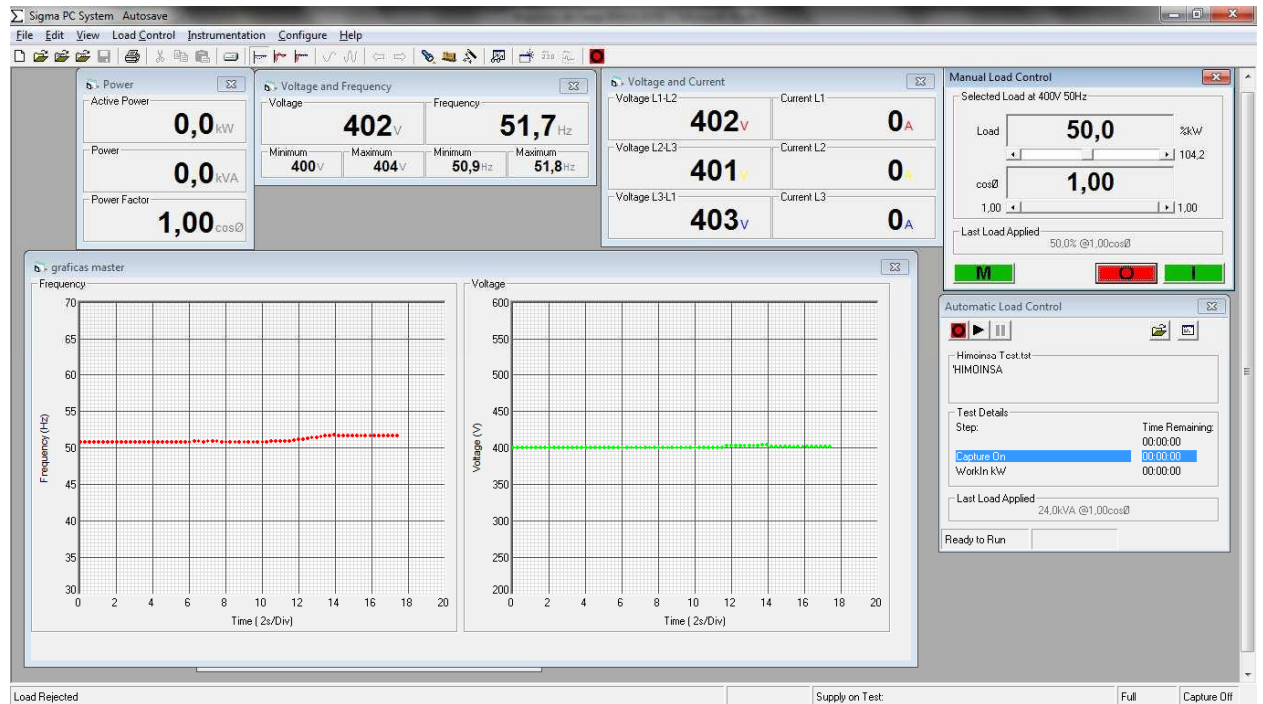
Gráfica 5. Impacto en grupo de 60kVA del 40-0% (50Hz)

Impacto 0-50%



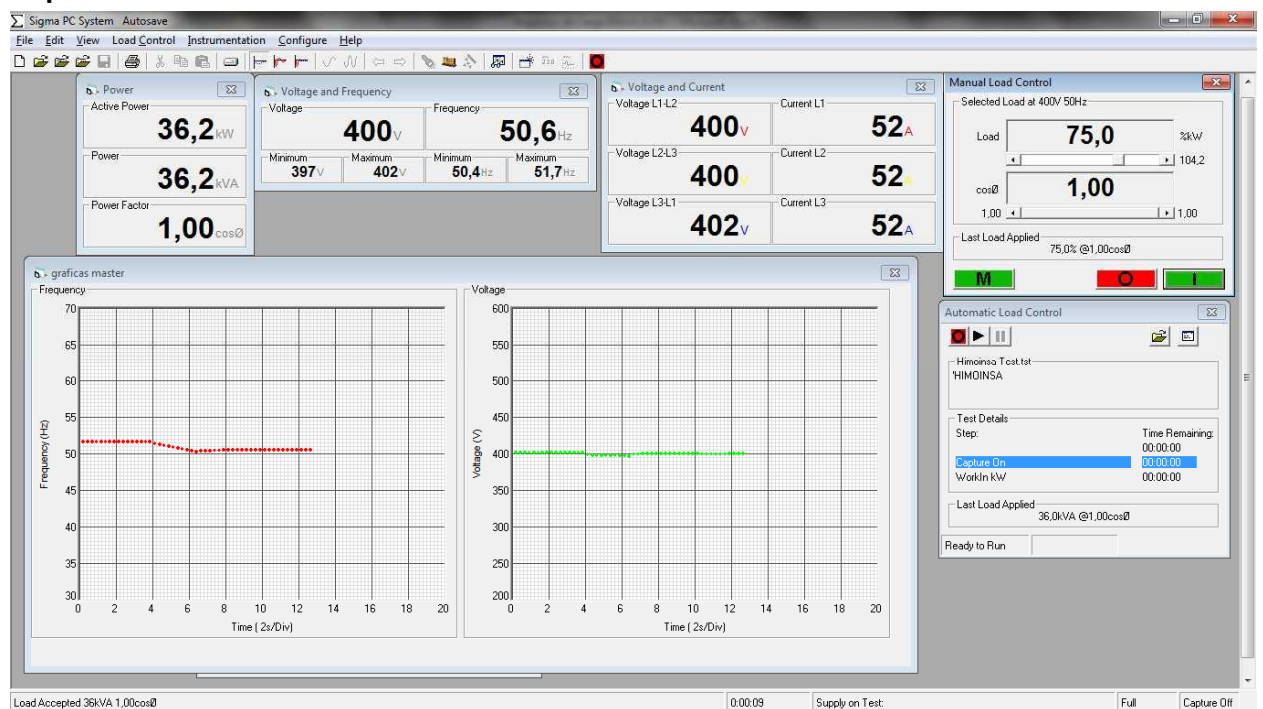
Gráfica 6. Impacto en grupo de 60kVA del 0-50% (50Hz)

Impacto 50-0%



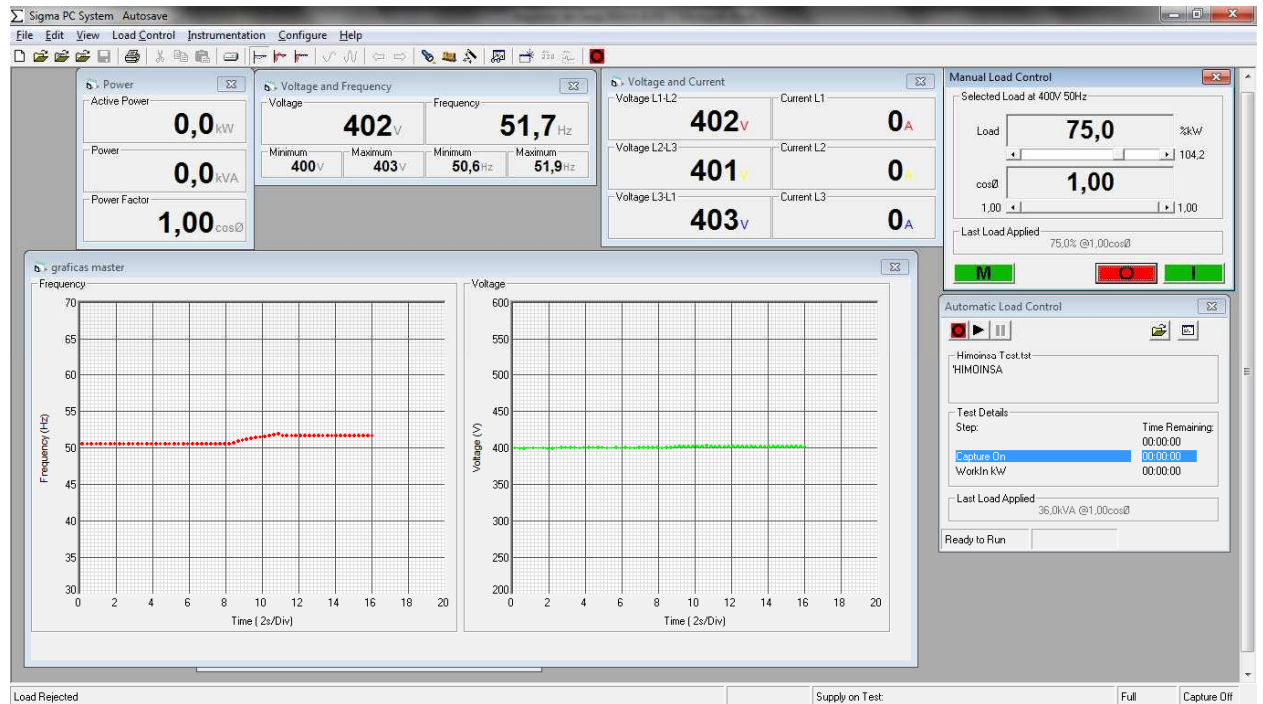
Gráfica 7. Impacto en grupo de 60kVA del 50-0% (50Hz)

Impacto 0-75%



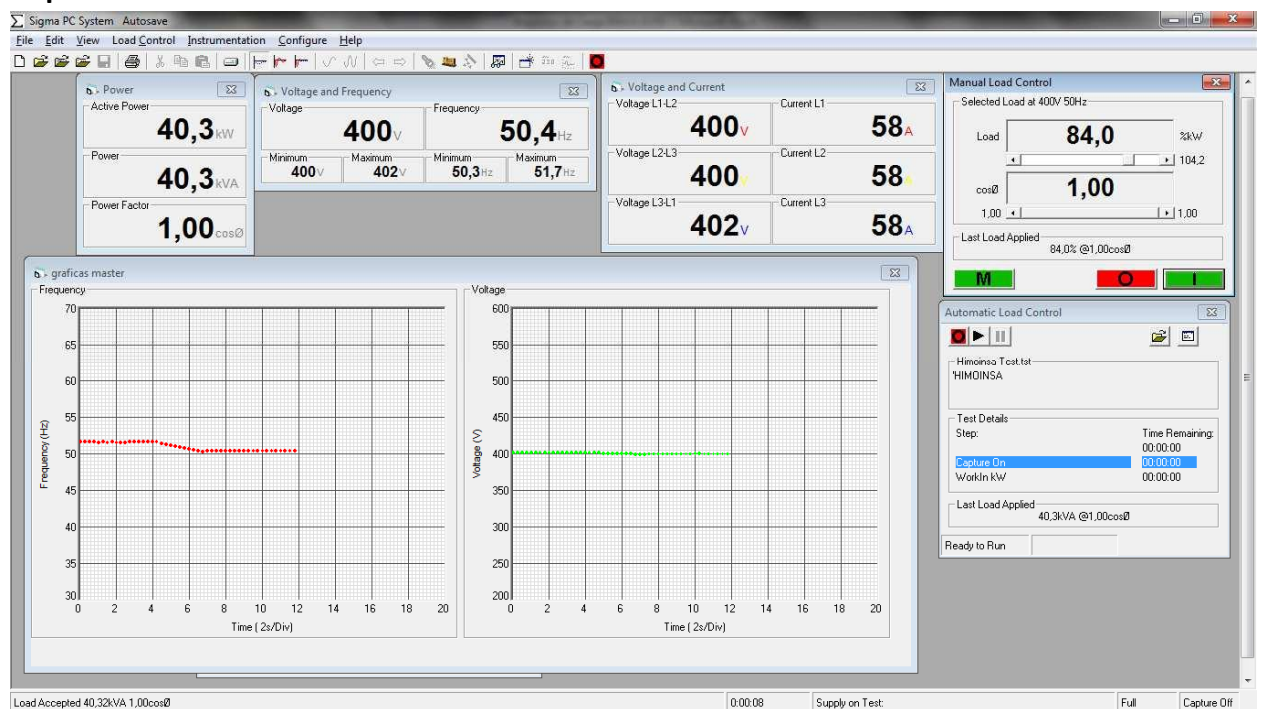
Gráfica 8. Impacto en grupo de 60kVA del 0-75% (50Hz)

Impacto 75-0%



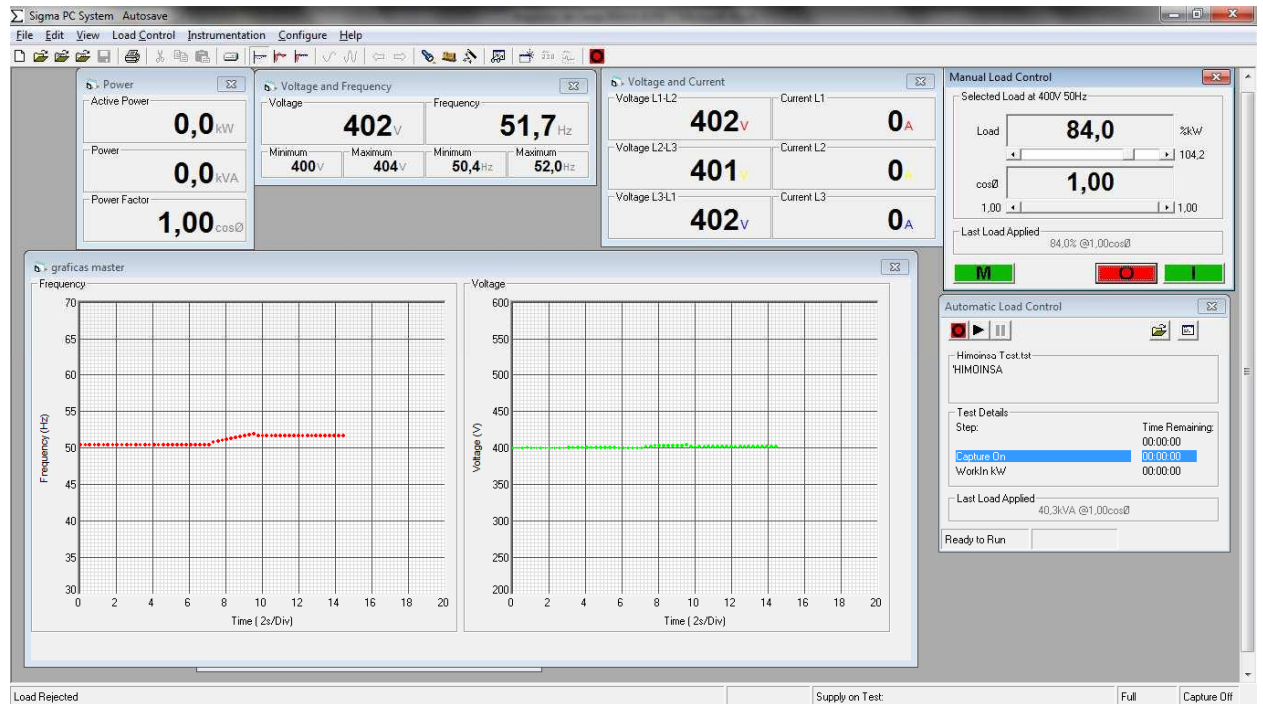
Gráfica 9. Impacto en grupo de 60kVA del 75-0% (50Hz)

Impacto 0-84%



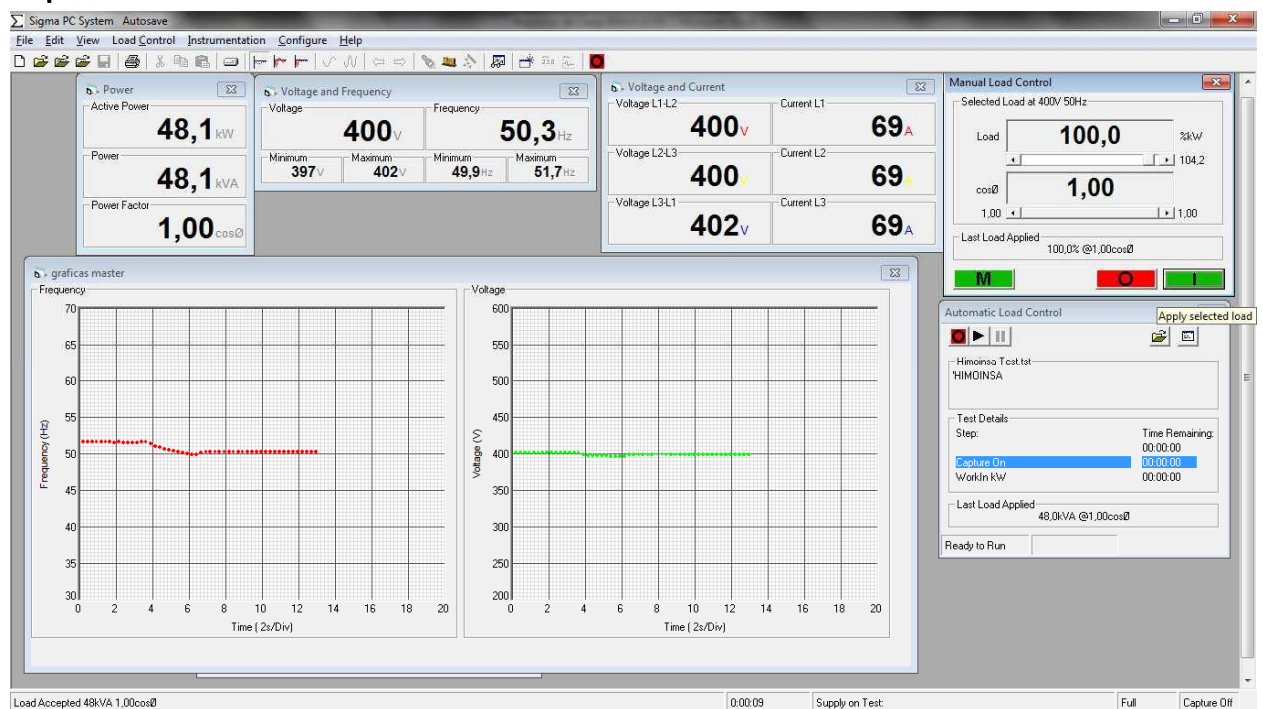
Gráfica 10. Impacto en grupo de 60kVA del 0-84% (50Hz)

Impacto 84-0%



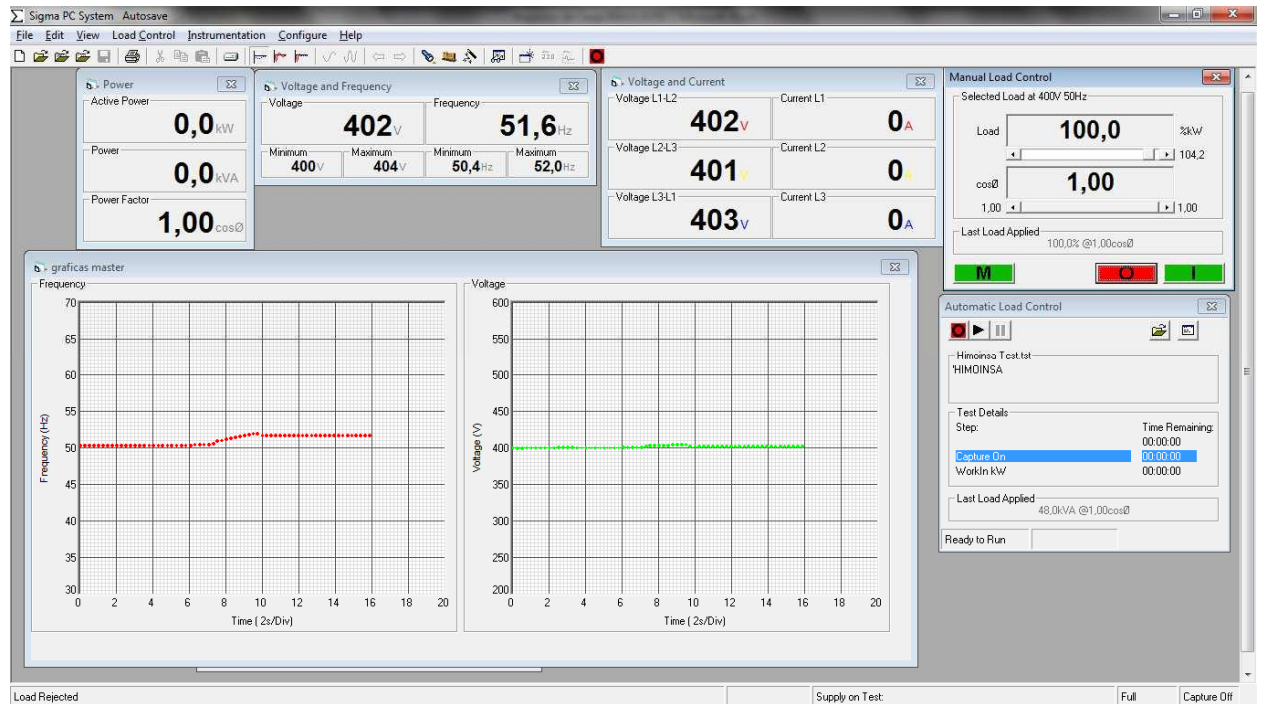
Gráfica 11. Impacto en grupo de 60kVA del 84-0% (50Hz)

Impacto 0-100%



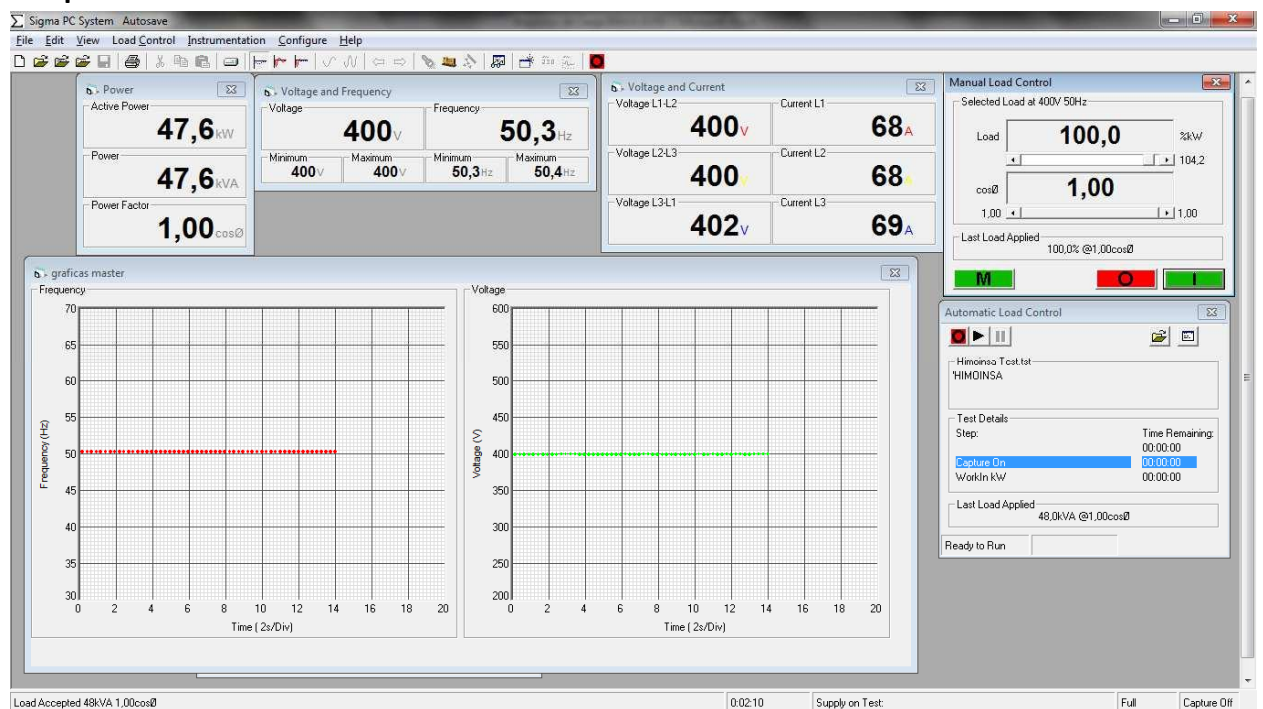
Gráfica 12. Impacto en grupo de 60kVA del 0-100% (50Hz)

Impacto 100-0%



Gráfica 13. Impacto en grupo de 60kVA del 100-0% (50Hz)

Máquina 100%



Gráfica 14. Máquina de 60kVA al 100% (50Hz)

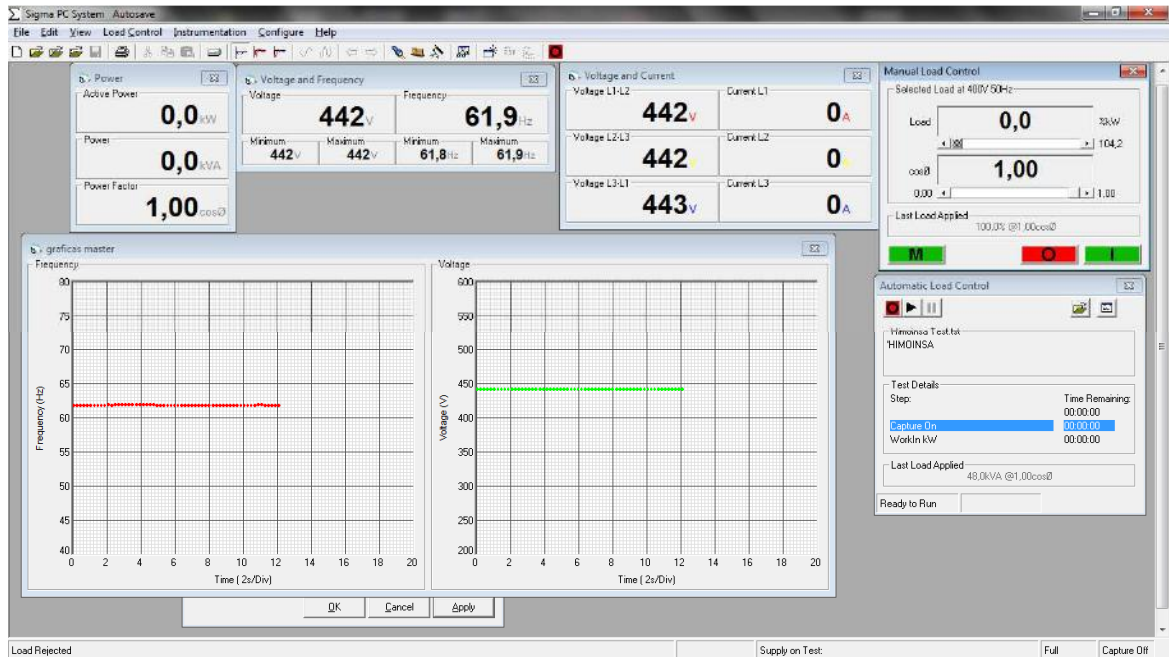
6.1.1.- Conclusiones

A la vista de todas las gráficas obtenidas, el AVR5 muestra un comportamiento más que aceptable en todos los niveles de impactos. El impacto positivo más crítico (0-

100%) es asumido por el motor sin problemas ya que la variación de frecuencia máxima es de 1,8Hz. En cuanto al impacto negativo más crítico (100-0%), la regulación del AVR5 es aceptable. Al liberar la carga, la tensión máxima es 4 voltios por encima de la nominal y el tiempo de recuperación unos 2,5 segundos.

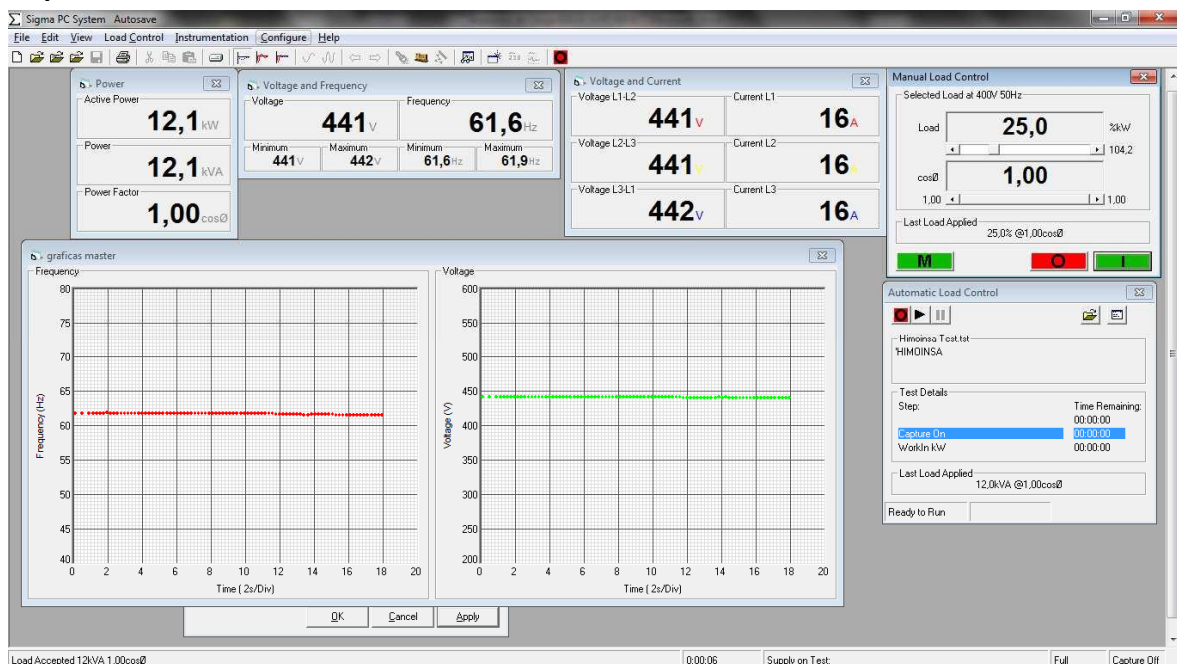
6.2.- Prueba con el AVR5 a 60 Hz

Máquina al 0%



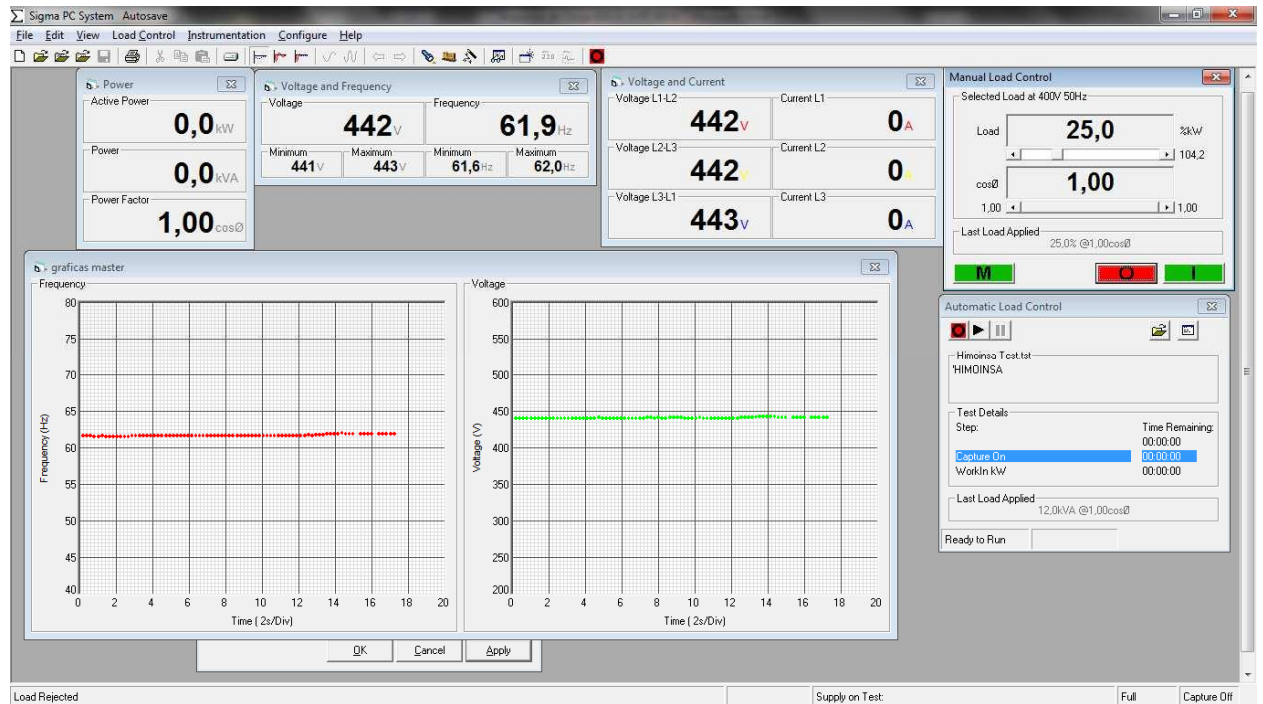
Gráfica 15. Máquina de 60kVA al 0% (60Hz)

Impacto: 0-25%



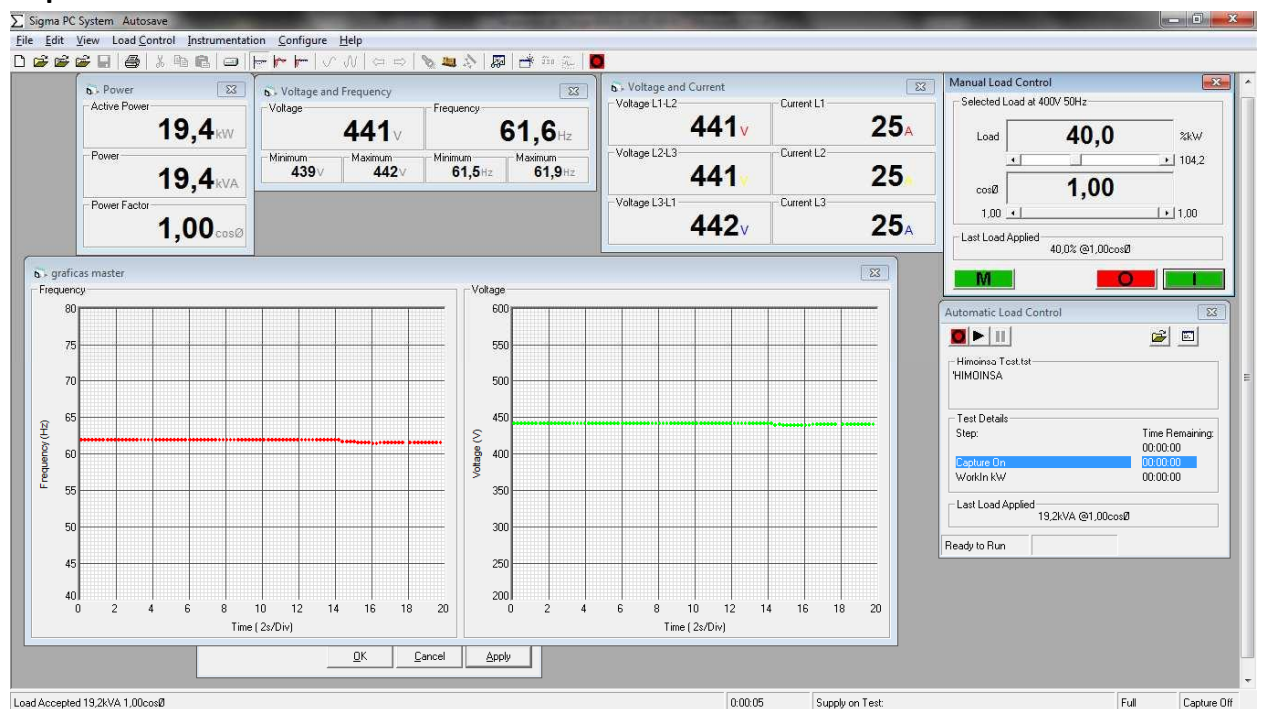
Gráfica 16. Impacto en grupo de 60kVA del 0-25% (60Hz)

Impacto 25-0%



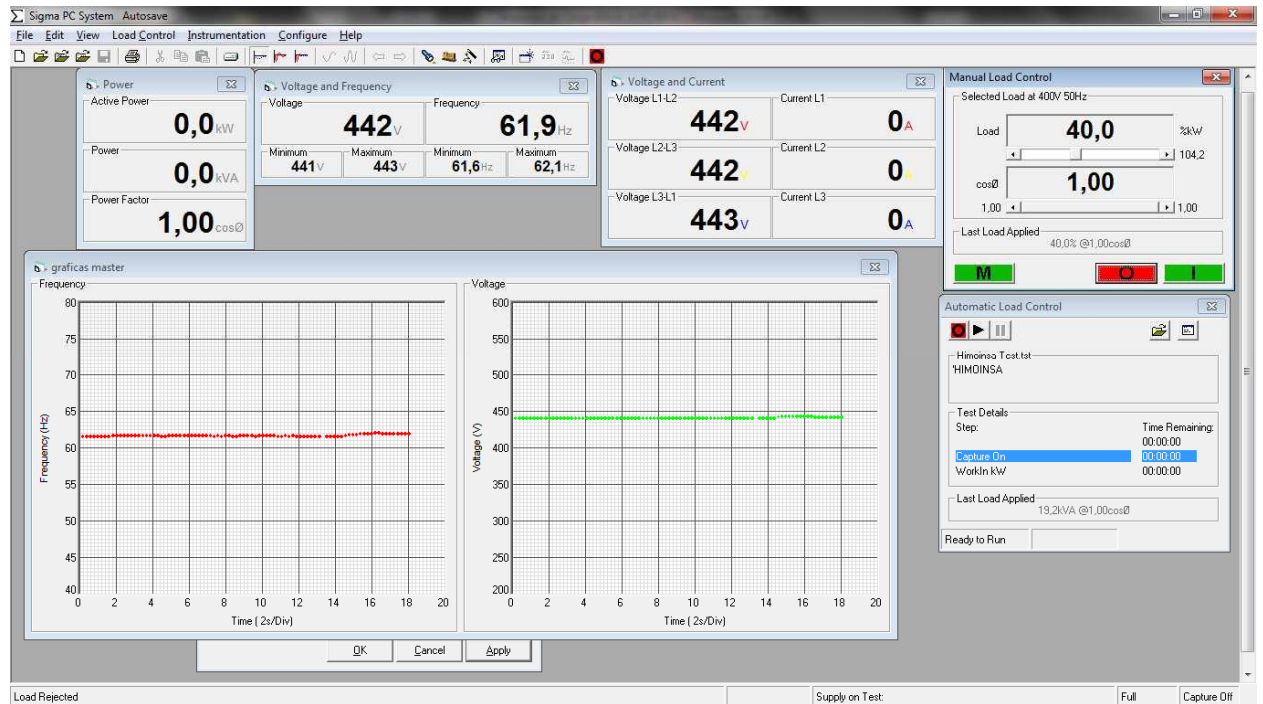
Gráfica 17. Impacto en grupo de 60kVA del 25-0% (60Hz)

Impacto 0-40%



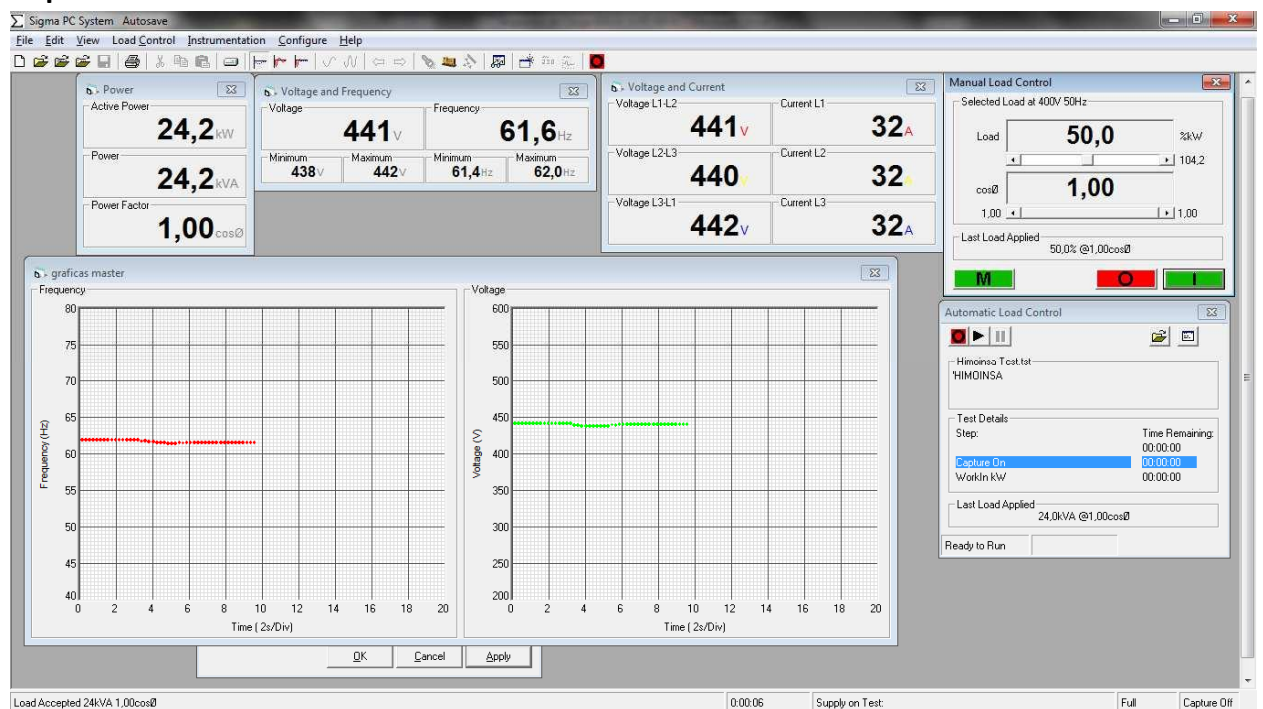
Gráfica 18. Impacto en grupo de 60kVA del 0-40% (60Hz)

Impacto 40-0%



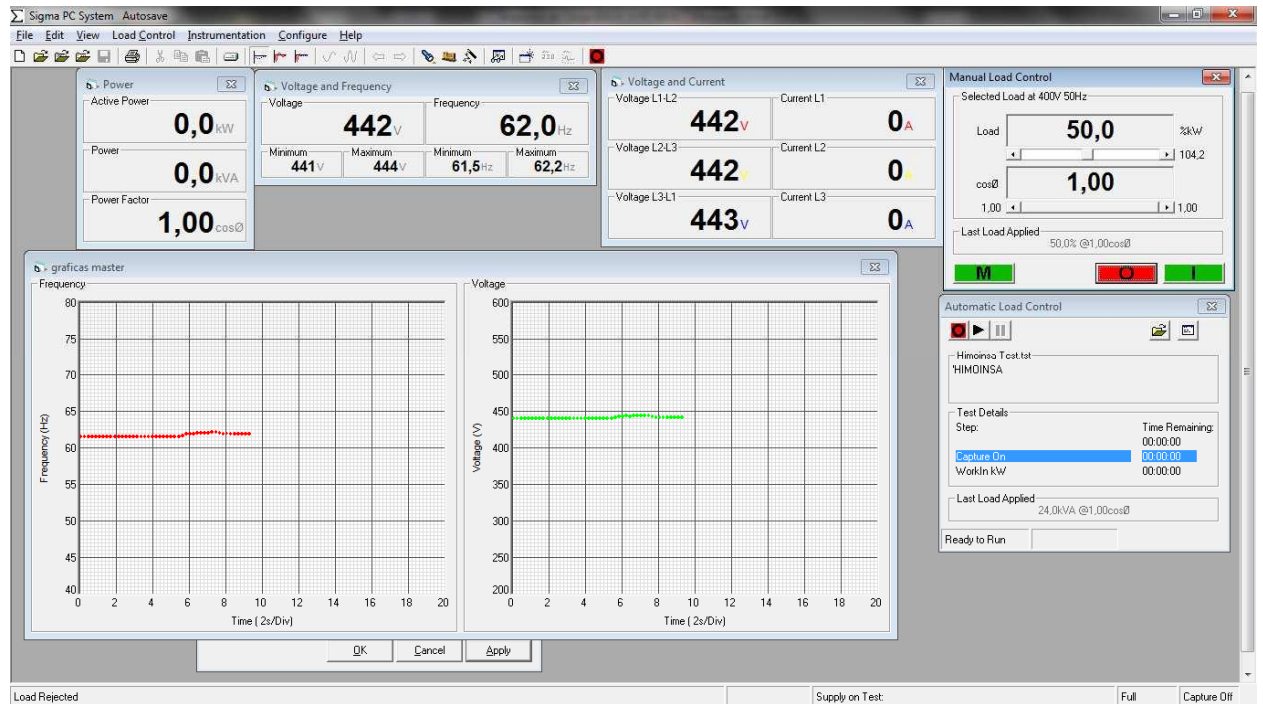
Gráfica 19. Impacto en grupo de 60kVA del 40-0% (60Hz)

Impacto 0-50%



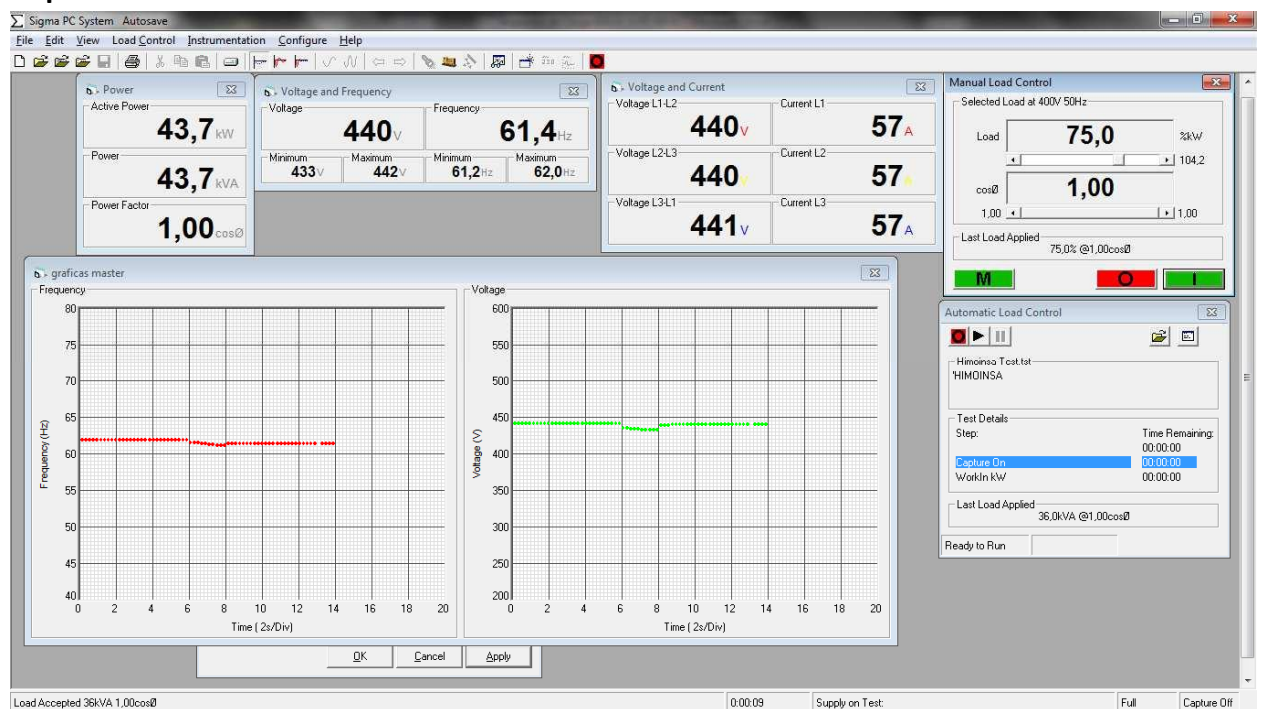
Gráfica 20. Impacto en grupo de 60kVA del 0-50% (60Hz)

Impacto 50-0%



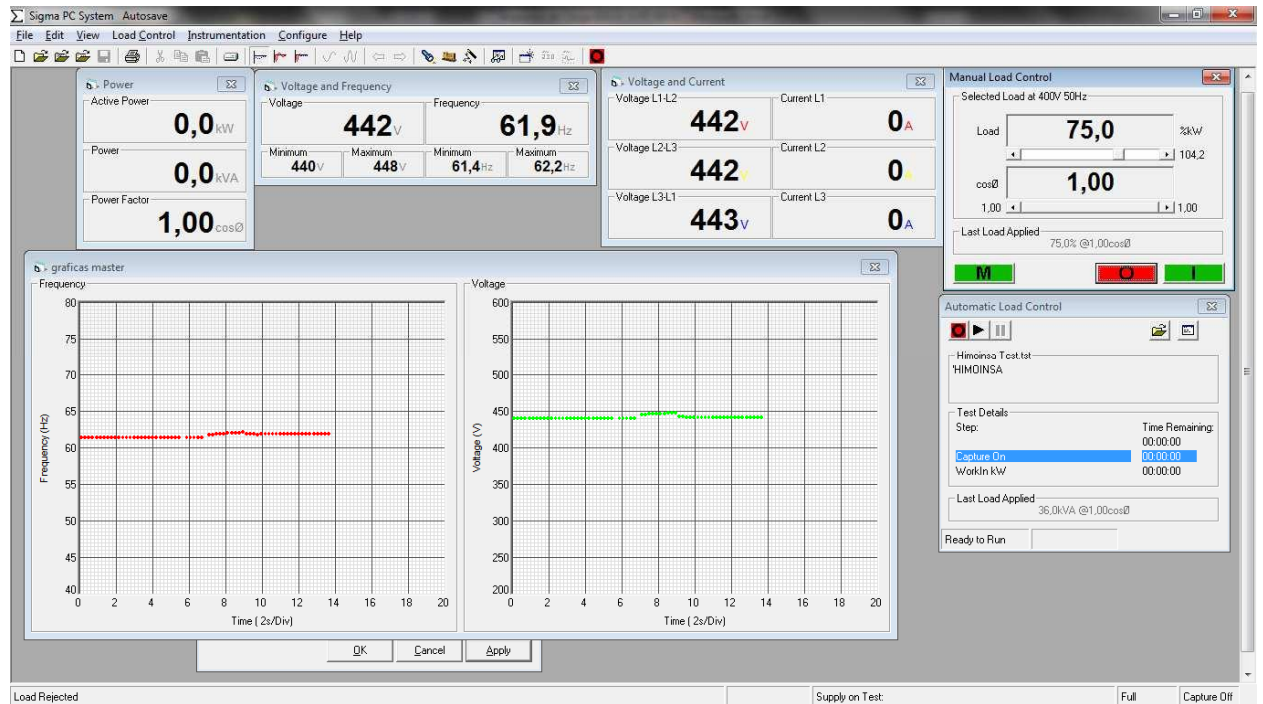
Gráfica 21. Impacto en grupo de 60kVA del 50-0% (60Hz)

Impacto 0-75%



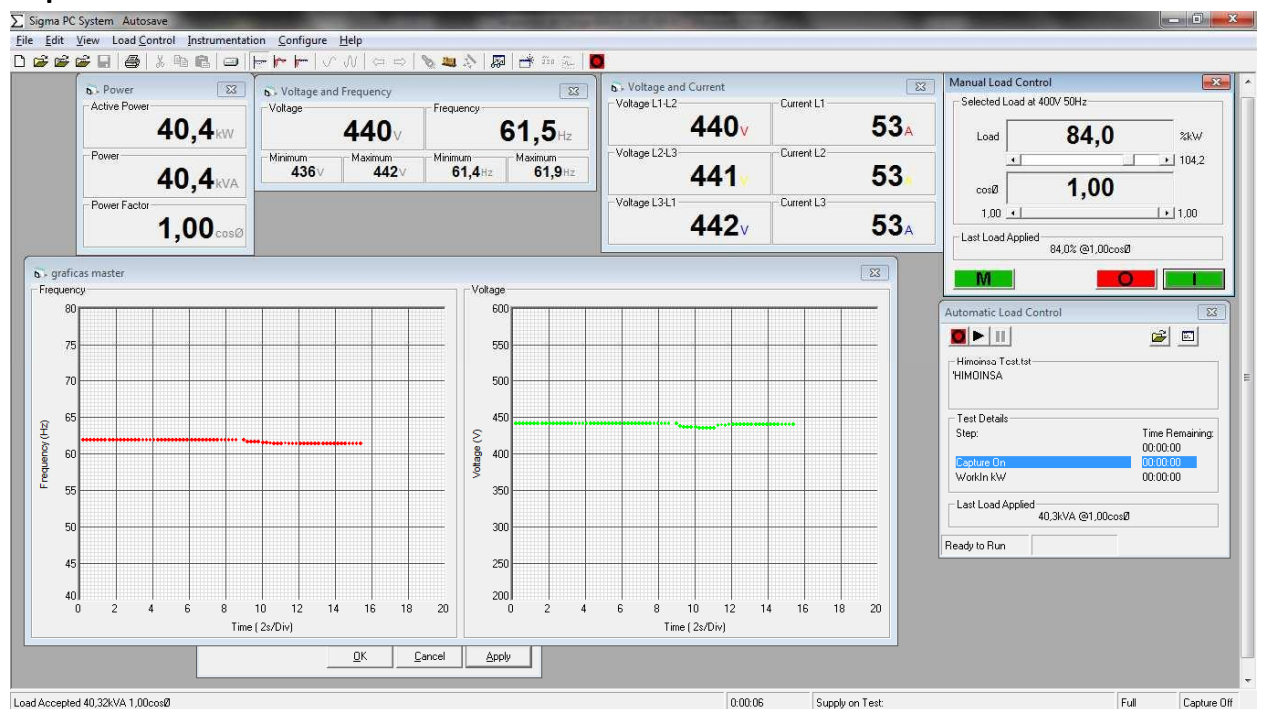
Gráfica 22. Impacto en grupo de 60kVA del 0-75% (60Hz)

Impacto 75-0%



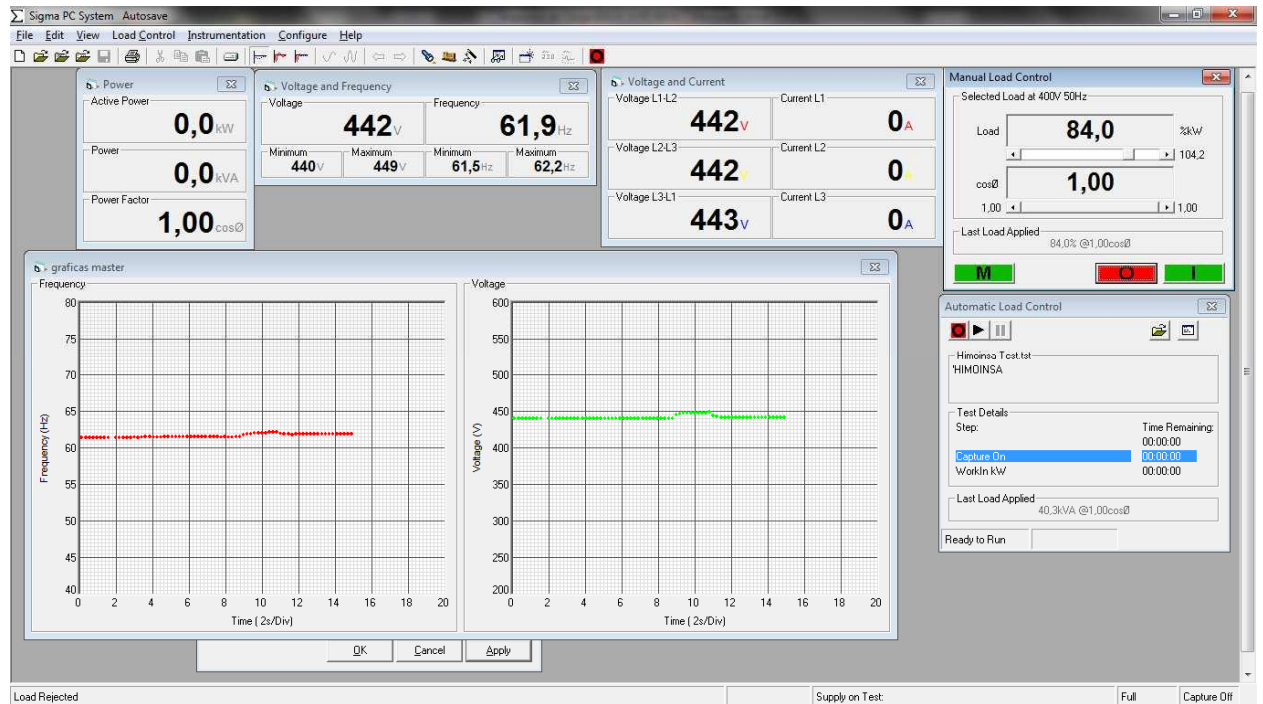
Gráfica 23. Impacto en grupo de 60kVA del 75-0% (60Hz)

Impacto 0-84%



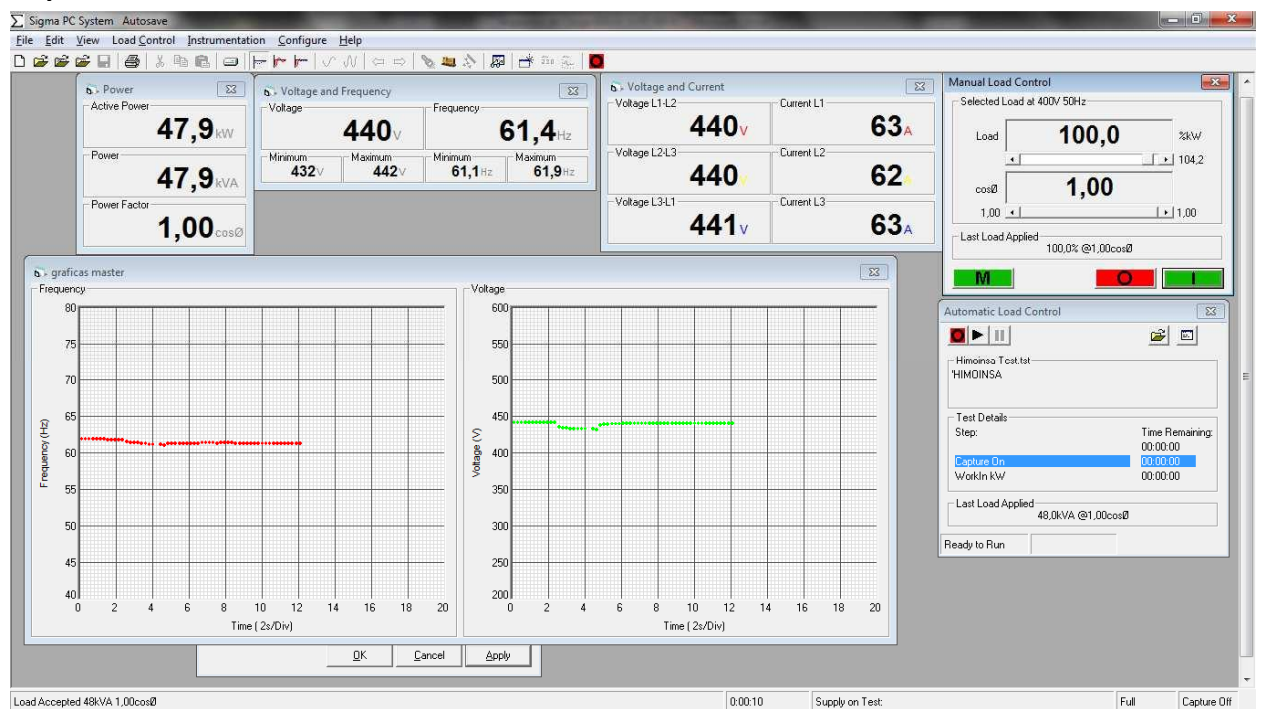
Gráfica 24. Impacto en grupo de 60kVA del 0-84% (60Hz)

Impacto 84-0%



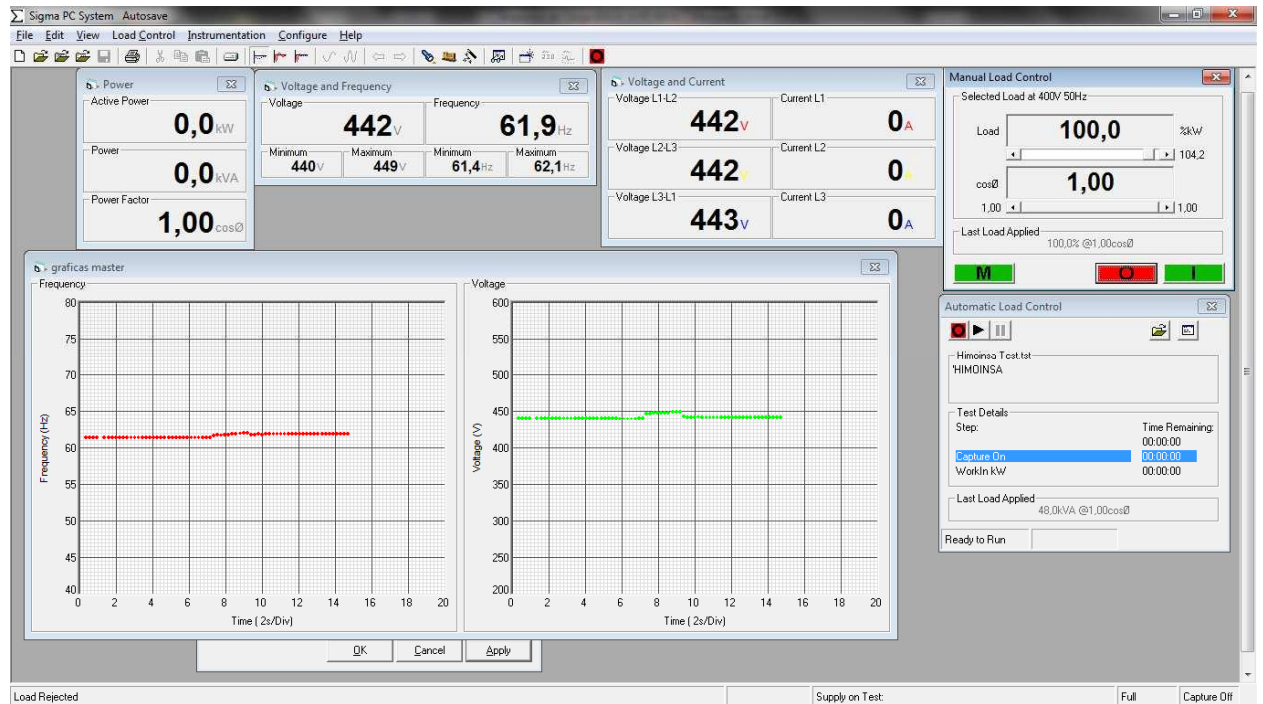
Gráfica 25. Impacto en grupo de 60kVA del 84-0% (60Hz)

Impacto 0-100%



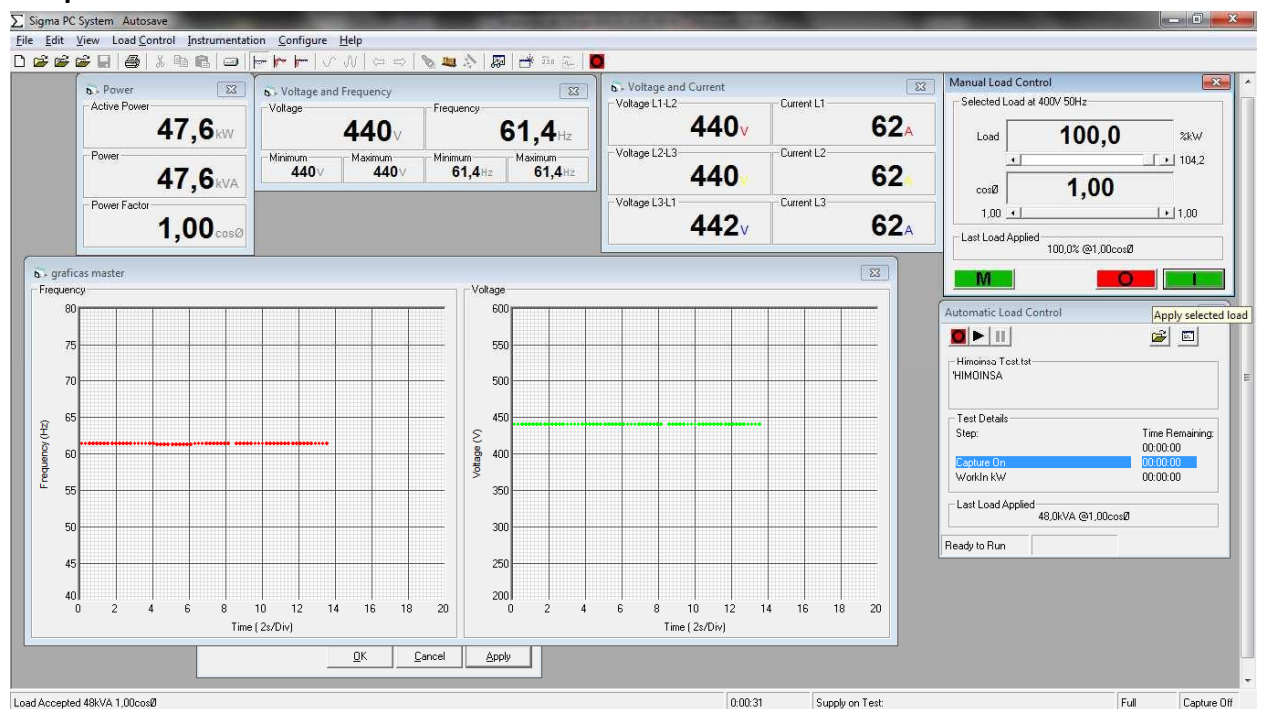
Gráfica 26. Impacto en grupo de 60kVA del 0-100% (60Hz)

Impacto 100-0%



Gráfica 27. Impacto en grupo de 60kVA del 100-0% (60Hz)

Máquina 100%



Gráfica 28. Máquina de 60kVA al 100% (60Hz)

6.2.1.- Conclusiones

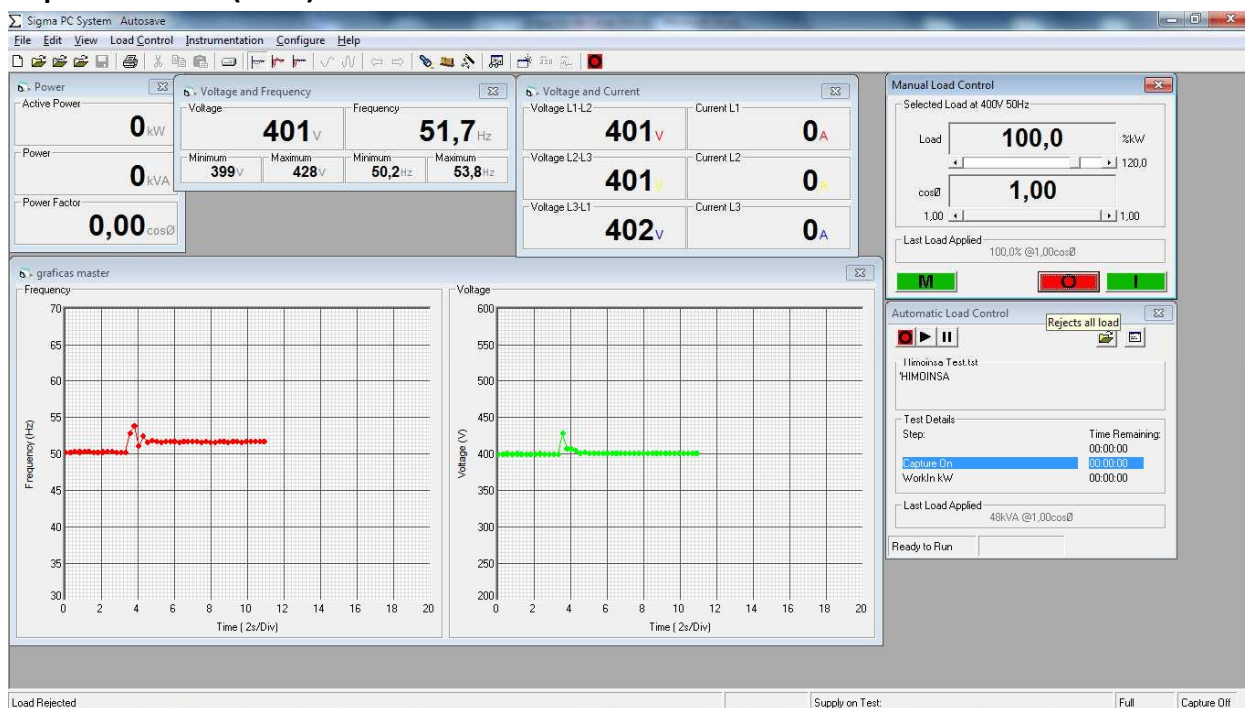
Bajo estas condiciones de funcionamiento, el motor tiene una mejor respuesta ante un impacto positivo de carga ya que la variación de las revoluciones del motor es de tan solo 0,8 Hz.

Por otro lado, el AVR5 también tiene una buena respuesta a 60Hz. Pese a que la diferencia de tensión es mayor que a 50Hz (10V), no hay que perder de vista que el motor gira 300 revoluciones por minuto más rápida, con lo que su inercia será mayor a la hora de liberar la carga. Además, el tiempo de recuperación de la tensión nominal es de unos 2 segundos aproximadamente, un valor totalmente válido.

6.3.- Prueba con la DBT 63-4 a 50Hz y 60Hz

Puesto que el estudio detallado sobre el comportamiento del AVR frente a impactos de carga se ha realizado con la AVR5, en la tarjeta reguladora DBT 63-4 se analiza expresamente el impacto negativo de 100-0% que es el que más relación tiene con la electrónica del lazo de control de la tarjeta. El resto de resultados se incluyen en el Anexo G.

Impacto 100-0% (50Hz)



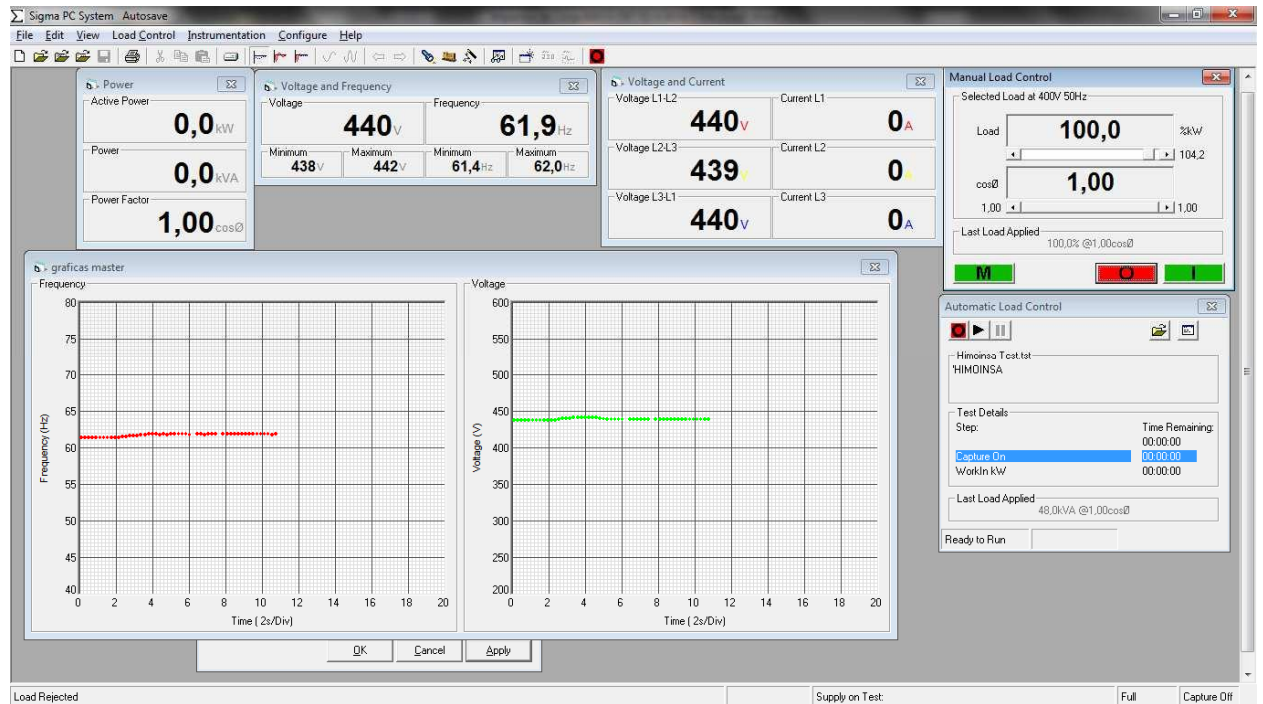
Gráfica 29. Máquina de 60kVA al 100% (50Hz) de DBT 63-4

Tras este resultado, vemos como la respuesta del AVR de Bassler es más rápida que la del AVR5 aunque a costa de obtener una diferencia de tensión mayor (29V). Evidentemente cuanto mayor sea el pico de tensión, más sufrirán los devanados del alternador. Pese a ello, los valores obtenidos con el AVR5 y la DBT 63-4 son

perfectamente válidos y también pueden servir como referencia a la hora de plantear el diseño del AVR digital.

Por otro lado, la DBT 63-4 a 60Hz no tiene un comportamiento tan rápido como a 50Hz aunque a costa de tener una diferencia de tensión máxima de 4V.

Impacto 100-0% (60Hz)



Gráfica 30. Máquina de 60kVA al 100% (60Hz) de DBT 63-4

(Esta página se ha dejado en blanco a propósito)

Capítulo 7: Prueba de impactos en el grupo de 200kVA

El alternador del grupo de 200kVA viene provisto inicialmente con una AVR de Grameyer, modelo GRT7-TH4E. Se plantea realizar por tanto el estudio minucioso frente a impactos de carga con la AVR5 a 50Hz y 60Hz, y con la GRT7-TH4E en su punto más crítico a 50Hz y 60Hz.

Las conexiones de AVR ya instaladas para cada condición de funcionamiento quedarían:



Figura 26. Instalación del AVR GRT7-TH4E en grupo de 200kVA

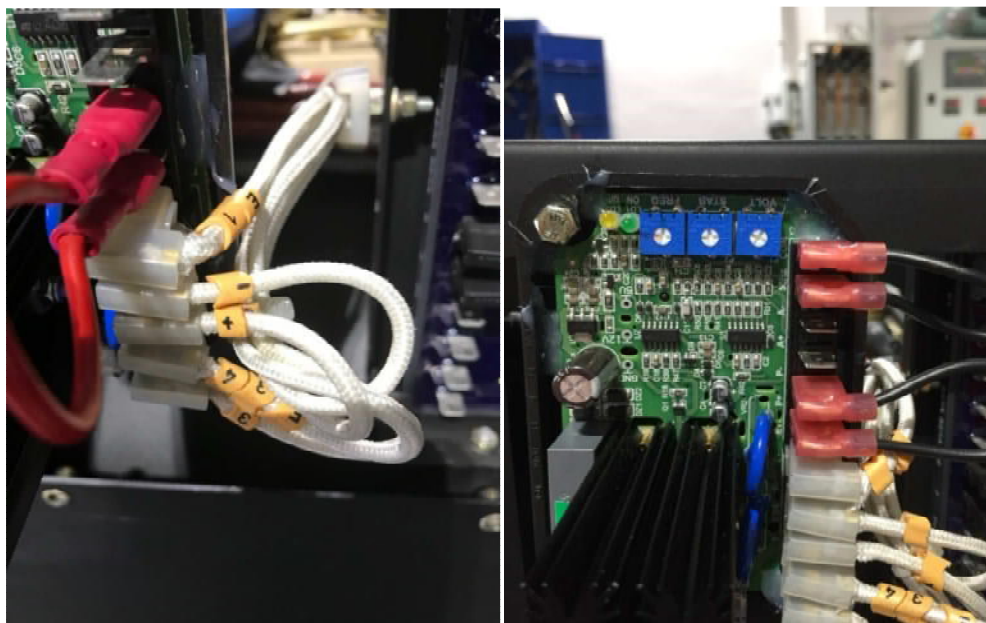
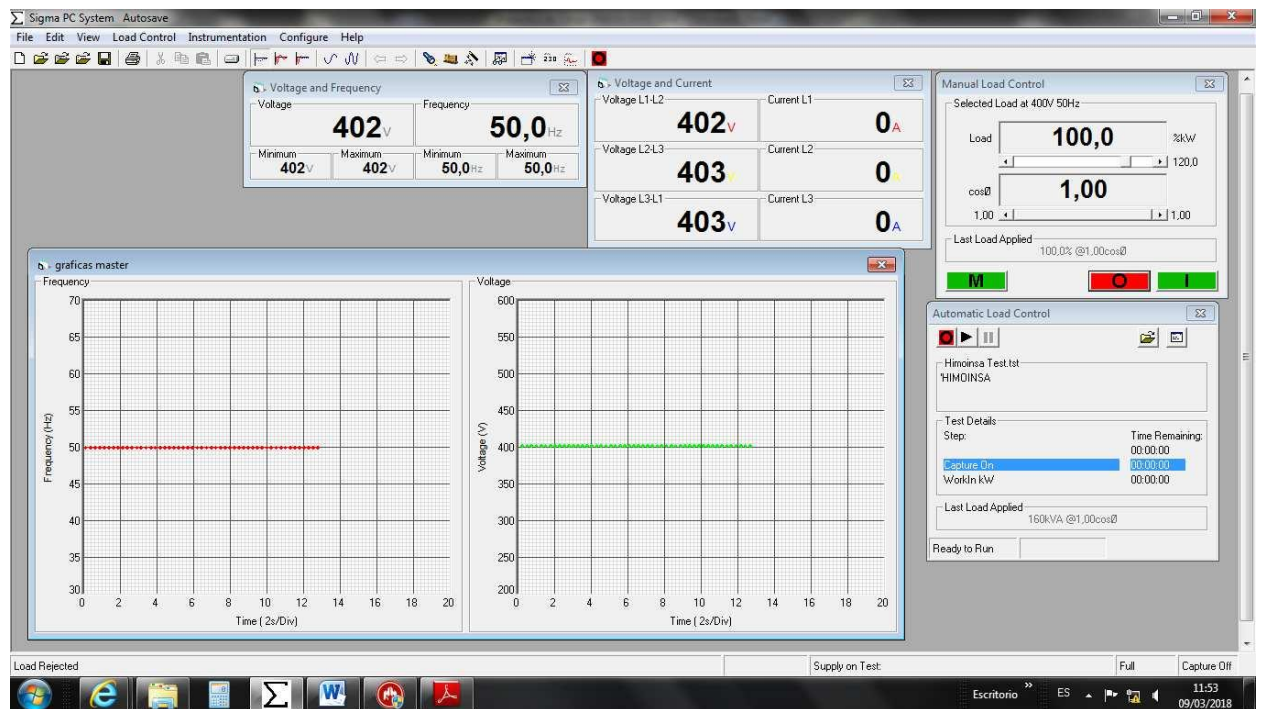


Figura 27. Instalación del AVR5 en grupo de 200kVA

7.1.- Prueba con el AVR5 a 50Hz

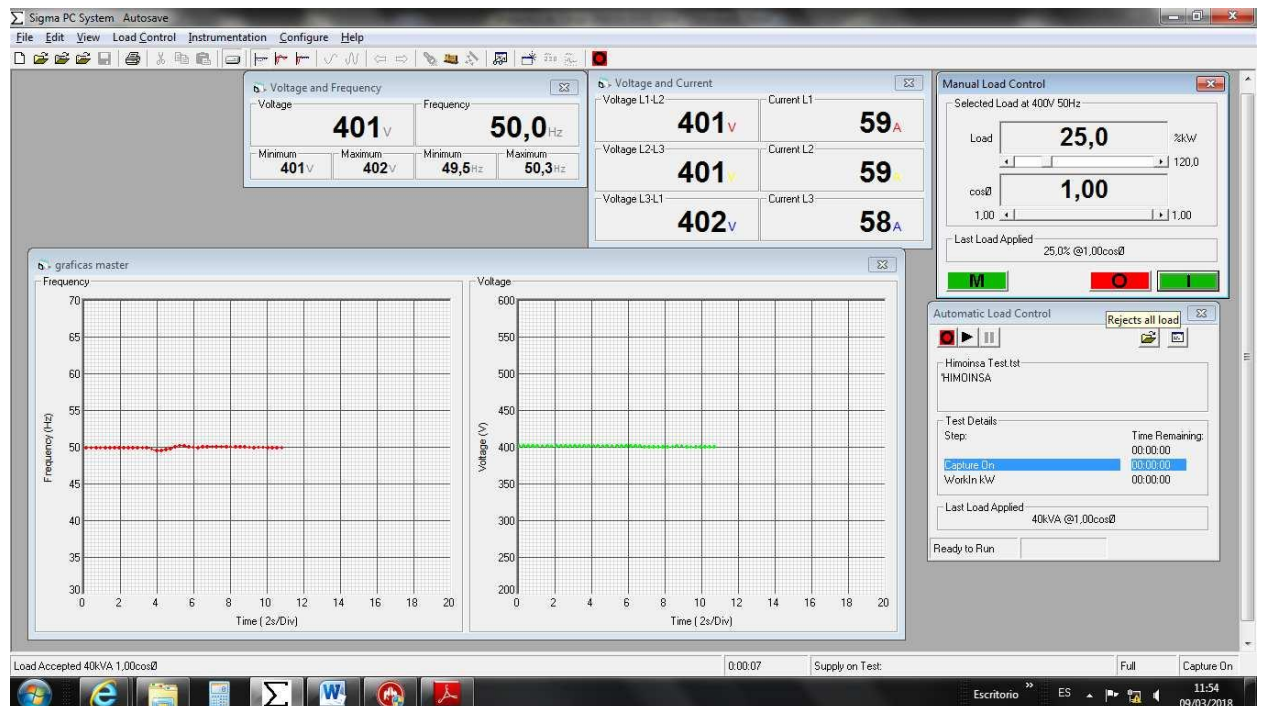
Los resultados obtenidos con el software del banco de carga son:

Máquina al 0%



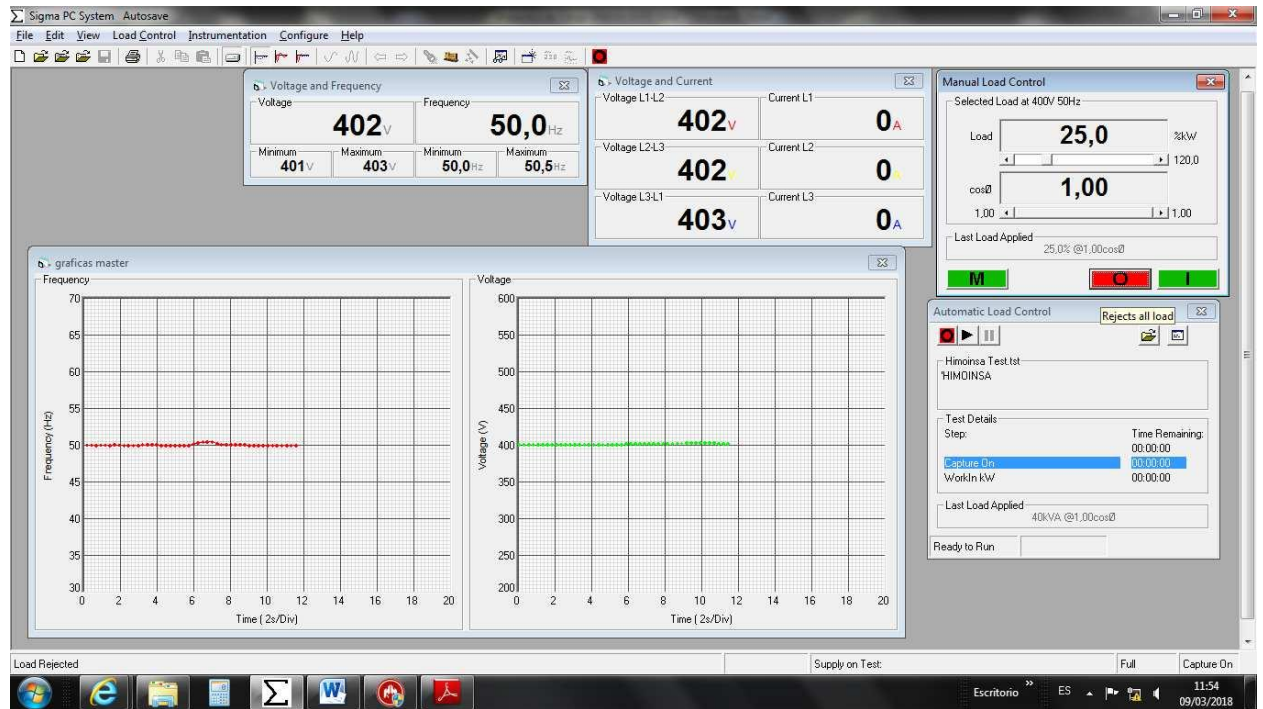
Gráfica 31. Máquina de 200kVA al 0% (50Hz)

Impacto: 0-25%



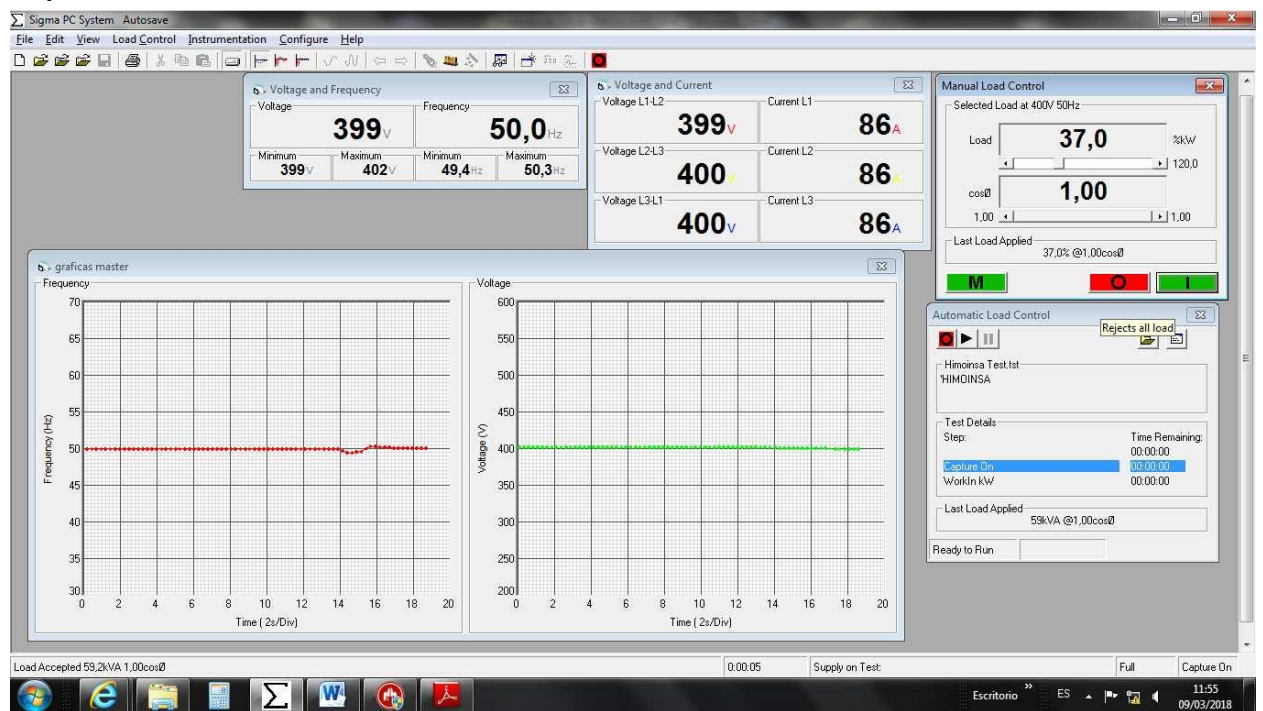
Gráfica 32. Impacto en grupo de 200kVA del 0-25% (50Hz)

Impacto 25-0%



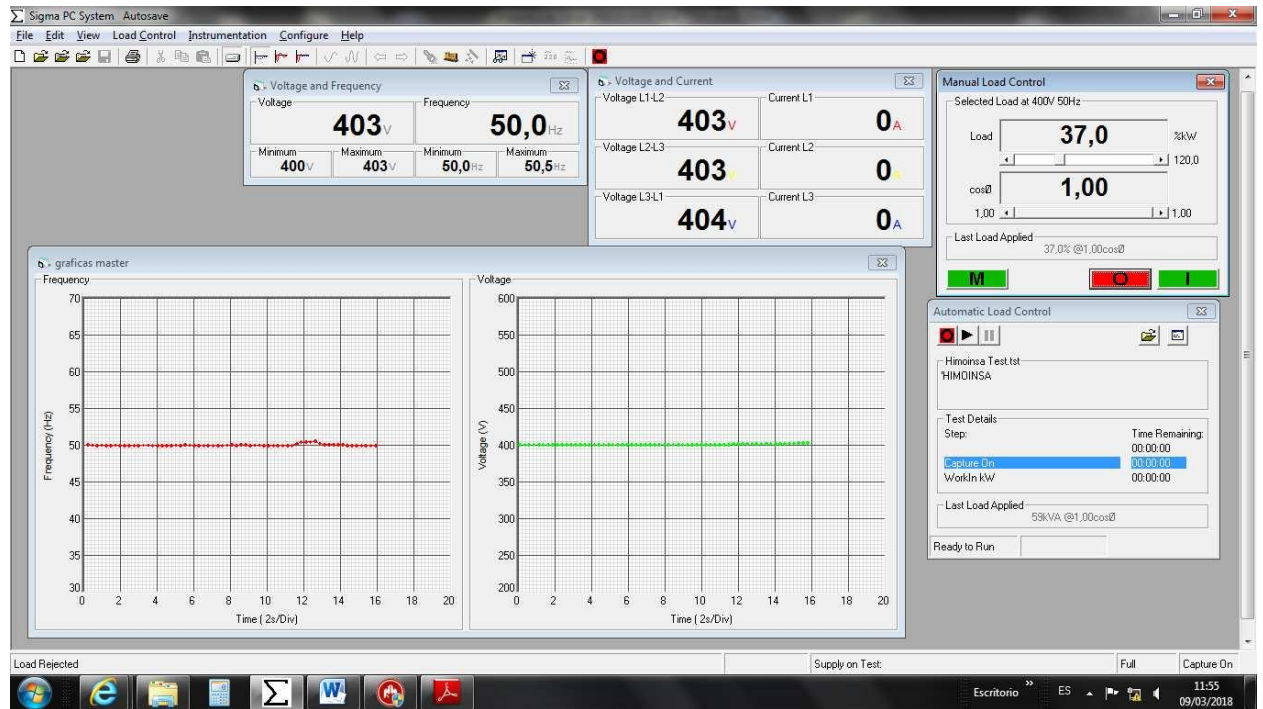
Gráfica 33. Impacto en grupo de 200kVA del 25-0% (50Hz)

Impacto 0-37%



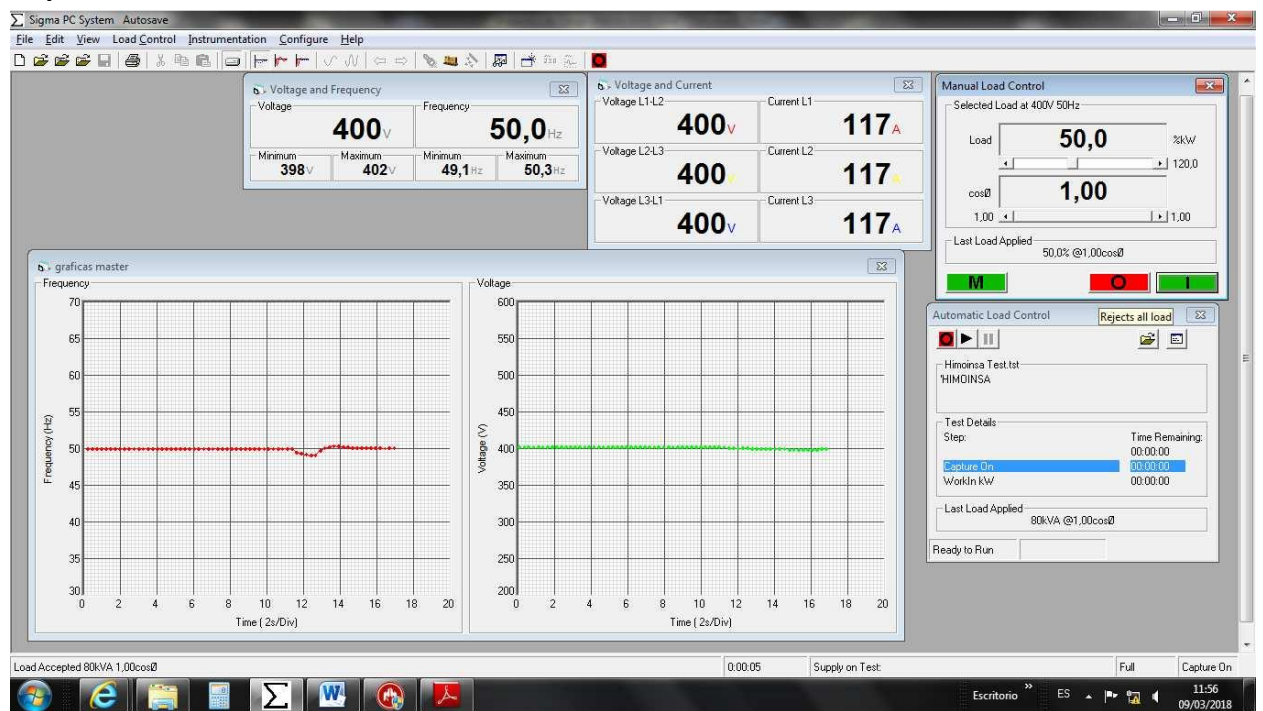
Gráfica 34. Impacto en grupo de 200kVA del 0-37% (50Hz)

Impacto 37-0%



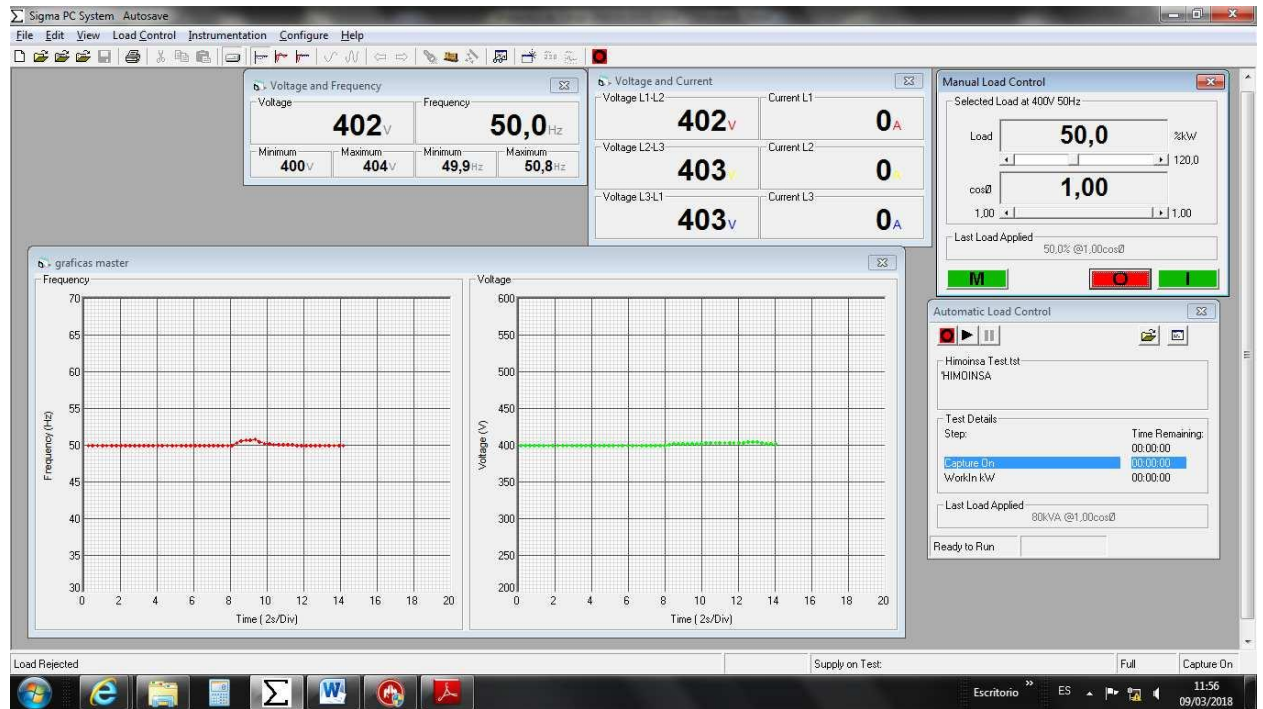
Gráfica 35. Impacto en grupo de 200kVA del 37-0% (50Hz)

Impacto 0-50%



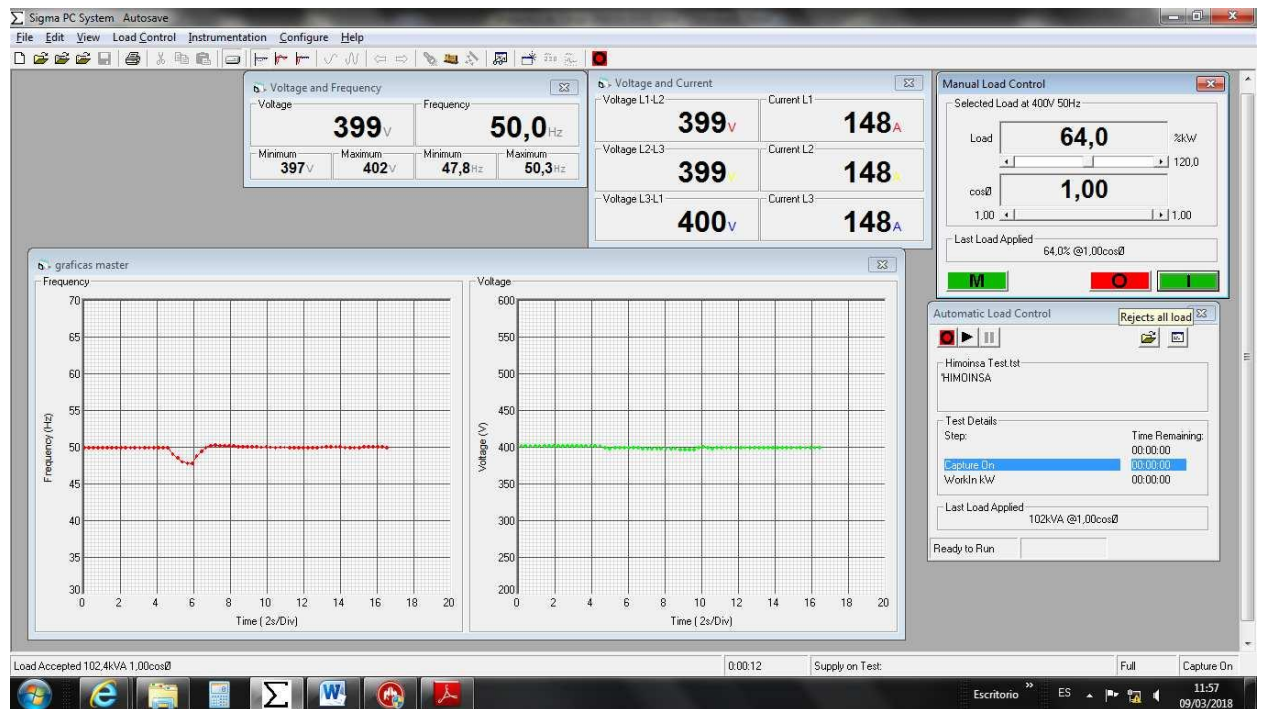
Gráfica 36. Impacto en grupo de 200kVA del 0-50% (50Hz)

Impacto 50-0%



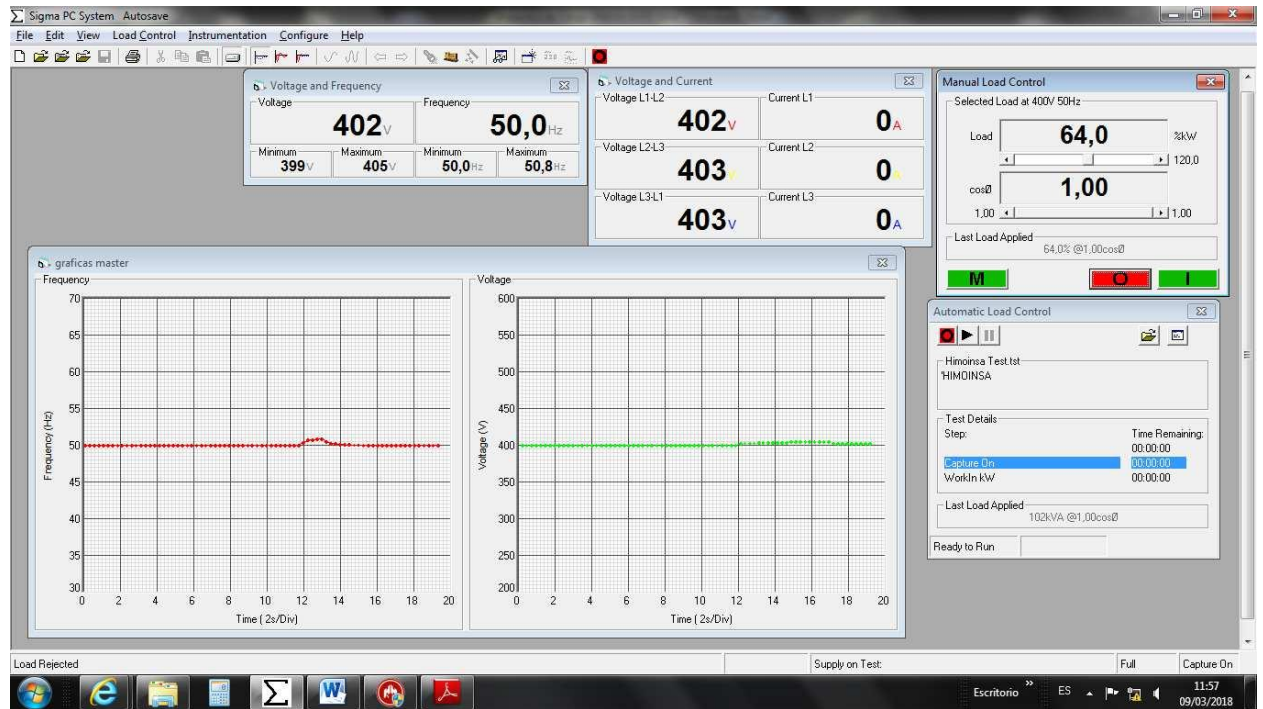
Gráfica 37. Impacto en grupo de 200kVA del 50-0% (50Hz)

Impacto 0-64%



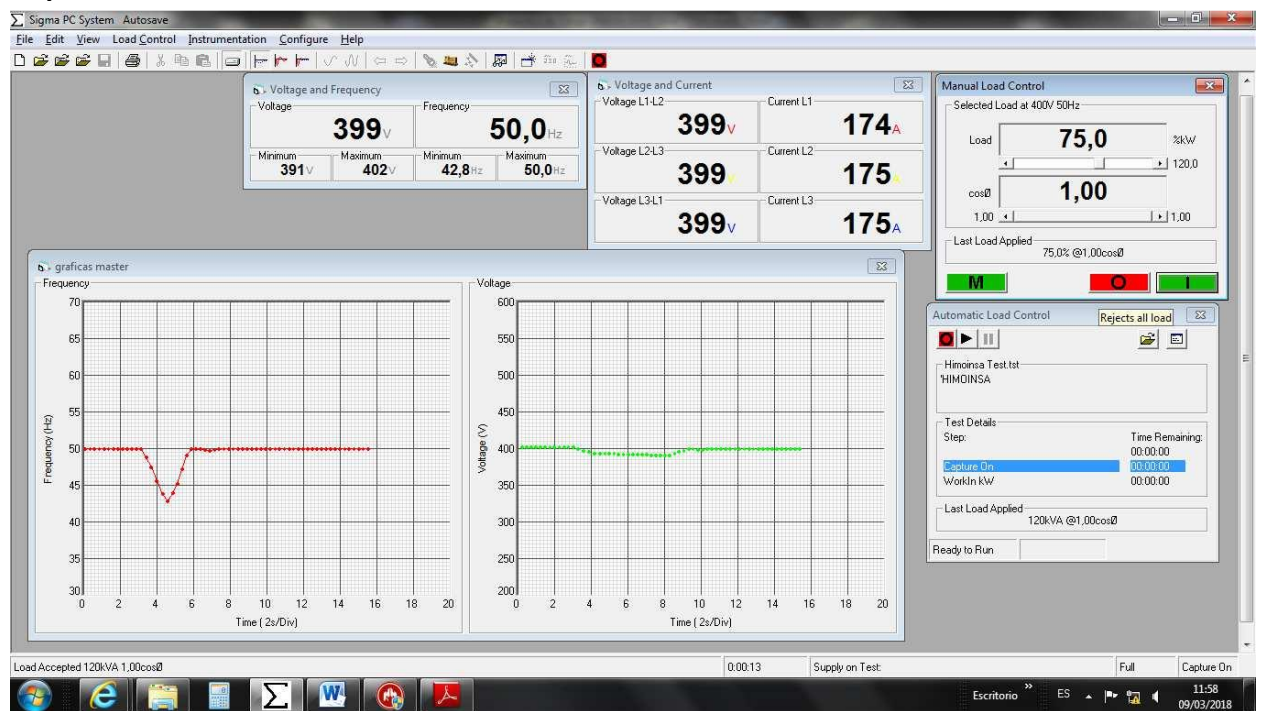
Gráfica 38. Impacto en grupo de 200kVA del 0-64% (50Hz)

Impacto 64-0%



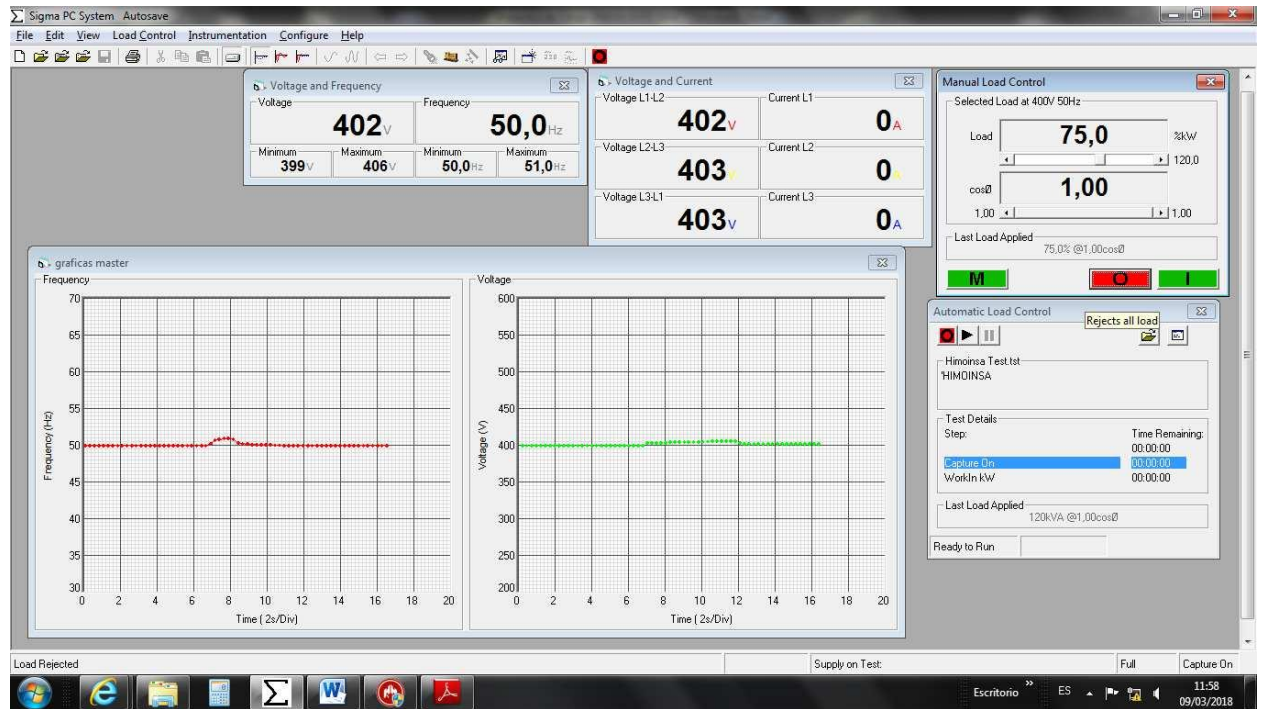
Gráfica 39. Impacto en grupo de 200kVA del 64-0% (50Hz)

Impacto 0-75%



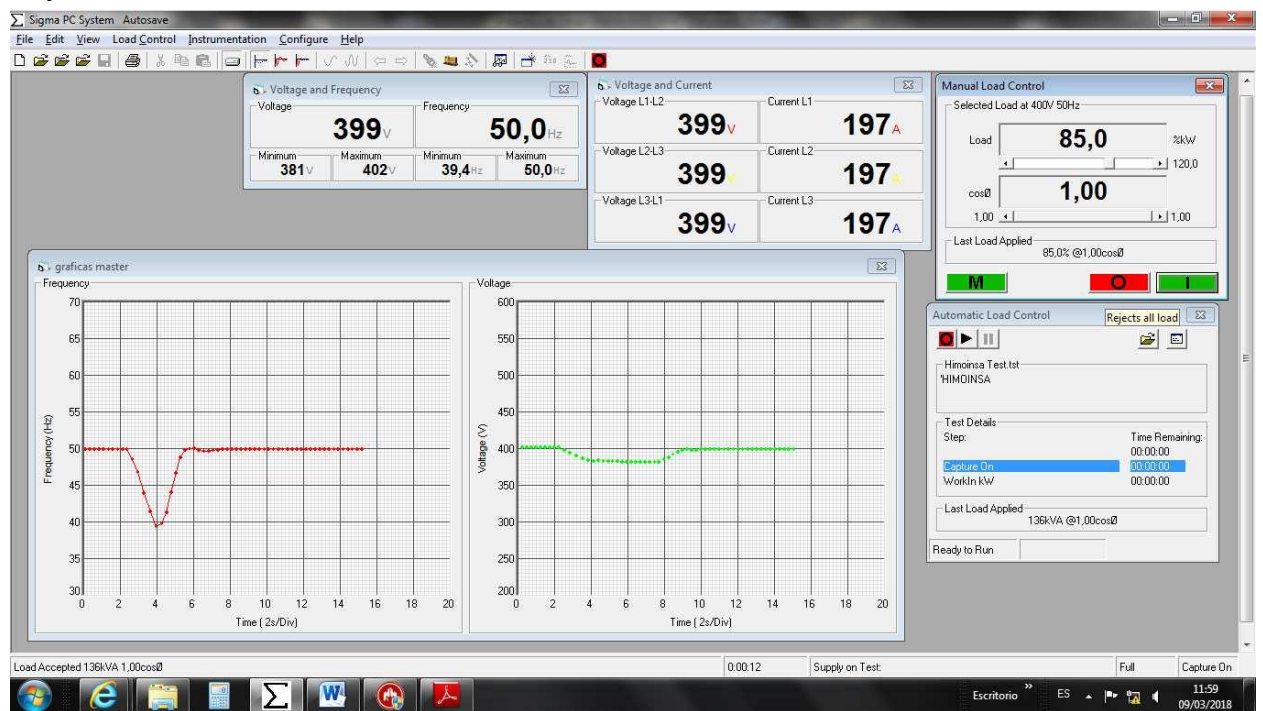
Gráfica 40. Impacto en grupo de 200kVA del 0-75% (50Hz)

Impacto 75-0%



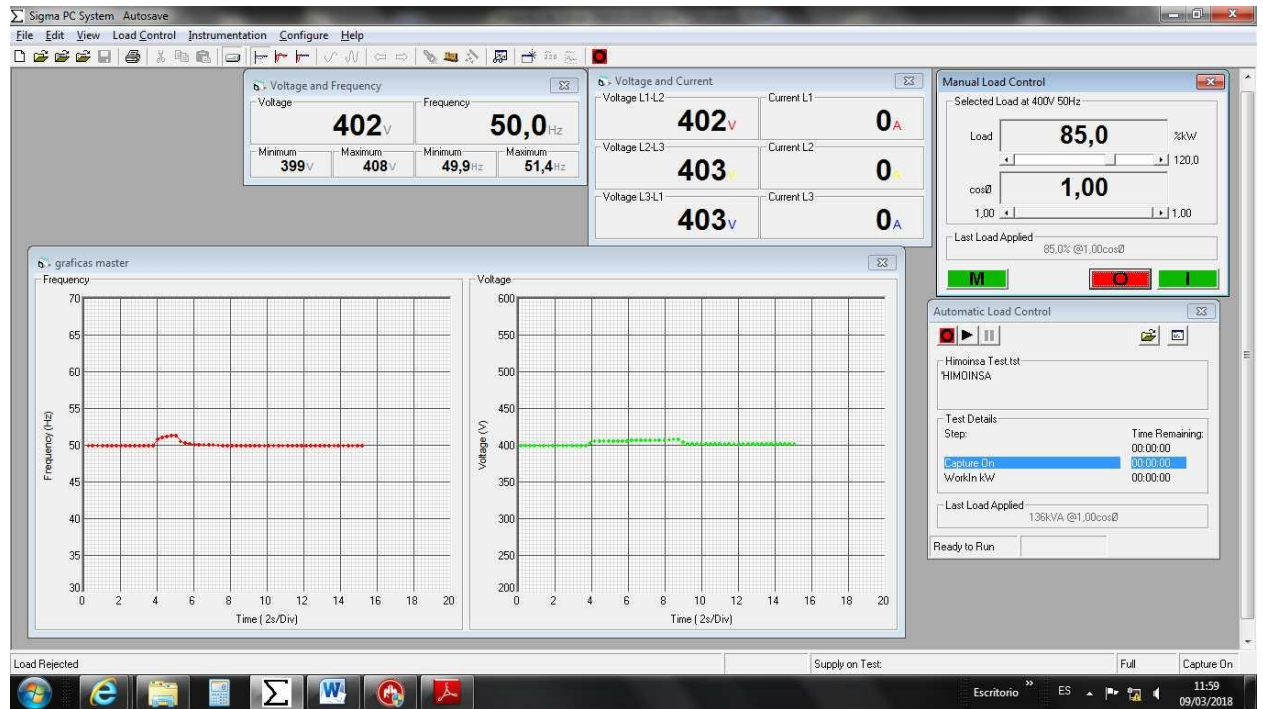
Gráfica 41. Impacto en grupo de 200kVA del 75-0% (50Hz)

Impacto 0-85%



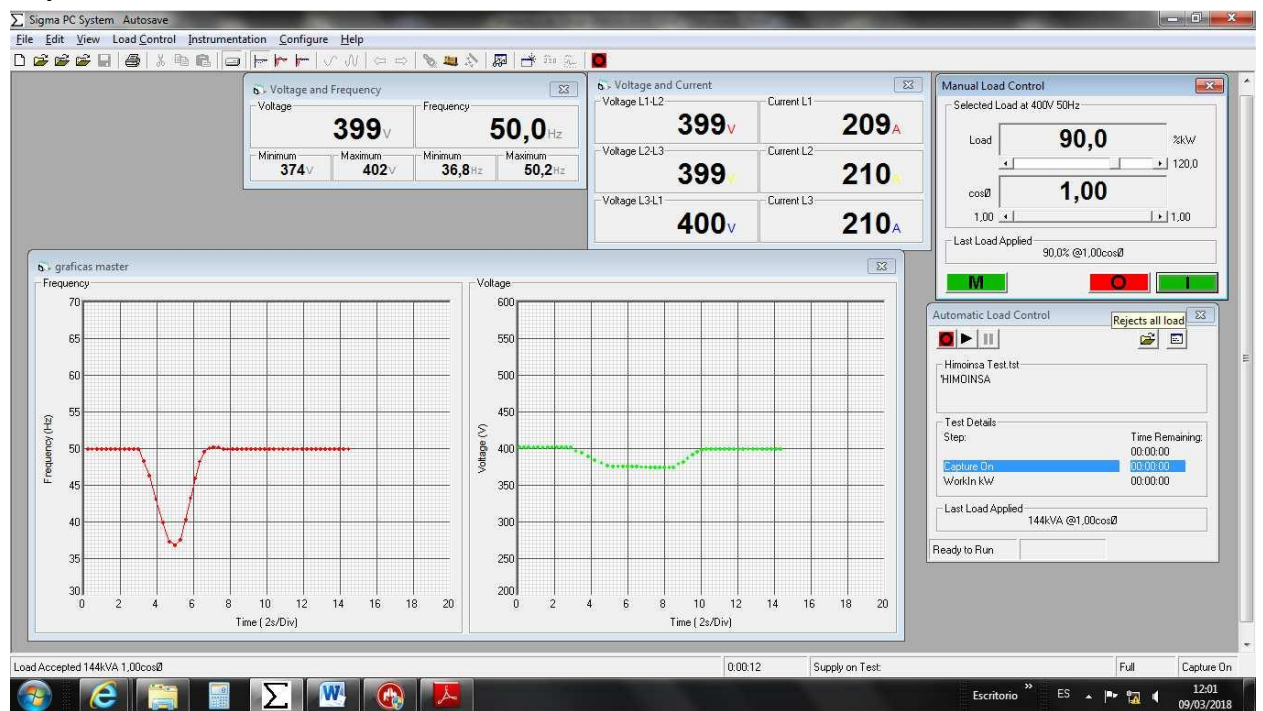
Gráfica 42. Impacto en grupo de 200kVA del 0-85% (50Hz)

Impacto 85-0%



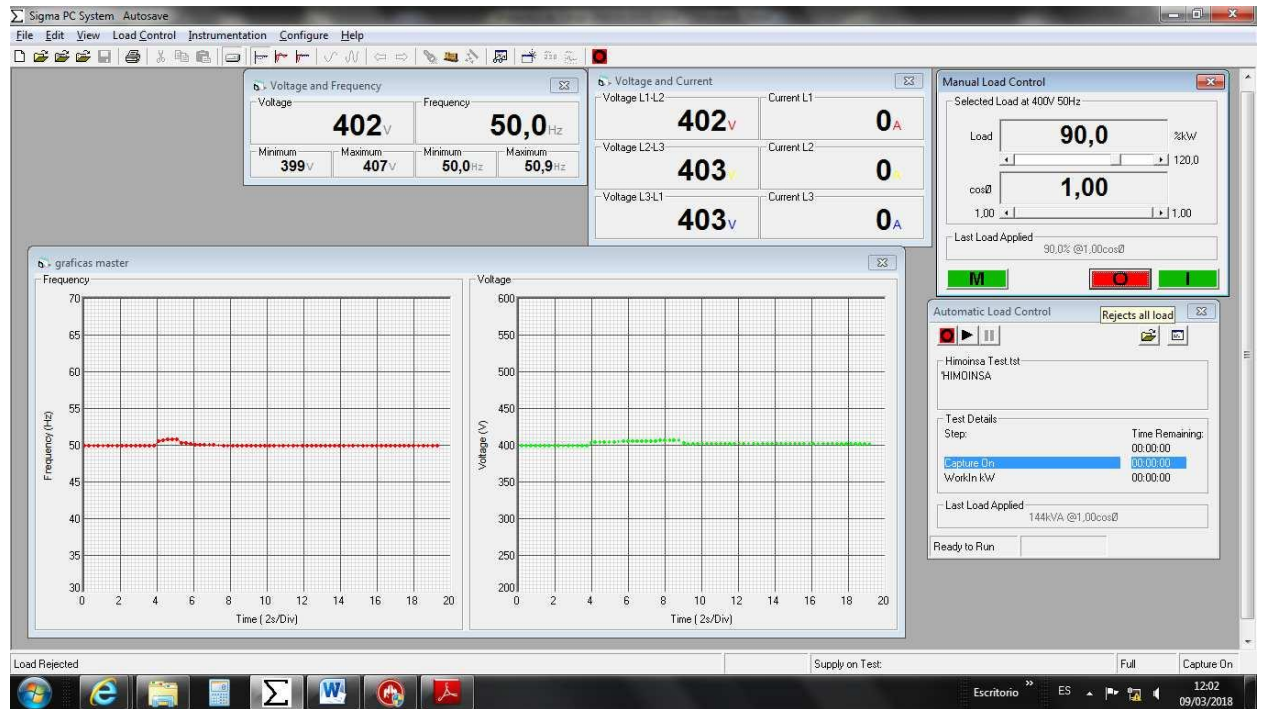
Gráfica 43. Impacto en grupo de 200kVA del 85-0% (50Hz)

Impacto 0-90%



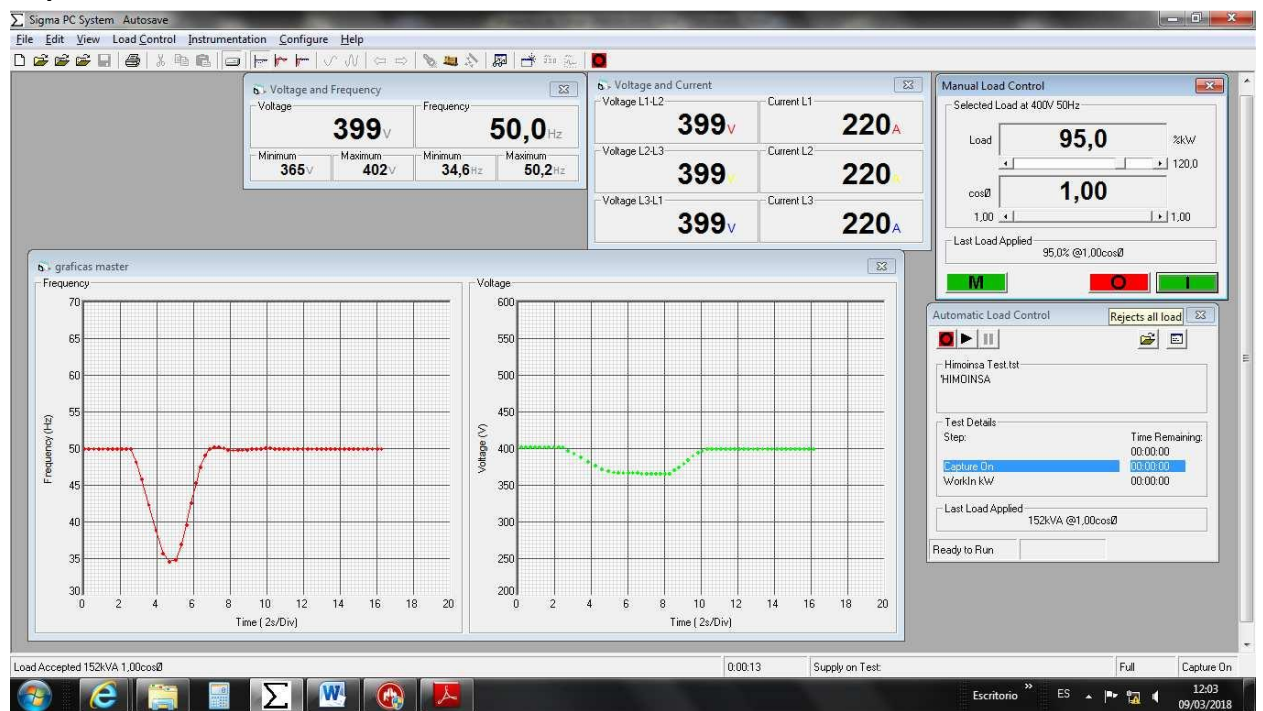
Gráfica 44. Impacto en grupo de 200kVA del 0-90% (50Hz)

Impacto 90-0%



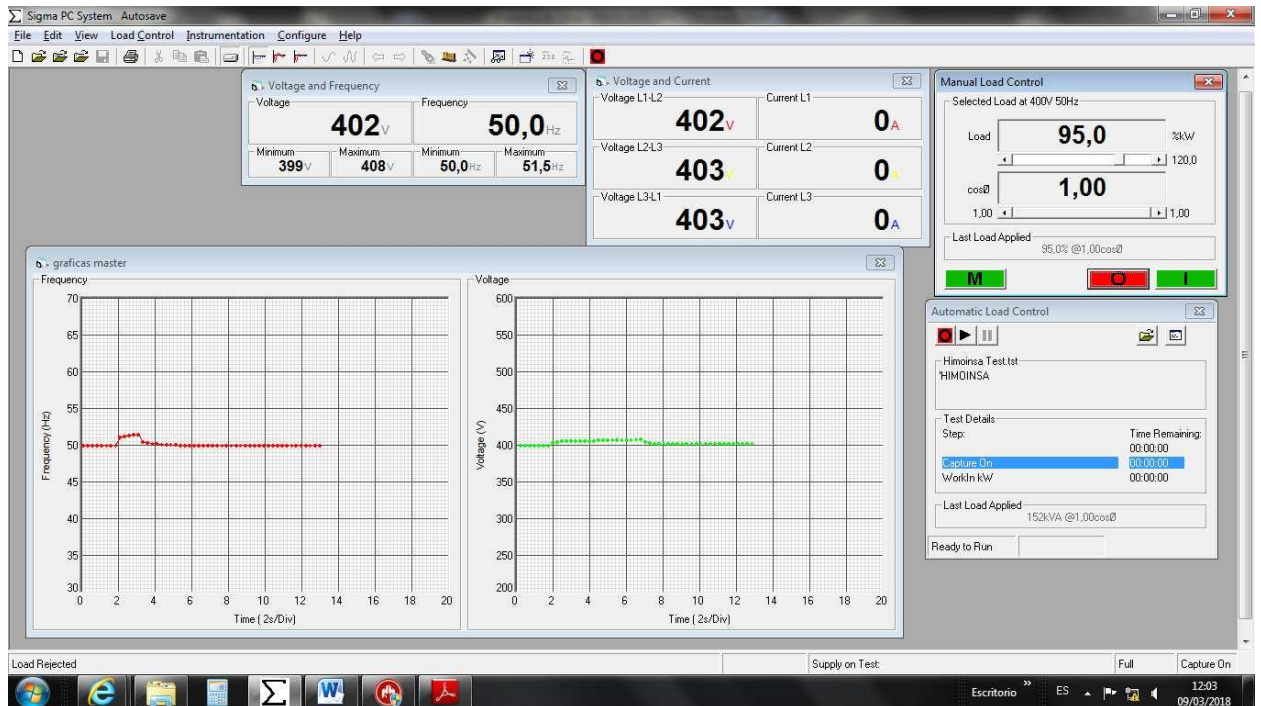
Gráfica 45. Impacto en grupo de 200kVA del 90-0% (50Hz)

Impacto 0-95%



Gráfica 46. Impacto en grupo de 200kVA del 0-95% (50Hz)

Impacto 95-0%



Gráfica 47. Impacto en grupo de 200kVA del 95-0% (50Hz)

7.1.1.- Análisis de resultados y conclusiones

En esta prueba, solo hay datos de impacto de carga de 0-95% y 95-0% ya que el grupo electrógeno no era capaz de llegar de un 0-100%.

Analizando las gráficas previas, vemos como al realizar impactos superiores al 85% el motor empieza a ir algo justo en cuanto al tiempo de recuperación. De hecho en los últimos tres impactos la velocidad de giro del motor cae por debajo de 40Hz (1200 rpm) lo que invitaba a intuir que el grupo iba a llegar muy justo al 100%.

El responsable de que no se pueda realizar un impacto de 0-100% es el motor ya que cuanto mayor es la carga, mayor es su demanda de potencia. Al estar configurado el grupo electrógeno con un motor electrónico, la capacidad de manipulación es escasa ya que todos los parámetros los controla la ECU correspondiente.

No obstante la primera hipótesis que se plantea es la siguiente:

El motor no es capaz de asumir la carga suministrada por el banco de pruebas por falta de potencia. La potencia que entrega el motor al eje del mismo está directamente relacionada con su combustión interna, la cual exige una cantidad de aire y combustible determinada.

Asumiendo que la ECU del motor inyecta la cantidad de combustible necesaria, es posible que la cantidad de aire que le llegue al motor no sea suficiente. El aire que le llega al motor pasa inicialmente por un filtro para eliminar posibles impurezas y a continuación por un turbo que eleva la presión del mismo hasta llegar a la cámara de combustión.

El esquema de funcionamiento es el siguiente:

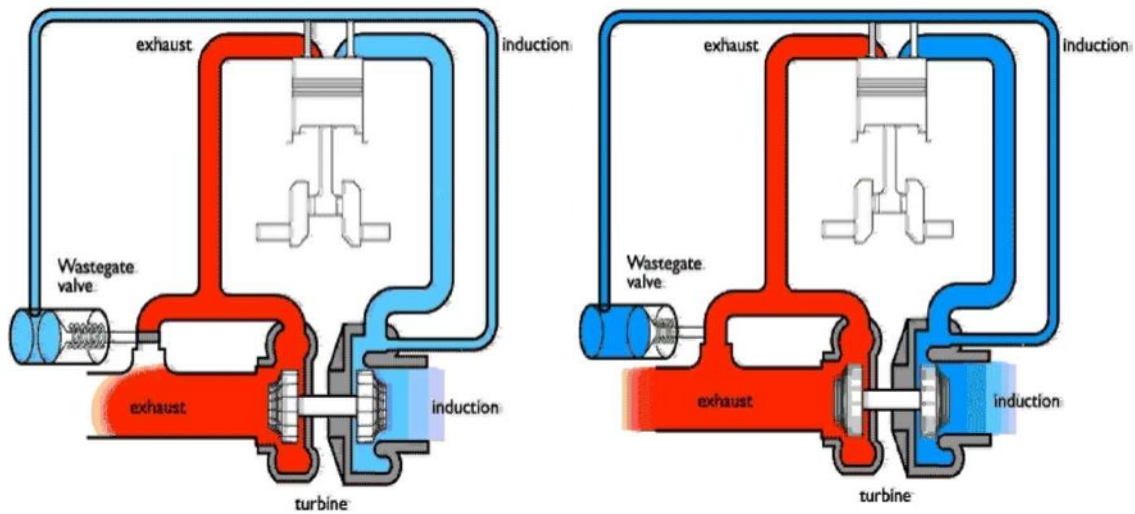
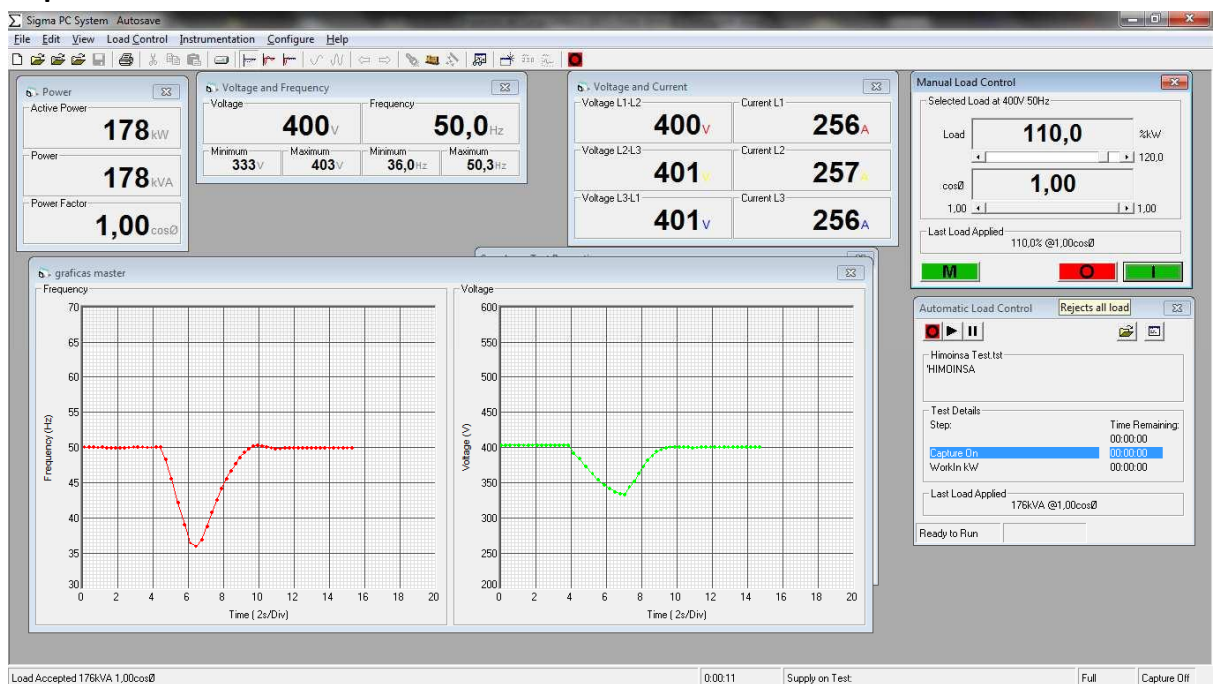


Figura 28. Funcionamiento del turbo en un motor de combustión interna

Como se aprecia en el diagrama superior, la presión del aire de entrada depende del escape (a mayor velocidad del aire de salida, mayor velocidad de giro de la turbina compresora y mayor cantidad de aire de entrada).

Por ello, un impacto de 0-100% puede suponer que la cantidad de aire de entrada sin carga no sea suficiente para generar la potencia que exige un impacto del 100%. La forma de probar esta teoría es a partir de un impacto con una diferencia del 100% de la potencia (por ejemplo 10-110%)

Impacto 10-110%

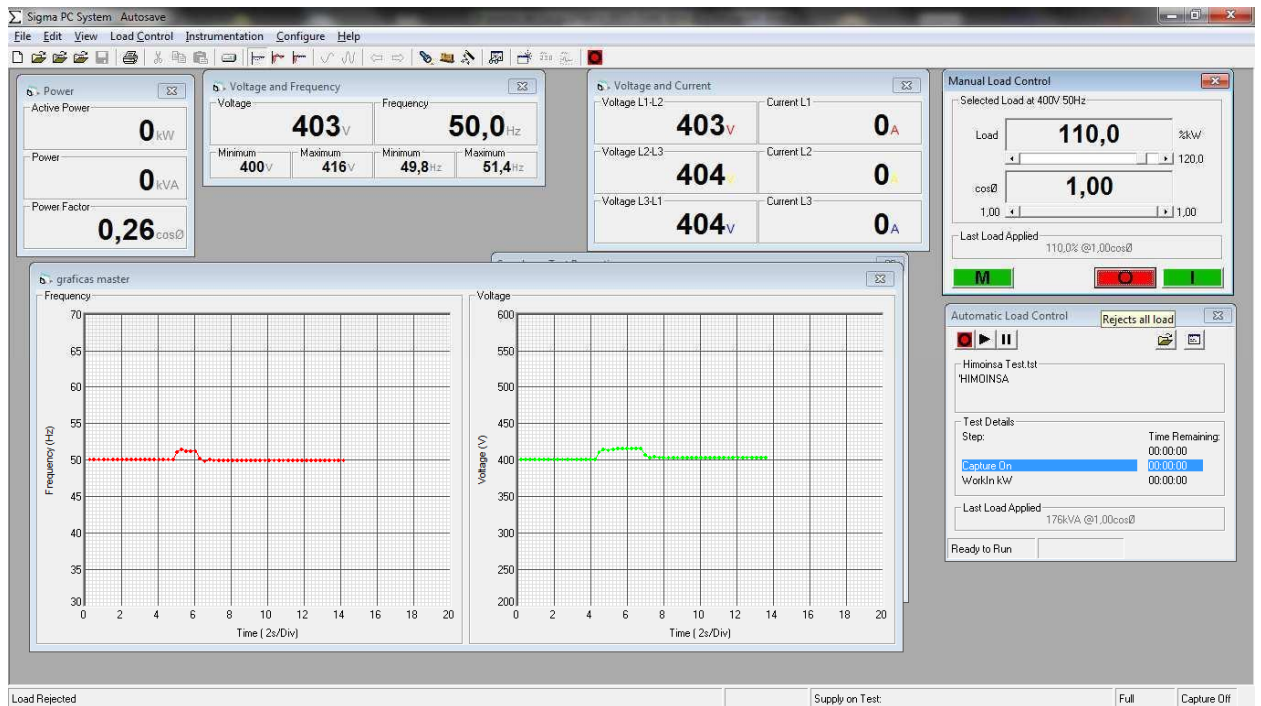


Gráfica 48. Impacto en grupo de 200kVA del 10-100% (50Hz)

Tal y como se muestra en el gráfico anterior, la hipótesis planteada es la correcta y el grupo es capaz de asumir un impacto de carga con una diferencia del 100%.

Desde el punto de vista del AVR5, y dado que el grupo se ha llevado hasta el 110% de la carga, se realiza el siguiente impacto:

Impacto 110-0%



Gráfica 49. Impacto en grupo de 200kVA del 110-0% (50Hz)

Tal y como se aprecia en la gráfica, el tiempo de recuperación de la tarjeta es de unos 3 segundos, lo cual es un valor más que aceptable suponiendo que el régimen de funcionamiento está un 10% por encima de valores nominales.

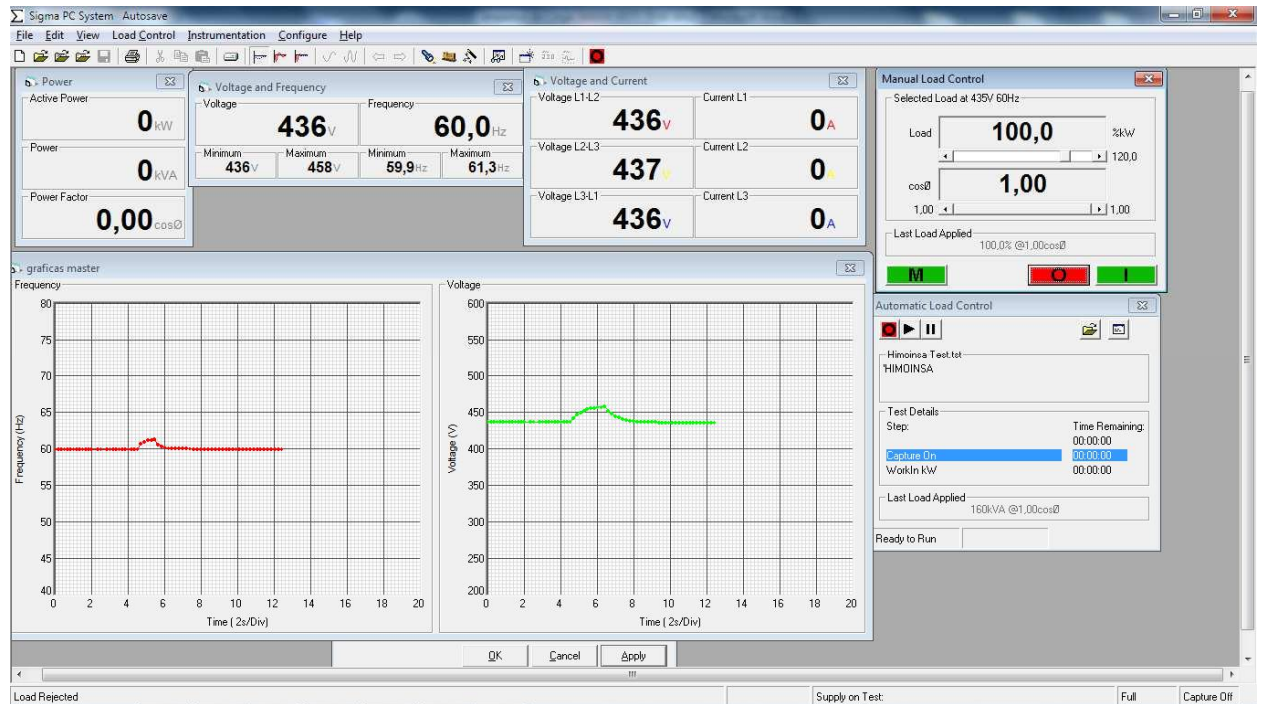
7.2.- Prueba con el AVR5 a 60Hz

La prueba de impactos de carga a 60Hz no es posible realizarla. Tal y como muestra la hoja de características de la tarjeta (Anexo F), la tensión de alimentación debe ser como mucho de 265V en alterna.

Trabajando a 60Hz, la tensión entre fases será de 440V y entre medias fases de 220V. No obstante, tal y como se aprecian en la pruebas previas, al liberar carga la tensión sufre un pico hasta que la tarjeta es capaz de regularla.

Por ello y como medida de precaución se mide con un osciloscopio la tensión que hay entre medias fases a 60Hz con el AVR de Grameyer instalada (su diseño permite hasta 300VAC en la alimentación) obteniendo los siguientes resultados:

Impacto 100-0%



Gráfica 50. Impacto en grupo de 200kVA del 100-0% (50Hz)

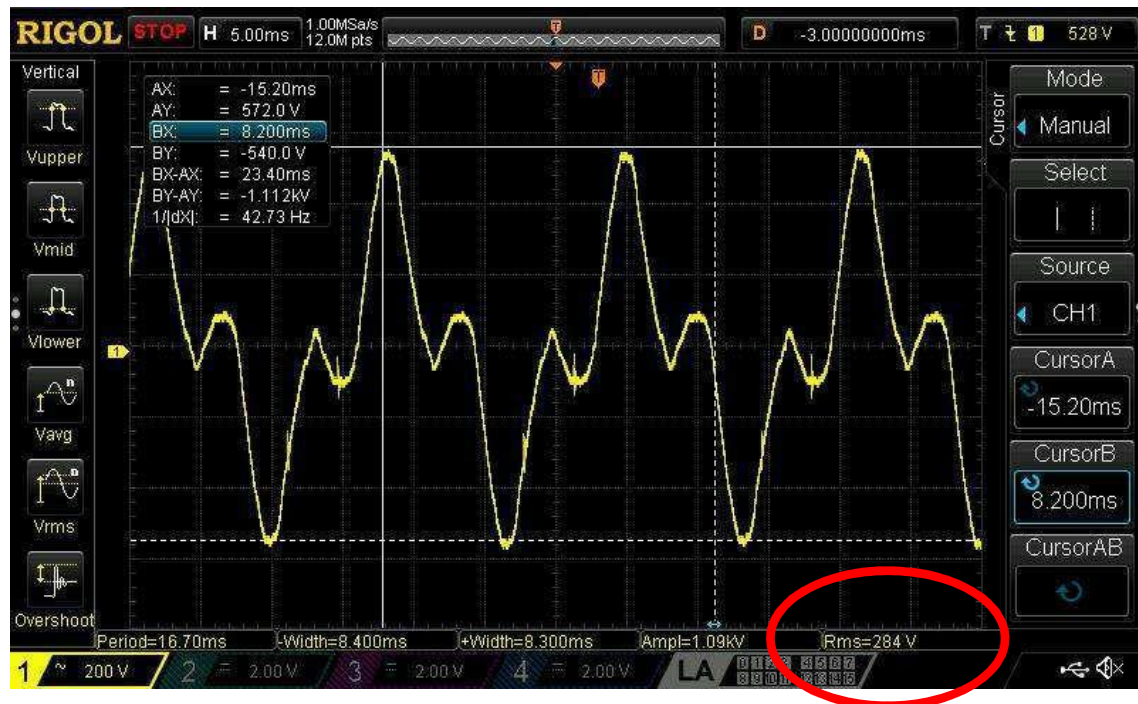


Figura 29. Medida de tensiones entre medias fases ante un impacto de 0-100% a 60Hz

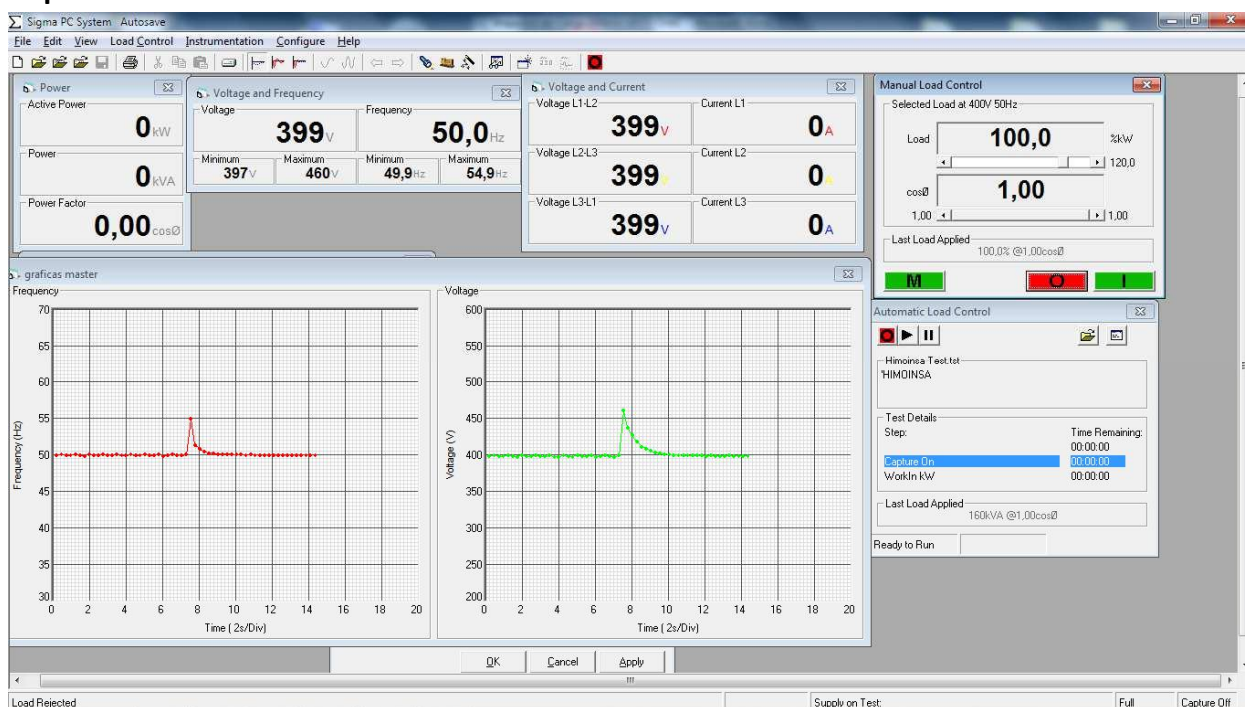
Efectivamente, la figura 29 muestra una tensión entre fases que supera la de alimentación de la AVR5.

7.3.- Prueba con el GRT7-TH4E a 50Hz y 60Hz

En base a la experiencia obtenida en las pruebas de 60kVA y las limitaciones del AVR5 a 60Hz, analizamos los impactos de carga con la tarjeta reguladora de Grameyer a 50Hz y 60Hz.

La prueba de 60Hz se obtuvo a la hora de medir la tensión entre las medias fase del estator con una diferencia de tensiones máximas de 22V y un tiempo de recuperación de aproximadamente 3 segundos.

Impacto 100-0%



Gráfica 51. Impacto en grupo de 200kVA del 100-0% (50Hz) GRT7-TH4E

Trabajando a 50Hz, la diferencia de tensiones máximas es de 63V y el tiempo de recuperación de 3 segundos aproximadamente.

7.4.- Conclusiones aplicables al AVR digital

Desde el punto de vista de diseño, la fuente de alimentación de la tarjeta debe estar preparada para asumir picos de tensión de hasta 284V. Se puede tomar como referencia la tensión máxima de alimentación de la tarjeta de Grameyer, que es de 300V de alterna.

En cuanto a los tiempos de recuperación y velocidad de regulación, el tiempo de respuesta aproximado en un AVR es de 2 a 3 segundos, con lo que sería interesante optimizar el control para buscar una respuesta más rápida.

Capítulo 8: Mejora de operatividad en el AVR digital

Queda claro según capítulos anteriores que los rangos de regulación de la tarjeta oscilan entre diferencias de tensión de 30V y tiempos de respuesta de 3 segundos, pero tras realizar las pruebas sobre AVR analógicas, aparecen otra serie de factores importantes a tener en cuenta de cara al diseño del regulador digital.

Uno de los motivos principales por los que se plantea implementar un microcontrolador en un AVR es para incrementar las prestaciones de la tarjeta, y no tienen por qué ser simplemente en cuanto al funcionamiento, también en cuanto a la operatividad.

A continuación se describen una serie de cambios respecto a un AVR analógico que pueden mejorar el producto.

8.1.- Supresión del puente de 50/60Hz

A la hora de manipular un AVR analógica, si se desea cambiar el régimen de trabajo de 50Hz a 60Hz, hay que quitar o poner (según la tarjeta) un puente a la placa para que el funcionamiento sea el correcto a cada frecuencia.

Lo que a priori puede parecer una modificación minúscula, no es tal si se consideran instalaciones de grupos electrógenos que puedan funcionar a 50 y 60Hz en paralelo. Para ilustrar mejor el problema, supongamos el siguiente ejemplo:

Un cliente decide comprar tres grupos electrógenos que funcionarán en isla y que irán arrancando y sincronizándose en función de la demanda que haya de carga. El sistema puede funcionar a 50Hz o 60Hz.

Ante un cambio de frecuencia, la operativa básica sería:

- 1.- Cambiar en el cuadro de control con un selector la frecuencia de trabajo.
- 2.- Adaptar el motor a las nuevas condiciones de trabajo: si es mecánico, regular el sistema para que trabaje a la frecuencia deseada, y si es electrónico configurar la ECU a través del CAN.
- 3.- Abrir los alternadores de cada grupo y cambiar el puente del AVR.
Abrir tres alternadores cada vez que haya que hacer un cambio de frecuencia no es nada cómodo, sobre todo si los grupos llevan una capota que dificulte aún más su manipulación.

Si a través del microcontrolador recibe una orden por CAN bus de la central y obliga a que el lazo de control trabaje a 60Hz, no habría que preocuparse de manipular el alternador.

En el problema planteado anteriormente, un operario experimentado se puede ahorrar fácilmente una media hora de trabajo si todo el grupo está comunicado a través del CAN bus.

8.2.- Rampa de UFRO (SLOPE)

Tal y como se explicó en el capítulo 5, frente a impactos de carga las AVR protegen los devanados del estator del alternador frente a sobre calentamientos. A través del potenciómetro UFRO se ajusta el valor sobre el que empieza a actuar la protección (normalmente un 4% respecto del valor nominal) y una vez alcanzado el valor establecido, la tensión empieza a disminuir.

En las AVR analógicas, se incluye una resistencia en el PCB que genera una disminución lineal de la tensión respecto de la frecuencia. En el caso del AVR5, la tensión cae un 2,5% de la tensión medida por cada hercio (ver anexo F, página 9)

A la hora de diseñar un AVR digital, aparece la posibilidad de incluir un parámetro que modifique la relación de caída de tensión respecto a la frecuencia. Esta característica será útil en aplicaciones en las que el grupo electrógeno esté sometido a impactos de carga frecuentes y la tensión de salida pueda variar notablemente.

AVRs digitales que ya están implantadas en el mercado ofrecen variar la relación de caída de entre 0 a 3 voltios por hercio con escalones de 0.1.

8.3.- Ajuste del DROOP

El droop es un potenciómetro presente en algunos AVR y que no se ha analizado en detalle ya que se emplea en grupos que funcionan en paralelo. El objetivo de este potenciómetro es el de ajustar el valor de tensión en función de la reactiva para compensar las cargas todo lo que se pueda.

Nótese que hasta el momento únicamente se ha comentado la potencia que entrega un motor a un alternador, y los impactos de carga se han hecho con bancos resistivos. En otras aplicaciones, las cargas pueden tener un consumo de potencia reactiva que deben suministrar los alternadores.

Grupos que funcionen en paralelo no tienen por qué estar necesariamente juntos físicamente, y el ajuste del droop debe realizarse en cada uno de los alternadores. Si en el ejemplo expuesto en el apartado 8.1 incluimos al proceso de ajuste de cargas un desplazamiento a cada grupo, la pérdida de tiempo llega a ser más que considerable.

A través de un AVR digital se puede enviar la orden de ajuste del droop a través del CAN bus y ajustar cada AVR desde una única ubicación.

8.4.- Ajuste del STAB, UFRO y VOLT

A lo añadido anteriormente, un ajuste de los valores modificables analógicamente con los potenciómetros ya comentados sería también tremendamente beneficioso en cuestiones de operatividad.

Generalmente estos potenciómetros vienen ya ajustados de fábrica y son muy sensibles a cualquier modificación, de manera que un ajuste a través de valores enviados por CAN, sería siempre más preciso que cualquiera que esté realizado a pulso.

(Esta página se ha dejado en blanco a propósito)

	Orden
Reprogramación FLASH	0
Estado	1
Sincronismo	2
Respuesta Escritura	3
Respuesta Lectura	4
Petición Lectura	5
Petición Escritura	6
Comando	7
Osciloscopio Canal Red	8
Osciloscopio Canal Grupo	9

Tabla 2. Órdenes en grupos Himoinsa

Tanto la sección de origen como destino tienen asignado un ID y un tipo, siendo el ID un elemento de identificación adicional y el tipo el que se muestra en la tabla 3.

TIPO			
Broadcast			15
Display Grupo			0
Medidas Conmutación			1
Medidas Grupo			2
CCRS			3
Display Conmutacion			4
J1939			5
CCLAN			6
BOOST/INVERTER/MPPT			7
PC			8
EXPANSION I/O	SUBTIPO (2 bits)		9
	SZ	0	
	Aforador	1	
	PT100	2	
PANEL ANUNCIADOR			10
Supervisor baterías			11
TELESEÑAL			12

Tabla 3. Tipo de identificador

Con la incorporación del AVR digital, habrá que añadir un nuevo tipo a la tabla 3 de forma que el AVR digital quede integrado dentro del protocolo CAN desarrollado por Dismuntel.

Simplemente con añadir un tipo con un nuevo identificador, sería válido para que el departamento de Firmware lo incluyese en el protocolo. Un ejemplo podría ser:

AVR Digital	13
-------------	----

Capítulo 10: Diseño Hardware del CAN bus en el AVR

La última colaboración en el desarrollo de la tarjeta reguladora pasa por el diseño hardware del CAN bus.

10.1.- Componentes en el AVR

De cara a un buen diseño físico, es preciso priorizar la inmunidad de las comunicaciones frente a interferencias. Por ello el prototipo tendrá dos etapas de aislamiento: una en la cual se separe la alimentación del micro de la del CAN y otra en la que se aislen las señales de comunicación CANRX y CANTX.

Los componentes que se emplearán para el diseño serán:

- Microcontrolador Renesas RX36N: Del que se obtendrán alimentación a 5V y 3.3V además del procesamiento de la información CAN a través de los pines CANRX y CANTX.
- Convertidor DC-DC NXE1S0505MC: Para obtener una tensión de alimentación 5V (VCAN) aislada de los 5V que proporciona el microcontrolador.
- Diodo zener BZM55C5V1: Para mantener una tensión de alimentación VCAN estable.
- Aislador digital ADuM3201ARZ: Capaz de aislar eléctricamente dos señales digitales mediante un transformador monolítico.
- Transceptor CAN TJA1051T: Para emisión y recepción de datos.
- Condensadores de 100nF y 4.7μF: Como filtros de ruido.
- Núcleo de ferrita: Como filtro de ruido.
- Bobina de 22μH con núcleo de hierro: Como filtro de ruido.

10.2.- Aislamiento de alimentación

La figura 32 muestra el esquemático de sistema de aislamiento de la alimentación

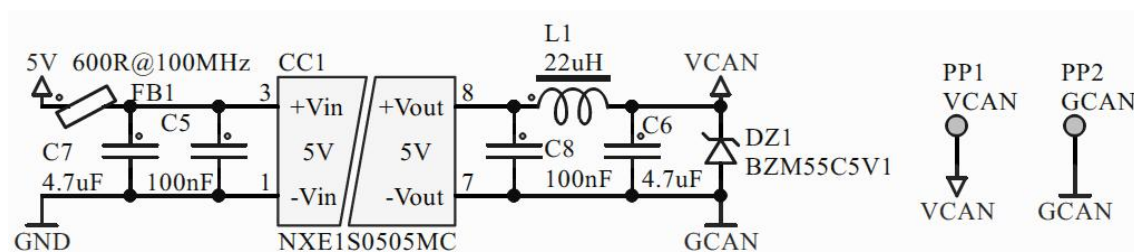


Figura 32. Aislamiento de la alimentación del microcontrolador

El diseño de esta etapa está basado en las recomendaciones que especifican los fabricantes de los elementos seleccionados.

Por un lado, Renesas recomienda instalar a la salida de sus pines de alimentación conectar un condensador de 100nF y 4,7μF. Además, para mayor inmunidad frente al

ruido, se incorpora un núcleo de ferrita con un valor de 600 ohmios a 100MHz (frecuencia de trabajo del micro).

Aguas abajo del convertor DC-DC, se incorpora una bobina con núcleo ferromagnético con un condensador de 4,7 μ F tal y como recomienda el fabricante para disminuir el rizado de la señal de salida hasta 5mV p-p.

Por último, se incorpora un diodo zener con una tensión de ruptura de 4.8V para tener unos valores de VCAN lo más estabilizado posible.

10.3.- Aislamiento de señales RX y TX

La figura 33 muestra el esquemático de sistema de aislamiento de las señales CAN

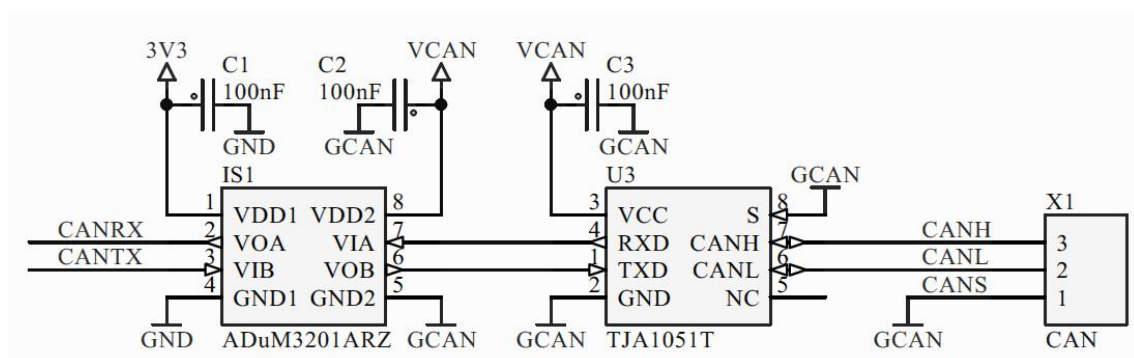


Figura 33. Aislamiento de las señales RX y TX

Los condensadores de 100nF están instalados para mantener el criterio recomendado por el fabricante del microcontrolador en el que además se especifica que deben situarse físicamente lo más cerca posible de los pines.

Por otro lado, el aislador digital ADuM3201ARZ posee dos canales totalmente independientes (VOA-VIA y VOB-VIB) además de poder trabajar con dos tensiones distintas a cada lado (en el caso práctico, 3,3 y 5V) y el transceptor TJA1051T por su parte, actúa como interfaz entre el protocolo CAN y la señal enviada por el par trenzado del CAN.

Anexo A

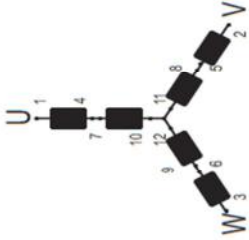
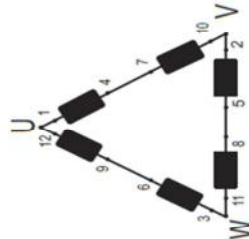
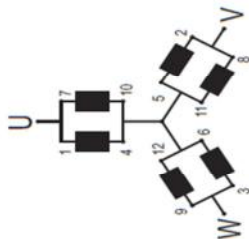
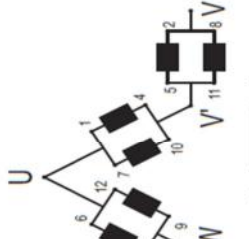
Posibilidades de tensiones / Voltage possibilities Diagramas de conexión sin bobinado auxiliar / Connection diagrams without aux. winding					
CONEXIONES	CONNECTIONS				
TRIFASICA A THREEPHASE AT	Hz:50	Terminales de Salida U.V.W.N	Terminales de Salida Monof. U.W.	Terminales de Salida U.V.W.N	Terminales de Salida Monof. 110V
		380-415	220-240	190-208	220(110)-240(120)
MONOFASICA A SINGLE PHASE AT	Hz:50	220-240	220(110)-240(120)	110-120	220(110)-240(120)
TRIFASICA A THREEPHASE AT	Hz:60	380-480	220-277	190-240	
MONOFASICA A SINGLE PHASE AT	Hz:60	220-277	220-277	110-138	220(110)-277(138)

Tabla 1. Esquemas de conexión en alternador Cramaco

(Esta página se ha dejado en blanco a propósito)



HIMOINSA



MODELO
HFW-60 T5
GAMA INDUSTRIAL
Estático Estándar
Powered by FPT_IVECO



K4



REFRIGERADOS POR AGUA



TRIFÁSICOS



50 HZ



STAGE 2



DIÉSEL

Datos de Grupo



SERVICIO		PRP	STANDBY
Potencia	kVA	60	66
Potencia	kW	48	53
Régimen de Funcionamiento	r.p.m.	1.500	
Tensión Estándar	V	400/230	
Tensiones disponibles	V	230 - 230/132	
Factor de potencia	Cos Phi	0,8	

01

HIMOINSA empresa con certificación de calidad ISO 9001

Los grupos electrógenos **HIMOINSA** cumplen el marcado CE que incluye las siguientes directivas:

- 2006/42/CE Seguridad de Máquinas.
- 2014/30/UE de Compatibilidad Electromagnética.
- 2014/35/UE material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión
- 2000/14/CE Emisiones Sonoras de Máquinas de uso al aire libre. (modificada por 2005/88/CE)
- EN 12100, EN 13857, EN 60204

Condiciones ambientales de referencia según la norma ISO 8528-1:2005: 1000 mbar, 25°C, 30% humedad relativa.

Prime Power (PRP):

Según la norma ISO 8528-1:2005, es la potencia máxima disponible para empleo bajo cargas variables por un número limitado de horas por año entre los intervalos de mantenimiento prescritos por el fabricante y en las condiciones ambientales establecidas por el mismo. La potencia media consumible durante un periodo de 24 horas no debe rebasar el 70% de la PRP.

Emergency Standby Power (ESP):

Según la norma ISO 8528-1:2005, es la potencia máxima disponible para empleo bajo cargas variables en caso de un corte de energía de la red o en condiciones de prueba por un número limitado de horas por año de 200h entre los intervalos de mantenimiento prescritos por el fabricante y en las condiciones ambientales establecidas por el mismo. La potencia media consumible durante un periodo de 24 horas no debe rebasar el 70% de la ESP.

Cumple con un impacto de carga tipo G2 según la norma ISO 8528-5:2013.

HIMOINSA HEADQUARTERS:

Fábrica: Ctra. Murcia - San Javier, Km. 23,6 | 30730 SAN JAVIER (Murcia) Spain
Tel: +34 968 19 11 28 Fax: +34 968 19 12 17 Fax: +34 968 19 04 20 info@himoinsa.com www.himoinsa.com

Centros Productivos:

ESPAÑA • FRANCIA • INDIA • CHINA • USA • BRASIL • ARGENTINA

Filiales:

PORTUGAL | POLONIA | ALEMANIA | UK | SINGAPUR | EMIRATOS ÁRABES UNIDOS | PANAMÁ | REPÚBLICA DOMINICANA | ARGENTINA | ANGOLA | SUDÁFRICA

ISO 9001



Ctra. Murcia - San Javier, km. 23,6 | 30730 San Javier (Murcia) SPAIN | Tel.: +34 902 19 11 28 / +34 968 19 11 28
Fax: +34 968 19 12 17 | Export Fax: +34 968 19 04 20 | E-mail: info@himoinsa.com | www.himoinsa.com



HIMOINSA
THE ENERGY



HIMOINSA

MODELO
HFW-60 T5

GAMA INDUSTRIAL

Estático Estándar

Powered by FPT_IVECO

Especificaciones de Motor 1.500 r.p.m.

SERVICIO		PRP	STANDBY
Potencia Nominal	kW	53,3	58,8
Fabricante		FPT_IVECO	
Modelo		NEF45SM1A	
Tipo de Motor		Diesel 4 tiempos	
Tipo de Inyección		Directa	
Tipo aspiración		Turboalimentado	
Clindros, número y disposición		4-L	
Diámetro x Carrera	mm	104 x 132	
Cilindrada total	L	4,5	
Sistema de refrigeración		Líquido (agua + 50% glicol)	
Especificaciones del aceite motor		ACEA E3 - E5	
Relación de compresión		17,5 : 1	
Consumo combustible Standby	l/h	15	
Consumo combustible 100 % PRP	l/h	13,7	
Consumo combustible 80 % PRP	l/h	10,2	
Consumo combustible 50 % PRP	l/h	7	
Consumo máximo de aceite a plena carga		0,5 % del consumo de combustible	
Capacidad total de aceite (incluido tubos, filtros)	L	12,8	
Cantidad total de líquido refrigerante	L	18,5	
Regulador	Tipo	Mecánico	
Filtro de Aire	Tipo	Seco	
Diámetro interior de salida de escape	mm	70,3	

02

Alternador

DATOS GENERADOR SINCRONO		
Fabricante		CRAMACO
Polos	Nº	4
Tipo de conexión (estándar)		Estrella - Serie
Tipo de acoplamiento		S-3 11"1/2
Grado de protección aislamiento	Clase	Clase H
Grado de protección mecánica (según IEC-34-5)		IP23
Sistema de excitación		Autoexcitado, sin escobillas
Regulador de tensión		A.V.R. (Electrónico)
Tipo de soporte		Monopalier
Sistema de acoplamiento		Disco Flexible
Tipo de recubrimiento		Estándar (Impregnación en vacío)

ISO 9001



Ctra. Murcia - San Javier, km. 23,8 | 30730 San Javier (Murcia) SPAIN | Tel.: +34 902 19 11 28 / +34 968 19 11 28
Fax: +34 968 19 12 17 | Export Fax +34 968 19 04 20 | E-mail: info@himoinsa.com | www.himoinsa.com



HIMOINSA
THE ENERGY



Datos de Instalación

Sistema De Escape		
Máx. temperatura gas de escape	°C	483
Caudal de gas de escape	kg/s	0,09
Máxima contrapresión aceptable	kPa	6
Calor Evacuado por el escape	KCal/Kwh	655,3

Cantidad De Aire Necesaria		
Máximo caudal de aire necesario para la combustión	m ³ /h	260
Caudal de aire ventilador motor	m ³ /s	1,86
Caudal aire ventilador alternador	m ³ /s	0,342

Sistema De Puesta En Marcha		
Potencia de arranque	kW	3
Potencia de arranque	CV	4,08
Batería recomendada	Ah	100
Tensión Auxiliar	Vcc	12

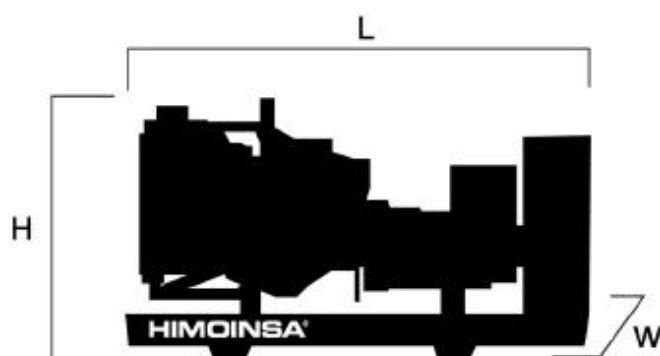
Sistema De Combustible		
Tipo de combustible		Diésel
Depósito combustible	L	145



HIMOINSA

MODELO
HFW-60 T5
GAMA INDUSTRIAL
Estático Estándar
Powered by FPT_IVECO

Dimensiones



Dimensiones y Peso

(L) Largo	mm	2.150
(H) Alto	mm	1.500
(W) Ancho	mm	780
Volumen de embalaje máximo	m ³	2,52
(*) Peso con líquidos en radiador y cárter	kg	948
Capacidad del depósito	L	145
Autonomía	Horas	14

(*) (con accesorios estándar)

VERSIÓN ESTANDAR

Himoinsa se reserva el derecho de modificar cualquier característica sin previo aviso.
Pesos y medidas basadas en los productos estándar. Las ilustraciones pueden incluir accesorios opcionales.
Las características técnicas descritas en este catálogo se corresponden con la información disponible en el momento de la impresión.
Diseño industrial bajo patente.

Distribuidor local



HIMOINSA

CUADROS DE CONTROL

M5

Cuadro control manual Auto-Start digital y protección magnetotérmica (según tensión y voltaje) y diferencial con CEM7. Central digital CEM7



AS5

Cuadro automático SIN conmutación y SIN control de red con central CEM7. (*) Opción AS5 con central CEA7. Cuadro automático SIN conmutación y CON control de red.



CC2

Armario de Conmutación Himoinsa CON visualización. Central digital CEC7



MODELO
HFW-60 T5
GAMA INDUSTRIAL
Estático Estándar
Powered by FPT_IVECO

(Esta página se ha dejado en blanco a propósito)



HIMOINSA



MODELO HFW-200 T5

GAMA INDUSTRIAL
Estático Estándar
Powered by FPT_IVECO



K6



REFRIGERADOS POR AGUA



TRIFÁSICOS



50 HZ



STAGE 2



DIÉSEL

Datos de Grupo



SERVICIO

PRP

STANDBY

Potencia	kVA	200	220
Potencia	kW	160	176
Régimen de Funcionamiento	r.p.m.	1.500	
Tensión Estándar	V	400/230	
Tensiones disponibles	V	230 - 230/132	
Factor de potencia	Cos Phi	0,8	

01

HIMOINSA empresa con certificación de calidad ISO 9001

Los grupos electrógenos HIMOINSA cumplen el marcado CE que incluye las siguientes directivas:

- 2006/42/CE Seguridad de Máquinas.
- 2014/30/UE de Compatibilidad Electromagnética.
- 2014/35/UE material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión
- 2000/14/CE Emisiones Sonoras de Máquinas de uso al aire libre. (modificada por 2005/88/CE)
- EN 12100, EN 13857, EN 60204

Condiciones ambientales de referencia según la norma ISO 8528-1:2005: 1000 mbar, 25°C, 30% humedad relativa.

Prime Power (PRP):

Según la norma ISO 8528-1:2005, es la potencia máxima disponible para empleo bajo cargas variables por un número limitado de horas por año entre los intervalos de mantenimiento prescritos por el fabricante y en las condiciones ambientales establecidas por el mismo. La potencia media consumible durante un periodo de 24 horas no debe rebasar el 70% de la PRP.

Emergency Standby Power (ESP):

Según la norma ISO 8528-1:2005, es la potencia máxima disponible para empleo bajo cargas variables en caso de un corte de energía de la red o en condiciones de prueba por un número limitado de horas por año de 200h entre los intervalos de mantenimiento prescritos por el fabricante y en las condiciones ambientales establecidas por el mismo. La potencia media consumible durante un periodo de 24 horas no debe rebasar el 70% de la ESP.

Cumple con un impacto de carga tipo G2 según la norma ISO 8528-5:2013

HIMOINSA HEADQUARTERS:

Fábrica: Ctra. Murcia - San Javier, Km. 23,6 | 30730 SAN JAVIER (Murcia) Spain
Tel: +34 968 19 11 28 Fax: +34 968 19 12 17 Fax: +34 968 19 04 20 info@himoinsa.com www.himoinsa.com

Centros Productivos:

ESPAÑA • FRANCIA • INDIA • CHINA • USA • BRASIL • ARGENTINA

Filiales:

PORTUGAL | POLONIA | ALEMANIA | UK | SINGAPUR | EMIRATOS ÁRABES UNIDOS | PANAMÁ | REPÚBLICA DOMINICANA | ARGENTINA | ANGOLA | SUDÁFRICA



Ctra. Murcia - San Javier, km. 23,6 | 30730 San Javier (Murcia) SPAIN | Tel.: +34 902 19 11 28 / +34 968 19 11 28
Fax: +34 968 19 12 17 | Export Fax: +34 968 19 04 20 | E-mail: info@himoinsa.com | www.himoinsa.com



HIMOINSA
THE ENERGY



Especificaciones de Motor 1.500 r.p.m.

SERVICIO		PRP	STANDBY
Potencia Nominal	kW	175	193
Fabricante		FPT_IVECO	
Modelo		NEF67TE2A	
Tipo de Motor		Diesel 4 tiempos	
Tipo de Inyección		Directa, common rail	
Tipo aspiración		Turboalimentado y post-enfriado	
Clindros, número y disposición		6-L	
Diámetro x Carrera	mm	104 x 132	
Cilindrada total	L	6,7	
Sistema de refrigeración		Líquido (agua + 50% glicol)	
Especificaciones del aceite motor		ACEA E3 - E5	
Relación de compresión		17,5 : 1	
Consumo combustible Standby	l/h	48	
Consumo combustible 100 % PRP	l/h	44	
Consumo combustible 80 % PRP	l/h	35,7	
Consumo combustible 50 % PRP	l/h	25,6	
Consumo máximo de aceite a plena carga		0,5 % del consumo de combustible	
Capacidad total de aceite (incluido tubos, filtros)	L	17	
Cantidad total de líquido refrigerante	L	25,5	
Regulador	Tipo	Electrónico	
Filtro de Aire	Tipo	Seco	
Diámetro interior de salida de escape	mm	70	

Alternador

DATOS GENERADOR SINCRONO		
Fabricante		CRAMACO
Polos	Nº	4
Tipo de conexión (estándar)		Estrella - Serie
Tipo de acoplamiento		S-3 11"1/2
Grado de protección aislamiento	Clase	Clase H
Grado de protección mecánica (según IEC-34-5)		IP23
Sistema de excitación		Autoexcitado, sin escobillas
Regulador de tensión		A.V.R. (Electrónico)
Tipo de soporte		Monopalier
Sistema de acoplamiento		Disco Flexible
Tipo de recubrimiento		Estándar (Impregnación en vacío)



Datos de Instalación

Sistema De Escape		
Máx. temperatura gas de escape	°C	550
Caudal de gas de escape	kg/s	0,262
Máxima contrapresión aceptable	kPa	6
Calor Evacuado por el escape	KCal/Kwh	614

Cantidad De Aire Necesaria		
Máximo caudal de aire necesario para la combustión	m ³ /h	754
Caudal de aire ventilador motor	m ³ /s	3,8
Caudal aire ventilador alternador	m ³ /s	0,833

Sistema De Puesta En Marcha		
Potencia de arranque	kW	3
Potencia de arranque	CV	4,08
Batería recomendada	Ah	185
Tensión Auxiliar	Vcc	12

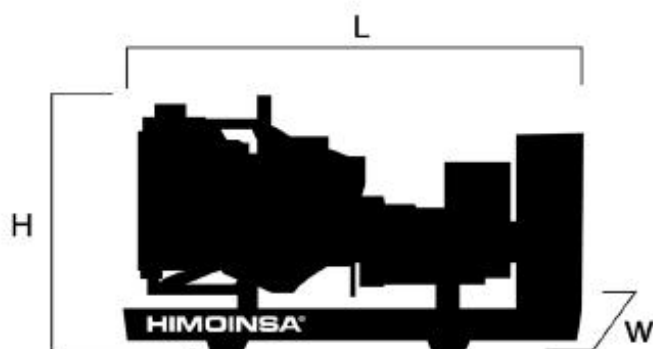
Sistema De Combustible		
Tipo de combustible		Diésel
Depósito combustible	L	250



HIMOINSA

MODELO
HFW-200 T5
GAMA INDUSTRIAL
Estático Estándar
Powered by FPT_IVECO

Dimensiones



K6

Dimensiones y Peso			
(L) Largo	mm	2.900	
(H) Alto	mm	1.634	
(W) Ancho	mm	900	
Volumen de embalaje máximo		m ³	4,26
(*) Peso con líquidos en radiador y cárter	kg	1.567	
Capacidad del depósito		L	250
Autonomía		Horas	7

(*) (con accesorios estándar)

VERSIÓN ESTANDAR

Himoinsa se reserva el derecho de modificar cualquier característica sin previo aviso.

Pesos y medidas basadas en los productos estándar. Las ilustraciones pueden incluir accesorios opcionales.

Las características técnicas descritas en este catálogo se corresponden con la información disponible en el momento de la impresión.

Diseño Industrial bajo patente.

Distribuidor local



HIMOINSA

CUADROS DE CONTROL

M5

Cuadro control manual Auto-Start digital y protección magnetotérmica (según tensión y voltaje) y diferencial con CEM7. Central digital CEM7



AS5

Cuadro automático SIN conmutación y SIN control de red con central CEM7. (*) Opción AS5 con central CEA7. Cuadro automático SIN conmutación y CON control de red.



CC2

Armario de Conmutación Himoinsa CON visualización. Central digital CEC7



MODELO
HFW-200 T5
GAMA INDUSTRIAL
Estático Estándar
Powered by FPT_IVECO

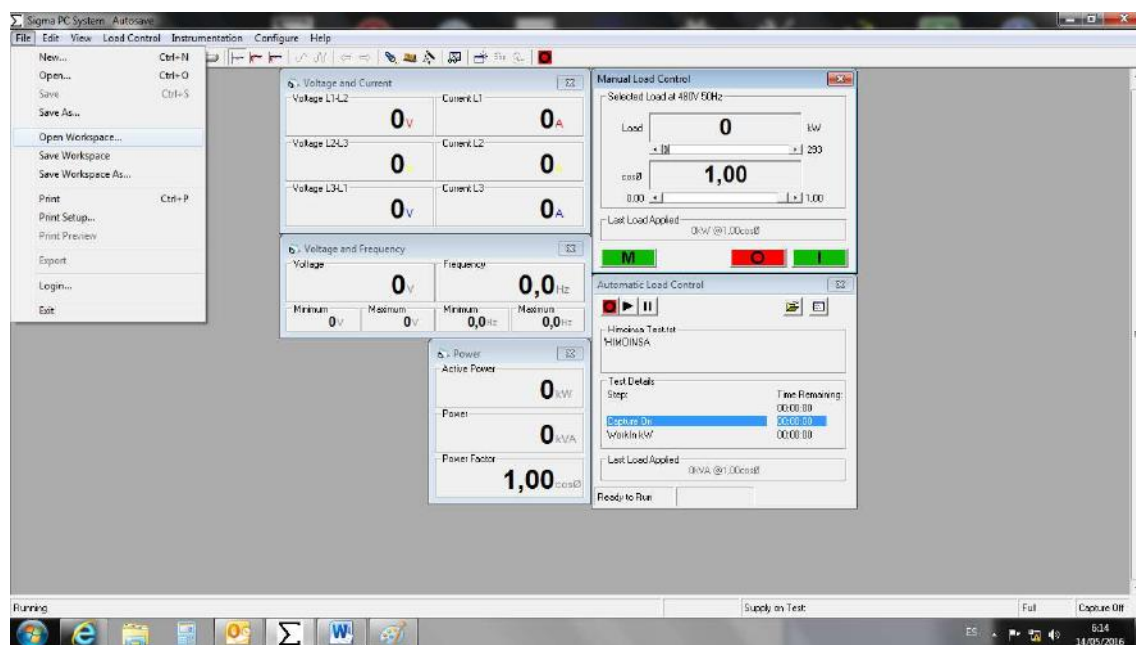
(Esta página se ha dejado en blanco a propósito)

Anexo D

Abrimos el programa **Sigma PC System**

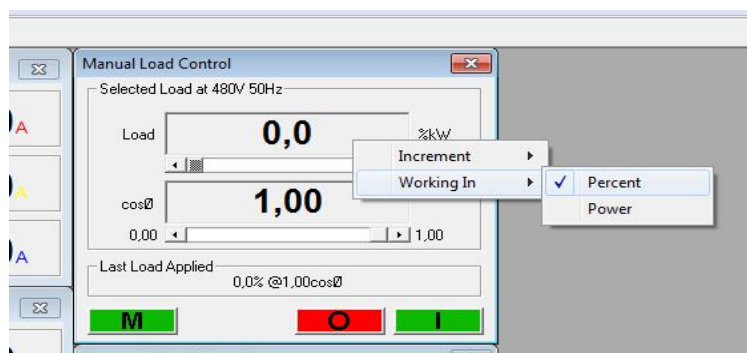


Y aparecerá la siguiente ventana:



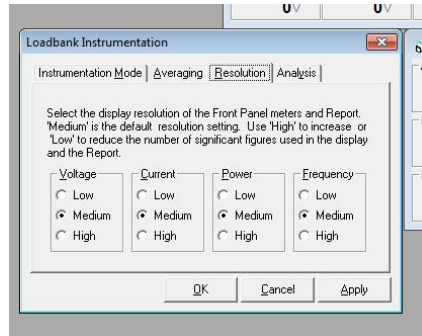
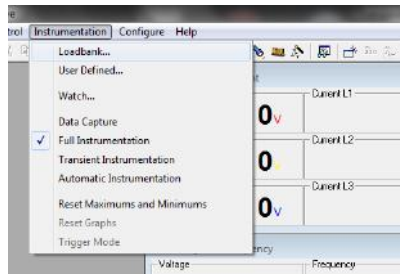
Como la información que aparece en pantalla es configurable, para el análisis del AVR se realizará el siguiente procedimiento:

1. A continuación pulsando con el botón derecho del ratón sobre el apartado Load de manual Load Control seleccionamos la opción de trabajo en porcentajes.

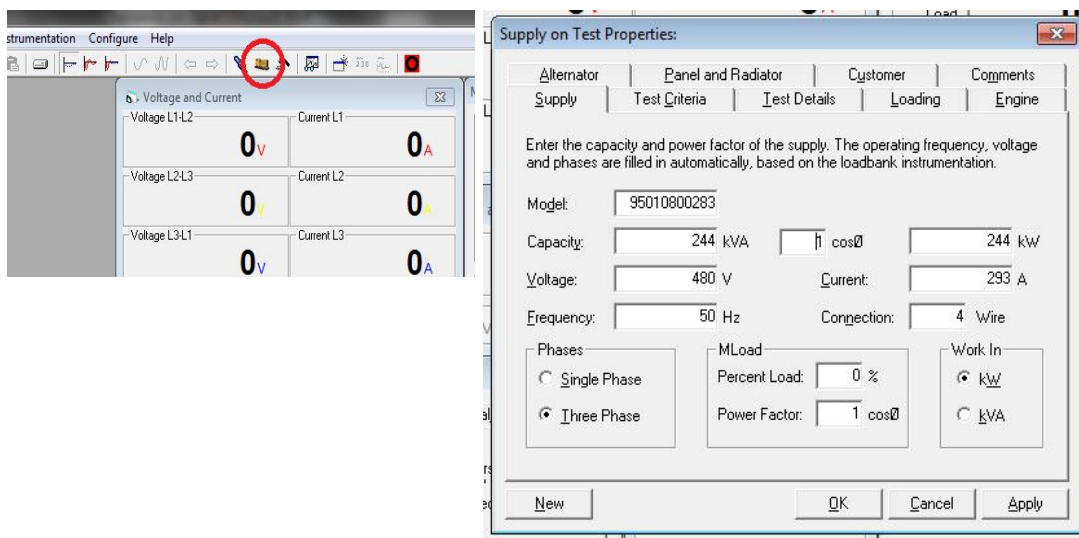


En el apartado *load* de la imagen superior, se ajusta el porcentaje de carga que se quiere aplicar. Se activa con el botón verde de abajo a la derecha y se elimina haciendo "click" en el rojo.

2. Abriendo la función *loadbank* de la pestaña *Instrumentation* podemos seleccionar la resolución de las medidas de tensión, corriente, frecuencia y potencia. El fabricante recomienda seleccionar un nivel medio para grupos por encima de 15kW.

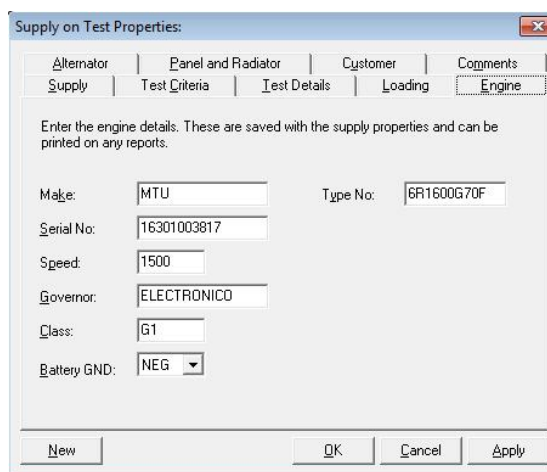


- Para introducir los datos de la máquina seleccionamos el icono marcado que nos dará acceso a la pestaña *Supply on Test Properties* donde se rellenarán las propiedades del alternador.

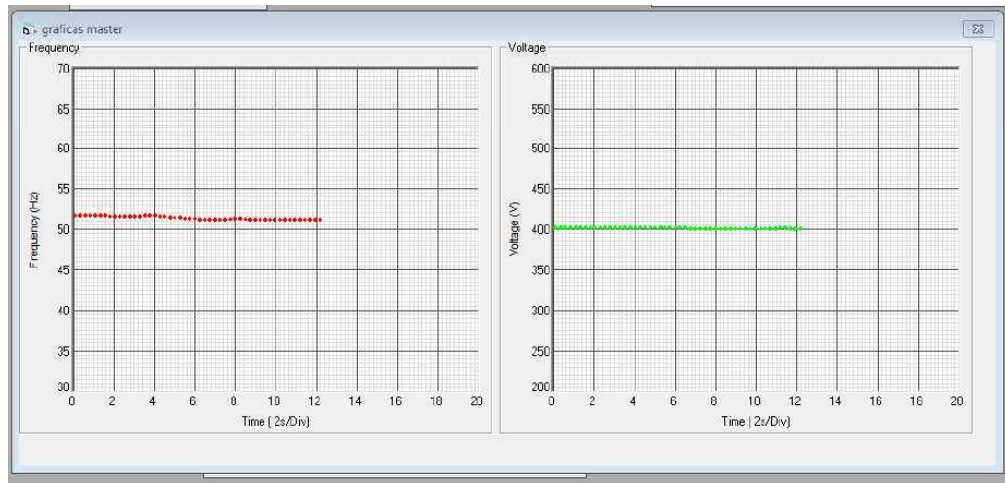


Es importante tener en cuenta que el banco de pruebas es puramente resistivo, por tanto al rellenar el valor en *Capacity* habrá que añadir **48kW y 160kW** en el grupo de 60kVA y 200kVa respectivamente.

- En el apartado de *Engine* dentro de *Supply Properties* se introducen las características de cada motor (definidas en el capítulo 4 del presente proyecto)



5. Para incluir la ventana de visualización de gráficas, seleccionamos en *File-Open Workspace* e importamos el archivo “graficas_master.pnl” y aparecerá:



Una vez realizado este procedimiento, el software está disponible para iniciar los impacto de carga.

(Esta página se ha dejado en blanco a propósito)

Anexo E

Metodología del Cálculo (Según ISO 8528-5)

Cálculo de la Tolerancia de la Banda de la Frecuencia (αf) ("Related Frequency Tolerance Band")

$$\alpha f = \Delta f / f_r * 100 = (f_{\max} - f_{\min}) / f_r * 100$$

Δf : Diferencia de frecuencia entre las frecuencias de carga al vacío (sin carga) y con carga nominal.

$f_{\max}$: Frecuencia máxima entre las frecuencias sin carga y con la carga nominal, normalmente coincide con la frecuencia al vacío (sin carga) en estado estable.

$f_{\min}$: Frecuencia mínima entre las frecuencias sin carga y con la carga nominal, normalmente coincide con la frecuencia con carga al 100% en estado estable

f_r : Frecuencia declarada por el grupo electrógeno

Cálculo de la caída de frecuencia (δf_{st}) ("Frequency Droop")

$$\delta f_{st} = (f_{i,r} - f_r) / f_r * 100$$

$f_{i,r}$: Frecuencia nominal sin carga que coincide con la frecuencia máxima ($f_{\max}$) en estado estable.

Cálculo de la Banda de Frecuencia en Estado Estacionario o Estable (βf) ("Steady State Frequency Band")

$$\beta f = \langle f \rangle / f_r * 100$$

$\langle f \rangle$: Ancho de la oscilación de la frecuencia en estado estacionario o estable.

Cálculo de la Desviación de la Frecuencia en aplicación de una carga menor a una mayor (incremento) (δf_{d^-}) ("Transient Frequency Deviation on Load Increase")

$$\delta f_{d^-} = (f_{d,\min} - f_{arb}) / f_{arb} * 100$$

$f_{d,\min}$: Mínima frecuencia que se produce en el cambio repentino de una carga menor a una mayor.

f_{arb} : Frecuencia a la potencia real establecida antes del impacto. En este caso de incremento es igual a la frecuencia estabilizada con la carga menor que para impactos desde 0% de carga es la frecuencia **$f_{i,r}$** .

Cálculo de la Transición de la Frecuencia en aplicación de una carga mayor a una menor (decremento) (δf_d^+) ("Transient Frequency Deviation on Load Decrease")

$$\delta f_d^+ = (f_{d,max} - f_{arb}) / f_{arb} * 100$$

$f_{d,max}$: Máxima frecuencia que se produce en el cambio repentino de una carga mayor a una menor.

f_{arb} : Frecuencia a la potencia real establecida antes del impacto. En este caso de decremento es igual a la frecuencia estabilizada con la carga mayor.

Cálculo de la Tolerancia de la Banda de Voltaje (α_u) ("Related Voltage Tolerance Band")

$$\alpha_u = \Delta U / U_r * 100 = (U_{st,max} - U_{st,min}) / U_r * 100$$

ΔU : Diferencia de tensión entre las tensiones de carga al vacío (sin carga) y carga nominal.

$U_{st,max}$: Tensión máxima entre las tensiones de carga al vacío y la carga nominal, normalmente coincide con la tensión al vacío en estado estable.

$U_{st,min}$: Tensión mínima entre las tensiones de carga al vacío y la carga nominal, normalmente coincide con la tensión con carga al 100% en estado estable.

U_r : Voltaje declarado por el grupo electrógeno.

Cálculo de la Desviación de la Tensión en Estado Estacionario (δU_{st}) ("Steady State Voltage Deviation")

$$\delta U_{st} = (U_{st,max} - U_{st,min}) / (2 * U_r) * 100$$

Cálculo de la Desviación de la Tensión en aplicación de una carga menor a una mayor (incremento) (δU_{dyn}^-) ("Transient Voltage Deviation on Load Increase")

$$\delta U_{dyn}^- = (U_{dyn,min} - U_r) / U_r * 100$$

$U_{dyn,min}$: Tensión mínima que se produce en el cambio repentino de una carga menor a una mayor.

Cálculo de la Desviación de la Tensión en aplicación de una carga mayor a una menor (decremento) (δU_{dyn}^+) ("Transient Voltage Deviation on Load Decrease")

$$U_{dyn}^+ = (U_{dyn,max} - U_r) / U_r * 100$$

U_{dyn,max}: Tensión máxima que se produce en el cambio repentino de una carga mayor a una menor.

Determinar los tiempos de recuperación de la frecuencia y del voltaje para incrementos de carga como para disminución. Estos tiempos son el intervalo de recuperación de la frecuencia o del voltaje desde que se aplica el impacto hasta la recuperación dentro de los márgenes de tolerancia en un funcionamiento estable

t_{f,in}: Tiempo de recuperación de la frecuencia después del incremento de la carga.

t_{f,de}: Tiempo de recuperación de la frecuencia después de la disminución de la carga.

t_{U,in}: Tiempo de recuperación de la tensión después del incremento de la carga.

t_{U,de}: Tiempo de recuperación de la tensión después de la disminución de la carga.

Algunos de estos parámetros se pueden ver en los gráficos de la figura 1 para la frecuencia y de la figura 2 para la tensión.

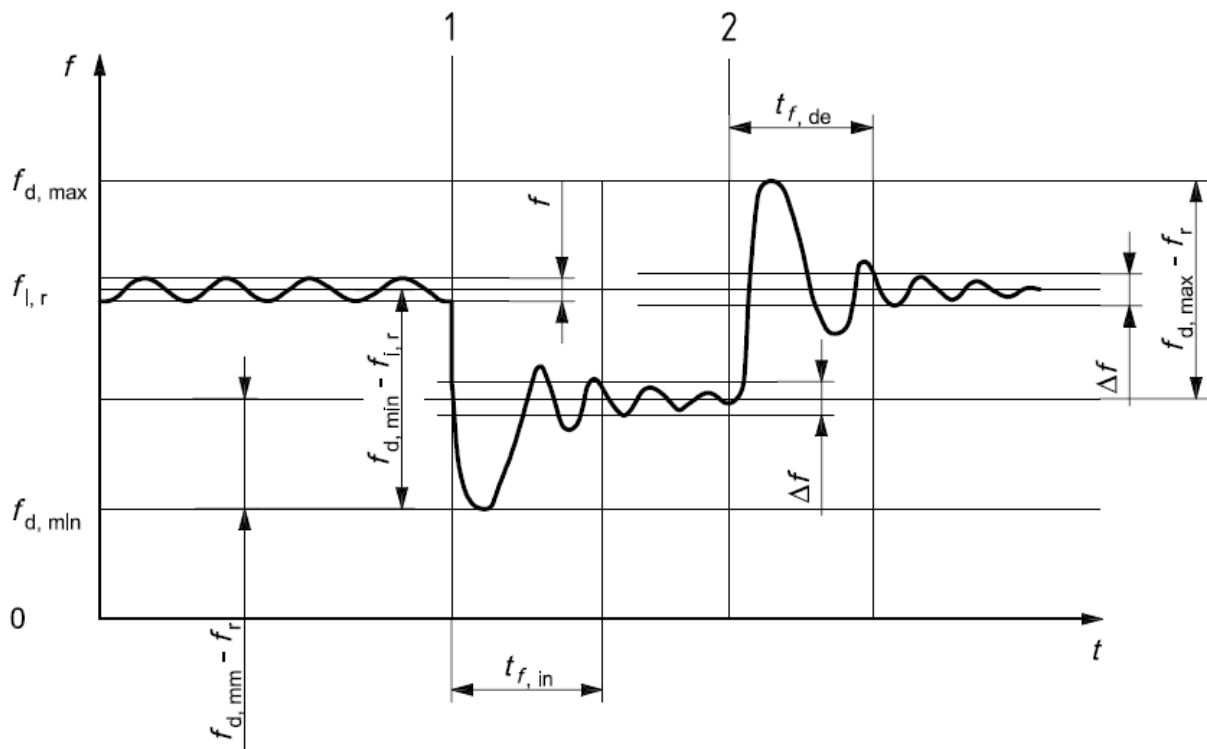


Figura 2. Gráfico de Comportamiento de la Frecuencia Dinámica

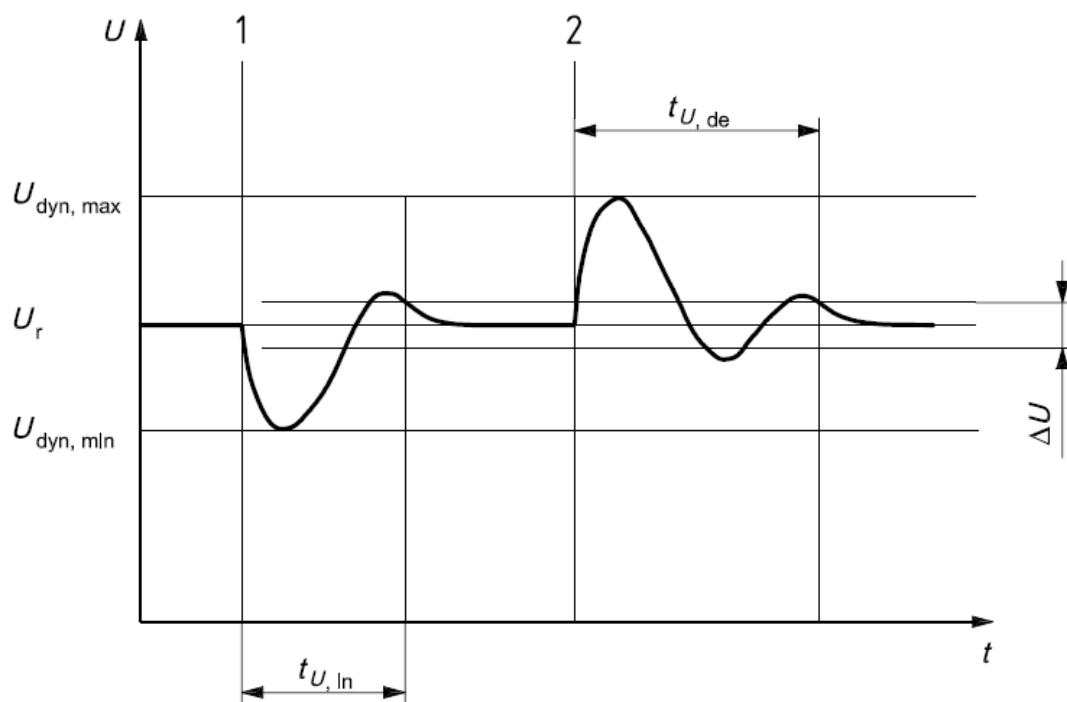


Fig. 3. Grafico de Caracteristica del Voltaje Transitorio

Conexiones

BORNE	DESCRIPCIÓN
3	Entrada de tensión de alimentación
E3/4	Entrada de tensión de alimentación y referencia de sensado
F+	Salida de campo de excitación positivo
F-	Salida de campo de excitación negativo
E1	Entrada de sensado
P+, P-	Entrada de potenciómetro externo. Puentear P+ y P- si no se usa potenciómetro
A+, A-	Entrada analógica de tensión externa. No conectar si no se usa esta entrada
50Hz, COM	Selector de frecuencia. Puentear para 50Hz, sin puentear 60Hz

Controles

CONTROL	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN
VOLT	Potenciómetro de ajuste de la tensión de salida del alternador	En sentido horario aumenta la tensión del alternador
STAB	Potenciómetro de ajuste de estabilidad	En sentido horario aumenta la estabilidad
FREQ	Potenciómetro de ajuste de la frecuencia de activación de la protección de baja frecuencia	En sentido horario aumenta la frecuencia
ON	Led verde de alimentación	Encendido indica regulador alimentado
U/F	Led amarillo de protección de baja frecuencia	Encendido indica activación de la protección de baja frecuencia



Características eléctricas

CARACTERÍSTICA	VALOR
Corriente de campo nominal	5ADC a 63VDC
Corriente de campo forzada	7ADC a 90VDC durante 1 minuto
Resistencia bobinado de excitación	12Ω a 100Ω
Alimentación	Monofásica, 170VAC a 265VAC, 50/60Hz
Fusible	Fusible de cristal rápido 5x20mm 8A 250V
Sensado	Monofásico: 170VAC a 265VAC, 50/60Hz
Precisión de la regulación estática	±1%
Tensión mínima de autoexcitación	4VAC a 25Hz
Tiempo de respuesta	< 1,5 ciclos
Potenciómetro externo de ajuste de tensión	3.3KΩ 500mW, para el rango indicado
Entrada analógica de ajuste de tensión	±15% del valor ajustado
Ajuste de tensión con potenciómetro interno	Para todo el rango de sensado
Ajuste de tensión con potenciómetro externo	Entre 0% y -30% del valor de tensión ajustado
Ajuste de estabilidad	Con potenciómetro interno
Ajuste de protección de baja frecuencia	Con potenciómetro interno 80% al 110% de la frecuencia nominal (40Hz a 55Hz para frecuencia nominal de 50Hz) (48Hz a 66Hz para frecuencia nominal de 60Hz)
Caída de tensión por baja frecuencia	-2.5% de la tensión de sensado por cada Hz
Margen de temperatura de funcionamiento	-40°C a 70°C



3. INSTALACIÓN Y CONEXIONADO

El regulador de tensión debe ser instalado junto al alternador del grupo electrógeno. Generalmente, cerca de los bornes del alternador existe un receptáculo para el AVR, acompañado de las conexiones necesarias.

El regulador no necesita ventilación forzada. No obstante, los disipadores que lleva pueden calentarse, lo cual debe ser tenido en cuenta en su instalación, evitando que toquen cables o otras superficies y procurando una ventilación adecuada.

El grupo electrógeno debe estar desconectado antes de realizar las conexiones. Los niveles de tensión a los cuales opera el regulador pueden ser peligrosos.

El dispositivo debe ser instalado únicamente por personal técnico especializado. Una instalación incorrecta puede provocar graves daños en el grupo electrógeno y en las personas que lo estén instalando.

En las figuras siguientes se muestran los diferentes esquemas de conexión según el tipo de instalación.

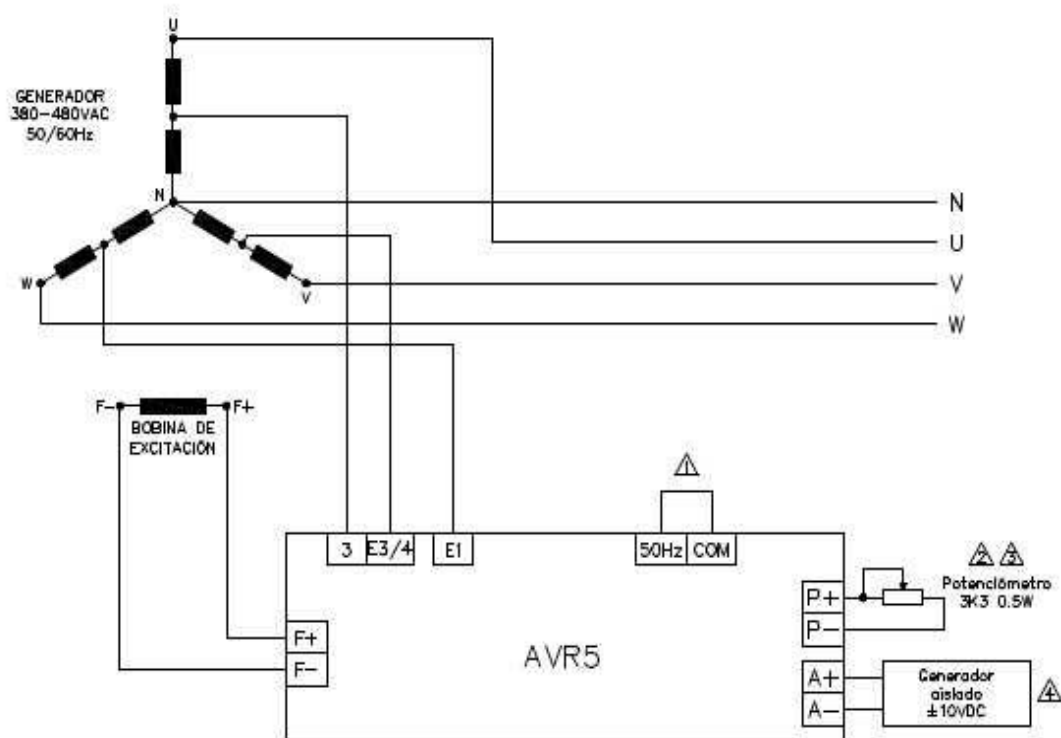


Figura 8. Conexión estrella serie, alternador de 6 bobinados, 3 fases 380-480VAC

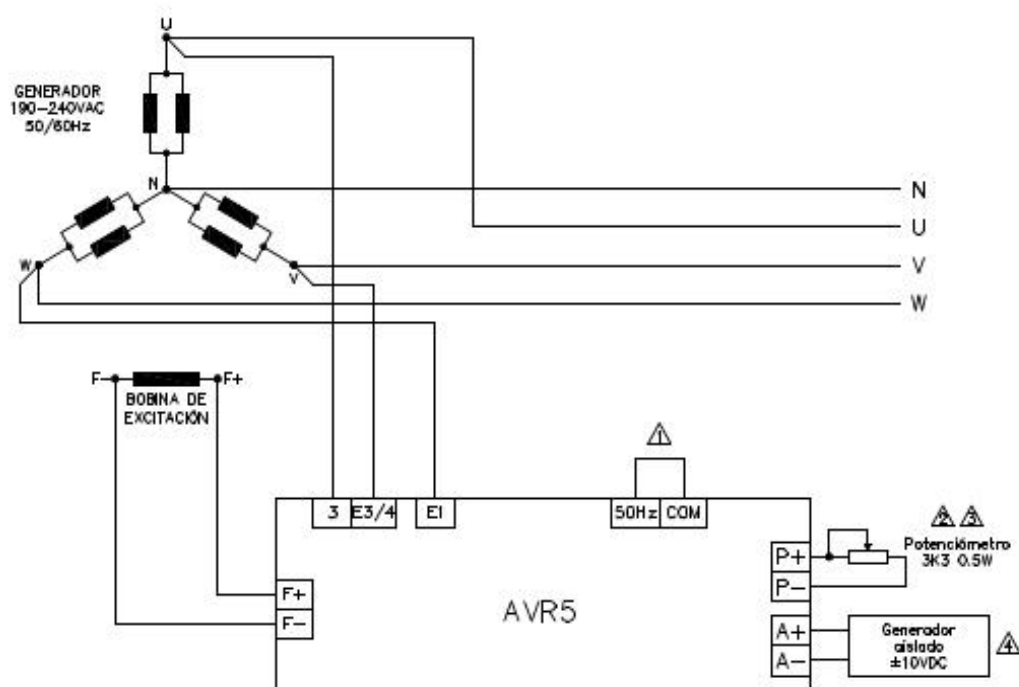


Figura 9. Conexión estrella paralelo, alternador de 6 bobinados, 3 fases 190-240VAC

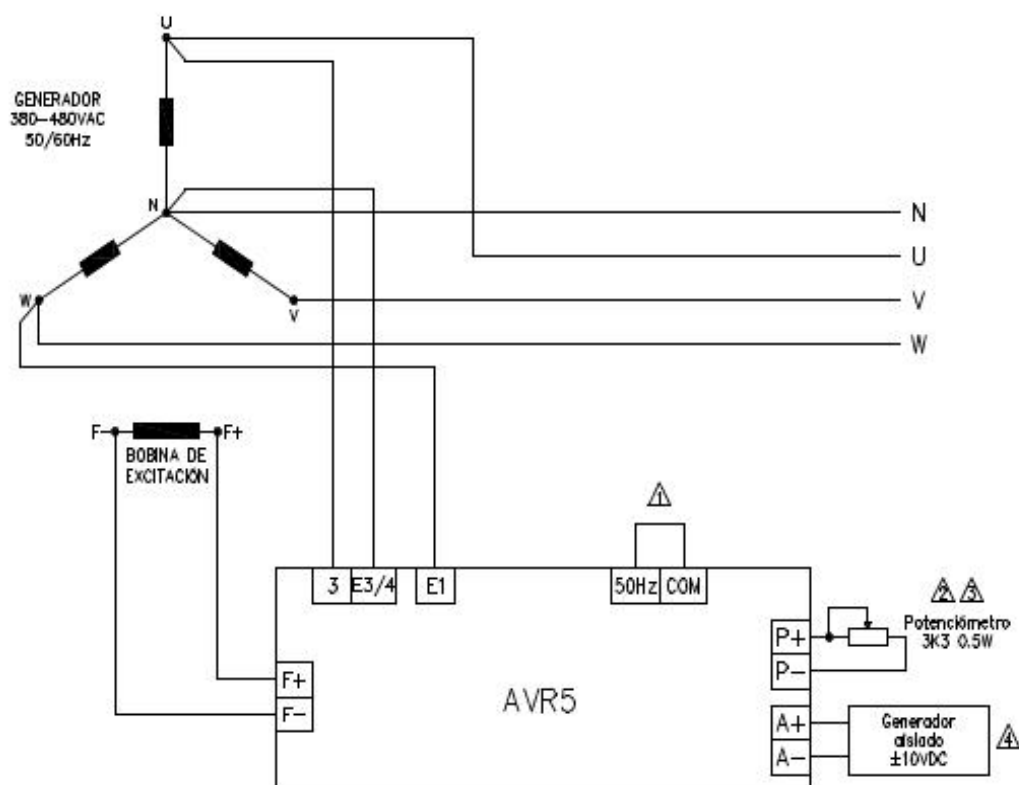


Figura 10. Conexión estrella, alternador de 3 bobinados, 3 fases 380-480VAC

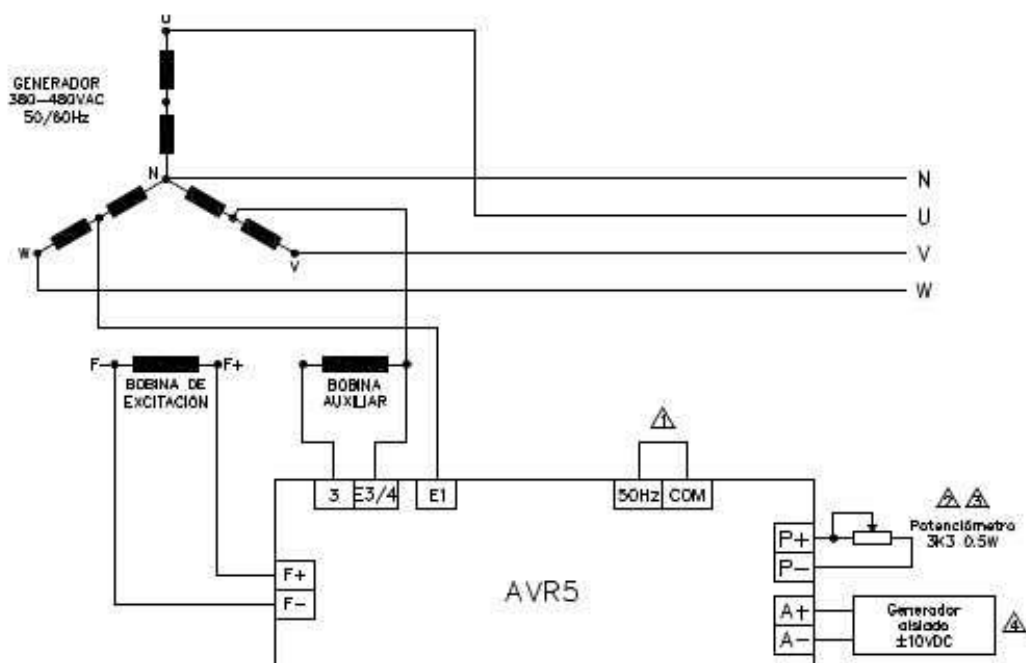


Figura 11. Conexión estrella serie con bobina auxiliar, alternador de 6 bobinados, 3 fases 380-480VAC

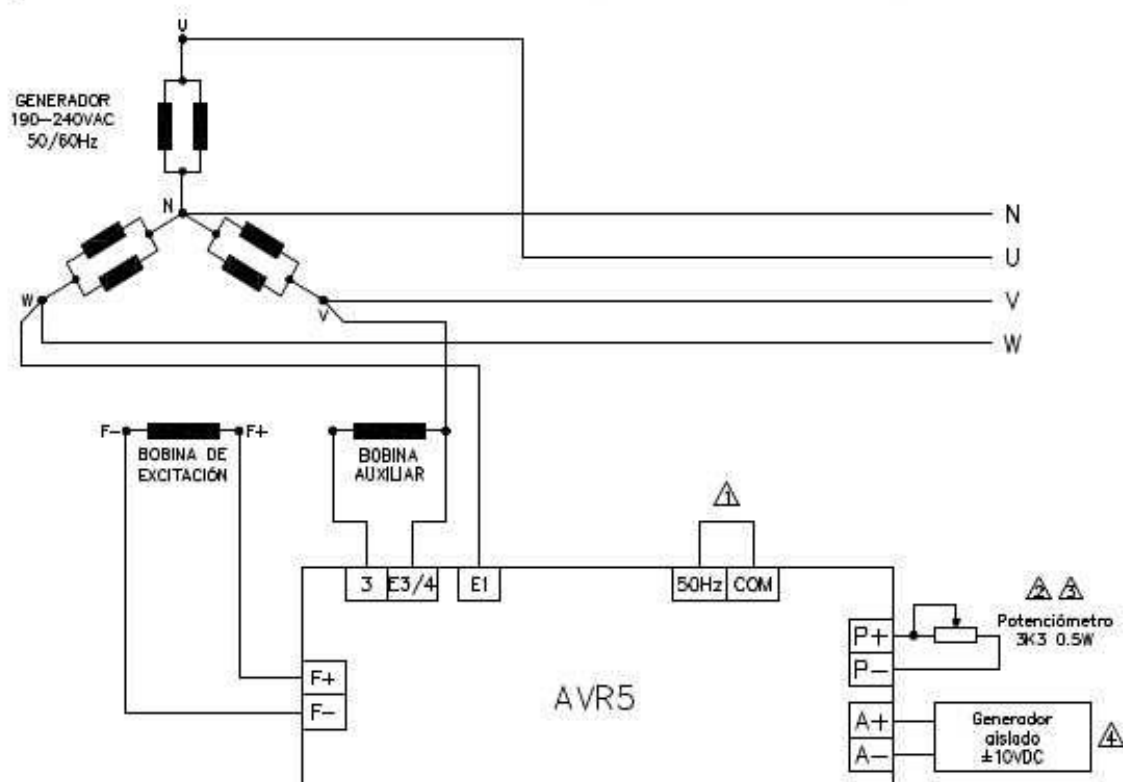


Figura 12. Conexión estrella paralelo con bobina auxiliar, alternador de 6 bobinados, 3 fases 190-240VAC

(Esta página se ha dejado en blanco a propósito)



Load Impact Test - Performing Class Operating Limits per ISO 8528-5:2005

Engine	Ineco NEF45SM1/2A	Test Code	IMP-18-008	Date	21/02/2018
Alternator	Cramaco G2R 20MSD/4	Genset Code		Genset	HF-W-60T5
Power PRP (kW)	48	Cos phi	1	Ambient Temp. (°C)	
Power Stby (kW)	50	Test Bank Used	Froment MS 110-1000 STG	Atmospheric Press. (hPa)	1014
Conditions					

Apply Load: Stabilized state of value before applying the load and minimum value after applying the load

Apply Download: Stabilized state of value before applying the download and maximum value after applying the download

Recovery Time: Time from applying of loading or unloading until the value stabilizes

FREQUENCY					FREQUENCY					
Declared Frequency	Rated Frequency		50	Hz			G1	G2	G3	
Freq. 0% Load	No Load Frequency		51,6	Hz						
Freq. 100% Load	100% Load Frequency		50,1	Hz	Related Frequency Tolerance Band (αf)	%	3.0	3.0	3.0	
Width of Frequency Oscillation Steady State			0,2	Hz	Frequency Droop (δfst)	%	3.2	3.2	3.2	
Oscillation frequency			Before	After	Steady State Frequency band (βf)	%	0.4	0.4	0.4	
Impact Load 25%	F Change 25%	0% - 25%	51,6	50,1	Transient F difference from Initial F 25%	0% - 25%	%	-2.9	-2.9	-2.9
		25%-0%	51,3	52,6		25%-0%	%	2.5	2.5	2.5
Recovery timen (S)	Recovery T (s)		0,80		F Recovery time	s	0.8	0.8	0.8	
Impact Load 40%	F Change 40%	0% - 40%	51,6	49,5	Transient F difference from Initial F 40%	0% - 40%	%	-4.1	-4.1	-4.1
		40%-0%	51	53,1		40%-0%	%	4.1	4.1	4.1
Recovery Time (S)	Recovery T (s)		1,00		F Recovery time	s	1.0	1.0	1.0	
Impact Load 50%	F Change 50%	0% - 50%	51,7	50,1	Transient F difference from Initial F 50%	0% - 50%	%	-3.1	-3.1	-3.1
		50%-0%	50,8	53,3		50%-0%	%	4.9	4.9	4.9
Recovery Time (S)	Recovery T (s)		1,20		F Recovery time	s	1.2	1.2	1.2	
Impact Load 75%	F Change 75%	0% - 75%	51,6	49,5	Transient F deviation from Rated F 75%	0% - 75%	%	-4.1	-4.1	-4.1
		75%-0%	50,5	53,9		75%-0%	%	6.7	6.7	6.7
Recovery Time (S)	Recovery T (s)		1,00		F Recovery time	s	1.0	1.0	1.0	
Impact Load 84%	F Change 84%	0% - 84%	51,6	48,3	Transient F deviation from Rated F 84%	0% - 84%	%	-6.4	-6.4	-6.4
		84%-0%	50,3	53,8		84%-0%	%	7.0	7.0	7.0
Recovery Time (S)	Recovery T (s)		1,00		F Recovery time	s	1.0	1.0	1.0	
Impact Load 100%	F Change 100%	0% - 100%	51,7	48,1	Transient F deviation from Rated F 100%	0% - 100%	%	-7.0	-7.0	-7.0
		100%-0%	50,2	53,8		100%-0%	%	7.2	7.2	7.2
Recovery Time (S)	Recovery T (s)		1,40		F Recovery time	s	1.4	1.4	1.4	

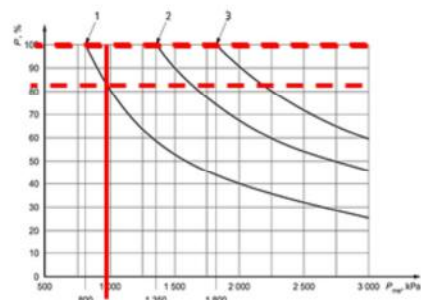
VOLTAGE					VOLTAGE					
Declared Voltage	Rated Voltage		400	V			G1	G2	G3	
Voltage 0% Load	Voltage 0% Load		401	V						
Voltage 100% Load	Voltage 100% Load		399	V	Related Voltage Tolerance Band (αu)	%	0.5	0.5	0.5	
Oscillation of Voltage			Before	After	Steady State Voltage Deviation (δust)	%	0.3	0.3	0.3	
Impact Load 25%	V Change 25%	0% - 25%	400	398	Transient V deviation from Initial - 25% Load	0% - 25%	%	-0.5	-0.5	-0.5
		25%-0%	400	402		25%-0%	%	0.5	0.5	0.5
Recovery time (S)	Recovery T (s)		0,80		V Recovery time	s	0.8	0.8	0.8	
Impact Load 40%	V Change 40%	0% - 40%	400	391	Transient V deviation from Initial - 40% Load	0% - 40%	%	-2.3	-2.3	-2.3
		40%-0%	400	410		40%-0%	%	2.5	2.5	2.5
Recovery Time (S)	Recovery T (s)		0,80		V Recovery time	s	0.8	0.8	0.8	
Impact Load 50%	V Change 50%	0% - 50%	400	384	Transient V deviation from Initial - 50% Load	0% - 50%	%	-4.0	-4.0	-4.0
		50%-0%	400	421		50%-0%	%	5.3	5.3	5.3
Recovery Time (S)	Recovery T (s)		1,00		V Recovery time	s	1.0	1.0	1.0	
Impact Load 75%	V Change 75%	0% - 75%	400	385	Transient V deviation from Initial - 75% Load	0% - 75%	%	-3.8	-3.8	-3.8
		75%-0%	400	433		75%-0%	%	8.3	8.3	8.3
Recovery Time (S)	Recovery T (s)		1,20		V Recovery time	s	1.2	1.2	1.2	
Impact Load 84%	V Change 84%	0% - 84%	400	383	Transient V deviation from Initial - 84% Load	0% - 84%	%	-4.3	-4.3	-4.3
		84%-0%	400	408		84%-0%	%	2.0	2.0	2.0
Recovery Time (S)	Recovery T (s)		1,00		V Recovery time	s	1.0	1.0	1.0	
Impact Load 100%	V Change 100%	0% - 100%	400	373	Transient V deviation from Initial - 100% Load	0% - 100%	%	-6.8	-6.8	-6.8
		100%-0%	400	428		100%-0%	%	7.0	7.0	7.0
Recovery Time (S)	Recovery T (s)		1,20		V Recovery time	s	1.2	1.2	1.2	

Compliance According to the Norm ISO 8528-5

Mean Effective Pressure (MEP) kPa 969,7

% Load Range to Meet the Impacts

	From the	Until	Compliance
G1	100		Yes
G2	100		Yes
G3	83	100	Yes



(Esta página se ha dejado en blanco a propósito)

BIBLIOGRAFÍA

Regulador de velocidad mecánica:

<http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea-regulador.htm>

Datasheet del AVR modelo DBT 63-4:

http://www.dbtsa.com/manuales/manuales_alternadores/manual_esp-eng_g2r_160-200-280-315_r2.pdf

Datasheet del AVR modelo Grameyer GRT7-TH4E:

<http://www.grameyer.com.br/wp-content/uploads/2014/05/GRT7-TH4.pdf>

Datasheet del aislador digital ADuM3201ARZ:

<https://www.digchip.com/datasheets/parts/datasheet/041/ADUM3201ARZ-pdf.php>

Datasheet del transceptor CAN TJA1051T:

<https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/TJA1051.pdf>

Datasheet del convertidor DC-DC NXE1S0505MC:

<https://eu.mouser.com/ProductDetail/Murata-Power-Solutions/NXE1S0505MC-R7?qs=NM0%252bZNIUYlpGrIxCZPxWg==>

Datasheet del diodo zener BZM55C5V1:

<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/150694/CDIL/BZM55C5V1.html>

Datasheet del microcontrolador Renesas RX63N:

https://www.renesas.com/en-us/doc/products/mpumcu/doc/rx_family/r01ds0098ej0180_rx63n631.pdf

(Esta página se ha dejado en blanco a propósito)

Parte 2: Planos

(Esta página se ha dejado en blanco a propósito)

U1
 P05/BRO3 PA0
 P07/BRO5 PA2/RO15
 P12/RXDE/SCI0/BRO2 PA3/RXD5/BRO4-B5
 P13/TXDE/SCI0/BRO3 PA4/TXD5/BRO2-B5
 P14/CTXL/BRO4 PA5
 P15/RXDL/CRX1-B5/BRO5 PA6/MISDA
 P16/TXDL/RXDE/SCI2_US/BRO6 PA7/MISDA
 P17/TXD3/SCI2_US/IR07 P80/RXD6/BRO12
 P20/TXD0/BRO8 P81/TXD6/IR04-B5
 P22/RXD0/BRO9 P82
 P23/TXD3 P83
 P24 P84
 P25/RXD3 P85
 P32/TXD6/TXD0/BRO2-B5 P86/RXD9
 P33/RXD6/RXD0/BRO3-B5 P87/TXD9
 P35/AM4 PC0/IR014
 P40/AN000/BRO8-B5 PC1/IR012
 P42/AN002/BRO1-B5 PC2/RXD5
 P43/AN003/BRO1-B5 PC3/TXD5
 P44/AN004/BRO1-B5 PC4
 P45/AN005/BRO1-B5 PC5
 P46/AN006/BRO1-B5 PC6/RXD8/IR013
 P47/AN007/BRO1-B5 P00/BRO0/AN008
 P80/TXD2 P10/BRO0/AN009
 P81 P11/BRO0/AN009
 P82/RXD2 P12/BRO2/AN010
 P83 P13/BRO3/AN011
 P84/AN012 P14/BRO4/AN012
 P85/BRO5/AN013 P15/BRO5/AN013
 P86/RXD2 P17/IR07/AM7
 P87/CT1 P80/AM00
 P88/CT1 P81/TXD2/AM01
 P89/CR01/BRO10 P82/RXD2/MISDA/BRO7-B5/AM0
 P93/EXTAL P83/MISDA/AM1
 P93/XTAL P85/BRO5/AM3
 P86/MISDA/BRO5/AM4
 P87/MISDA/BRO7/AM5
 P88/CT1 P83
 P89/CR01/BRO10 P83
 P90/CT1 P83
 P91 P83/RXD2
 P92/RXD2 P83
 P93/CT1 P83/CR01/BRO10
 P94/CT1 P83/CR01/BRO10
 P95/CR01/BRO10 P83/CR01/BRO10
 P96/EXTAL P82/RXD2/MISDA/BRO7-B5/AM0
 P97/XTAL P83/MISDA/AM1
 P98/CT1 P85/BRO5/AM3
 P99/XTAL P86/MISDA/BRO5/AM4
 P100/CT1 P87/MISDA/BRO7/AM5
 P101/XTAL P83
 P102/CT1 P83
 P103/XTAL P83
 P104/CT1 P83
 P105/XTAL P83
 P106/CT1 P83
 P107/XTAL P83
 P108/CT1 P83
 P109/XTAL P83
 P110/CT1 P83
 P111/XTAL P83
 P112/CT1 P83
 P113/XTAL P83
 P114/CT1 P83
 P115/XTAL P83
 P116/CT1 P83
 P117/XTAL P83
 P118/CT1 P83
 P119/XTAL P83
 P120/CT1 P83
 P121/XTAL P83
 P122/CT1 P83
 P123/XTAL P83
 P124/CT1 P83
 P125/XTAL P83
 P126/CT1 P83
 P127/XTAL P83
 P128/CT1 P83
 P129/XTAL P83
 P130/CT1 P83
 P131/XTAL P83
 P132/CT1 P83
 P133/XTAL P83
 P134/CT1 P83
 P135/XTAL P83
 P136/CT1 P83
 P137/XTAL P83
 P138/CT1 P83
 P139/XTAL P83
 P140/CT1 P83
 P141/XTAL P83
 P142/CT1 P83
 P143/XTAL P83
 P144/CT1 P83
 P145/XTAL P83
 P146/CT1 P83
 P147/XTAL P83
 P148/CT1 P83
 P149/XTAL P83
 P150/CT1 P83
 P151/XTAL P83
 P152/CT1 P83
 P153/XTAL P83
 P154/CT1 P83
 P155/XTAL P83
 P156/CT1 P83
 P157/XTAL P83
 P158/CT1 P83
 P159/XTAL P83
 P160/CT1 P83
 P161/XTAL P83
 P162/CT1 P83
 P163/XTAL P83
 P164/CT1 P83
 P165/XTAL P83
 P166/CT1 P83
 P167/XTAL P83
 P168/CT1 P83
 P169/XTAL P83
 P170/CT1 P83
 P171/XTAL P83
 P172/CT1 P83
 P173/XTAL P83
 P174/CT1 P83
 P175/XTAL P83
 P176/CT1 P83
 P177/XTAL P83
 P178/CT1 P83
 P179/XTAL P83
 P180/CT1 P83
 P181/XTAL P83
 P182/CT1 P83
 P183/XTAL P83
 P184/CT1 P83
 P185/XTAL P83
 P186/CT1 P83
 P187/XTAL P83
 P188/CT1 P83
 P189/XTAL P83
 P190/CT1 P83
 P191/XTAL P83
 P192/CT1 P83
 P193/XTAL P83
 P194/CT1 P83
 P195/XTAL P83
 P196/CT1 P83
 P197/XTAL P83
 P198/CT1 P83
 P199/XTAL P83
 P200/CT1 P83
 P201/XTAL P83
 P202/CT1 P83
 P203/XTAL P83
 P204/CT1 P83
 P205/XTAL P83
 P206/CT1 P83
 P207/XTAL P83
 P208/CT1 P83
 P209/XTAL P83
 P210/CT1 P83
 P211/XTAL P83
 P212/CT1 P83
 P213/XTAL P83
 P214/CT1 P83
 P215/XTAL P83
 P216/CT1 P83
 P217/XTAL P83
 P218/CT1 P83
 P219/XTAL P83
 P220/CT1 P83
 P221/XTAL P83
 P222/CT1 P83
 P223/XTAL P83
 P224/CT1 P83
 P225/XTAL P83
 P226/CT1 P83
 P227/XTAL P83
 P228/CT1 P83
 P229/XTAL P83
 P230/CT1 P83
 P231/XTAL P83
 P232/CT1 P83
 P233/XTAL P83
 P234/CT1 P83
 P235/XTAL P83
 P236/CT1 P83
 P237/XTAL P83
 P238/CT1 P83
 P239/XTAL P83
 P240/CT1 P83
 P241/XTAL P83
 P242/CT1 P83
 P243/XTAL P83
 P244/CT1 P83
 P245/XTAL P83
 P246/CT1 P83
 P247/XTAL P83
 P248/CT1 P83
 P249/XTAL P83
 P250/CT1 P83
 P251/XTAL P83
 P252/CT1 P83
 P253/XTAL P83
 P254/CT1 P83
 P255/XTAL P83
 P256/CT1 P83
 P257/XTAL P83
 P258/CT1 P83
 P259/XTAL P83
 P260/CT1 P83
 P261/XTAL P83
 P262/CT1 P83
 P263/XTAL P83
 P264/CT1 P83
 P265/XTAL P83
 P266/CT1 P83
 P267/XTAL P83
 P268/CT1 P83
 P269/XTAL P83
 P270/CT1 P83
 P271/XTAL P83
 P272/CT1 P83
 P273/XTAL P83
 P274/CT1 P83
 P275/XTAL P83
 P276/CT1 P83
 P277/XTAL P83
 P278/CT1 P83
 P279/XTAL P83
 P280/CT1 P83
 P281/XTAL P83
 P282/CT1 P83
 P283/XTAL P83
 P284/CT1 P83
 P285/XTAL P83
 P286/CT1 P83
 P287/XTAL P83
 P288/CT1 P83
 P289/XTAL P83
 P290/CT1 P83
 P291/XTAL P83
 P292/CT1 P83
 P293/XTAL P83
 P294/CT1 P83
 P295/XTAL P83
 P296/CT1 P83
 P297/XTAL P83
 P298/CT1 P83
 P299/XTAL P83
 P300/CT1 P83
 P301/XTAL P83
 P302/CT1 P83
 P303/XTAL P83
 P304/CT1 P83
 P305/XTAL P83
 P306/CT1 P83
 P307/XTAL P83
 P308/CT1 P83
 P309/XTAL P83
 P310/CT1 P83
 P311/XTAL P83
 P312/CT1 P83
 P313/XTAL P83
 P314/CT1 P83
 P315/XTAL P83
 P316/CT1 P83
 P317/XTAL P83
 P318/CT1 P83
 P319/XTAL P83
 P320/CT1

(Esta página se ha dejado en blanco a propósito)

Parte 3: Estudio Económico

(Esta página se ha dejado en blanco a propósito)

Capítulo 1. Cálculo de Costes

Se desglosan los costes del presente proyecto entre la inversión realizada por Himoina y Dismuntel.

En primer lugar se realiza una previsión de costes del AVR digital y seguidamente se analizan los costes del proyecto asumidos por cada empresa.

1.1.- Previsión de costes del AVR digital

DISEÑO AVR DIGITAL

Autor: José Juan Elum	Date: 26/01/2018
Empresa: Dismuntel	

3. Costes digital AVR

Descripción		Cantidad	Coste Unitario	Total
2.1	Circuito impreso			
2.1.1	Circuito de potencia ud.	1,00	20,00 €	20,00 €
2.1.2	Circuito de comunicaciones ud.	1,00	15,00 €	15,00 €
2.1.3	Alimentación ud.	1,00	20,00 €	20,00 €
2.1.4	Circuitería del microcontrolador ud.	1,00	30,00 €	30,00 €
2.1.5	Placa PCB ud.	1,00	15,00 €	15,00 €
2.1.6	Mecanizado ud.	1,00	15,00 €	15,00 €
Total				115,00 €
2.2	Ingeniería			
2.2.2	Configuración de producto h	150,00	31,00 €	4.650,00 €
2.2.3	Diseño eléctrico h	100,00	31,00 €	3.100,00 €
2.2.4	Asistencia en ensamblaje h	55,00	31,00 €	1.705,00 €
2.2.5	Gestión de proyecto h	30,00	31,00 €	930,00 €
2.2.6	Banco de pruebas h	5,00	270,48 €	1.352,40 €
2.1.6	Mecanizado ud.	1,00	15,00 €	15,00 €
Total				11.752,40 €

Tabla 1. Previsión de costes de producción del circuito CAN

1.2 Costes totales

DISEÑO AVR DIGITAL

Autor: José Juan Elum

Empresa: Himoinsa & Dismuntel

Costes totales

Descripción			Cantidad	Coste Unitario	Total
1 Dismuntel					
1.1	AVR5	ud.	1	65,64 €	65,64 €
1.2	Can Bus Hardware	ud.	1	9,74 €	9,74 €
1.3	Diseño AVR digital	ud.	1	11.867,40 €	11.867,40 €
Total					11.942,78 €
2 Himoinsa					
2.1	Grupo 60kVA	ud.	1	4.110,33 €	4.110,33 €
2.2	Grupo 200kVA	ud.	1	8.732,22 €	8.732,22 €
2.3	Banco de pruebas	h.	1	547,30 €	547,30 €
Total					13.389,85 €

Tabla 2. Costes totales del proyecto

1.3 Costes asumidos por Dismuntel

1.3.1.- Costes de producción del AVR5

DISEÑO AVR5 DISMUNTEL

Autor: José Juan Elum

Date: 26/01/2018

Empresa: Dismuntel

1. Costes AVR5

Descripción			Cantidad	Coste Unitario	Total
2.1 Circuitos impresos					
2.1.1	Circuito de potencia	ud.	1,00	15,53 €	15,53 €
2.1.2	Alimentación	ud.	1,00	7,12 €	7,12 €
2.1.3	Circuito de mediciones	ud.	1,00	15,44 €	15,44 €
2.1.4	Placa PCB	ud.	1,00	14,58 €	14,58 €
2.1.5	Mecanizado	ud.	1,00	12,97 €	12,97 €
Total					65,64 €

Tabla 3. Costes de producción del AVR5

1.3.2.- Costes del circuito CAN

DISEÑO AVR DIGITAL

Autor: José Juan Elum	Date: 26/01/2018
Empresa: Dismuntel	

2. Costes del CAN bus

Descripción			Cantidad	Coste Unitario	Total
2.1	Componentes				
2.1.1	DC-DC Convertidor NXE1S0505MC	ud.	1,00	2,51 €	2,51 €
2.1.2	Diodo Zener BZM55C5V1	ud.	1,00	0,20 €	0,20 €
2.1.3	Aislante Digital ADuM3201ARZ	ud.	1,00	2,48 €	2,48 €
2.1.4	Transceptor TJA1051	ud.	1,00	0,95 €	0,95 €
2.1.5	Condensadores 4700nF	ud.	2,00	0,06 €	0,12 €
2.1.6	Condensadores 100nF	ud.	5,00	0,06 €	0,31 €
2.1.7	Núcleo de ferrita	ud.	1,00	2,37 €	2,37 €
2.1.8	Bobina	ud.	1,00	0,80 €	0,80 €
Total					9,74 €

Tabla 4. Costes de producción del circuito CAN

1.4.- Costes asumidos por Himoinsa

1.4.1.- Costes del banco de pruebas

DISEÑO AVR DIGITAL

Autor: José Juan Elum	Date: 26/01/2018
Empresa: Himoinsa	

1. Banco de pruebas

Description			Quantity	Real Unit Cost	Total
2.1	Grupo 60kVA				
2.1.1	Mano de obra	h.	5	50,00 €	250,00 €
2.1.2	Consumo de diésel	L/kW	48	0,23 €	10,92 €
Total					260,92 €
2.1	Grupo 200kVA				
2.1.1	Mano de obra	h.	5	50,00 €	250,00 €
2.1.2	Consumo de diésel	L/kW	160	0,23 €	36,38 €
Total					286,38 €

Tabla 6. Costes del banco de pruebas

1.4.2.- Costes de ensamblaje de grupos

DISEÑO AVR DIGITAL

Autor: José Juan Elum	Date: 26/01/2018
Empresa: Himoinsa	

2. Ensamblaje grupos

Description			Quantity	Real Unit Cost	Total
2.1 60kVA					
2.1.1	Generator 60kVA HC200A2	ud.	1	1.053,94 €	1.053,94 €
2.1.2	Motor NEF45SM1/2A	ud.	1	2.457,09 €	2.457,09 €
2.1.3	Instalación eléctrica	ud.	1	479,30 €	479,30 €
2.1.4	Mano de obra	h.	8	15,00 €	120,00 €
Total					4.110,33 €
2.2 200kVA					
2.1.1	Generator 200kVA HC200A2	ud.	1	2.180,66 €	2.180,66 €
2.1.2	Motor NEF45SM1/2A	ud.	1	5.450,00 €	5.450,00 €
2.1.3	Instalación eléctrica	ud.	1	981,56 €	981,56 €
2.1.4	Mano de obra	h.	8	15,00 €	120,00 €
Total					8.732,22 €

Tabla 7. Costes producción de los grupos electrógenos

Capítulo 2. Amortización de la inversión

Se planifica una amortización de la inversión a 5 años vista.

Año	Costos	Uds.	Precio	Venta Neta	Costes Venta	Beneficios Actualizados	Flujo Neto de Efectivo Act.
0	25.333 €	-	-	0 €	-	-	-25.332,63 €
1	400 €	75	500 €	37.500 €	30.000,00 €	7.500,00 €	-17.832,63 €
2	375 €	100	450 €	45.000 €	37.500,00 €	7.500,00 €	-10.332,63 €
3	360 €	120	450 €	54.000 €	43.200,00 €	10.800,00 €	467,37 €
4	350 €	150	425 €	63.750 €	52.500,00 €	11.250,00 €	11.717,37 €
5	330 €	200	400 €	80.000 €	66.000,00 €	14.000,00 €	25.717,37 €
Total	27.148 €	645		280.250 €	229.200,00 €	51.050,00 €	

Tabla 8. Costes del banco de pruebas

Se esperan obtener beneficios a tres años vista, en concreto a finales del mismo y principios del cuarto, vendiendo un total de 295 unidades.