



Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado
Secretaría de Ciencia, Tecnología y
Posgrado

SISTEMA DE INFORMACION DE CIENCIA Y
TECNOLOGIA (SICyT)

FORMULARIO PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Código del Proyecto: CCUTNCO0007841

1. Unidad Científico-Tecnológica

FR Córdoba - CIII: CENTRO DE INVESTIGACION EN INFORMATICA PARA INGENIERÍA

2. Denominación del PID

Generador brushless para unidades de potencia híbridas basadas en motor de combustión interna Tor-q

3. Resumen Técnico del PID

El motor Tor-q es un modelo de motor de combustión interna patentado por el diseñador industrial cordobés Germán Quintana. Este motor presenta particularidades únicas por las cuales aventaja a las tecnologías de motores alternativos y rotativos tradicionales. Entre ellas se destacan, en términos generales comparado con tecnologías tradicionales del segmento: mayor rendimiento térmico, mayor densidad volumétrica y másica de potencia, menor cantidad de piezas, variación dinámica de relación de compresión, operación policombustible, entre otras. Los antecedentes más recientes del desarrollo de este proyecto son la radicación en la incubadora de empresas del vivero metalúrgico de la Cámara de Industriales, Metalúrgica y Componentes de Córdoba (CIMCC), la financiación recibida por el programa FONTEC en 2017, las validaciones de las características dinámicas realizadas en las instalaciones Oreste Berta S.A. y el premio al primer puesto del concurso de emprendedores organizado por la Asociación de Industrias Metalúrgicas de la República Argentina (ADIMRA) en el año 2018. El presente proyecto apunta a complementar el desarrollo tecnológico del motor tor-q agregándole un generador eléctrico tipo brushless de imanes permanentes, la electrónica necesaria para generar energía eléctrica en valores estándar de 220 voltios monofásica a 50 hercios y los sistemas de control automático para regular los parámetros de operación del motor. Las particularidades técnicas del motor tor-q apuntalan la hipótesis de que es posible utilizar imanes permanentes en lugar de los rotores autoexcitados con o sin escobillas, lográndose con esto un alternador más compacto, económico y eficiente. El sistema propuesto utiliza un inversor electrónico de potencia en la etapa de salida del sistema eléctrico permitiendo además de explotar al máximo la eficiencia del motor de combustión interna, revertir la operación del alternador utilizándolo como arrancador eléctrico. Las actividades de investigación y desarrollo de este proyecto pretenden desembocar en un modelo funcional de generador, lo cual no obstante resulta también en un modelo de estudio de la potencialidad del conjunto como unidad de potencia híbrida. Como unidad de potencia híbrida el sistema es de amplio interés, puesto que puede ser utilizado en sistemas de propulsión de vehículos de tracción eléctrica. La transición a los vehículos eléctricos pasará sin duda por una etapa de hibridación hasta que la tecnología de acumuladores esté suficientemente madura, sus costos sean competitivos y el desempeño comparable al de motores de combustión interna en cuanto a autonomía. Aquí también es válido mencionar que el sistema de distribución de energía necesita adaptarse a la nueva demanda que supone alimentar el parque automotor con electricidad. Otro caso de interés para la aplicación de unidades híbridas de potencia en las maquinarias agrícolas, una de las industrias más importantes de nuestro país; donde se pueden utilizar para la sustitución de los sistemas hidráulicos.

4. Programa

Electrónica, Computación y Comunicaciones

5. Proyecto

Tipo de Proyecto: UTN (PID UTN) SIN INCORPORACION EN PROGRAMA INCENTIVOS

Tipo de Actividad: Investigación Aplicada

Campos de Aplicación:

Rubro	Descrip. Actividad	Otra (especificada)
Seleccione..	Seleccione..	
ENERGIA (Producción)	Otros - Energia (Especificar)	Plantas motrices híbridas y generadores eléctricos
ENERGIA (Producción)	Eléctrica	

Disciplinas Científicas:

Rubro	Disciplina Científica	Otras Disciplinas Científicas
INGENIERÍA EN COMUNICACIONES ELECTRÓNICA Y CONTROL	Electrónica	-

Palabras Clave

generador alternador brushless iman permanente bldcpmg

6. Fechas de realización

Inicio	Fin	Duración	Fecha de Homologación
01/01/2020	31/12/2021	24 meses	21/11/2019

7. Aprobación/ Acreditación / Homologación / Reconocimiento (para ser completado por la SCTyP - Rectorado)

7.1 Aprobación / Acreditación / Reconocimiento (para ser completado por la FR cuando se posea N° Resolución)
N° de Resolución de aprobación de la FR:

7.2 Homologación (para ser completado por la SCTyP - Rectorado)

Código SCTyP: CCUTNCO0007841

Disposición SCTyP: 148/2019

Código Ministerio:

8. Estado (para ser completado por la SCTyP - Rectorado)

HOMOLOGADO

9. Avaluos (presentación obligatoria de avaluos)

10. Personal Científico Tecnológico que participa en el PID

Apellido y Nombre	Cargo	Hs/Sem	Fecha Alta	Fecha Baja	Otros Cargos
ARAGUÁS, ROBERTO GASTÓN	CO-DIRECTOR	10	01/01/2020	31/12/2021	-
GAYDOU, DAVID ALEJANDRO	DIRECTOR	20	01/01/2020	31/12/2021	
PEREZ PAINA, GONZALO FERNANDO	INVESTIGADOR FORMADO	10	01/01/2020	31/12/2021	-
SCHNEIDER, AXEL CRISTIAN	BECARIO ALUMNO UTN-SAE	6	01/01/2020	31/12/2021	-
GALLARDO, ALEJANDRO GASTÓN	BECARIO POSGRADO - DOCTORAL EN EL PAÍS	10	01/01/2020	31/12/2021	-
QUINTANA, GERMAN	OTROS (ESPECIFICAR)	10	01/01/2020	31/12/2021	Consultor tecnológico

11. Datos de la investigación

Estado actual de concimiento del tema

En la actualidad la tecnología de generación portátil de energía eléctrica utilizando motogeneradores es materia bien estudiada y existen soluciones comerciales disponibles con infinidad de variantes para todos los rangos de potencias razonables en cuanto a portabilidad. Sin embargo estas tecnologías están condicionadas a la utilización de plantas motrices tradicionales y en general para los rangos de potencia propuestos en este proyecto las variantes que combinan alternador con imanes permanentes y salida con inversor no están aun demasiado difundidas. De aquí que la eficiencia de estos conjuntos diste bastante de ser óptima.

Para el segmento de potencia de generación que apunta este proyecto pueden encontrarse tres tipos de generadores desde el punto de vista del combustible con que operan: a gas, nafta o diesel. Los que operan con diesel son más convenientes desde el punto de vista del costo del kWh generado aunque presentan la desventaja de que son más costosos, los que operan con nafta son más económicos aunque el costo de operación está sujeto al costo superior del combustible. Entre aquellos que utilizan gas pueden encontrarse los que utilizan gas licuado con costo de inversión similar y operación similar a los nafteros pero con la dificultad de que el recipiente de combustible es más voluminoso y menos portable; también hay generadores a gas natural, el costo de operación es menor que el anterior pero deben ser montados fijos por la conexión a la red de distribución.

Otra alternativa de interés comparativo para este proyecto son los generadores doble combustible (dual fuel), que pueden operar con nafta o gpl (gas de petróleo licuado). Un aspecto a tener en cuenta en estos generadores es que el diseño del motor no puede optimizarse para que ambos modos de operación sean óptimos. Así en las especificaciones del fabricante puede observarse que por ejemplo, los rangos de potencia máxima con uno u otro combustible discrepan. [1]

Si bien como se mencionó la utilización de inversores (inverters) en los generadores portátiles de esta potencia es incipiente, existen en el mercado productos disponibles que toman ventaja de esta tecnología. La aplicación de

inversores en la etapa de salida del generador permite relajar la restricción de funcionamiento a régimen de revoluciones constante del motor, de modo que se puede ajustar esta condición de operación de acuerdo a la demanda de potencia instantánea para optimizar la operación del motor de combustión interna manteniéndolo en la región BSFC (siglas del inglés Brake Specific Fuel Consumption) de mejor desempeño. Esto como contra partida implica mayor costo del equipo, complejidad y posiblemente una merma en la calidad de la pureza espectral de la onda de salida.

Otra ventaja de la utilización de inversores en la etapa de salida es la posibilidad de sustituir los alternadores autoexcitados por aquellos de imanes permanentes ya que el el inversor además de ajustar la frecuencia de salida también puede manejar las variaciones de amplitud debidas a las diferentes condiciones de carga del generador. En [2] se presenta un estudio comparativo de microgeneradores de alrededor de 10kW de potencia donde puede observarse que la eficiencia eléctrica porcentual se encuentra entre un 26% y un 32%. Siendo esta última la correspondiente al modelo Yanmar de ciclo Atkinson con imanes permanentes.

En [3] se propone una técnica novedosa que consiste en la inmersión del modelo de planta dado en un modelo de espacio de estados extendido, en el cual la solución puede ser definida de manera constructiva. Esto produce una ley de control que aproxima la política de optimalidad.

[1]<https://www.duromaxpower.com/collections/dual-fuel-generators/products/durostar-ds10000eh-10000-watt-18-hp-dual-fuel-hybrid-generator-w-electric-start>

[2]Pietro Capaldi, A high efficiency 10 kWe microgenerator based on an Atkinson cycle internal combustion engine, Applied Thermal Engineering, Volume 71, Issue 2, 2014, Pages 913-920, ISSN 1359-4311, <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2014.02.035>.

[3] Mario Sassano and Alessandro Astolfi, Approximate solution of HJBE and Optimal Control in Internal Combustion Engines, Optimization and Optimal Control in Automotive Systems, ch. 4, Springer, 2014.

Grado de Avance

El proyecto como conjunto motogenerador comenzaría su desarrollo a partir de la formulación del presente. El motor tor-q presenta un nivel de maduración tecnológica TRL6 (tecnología demostrada en un entorno relevante), mientras que el generador brushless se encuentra en fase TRL3. En cuanto a la electrónica de potencia y los sistemas de control digital el equipo involucrado en el proyecto cubre estas áreas de experticia.

Objetivos de la investigación

Generales

Diseñar, calcular y construir una máquina eléctrica y la electrónica necesaria tal que junto al motor tor-q funcionen como generador eléctrico portátil de 220 V @ 50 Hz con capacidad de potencia constante de 10 KW. Obtener métodos de control de variación de parámetros dinámicos del motor para que funcione en la zona óptima del mapa BSFC (Break Specific Fuel Consumption) para todo el rango de potencias.

Particulares

Análizar y definir alternativas de implementación, obtener un diseño conceptual y su modelo paramétrico de cálculo. Implementar el modelo paramétrico de cálculo. Manufacturar e integrar un modelo de desarrollo. Generar plan de ensayos funcionales. Realizar ensayos funcionales. Realizar revisión de diseño. Generar documentación.

Descripción de la metodología

Se propone:

- generar un modelo paramétrico de cálculo basado en la teoría de funcionamiento de las máquinas eléctricas, los sistemas de potencia electrónicos y las características particulares de la planta motriz de combustión interna tor-q. Codificar los modelos computacionales de cálculo para la etapa anterior y generar los modelos de simulación numérica tanto para los sistemas electromecánicos, electrónicos y magnéticos.
- construir modelo de desarrollo en acuerdo con los resultados de los cálculos obtenidos del modelo paramétrico y simulaciones correspondientes.
- realizar ensayos y validar el modelo paramétrico.
- iterar sobre el modelo de ensayos hasta ajustar los modelos paramétricos a los resultados experimentales.
- utilizar el generador como carga dinámica para ajustar las estrategias de control de lazo cerrado a fin de optimizar el rendimiento energético del sistema.
- medir el rendimiento energético por la relación de la masa de combustible consumida y la energía eléctrica entregada.

12. Contribuciones del Proyecto

Contribuciones al avance científico, tecnológico, transferencia al medio

El desarrollo de máquinas eléctricas rotantes basadas en tecnología de imanes de tierras raras ha ganado particular interés en los últimos años. Con mayor densidad de potencia másica y volumétrica, estas máquinas juegan un rol fundamental en la transición tecnológica hacia la masificación del uso de sistemas de tracción eléctrica, actuadores

eléctricos y generación distribuida.

Con esto se espera mitigar los efectos contaminantes y alcanzar un desarrollo tecnológico más sustentable. En la misma dirección la incorporación del motor Tor-Q de prestaciones superiores a las tecnologías tradicionales fundamentalmente en rendimiento energético refuerza el impacto que el desarrollo de unidades de potencia híbridas de las características propuestas en este proyecto tendrían en aplicaciones concretas como maquinaria agrícola, maquinaria vial, generación portátil de energía eléctrica, plantas motrices para transporte, etc.

Los subsistemas que componen la unidad de potencia híbrida integran áreas del conocimiento muy variadas, desde termodinámica aplicada a motores de combustión interna, hasta optimización de diseños magnéticos para máquinas eléctricas. En este amplio espectro de incumbencias científico-tecnológicas pueden destacarse también posibles desafíos de control óptimo, para la operación del conjunto motogenerador, como así también la integración de clusters de unidades híbridas de potencia.

El desarrollo de esta tecnología puede proveer soluciones a áreas de interés como vehículos para transporte de cargas y pasajeros, dando empuje al estudio de estas tecnologías.

Contribuciones a la formación de Recursos Humanos

El presente proyecto permitirá desarrollar las capacidades de trabajo en equipo de investigadores formados, investigadores en formación y estudiantes de grado.

La incorporación de estudiantes de grado y jóvenes graduados en investigación y desarrollo (I+D) es de suma importancia para nuestro país, ya que esto permite despertar el interés por la ciencia y la investigación aplicada, favoreciendo a nuestro sistema científico.

Específicamente se prevé:

1. Incorporar tres becarios de grado a las tareas de investigación enmarcadas en el proyecto.
2. Incorporar un becario graduado a las tareas de investigación enmarcadas en el proyecto.
3. Proponer al menos un tema para proyecto final de carrera de Ingeniería en Electrónica, derivado de los desarrollos tecnológicos enmarcados en el proyecto, lo cuál usualmente involucra a tres o cuatro estudiantes del último año de la carrera.

Por otra parte, la interacción con el sector privado que el proyecto prevé, permitirá consolidar el vínculo entre emprendedores, ingenieros e industriales pertenecientes a la empresa y los investigadores formados de nuestro centro de investigación.

13. Cronograma de Actividades

Año	Actividad	Inicio	Duración	Fin
1	Análisis de alternativas de implementación	01/01/2020	1 meses	31/01/2020
1	Estudio del estado del arte y análisis de requerimientos	01/02/2020	2 meses	31/03/2020
1	Desarrollo del modelo conceptual y paramétrico de cálculo del alternador	01/04/2020	2 meses	31/05/2020
1	Implementación de los modelos paramétricos de cálculo y simulación en programas numéricos de computación	01/06/2020	2 meses	31/07/2020
1	Manufactura del alternador.	01/08/2020	2 meses	30/09/2020
1	Integración del alternador con el motor de combustión	01/10/2020	1 meses	31/10/2020
1	Generación de plan de ensayos del conjunto motor y alternador etapa 1	01/10/2020	2 meses	30/11/2020
1	Ensayos del conjunto motor y alternador. Etapa 1.	01/11/2020	2 meses	31/12/2020
2	Revisión del modelo paramétrico de cálculo y simulación	01/01/2021	1 meses	31/01/2021
2	Diseño y simulación de la etapa de potencia del ondulator	01/02/2021	1 meses	28/02/2021
2	Construcción y ensayo de la etapa de potencia del ondulator	01/03/2021	1 meses	31/03/2021
2	Diseño, manufactura e integración de los actuadores para variación dinámica de parámetros de operación del motor de combustión	01/04/2021	3 meses	30/06/2021
2	Diseño e integración del sistema digital de control.	01/07/2021	2 meses	31/08/2021
2	Implementación y ensayo de estrategias de control para optimización de rendimiento	01/09/2021	3 meses	30/11/2021
2	Documentación y difusión.	01/12/2021	1 meses	31/12/2021

14. Conexión del grupo de Trabajo con otros grupos de investigación en los últimos cinco años

Grupo Vinc.	Apellido	Nombre	Cargo	Institución	Ciudad	Objetivos	Descripción
-	-	-	-	-	-	-	-

15. Presupuesto

Total Estimado del Proyecto: \$ 1806533,84

15.1. Recursos Humanos - Inciso 1 e Inciso 5