



Prototipo Generador de Energía Eléctrica, a través del uso alternativo de la Bicicleta

Autores: Cardozo Ramón Fernando. Alumno de la UCSE-DASS
Cardozo Verónica Romina. Alumna de la UCSE-DASS
Ing. Víctor Marcial Aizama. Coordinador del GIIT

Resumen

Este trabajo de investigación nace en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Santiago del Estero Sede Jujuy. Más precisamente en el Gabinete de Investigación en Informática y Tecnología a cargo del Coordinador de dicho Gabinete el Ingeniero Víctor Marcial Aizama.

El abordaje de este tema, permite aportar soluciones en el ámbito de los recursos energéticos, con la firme voluntad de proporcionar alternativas tecnológicas, que impulsen la práctica de obtención de Energía Eléctrica, de las fuentes no convencionales obtenidas de las actividades humanas, práctica poco desarrollada considerando el potencial energético de las personas en el mundo.

El principal objetivo de esta investigación es: Contribuir al desarrollo de la explotación de las energías renovables y de la actividad humana para este caso en particular, a través de la fabricación del **“Prototipo Generador de Energía Eléctrica, a través del uso alternativo de la Bicicleta”**. En este caso el pedaleo de la persona es utilizado como energía iniciadora, que permitirá a través del prototipo, la generación de electricidad, la que será utilizada en aplicaciones aisladas y a pequeña escala.

En este trabajo se obtuvo un diseño original del prototipo generador de energía, con la finalidad de que cumpla con los requisitos básicos de diseño mecánico, que como se observará más adelante, no es una tarea fácil. Para tal fin se ha generado la interfaz mecánica-eléctrica apropiada, que convierta la energía mecánica en energía eléctrica.

Finalmente lograron datos que validan y comparan el prototipo desarrollado con el fin de extrapolar diseños y lograr mejoras futuras.

En la actualidad ya estamos trabajando exhaustivamente en esas mejoras, y hasta el momento se lograron adelantos significativos, los que expondremos en las próximas ediciones de la revista.

Palabras clave

Generador, bicicleta, prototipo, energía

Capítulo 1. Introducción

El trabajo que en esta oportunidad se presenta, surge de un Proyecto de Investigación denominado **“Contribución al desarrollo socio-comunitario en la localidad de Olaroz Chico, mediante la generación y acumulación de Energía”**. Este proyecto propone la generación de energía eléctrica, utilizando la energía eólica, para tal fin se debe generar un prototipo, el que será puesta al servicio de la mencionada comunidad, la que hasta el año 2012 recibía energía eléctrica solo durante algunas horas en el día, permaneciendo más de 8 horas sin ese servicio, es este hecho que nos llevó a pensar que hay familias que viven alejados de las comunidades y que seguramente necesitan mucho más la energía eléctrica, para mejorar su calidad de vida.

Es por las familias del Departamento de Susques, más específicamente Localidad de Olaroz Chico (Provincia de Jujuy, República Argentina) y por las muchas personas que viven en lugares muy alejados de los centros urbanos, que no cuentan con este servicio, que emprendemos esta tarea con el propósito de brindar una colaboración para llevar hacia ellos uno de los servicios más indispensables y poco valorado en las grandes urbes, como lo es la ENERGÍA ELÉCTRICA.

Es esto lo que motivó la generación del proyecto mencionado, el cuál fue presentado en el **“CONCURSO ANUAL PROYECTOS DE RESPONSABILIDAD UNIVERSITARIA”, CONVOCATORIA 2013.**

Como se dijo anteriormente, el trabajo **“Prototipo Generador de Energía, a través del uso alternativo de la Bicicleta”**, que estamos presentando es un apéndice del proyecto general, el que se inserta seriamente en lo que varios países desarrollados están observando con gran interés y es “el desarrollo de nuevas fuente de energía”. Es notable el esfuerzo que hacen los países de la Unión Europea y los Estado Unidos y otros no tan desarrollados como Pakistán, en aprovechar las fuentes de energía renovables que existen en el planeta y en las actividades que realiza el ser humano en su vida cotidiana, en este caso nosotros hacemos hincapié en la utilización de la energía mecánica para pedalear o simplemente caminar.

Por el momento se observa que no existe una ley que reglamente la generación y acumulación de energía con el tipo de dispositivo que proponemos. Por lo tanto nos atrevemos de mencionar un **Paradigma** en lo referente al tema: “La Energía Química y Física (mecánica) del ser humano que permita la generación de Energía Eléctrica es para el Grupo de Investigación de la UCSE DASS sede Jujuy, una fuente de energía renovable.”

El grupo de Investigación además de realizar tareas de extensión, pretende realizar un desarrollo sostenido en la explotación de este recurso energético, es condición necesaria seguir estudiando con profundidad para lograr dicho objetivo. Por lo anterior, se considera fundamental formar y preparar a futuros profesionales en las nuevas Tecnologías involucradas en la Conversión Energética de fuentes diversas.

Por lo tanto la implementación de estos sistemas para la generación de energía, como la propuesta en este documento, llevan implícito los siguientes factores: estructura



Con la generación de este prototipo se busca proporcionar energía de tal manera que permita satisfacer necesidades básicas diarias como lo son la iluminación, y las comunicaciones.

comparativamente simple, bajo costo de implementación, bajo costo de instalación, fácil mantenimiento, lo que redundara en una alternativa sustancialmente viable.

Dentro del panorama nacional relacionado a la explotación de las energías renovables se vislumbran necesidades de abastecer consumos aislados de la red, donde un sistema como el propuesto, se puede ver como el muy adecuado gracias a las ventajas anteriormente mencionadas. Aprovechar este mínimo esfuerzo físico como es el pedaleo y luego transformarla en Energía Eléctrica permitiría satisfacer consumos relacionados como por ejemplo: iluminación domiciliaria, cargar de dispositivos de comunicación fijos y móviles (como celulares, tablets, teléfonos, etc), iluminación de carteles publicitarios; etc. Pero la justificación de todo lo dicho se da a continuación.

Después de un exhaustivo proceso de investigación bibliográfica y habiendo realizado el diseño del equipo necesario para proveer la energía que se requiere, llegó el momento de construir el prototipo.

Las dificultades para tal fines fueron muchas, por que el mercado local no existen las piezas y otras cosas que se necesitan para el armado del equipo generador de energía eléctrica. A pesar de todo ello comenzamos la difícil etapa de armado, el que hasta ese momento estaba dividido en tres partes, el equipo iniciador de los movimientos (el extractor eólico), el equipo multiplicador de velocidades (combinación de engranajes que multiplican la velocidad) y el equipo generador de energía eléctrica (alternador de automóvil). La primera parte estaba cubierta a medias porque teníamos que realizar algunas adaptaciones para su correcto funcionamiento. Nos pusimos a trabajar fuerte en la segunda etapa en la que se presentaron una serie de inconvenientes, probamos las piezas adquiridas y hubo que adaptarlas, y muchas de las otras partes fabricarlas. Pero finalmente se logró construir la caja multiplicadora de velocidades, pero al unirla a la parte tres, no generaba energía, porque necesitaba mucha fuerza, lo que inmediatamente nos hizo saber que no podríamos unirla a la parte uno, que es el iniciador del movimiento (extractor eólico). Es por todo esto que se optó por utilizar como generador del movimiento una bicicleta.

De esta manera se logra un prototipo que tiene como elemento principal una bicicleta estática, la que al pedalear, generar energía eléctrica, y así se consigue el propósito, de aprovechar la energía mecánica que produce el ser humano, al realizar el simple pedaleo en una bicicleta.

Con la generación de este prototipo se busca proporcionar energía de tal manera que permita satisfacer necesidades básicas diarias como lo son la iluminación, y las comunicaciones.

Dentro de las familias de las bicicletas, la que utilizamos, es aquella que no posee cambio, es decir la de piñón fijo, con una configuración de máximo uso del recurso “**velocidad**”. Para encontrar una buena relación entre eficiencia en la conversión energética y los costos, se decidió utilizar una estrella de máximo diámetro y de un piñón fijo de diámetro mínimo, para una relación de velocidad máxima.

Esto significa incrementar levemente el costo (aumentando la complejidad estructural) pero logrando un mejor desempeño en la captación de la energía mecánica. También se hicieron innovaciones en la caja amplificadora de velocidad (en RPM), con la finalidad de

aumentar aún más, la velocidad máxima obtenida en la bicicleta estática. Como resultado se obtuvo un nuevo diseño de un generador de energía eléctrica. Además para lograr un correcto suministro eléctrico a través de un banco de baterías, se implementa un sistema de control basado en un regulador de tensión utilizado ampliamente en la circuitería electrónica de los automóviles, para así manejar el elevado voltaje pico que produce el alternador, al generar energía eléctrica y así luego transferir esa energía ya acondicionada, al banco de baterías con el requerimiento de voltaje mínimo.

El prototipo desarrollado fue presentado en diferentes lugares de la Provincia de Jujuy, en la Universidad Católica de Santiago del Estero Sede Jujuy, en colegios secundarios de San Salvador de Jujuy y en el Interior de la Provincia, fue presentado como un elemento transdisciplinar y motivador en las comunidades del Norte de la Provincia y así lo manifestaron las personas que lo vieron funcionar, en los lugares donde se lo expuso: En el Barrio Alto Comedero, en la Localidad de Tumbaya en las vísperas de las Celebraciones de la Virgen de Punta Corral, en los encuentros Académicos desarrollados en Abra Pampa entre el 10 y 11 de Junio del corriente año, con los Colegios Secundarios de la zona, en el Evento desarrollado por el Ministerio de Desarrollo Social en la Localidad de Cochinoca el día 11 de Junio a 3600 metros de altura, la Escuela Normal Juan Ignacio Gorriti de San Salvador de Jujuy, Colegio FASTA San Alberto Magno..

Los resultados demuestran sin ningún lugar a dudas, las bondades de este tipo de generador de energía.

Alcance

En el contexto de este documento, se ha construido un prototipo de generador de energía de tamaño pequeño y que cumple con restricciones estructurales impuestas por la mecánica.

A nivel de costo se busca que presente ventajas respecto a generadores comerciales de similar capacidad, pero, no pretende dar soluciones de mayor envergadura o competir con las empresas comercializadora de energía eléctrica horizontal, que otorgan su energía a sistemas interconectados de nuestro país.

Se busca abastecer pequeños y medianos consumos en zonas aisladas. Por este motivo, el prototipo es considerado de pequeña escala y no conectado a una red alterna monofásica o trifásica. La aplicación se orienta a utilizar la energía mecánica del pedaleo y transformarla en Energía Eléctrica.

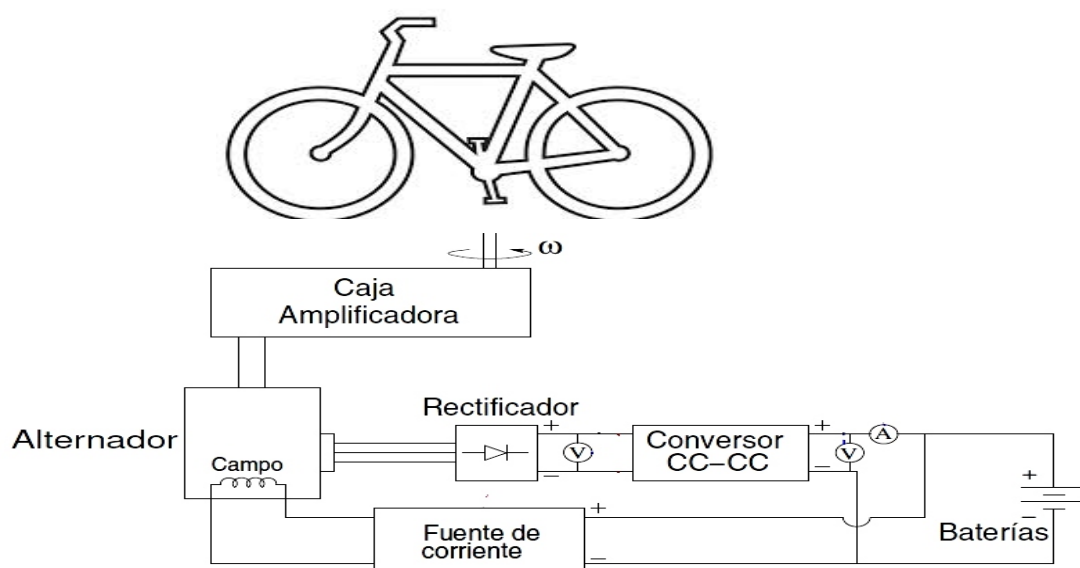
Este texto deja puntos abiertos a importantes mejoras tales como la optimización mecánica (mínimos desperdicio de energía por rozamiento) y estructural, ámbitos de la ingeniería mecánica.

La interconexión de equipos en un concepto de bancos de energía solo es tratada en términos conceptuales.



Diagrama en bloque del Prototipo

En esta parte del proyecto de Investigación proponemos el Diagrama en bloque general del Sistema, con este esquema podemos ver cuáles son los elementos y dispositivos mecánicos, eléctricos y electrónicos que forman parte del Prototipo.



Estructura del trabajo

El tema de la generación de energía no es nuevo, ni menor, considerando que involucra tecnología y desarrollo en innumerables áreas científicas. El interés en mejorar los rendimientos de conversión han hecho de esta tarea algo cambiante considerando el tiempo de investigación.

Este documento se estructura en los siguientes capítulos:

- CAPITULO 2 - Uso de la Bicicleta estática como generador de Energía Eléctrica.
- CAPITULO 3 - La caja amplificadora de RPM: Presentación de la caja de engranajes, que se utiliza para aumentar las revoluciones por minuto, y así el Alternador pueda generar Energía Eléctrica.
- CAPITULO 4 - El alternador: parámetros característicos del alternador y sus relaciones en la conversión de Energía Eléctrica.
- CAPITULO 5 - Parte Electrónica: Regulador de Tensión para Automóvil utilizado en nuestro Prototipo.
- CAPITULO 6 - Obtención de la curva de Corriente según la RPM de nuestro Alternador Marca Garef, tomando como referencia un Alternador Universal Comercial.
- CAPITULO 7 - Conclusión sobre el funcionamiento del Prototipo construido para la Generación de Energía Eléctrica.

Capítulo 2. Uso de la Bicicleta estática como generador de Energía Eléctrica

Introducción

En este capítulo se realizará el análisis referente a la Bicicleta en su estado estático, el estudio se centra en su utilización como generador de energía desde el punto de vista de su mecánica simple. Teniendo en cuenta para ello la velocidad angular que puede alcanzar, su torque y la potencia mecánica que se puede obtener con ella.

Además se tiene una breve reseña de como el uso de la bicicleta, en su estado estático es beneficiosa para la salud del ser humano, cuando se la utiliza como elemento para realizar actividad física como lo es el SPINNING y además de que puede ser mucho más productiva si obtenemos de ese movimiento mecánico producir energía eléctrica a baja escala.

La Bicicleta Estática como generadora de Beneficios para la Salud

La bicicleta estática usada como elemento para mejorar la salud física de las personas se utiliza como máquina para el trabajo Cardiovascular. El comúnmente llamado ejercicio Spinning que se ofrece en los gimnasios se los utiliza para este tipo de fortalecimiento físico, hoy en día es muy utilizado ya que como sabemos la población mundial está sufriendo cada vez más frecuentemente el avance de síntomas de enfermedad y muerte temprana por causas de problemas cardiovasculares.

Máquinas para trabajo cardiovascular: son las máquinas habitualmente utilizadas para el fortalecimiento del sistema cardiovascular, encendiendo las reservas de grasas acumuladas en nuestro cuerpo mediante la quema de calorías.

Clases de spinning

Este tipo es muy completo e intenso, ideal para tonificar los músculos, eliminar grasa y mejorar la circulación, es agradable ya que no es tedioso ni cansado, algo parecido a un paseo tranquilo en bicicleta, lo que se utiliza para aclimatar las clases de spinning es realizarlo al ritmo de la música que coloca el entrenador.

Una clase de SPINNING necesita de 3 etapas diferentes para que no exista ningún tipo de lesión al momento de realizar este ejercicio, la de calentamiento es la principal y la de bajar pulsaciones:

Calentamiento: La primera etapa de calentamiento se la debe realizar en un tiempo de 10 a 12 minutos, aquí lo que hace es empezar a calentar el musculo mediante un pedaleo suave y continuo, luego lo que se debe hacer es estirar todas las articulaciones de los brazos, y después del tiempo mencionado se busca aumentar la resistencia pedaleando a mayor velocidad hasta alcanzar el ritmo de la música.



Parte principal: esta etapa dura alrededor de 30 a 40 minutos, lo que se hace en esta etapa es combinar los ejercicios durante el tiempo mencionado alcanzando el máximo rendimiento de la persona.

Bajar pulsaciones: La última etapa varía de 5 a 10 minutos aproximadamente, esta etapa consiste en un pedaleo suave y sin carga alguna.

Lo que se recomienda para una clase de spinning es asistir de 2 a 3 clases por semana. Por lo que “Los expertos aseguran que este furor por las bicicletas es algo que crece cada día porque el ejercicio que se hace es completo, ayuda a la salud cardiovascular, aumenta la capacidad respiratoria y en una práctica de 60 minutos se pierden fácilmente entre 500 y 900 calorías.”

Fórmulas que se utilizan para el Cálculo de la Potencia Mecánica

Movimiento circular

La velocidad Angular es la rapidez con la que algo se está moviendo con movimiento circular, es decir el número de vueltas que da un cuerpo por unidad de tiempo y se designa por ω . Su unidad en el Sistema Internacional es el radián por segundo (rad/s). También existe otra manera para la denominación de la velocidad angular que son las revoluciones por minuto (rpm) o también se usan los grados por segundo. Por ejemplo, pasar una velocidad de 60 rpm a varias unidades diferentes:

$$60 \text{ rpm} = \frac{1 \text{ rev}}{\text{seg}} = \frac{360^\circ}{\text{seg}} = \frac{2\pi \text{ rad}}{\text{seg}} \quad (1)$$

La velocidad Angular en un movimiento circular uniforme, dado que una revolución completa representa 2π radianes, se tiene:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad (2)$$

Dónde: ω = velocidad Angular, T = periodo (tiempo en dar una vuelta entera), f= frecuencia (número de revoluciones o vueltas por unidad de tiempo).

Si v es la velocidad de un punto y r es su distancia al eje de rotación (radio), el periodo también se puede obtener a partir de la velocidad:

$$T = \frac{2\pi r}{v} \quad (3)$$

También puede ser llamado el ángulo recorrido, dividido por el tiempo transcurrido y se mide en radianes sobre segundo, de esta manera tenemos:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{\frac{2\pi r}{v}} = \frac{v}{r}(4)$$

Torque

Se define como torque a la fuerza aplicada F que actúa sobre algún punto del cuerpo rígido, en una posición d con respecto de cualquier origen, este cuerpo tiende a realizar un movimiento de rotación entorno algún eje. Por lo que se tiene que:

$$\tau = d \times F(5)$$

Dónde: τ = Torque, d = Distancia, F = Fuerza

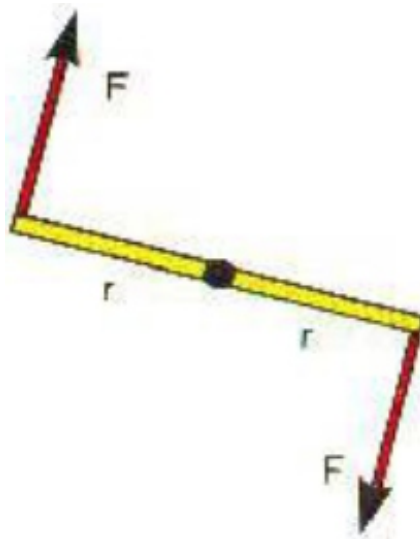


Figura del Movimiento cuando se produce torque

Calculo de la Potencia Mecánica

Se hará un análisis de la Bicicleta estática para en este caso saber cuál es la energía que se podría llegar a producir por medio del uso de la misma, para la generación se tomará en cuenta la fuerza que aplicaría una persona promedio para saber cuál es la cantidad de energía a crear. Por lo que es conocido que la mayor fuerza muscular que se aplica en estas máquinas es realizado por las piernas, por lo cual se considerará solo la fuerza aplicada sobre el pedal de la bicicleta como se muestra en a figura.

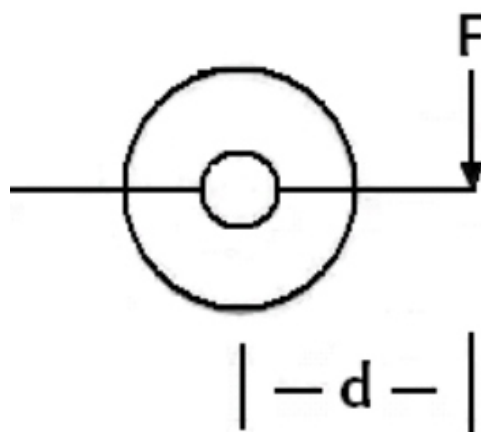


Figura: Fuerza aplicada para producir el torque

Por lo que el par aplicado por esta fuerza está dado por $\tau = d \times F$
Siendo: τ = Torque, d = Radio del pedal, F = Fuerza Aplicada al pedal ("La fuerza promedio que puede aplicar los adultos sin distinguir sexos es de 30 Kg (66 lb)
La potencia suministrada por la persona será:

$$P_m = \tau \times \omega(6)$$

Dónde: P_m = Potencia Suministrada por la bicicleta, ω = velocidad angular
De esta manera se realiza los cálculos correspondientes con las ecuaciones (5) y (6) para poder calcular la potencia generada tanto para las bicicletas estáticas.

Cálculo de la Potencia Mecánica para una Bicicleta Estándar

Datos: Radio del pedal = 20 cm, Vueltas por minuto= 60 rpm, Fuerza= 30 kg por persona
Cálculo del torque

$$\tau = 0.20m \times 30Kg$$

$$\tau = 6Kg * m$$

Cálculo de la potencia con la ecuación (6)

$$\omega = \frac{60 * 2\pi}{60}$$

$$\omega = 6.2832 \text{ rad/seg}$$

$$P_m = 6Kg * m * 6.28 \text{ rad/seg}$$

$$P_m = 37.698 \text{ w}$$

Capítulo 3. La caja amplificadora de RPM: presentación de la caja de engranajes, que se utiliza para aumentar las revoluciones por minuto, y así el Alternador pueda generar Energía Eléctrica.

Introducción

La caja amplificadora se dimensiona para obtener una velocidad angular superior a la que la bicicleta estática del Prototipo proporciona al girar por medio del pedaleo, su eje principal (donde está la estrella). Al ser necesario aumentar la velocidad angular lo máximo posible sin perder el torque máximo necesario para romper la inercia magnética propia del alternador cuando empieza su régimen de trabajo, es que se tienen que aumentar las revoluciones en un factor de 3 veces. Esto conlleva varios aspectos desventajosos desde el punto de vista mecánico por ejemplo:

- Pérdidas asociadas al roce mecánico de los engranajes.
- Disminución del torque (es inversamente proporcional a la velocidad angular).

La relación torque-velocidad angular es definida por la expresión 3.1. Lo inversamente Proporcional es válido si se considera la potencia mecánica como una constante.

$$P_m = \tau X \omega(3.1)$$

Características constructivas

Como se señaló anteriormente, el efecto de la caja amplificadora es el de aumentar las revoluciones de la Bicicleta estática en un factor de 3. En su globalidad la etapa de la caja amplificadora logra una amplificación de 3 veces la velocidad angular de entrada.

El material elegido para los engranajes de la caja amplificadora es "Grilon", un plástico de aplicaciones industriales de óptimo desempeño mecánico y relativamente de bajo costo.

Tiene la ventaja de ser liviano y económico respecto a una solución mediante materiales metálicos (aluminio anodizado). El peso es fundamental, considerando la disminución del torque respecto al aumento de los RPM. Un aumento de inercia del sistema rotatorio puede llegar al extremo de no lograr rotación alguna.

Los ejes de estos engranajes son de acero y están sujetos a rodamientos cónicos que permiten minimizar las pérdidas por roce.

El modulo escogido es de 1.75 y define el tamaño y la característica de los dientes de cada engranaje. Para distintos diámetros de engranajes que interactúan entre sí, hay distinto número de dientes pero deben tener mismo modulo. Los engranajes de 15[cm] de diámetro constan de 84 dientes, mientras que los engranajes de 4.5 [cm] tienen 25 dientes.



Proceso de Construcción en Imágenes de los distintos Modelos de la Caja Amplificadora que se fueron construyendo para el Prototipo.

Etapa1: Encargo a un Taller de Tornería para la Fabricación, Armado y puesta a punto de la Caja Amplificadora de RPM(revoluciones por minuto).



Etapa 2: Nueva puesta a punto de la Caja Amplificadora de RPM, en el Taller improvisado en el Domicilio de un integrante del grupo de investigación.



Etapa 3: Nuevo diseño de la caja Amplificadora de RPM con otros materiales, armado y puesta a punto de la misma.



Etapa 5: Ajustes de detalles mecánicos, armado y nueva puesta a punto de la Caja Amplificadora de RPM en el taller Metalmecánico de los Hermanos NAVARRO (Palpalá).



Capítulo 4. El Alternador: parámetros característicos del alternador y sus relaciones en la conversión de Energía Eléctrica.

Introducción

El Alternador, también conocido como generador sincrónico Figura 1.1, obtiene energía eléctrica a partir de movimientos mecánicos.

Generador sincrónico

El generador síncrono es un tipo de máquina eléctrica rotativa capaz de transformar energía mecánica (en forma de rotación) en energía eléctrica. Su principio de funcionamiento consiste en la excitación de flujo en el rotor. El generador síncrono está compuesto principalmente de una parte móvil o rotor y de una parte fija o estator.



Figura 1.1 Alternador automotriz



Se puede definir al alternador como el elemento encargado de generar y suministrar la corriente eléctrica que el vehículo necesita para el mantenimiento de la carga de la batería y para el funcionamiento normal de todos los sistemas eléctricos del mismo.

Al principio, los sistemas eléctricos del automóvil eran mínimos, limitándose a los circuitos de alumbrado y señalización; a medida que el automóvil fue evolucionando, los sistemas eléctricos fueron los que más contribuyeron a dicha evolución, siendo la electricidad el eje sobre el que ha girado dicha evolución, por lo tanto se pasó del sistema de carga por dinamo (generaba corriente alterna rectificadas mecánicamente en el colector de salida), el cual necesitaba de un mantenimiento relativamente frecuente, al alternador con regulador electromecánico, para pasar al alternador con regulador electrónico incorporado, que es el sistema que se mantiene actualmente, aunque con leves modificaciones que mejoran su funcionamiento.

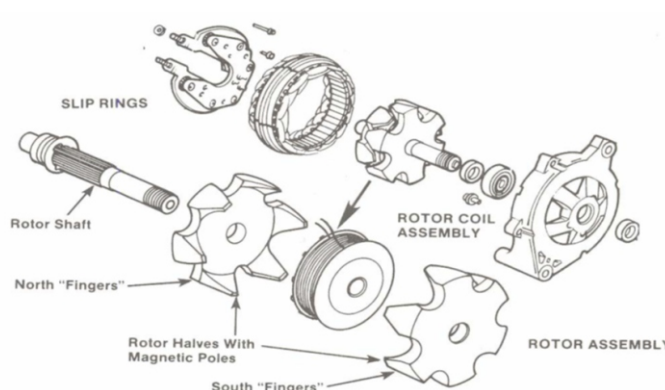
Por último hay que apuntar que la propia evolución del sistema eléctrico antes mencionada (elevalunas eléctricos, aire acondicionado, calentadores eléctricos del agua de refrigeración para la calefacción, bombas de agua eléctricas, electro ventiladores de alto consumo eléctrico, direcciones eléctricas, arquitectura eléctrica multiplexada con gran profusión de sistemas electrónicos, y un largo etc.) obliga a instalar alternadores que suministran un máximo de intensidad que ronda los 120 amperios, frente a los 60 o 70 Amperios de los alternadores utilizados a finales de los años 80 hasta mediados de los 90.

Como leímos en los párrafos anteriores de esta introducción, podemos decir, de que a pesar de consumir energía eléctrica para su funcionamiento, los valores obtenidos en la salida como energía generada son muchos mayores, por lo tanto el rendimiento es muy bueno. Por consiguiente podemos decir que el Alternador es el elemento adecuado para nuestro Prototipo generador de energía.

Elementos del alternador

Los elementos principales que componen un alternador son:

Rotor, que es el elemento que gira apoyado en sendos rodamientos, los cuales están alojados en las carcasas, y que tiene la función de crear el campo magnético que inducirá sobre el estátor la corriente alterna que se generará en el mismo. Este, está constituido por dos elementos principales: el devanado del rotor (rotor coil) y los polos magnéticos (magnetic poles).



El funcionamiento del rotor comienza cuando se aplica corriente directa al devanado del rotor, para que ésta corriente, junto con los polos magnéticos generen un campo magnético B. Subsiguientemente, la flecha del rotor (rotor shaft) gira con el propósito de que B sea rotacional. La magnitud de B es proporcional a la cantidad de corriente que circula por el devanado del rotor. La flecha gira por medio de una polea, la que se adjunta al motor a través de la banda del alternador. Posteriormente, B induce voltaje en el devanado del estator. La amplitud del voltaje inducido depende de la magnitud de B.

Los polos magnéticos que constituyen al rotor, pueden ser salientes o no salientes. Se utilizan salientes cuando existen tres o más pares de polos. Generalmente un alternador automotriz posee en el rotor entre 6 y 8 pares de polos, por lo tanto éstos son salientes.

El campo magnético fluye entre los pares de polos, generando que éste varíe con respecto al tiempo (sinusoidal). Por esta razón, el rotor se construye con láminas delgadas para evitar pérdidas por corrientes parásitas. Por otro lado, se requiere de un dispositivo que proporcione corriente directa en el devanado del rotor, aun cuando éste se encuentre girando. Esto se logra mediante los aros deslizantes (slip rings). La corriente directa se obtiene a partir de la batería.

La otra pieza fundamental del alternador, es el estator. Este es un devanado en el cual se induce voltaje de CA, este va colocado entre las dos carcasas, sujeto por las mismas, por lo que es un elemento estático, y que como se ha apuntado anteriormente tiene la función de generar la corriente alterna que se obtiene de la inducción que produce sobre sus bobinas el campo magnético del rotor.

En un alternador automotriz, por lo general existen tres devanados estáticos separados entre sí 120° eléctricos, alrededor de la superficie de la máquina. Esto indica que se inducen tres voltajes, desfasados 120° entre sí (energía trifásica).

Luego tenemos los otros componentes

Dos semi-carcasas, que se encargan de soportar a todos los elementos, así como servir de soporte del propio alternador al bloque de motor.

Puente rectificador o de diodos, elemento unido a las bobinas del estator, normalmente mediante soldadura, que está integrado por una serie de diodos dispuestos de tal forma entre la masa del alternador y la salida de positivo hacia la batería y caja de derivación, de modo que rectifica la corriente alterna en corriente continua para su utilización en la recarga de la batería y por los sistemas eléctricos del automóvil.

Regulador de tensión – porta escobillas, que va colocado en la semi - carcasa trasera, y tiene la doble función de alimentar eléctricamente al rotor para que este cree el campo magnético necesario para la inducción sobre el estator, así como de regular la tensión continua rectificadora que sale del puente rectificador hacia la batería y los consumidores eléctricos a un nivel que suele estar comprendido entre los 14 V y los 14,5 V, según el fabricante.

Polea de arrastre, fijada por medio de una tuerca al extremo delantero del eje del rotor, al cual arrastra en su giro, que es transmitido por una correa multibanda desde la polea del cigüeñal.



Ventiladores de refrigeración, que tradicionalmente se montaban de modo único entre la polea de arrastre y la carcasa delantera, en la actualidad están integrados al eje del rotor en número de dos, por delante y por detrás del mismo, de modo que cuando el alternador está ensamblado éstos quedan en el interior de la carcasa, por lo que los alternadores actuales presentan un aspecto más compacto, además de tener una ventilación mejorada.

Relación entre frecuencia eléctrica y mecánica

La relación que existe entre la frecuencia eléctrica de los voltajes inducidos f_e la velocidad de rotación de la máquina f_m se encuentra mediante la siguiente fórmula:

$$f_e = \frac{P}{2} f_m \quad (1.1)$$

Donde P es el número de polos magnéticos, el cual siempre debe ser un número par. Ya que la frecuencia eléctrica está dada en Hz (ciclos por segundo), se requiere convertir la velocidad mecánica de rotación del alternador (revoluciones por minuto) en Hz. Esto se logra mediante la siguiente ecuación:

$$f_m = \frac{n_m}{60} \quad (1.2)$$

Donde n_m es la velocidad del campo magnético en revoluciones por minuto. Sustituyendo (1.2) en (1.1) se encuentra la relación correcta entre la frecuencia eléctrica y la velocidad de rotación del alternador:

$$f_e = \frac{P}{120} n_m \quad (1.3)$$

Voltaje Inducido en los devanados del estator

El voltaje inducido en los devanados estáticos se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$V_{ind} = N_c \omega_m \sin(\omega_m t) \quad (1.4)$$

Dónde:

N_c es el número de vueltas del devanado estático,

Φ es el flujo magnético en Webers (Wb), que pasa a través del devanado y

ω_m es la velocidad angular de rotación de B

Tanto Φ como ω_m dependen de otras variables.

$$= d\Phi_m \quad (1.5)$$

$$\omega_m = \frac{2\pi f_e}{P}$$

Dónde:

d es el diámetro del estator del alternador,

l es la longitud del devanado en metros(m),

B_m es la densidad de flujo pico del campo magnético en Teslas (T) y

m es la frecuencia angular eléctrica en radianes por segundo Rad /S.

Sustituyendo (1.5) en (1.4), se encuentra una nueva ecuación para el voltaje inducido.

$$V_{ind} = 2 N_C dl B_m \frac{\epsilon}{P} \sin \left(\frac{2\epsilon}{P} t \right) \quad (1.6)$$

Dónde $\epsilon = 2\pi f_e$

Como se puede observar, la frecuencia eléctrica de V_{ind} depende de la frecuencia mecánica del alternador. Por otro lado, la magnitud del voltaje inducido se incrementa de acuerdo a lo siguiente:

- 1) V_{ind} aumenta si la velocidad de rotación (m) aumenta
- 2) V_{ind} aumenta si la densidad del flujo magnético (Φ) incrementa. Esta depende a su vez de los siguientes parámetros:

- a) El número de vueltas (N_C) y el tipo de alambre utilizado en el devanado del estator
- b) El hueco de aire que existe entre los polos magnéticos del rotor y el estator
- c) El voltaje aplicado al devanado del rotor que existe entre los aros deslizantes.

Dado que los alternadores automotrices generan energía trifásica, se requieren de tres devanados en el estator, separados 120° eléctricos entre sí. La conexión de estos devanados puede ser mediante dos formas; delta o estrella.

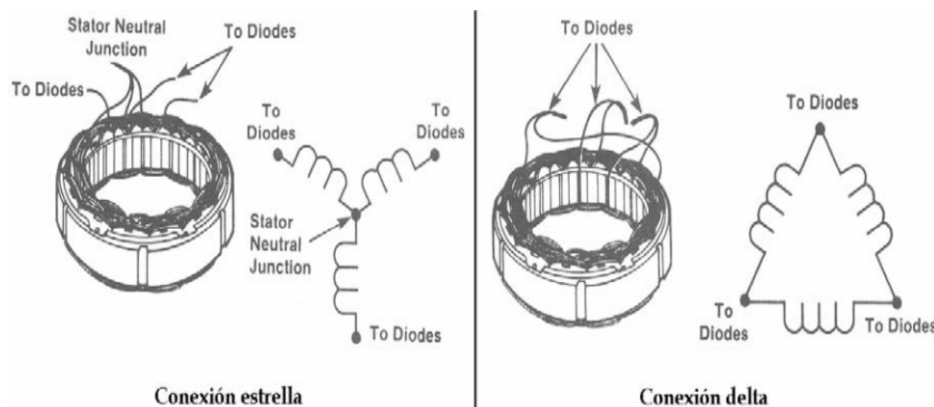


Figura 1.4 Conexiones de los devanados estatóricos

Normalmente, los devanados de los alternadores automotrices estándar se construyen en estrella. La conexión en delta se utiliza en alternadores de camiones, ya que éstos entregan más potencia. Esto es debido a que la corriente de línea es 3 veces la corriente de fase.

Por lo tanto, en un sistema trifásico, los voltajes de fase inducidos son:



$$V_a = 2N_c d l B_m \frac{\epsilon}{P} \sin\left(\frac{2\epsilon}{P} t\right)$$

$$V_b = 2N_c d l B_m \frac{\epsilon}{P} \sin\left(\frac{2\epsilon}{P} t - 120\right) \quad (1.7)$$

$$V_c = 2N_c d l B_m \frac{\epsilon}{P} \sin\left(\frac{2\epsilon}{P} t - 240\right)$$

El circuito eléctrico equivalente del alternador se muestra en la siguiente figura.

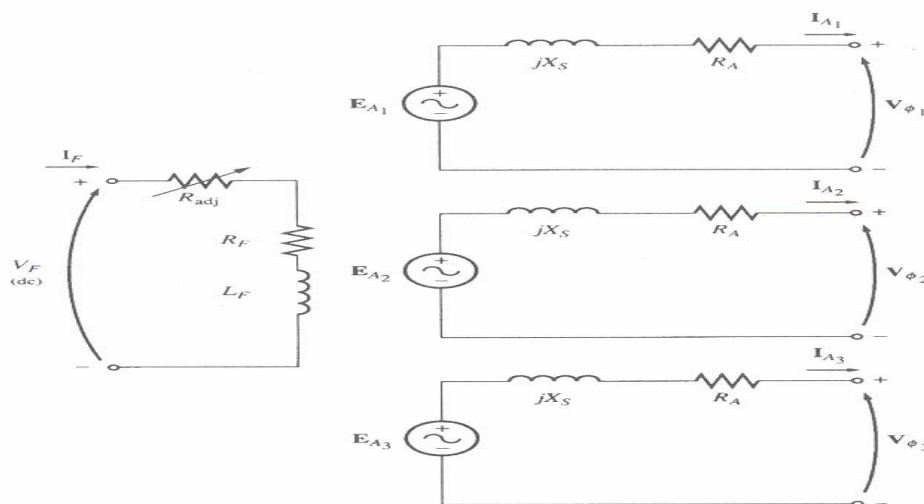


Figura 1.5 Circuito equivalente del alternador

Donde **V_F**, **I_F**, **R_F**, Y **L_F** son el voltaje, la corriente, la resistencia y la inductancia (devanado) del rotor.

E_{A1}, **E_{A2}** y **E_{A3}** son los voltajes de fase inducidos. **R_A** y **jx_S** son la resistencia e inductancia del estator respectivamente. Tanto **R_A** como **jx_S** deben ser idénticos en las tres fases. De no ser así, las magnitudes de los voltajes de fase se ven afectadas.

El sistema de carga de la batería

La batería es un artefacto que genera corriente directa por medio de reacciones químicas. Cuando la batería se encuentra totalmente cargada, genera un voltaje aproximado de 12.6V de CD (corriente continua). Para lograr que la batería sea recargada por el alternador, se requiere un puente rectificador de diodos de onda completa (figura 1.8).

De esta manera, el alternador le inyecta corriente a la batería y a las demás cargas eléctricas distribuidas en el sistema. El sistema de carga de la batería se muestra a continuación.

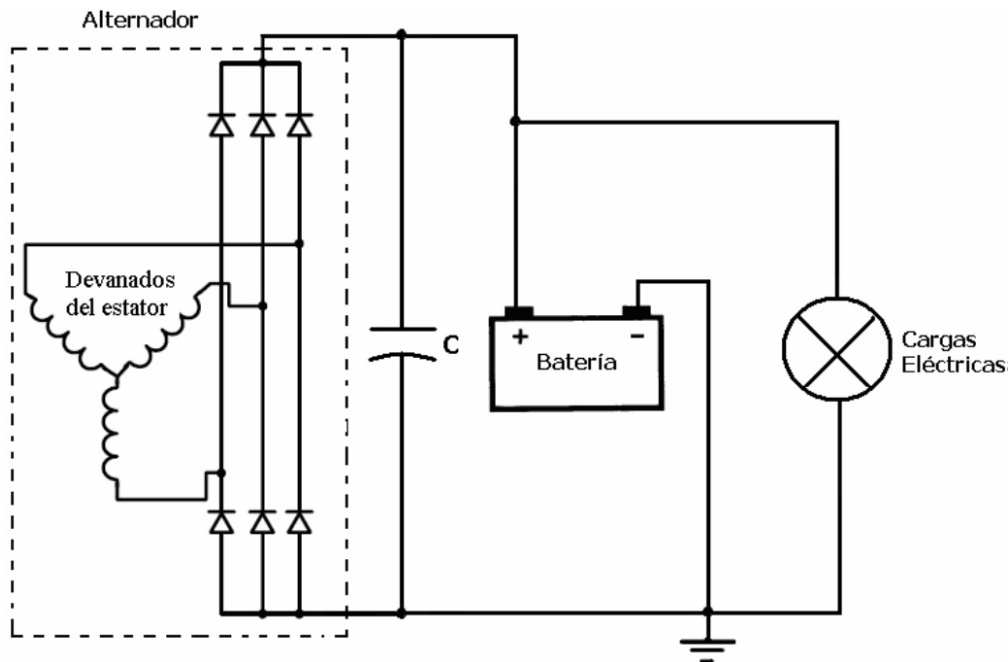


Figura 1.6 Sistema de carga de la batería

Siempre y cuando existan cargas puramente resistivas, un circuito rectificador trifásico de onda completa posee un factor de potencia de 95.5%. Esto no ocurre en el circuito de la figura 1.6, ya que la batería, como la mayoría de los dispositivos electrónicos y el capacitor, no se comportan como cargas resistivas. Esto genera que el factor de potencia del sistema sea bajo. De ahí la importancia de corregir el factor de potencia en las líneas del alternador. Para recargar a la batería, el alternador debe de tener un voltaje entre sus terminales mayor a 12.6V y menor a 15.5V [11]. Por lo tanto, el voltaje promedio de carga (VCD), debe ser alrededor de 14V. En un rectificador de onda completa trifásico, el voltaje promedio de salida es el siguiente:

$$V_{cd} = \frac{2}{2\pi/6} \int_0^{\pi/6} \sqrt{3} V_m \cos(t) d(t) \quad (1.8)$$

$$V_{cd} = 1.654 V_m$$

Al sustituir por 14V se obtiene el voltaje pico (inducido) de fase:

$$V_m \cong 8.5 v$$

De acuerdo a la ecuación anterior, la magnitud de (1.6) debe ser igual a 8.5V.

$$V_{ind} = 2 N_c d l B_m \frac{\epsilon}{p} = 8.5 v$$



Este es el valor que debe ser inducido para que la batería se suministre de energía correctamente. Ya que V_{ind} depende de dos parámetros variables (B_m y ϵ), se debe regular la magnitud de éstos para que voltaje inducido no sobrepase los límites de operación.

Eficiencia y pérdidas de potencia

Como se ha mencionado antes, el alternador genera energía eléctrica a partir de movimientos mecánicos. La definición de eficiencia indica la capacidad de convertir una forma de energía, en otra. Dentro de esta conversión, se desea que las pérdidas de energía sean mínimas. La eficiencia en un alternador se mide por la siguiente fórmula:

$$\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} * 100\% \quad (1.11)$$

Donde P_{OUT} y P_{IN} son las potencias de salida y entrada respectivamente. La diferencia entre estas dos, corresponde a las pérdidas que ocurren en la conversión de energía:

$$P_{Loss} = P_{IN} - P_{OUT} \quad (1.12)$$

Al despejar y sustituirla en (3.11), se obtiene una nueva ecuación para la eficiencia:

$$\eta = \frac{P_{IN} - P_{OUT}}{P_{IN}} * 100\% \quad (1.13)$$

Las pérdidas en el alternador, se dividen en cuatro categorías principales:

1) Pérdidas eléctricas en el cobre, 2) Pérdidas en el núcleo, 3) Pérdidas mecánicas, 4) Pérdidas adicionales.

Pérdidas eléctricas

Las pérdidas eléctricas son las que generalmente ocurren por sobrecalentamiento de cables; como pueden ser los devanados del rotor y los estáticos. Estas pérdidas se miden por los siguientes parámetros:

$$P_{per} = 3 I_{\phi}^2 R_{\phi} \quad (1.14)$$

Donde I_{ϕ} es la corriente que circula en los devanados y R_{ϕ} es la resistencia del cable. El factor de 3 indica la presencia de las tres fases.

Pérdidas en el núcleo

Son las pérdidas que ocurren por histéresis y corrientes parásitas en los laminados del alternador. Estas varían de acuerdo a la densidad del campo magnético y su velocidad de rotación.

Pérdidas mecánicas

Son aquellas que se asocian a los movimientos mecánicos. Dentro de éstas, se encuentran las pérdidas por rozamiento mecánico y por rozamiento del aire. Estas generalmente son causadas por fricción entre partes móviles.

Pérdidas adicionales

Son aquellas las cuales no se pueden catalogar dentro de las pérdidas anteriores. Dentro de éstas, se puede catalogar las pérdidas de conversión CA – CD. Cabe recordar que los diodos en polarización directa, tienen una caída de voltaje entre 0.7V y 1V. Otra pérdida adicional, es la asociada al bajo factor de potencia de los rectificadores cuando no se presentan cargas resistivas.

A continuación: Diagrama de las distintas pérdidas que afectan la eficiencia del alternador.

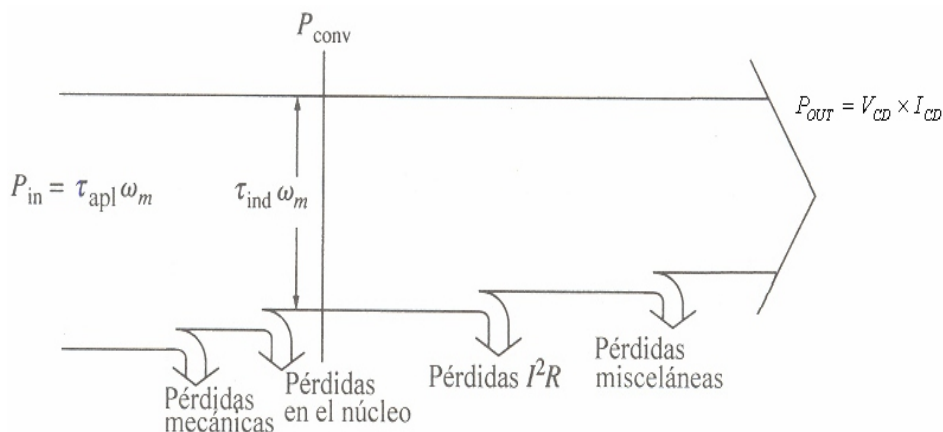


Figura 1.7 Pérdidas en el alternador

Donde P_{IN} es igual al torque aplicado τ_{APL} por la velocidad angular del rotor ω_m . La potencia de salida del alternador está dada por el voltaje multiplicado por la corriente directa.

De los cuatro tipos de pérdidas asociadas al alternador, sólo una de éstas se puede controlar; las pérdidas adicionales o misceláneas. Las demás dependen de los fabricantes de alternadores automotrices.

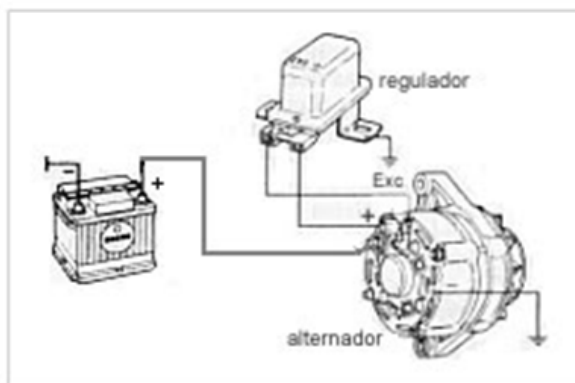
Capítulo 4. Parte Electrónica: Regulador de Tensión para Automóvil utilizado en nuestro Prototipo.

Introducción

La función del regulador de tensión en nuestro sistema es la de mantener constante la tensión del alternador, y con ella la del sistema eléctrico de carga al cual estamos



alimentando. La tensión del alternador depende en gran medida de la velocidad de giro y de la carga a que este sometido. A pesar de estas condiciones de servicio, continuamente variables, es necesario asegurar que la tensión se regula al valor predeterminado. Esta limitación protege a la batería y a los demás elementos de carga contra sobretensiones e impide que se sobrecargue la batería.



La tensión generada en el alternador es tanto más alta cuanto mayor es su velocidad de giro y la corriente de excitación.

En un alternador con excitación total, pero sin carga y sin batería, la tensión no regulada aumenta linealmente con la velocidad y alcanza, por ejemplo a 10.000 r.p.m., un valor de 140V aproximadamente.

El regulador de tensión regula el valor de la corriente de excitación, y con ello, la magnitud del campo magnético del rotor, en función de la tensión generada en el alternador. De esta forma se mantiene constante la tensión en bornes del alternador, con velocidad de giro y cargas variables, hasta el máximo valor de corriente.

En los sistemas eléctricos de los automóviles con 12 V. de tensión de batería se regulan dentro de un margen de tolerancia de 14 V. y los de los vehículos industriales con 24 V. de tensión de batería se regulan a 28 V. Siempre que la tensión generada por el alternador se mantenga inferior a la de regulación, el regulador de tensión no desconecta.

Si la tensión sobrepasa el valor teórico superior prescrito (14V), dentro del marco de la tolerancia de regulación, el regulador interrumpe la corriente de excitación. La excitación disminuye, es decir, desciende la tensión que suministra el alternador.

Si a consecuencia de ello dicha tensión llega a ser menor que el valor teórica inferior, el regulador conecta de nuevo la corriente de excitación. La excitación aumenta y con ella la tensión del alternador. Cuando la tensión sobrepasa otra vez el valor límite superior, comienza nuevamente el ciclo de regulación.

Versiones de Reguladores de Tensión para Automóvil

El regulador de contactos electromagnéticos (regulador mecánico) y el regulador electrónico son las dos versiones fundamentales.

El regulador electromagnético prácticamente ya solo se utiliza como recambio en coches

antiguos (anteriores al año 1980). El regulador electrónico en técnica híbrida o monolítica forma parte del equipamiento de serie en todos los alternadores trifásicos que se montan hoy en día en los automóviles.



Como ejemplo de evolución vamos a describir los reguladores de tensión de la marca Valeo: En 1972. Electromagnéticos o mecánicos están separados del alternador, de regulación poco precisa y tecnología de electroimán. En 1979. Electrónico, integrado en el alternador. De componentes sobre circuito impreso en fibra de vidrio. Conexión directa sobre el circuito impreso; tiene cien soldaduras; poco fiable en vibraciones; necesita un gran radiador para el transistor; y bañado en una resina. En 1981. Electrónico, integrado en el alternador de tecnología híbrida. Circuito impreso por sustrato cerámico; mejor refrigeración al ir pegado al fondo del radiador: sesenta soldaduras y es más fiable. En 1985. Electrónico, integrado y hermético. Regulador integrado en el transistor; no necesita radiador; miniaturización extrema; diez soldaduras y fiable al cien por cien. En 1980. Electrónico, integrado y hermético; El mismo principio que el anterior adaptado a la norma TO3. Equipa a los alternadores de ventilación interna; gran calidad de regulación y buena compensación térmica.

El Regulador de Tensión Electrónico usado en nuestro Prototipo

Este regulador está formado por un circuito totalmente integrado a base de componentes electrónicos. Los componentes van dispuestos en una tarjeta de circuito impreso y alojados en una caja plastificada, la cual va sellada y cerrada de forma que no es posible su manipulación, saliendo al exterior perfectamente aislado los cables o terminales para la conexión al alternador.

Tienen larga vida y duración, si no se les conecta indebidamente en el circuito; para ello ya vienen dispuestos y preparados de fábrica para un determinado tipo de alternador y con sus conexiones adaptadas según la forma de montaje en el mismo, sea para montaje exterior sea incorporado al alternador.

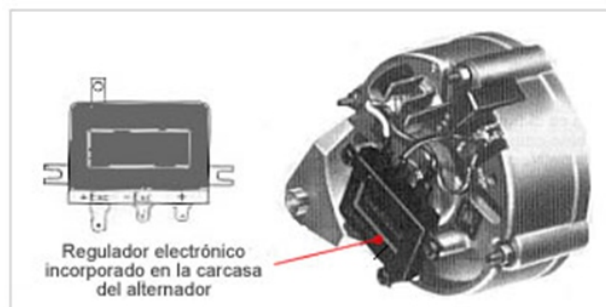


Figura de un regulador de tensión genérico

Las ventajas del regulador electrónico son las siguientes:

1. tiempos de conexión más breves, que posibilitan menores tolerancias de regulación.
2. ausencia de desgaste (no requieren mantenimiento).
3. elevadas corrientes de conmutación. Conmutación sin chispa lo que evita interferencias radioeléctricas.
4. resistente a los choques, vibraciones e influencias climáticas.
5. compensación electrónica de la temperatura, lo que también permite reducir las tolerancias de regulación.
6. pequeño tamaño, lo que posibilita el montaje adosado al alternador, incluso en alternadores de alta potencia.

Ejemplo: Regulador electrónico separado del alternador

Descripción

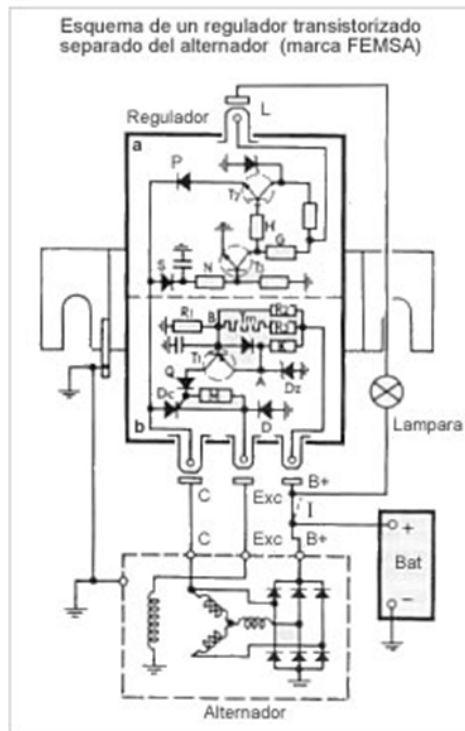
La corriente de excitación es controlada por un tiristor (Dc) en el esquema del regulador situado en la parte inferior (b), cuyo terminal de disparo recibe la corriente a través del transistor (T1), que controla al mismo tiempo la tensión de regulación con ayuda del diodo Dz (Zenner) y un divisor de tensión formado por las resistencias (R1, R2 y Tm), esta última con resistencia variable con la temperatura.

En el esquema en la parte superior (a) se disponen de los transistores (T2) y (T3) para el funcionamiento de la lámpara de control (L).

Funcionamiento

Al cerrar el interruptor (I) con el alternador parado, se establece la corriente de excitación desde la batería a través de la lámpara de control, borne (L), resistencias (G) y (H), circuito base-emisor del transistor (T2) y posteriormente circuito emisor-colector, diodo (P), tiristor (Dc) y borne (Exc) llegando hasta el rotor. La lámpara de control se enciende.

Para que se establezca la corriente de excitación, es necesario que conduzca el tiristor (Dc). lo cual se logra aplicando corriente a su terminal de disparo. Esta corriente llega hasta aquí desde la batería, a través del borne (+), resistencia (k), circuito emisor-colector, diodo (Q) y terminal de disparo del tiristor (Dc), desviándose esta corriente, además, a través de la resistencia (M), a la excitación.



Cuando el alternador gira, se genera tensión en el borne (C), suficiente para establecer el circuito base-emisor del transistor (T3), a través del diodo (S) y la resistencia (N), con lo cual, circula corriente por el circuito colector-emisor de este transistor, haciendo que se derive a masa la corriente de base del transistor (T2), que le llegaba desde la lámpara de control a través de la resistencia (G). En estas condiciones la lámpara se apaga. Al mismo tiempo, la corriente de excitación se establece desde el borne (C), a través del tiristor (Dc), el cual, sigue recibiendo corriente en su terminal de disparo desde el borne (+), por el camino detallado anteriormente. Esta corriente procede ahora del borne (+) del alternador (con más tensión que la batería).

Para conseguir la regulación de tensión, se dispone el diodo Zenner (Dz), que mantiene constante la tensión del emisor de (T1) (punto A), mientras que la tensión de base (punto B), aumenta proporcionalmente a medida que lo hace la tensión en bornes del alternador. Cuando alcanza un valor igual o superior a la del punto (A) (que no puede subir por encima del valor de corte del Zenner Dz), se anula la corriente de base de (T1), bloqueando el circuito emisor-colector de este transistor, con lo cual, cesa la corriente en el terminal de disparo del tiristor (Dc) y, en el momento que la tensión generada en el borne (C) pase por el valor cero, dicho tiristor deja de conducir interrumpiéndose la corriente de excitación, hasta tanto llegue una próxima señal al terminal de disparo que le haga conducir de nuevo.

Para que exista regulación, es necesario que la tensión entre ánodo y cátodo del tiristor (Dc) sea cero en algún momento de su funcionamiento, ya que de otro modo, el tiristor conduciría continuamente. Este es el motivo por el cual se toma la tensión de ánodo de una fase del alternador (borne C), la cual, aumenta y disminuye periódicamente desde cero



hasta un valor máximo, quedando bloqueado el tiristor cuando el valor de la tensión en ánodo es cero, en espera de que una próxima señal en el terminal de disparo le haga conducir de nuevo.

El diodo (D) situado en paralelo con la bobina del rotor, evita la sobre tensión provocada por la ruptura de la corriente de excitación, como consecuencia de la autoinducción de la bobina del rotor. Los demás diodos protegen a los transistores respectivos contra sobretensiones.

El dispositivo de compensación térmica de este regulador lo constituye la resistencia variable (termistor) (T_m), cuyo valor óhmico es función de la temperatura, por lo cual, cuando esta aumenta o disminuye, la resistencia de este elemento varía y, en consecuencia, queda modificada la tensión en el punto (B), con lo cual, la regulación se produce en el valor conveniente, corregido en función de la temperatura.

Capítulo 6. Obtener una curva que relacione las RPM (revoluciones por minuto) con la cantidad de Corriente eléctrica Generada.

Introducción

En este capítulo vamos a mostrar el Modelo de un alternador Universal que se aproxima al modelo de nuestro alternador que es un GAREF cuyas especificaciones eléctricas son tensión de salida 12 Volts y corriente de salida 32 Amperes, y el mismo ya no se fabrica en ninguna parte por lo que sus datos técnicos fueron imposibles de conseguir. Por lo tanto seleccionamos este modelo por su proximidad en cuanto a las especificaciones eléctricas, entendiendo que por las demás especificaciones (mecánicas, de calor, etc.), al ser una Alternador Universal, este también puede responder de una forma aproximada a nuestro alternador Garef.

A continuación se muestra la tabla del Modelo A127B donde se muestran los distintos alternadores del mismo modelo pero con distintas prestaciones eléctricas. Por lo que se tomó como modelo de aproximación a nuestro alternador el A127 de 45 Amperes.

| A127B | | | | | |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|------|
| PRINCIPALES CARACTERISTICAS | | | | | |
| Velocidad Nominal: 15000 rpm continuo | | | | | |
| Velocidad Máxima: 18500 rpm transitorio | | | | | |
| 4 tornillos pasantes | | | | | |
| Regulador RT7 - tecnología de película gruesa. | | | | | |
| | Salida a 6000 r/min (estable) | Salida a 2000 r/min (estable) | Salida a 1400 r/min (estable) | Inicio de Carga | Peso |
| | (A) | (A) | (A) | (r/min) | (Kg) |
| 45 A | 45 | 30 | 14 | 1030 | 5,1 |
| 55 A | 55 | 36 | 16 | 1100 | 5,2 |
| 65 A | 65 | 40 | 18 | 1050 | 5,3 |
| 80 A | 80 | 45 | 20 | 1100 | 5,6 |



A continuación se muestra en la Figura 2, las curvas características de los Alternadores Universales fabricados en el País de la Marca Prestolite Indiel, pero como ya dijimos anteriormente tomamos como referencia por aproximación el Modelo A 127B que posee la curva que tiene el color rosado para nuestro estudio.

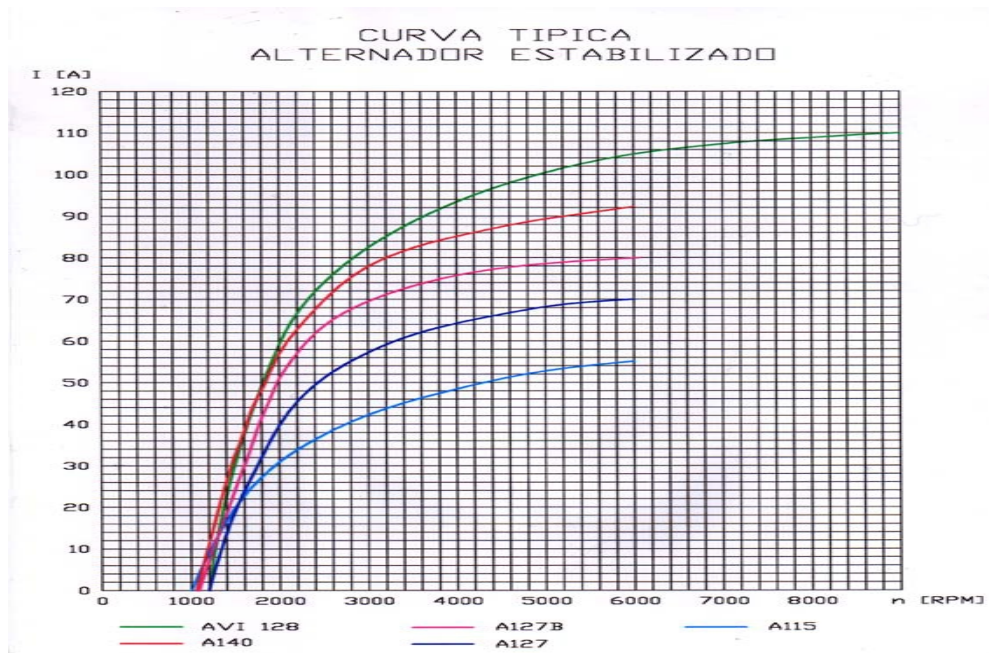


Figura 2

La muestra de curvas que se referenciaron anteriormente en el grafico de la figura 2 nos indica que los alternadores empiezan a generar electricidad a partir de las 1000 rpm. Pero investigando un poco más sobre los alternadores en la parte teórica y además consultando



a algunos mecánicos que manejan la parte eléctrica de los autos, llegamos a la conclusión, que los Alternadores en general empiezan a entregar corriente a partir de las 800 rpm.

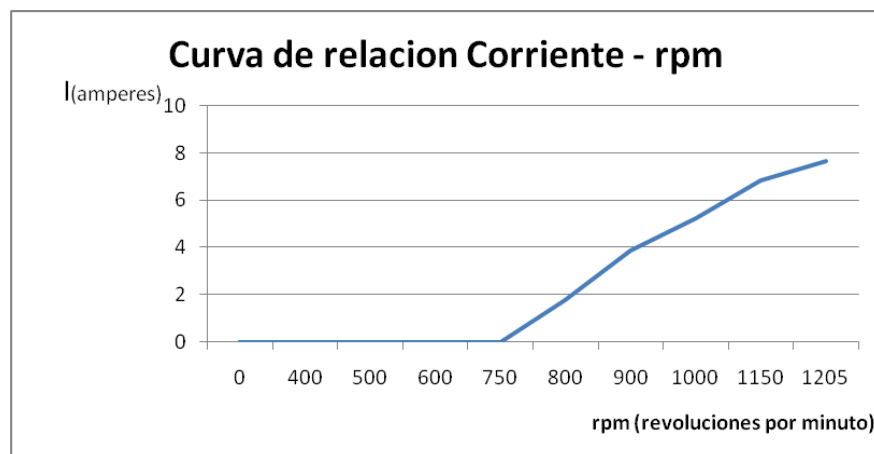
Por lo tanto al realizar nuestra curva observamos que en cierta forma responde a las curva características de los Modelos de la Marca Prestolite pero en un rango muy inferior, ya que nosotros logramos obtener solamente con el pedaleo de la bicicleta estática y la Caja Amplificadora de RPM aproximadamente un máximo de 1200 rpm.

A continuación la Tabla de los valores obtenidos y su respectiva grafica en su relación rpm (revoluciones por minuto) y I (corriente en Amperes)

Tabla de Valores

| rpm | I (Amperes) |
|------|-------------|
| 0 | 0 |
| 200 | 0 |
| 300 | 0 |
| 400 | 0 |
| 530 | 0 |
| 600 | 0 |
| 650 | 0 |
| 700 | 0 |
| 750 | 0 |
| 800 | 1.65 |
| 900 | 3.03 |
| 1000 | 4.63 |
| 1150 | 5.44 |
| 1200 | 5.44 |

La gráfica



Además debemos mencionar que la curva no responde exactamente a lo definido en la curvas del Modelo A127B, porque nosotros usamos un alternador usado y muy viejo y que intuíamos que alguna falla en las bobinas generadoras podría tener, por lo que concluimos que a pesar de no llegar a obtener el máximo de corriente del alternador, en el rango que

dispusimos de trabajo (entre 800rpm a 1200 rpm) por su estado anteriormente mencionado, logramos en si demostrar, que si se puede generar energía eléctrica con el pedaleo de la bicicleta estática y que además el uso del alternador como elemento de generación no es el apropiado en este tipo de sistema propuesto. Ya que necesitamos obtener un máximo de energía eléctrica con un mínimo esfuerzo de pedaleo en sistema, por lo tanto se planteó según este estudio, buscar otra alternativa para generar máxima cantidad de energía con un mínimo esfuerzo.

Capítulo 7. Conclusión sobre el funcionamiento del Prototipo construido para la Generación de Energía Eléctrica

Sobre la mecánica

El sistema mecánico, es un punto central en el desarrollo del Prototipo. El diseño y construcción se ha efectuado a base de principios básicos de la mecánica.

Las dimensiones y los materiales a utilizar pueden ser optimizados al considerar las distintas exigencias operacionales. Esta optimización se traduce en una disminución de peso utilizando siempre materiales de la industria nacional.

El prototipo se vio afectado en el diseño de su estructura para satisfacer los requerimientos mínimos de funcionamiento pero supuesto que es mejorable. Todo lo que significa vibración y contactos deslizantes se traduce en pérdidas de energía. Estas no se pueden anular pero si disminuir. La reducción de estas pérdidas está relacionada con la mejoría de la eficiencia global del sistema y es la línea fundamental de investigación en el desarrollo de prototipo más eficiente de menor peso y costo.

La caja amplificadora es determinante en el funcionamiento del Prototipo. Debido a su baja velocidad rotacional el prototipo requiere aumentar las revoluciones para que un alternador común pueda generar óptimamente. La relación de amplificación escogida es de 1:3 pero esto consiguió una reducción del torque en forma inversamente proporcional de 3:1. Esta interfaz agrega pérdidas al sistema a dependencia de la calidad con la que se haya realizado la construcción.

Sobre el tema eléctrico

La transformación de la Energía Mecánica en Energía Eléctrica se relaciona con la velocidad. La velocidad operacional del Alternador utilizado (alternador de Auto) es de 1000 RPM (revoluciones por minuto). Al tener una caja amplificadora con una relación de 1:3 la variación de velocidad en el eje del alternador es considerable al variar el requerimiento de



potencia del consumo ya que el alternador actúa como freno.

Si se aplicara un alternador de múltiples polos con el fin de bajar la velocidad de operación se podría redimensionar la caja amplificadora y así evitar sacrificar el torque.

La solución ideal de esta mejora es llegar al punto de prescindir de la caja amplificadora y evitar las pérdidas asociadas. Ya que los alternadores de múltiples polos de imán permanente tiene mejor eficiencia de conversión energética.

Resultados Obtenidos

Los resultados obtenidos fueron alentadores ya que se logró demostrar que se puede generar Energía Eléctrica mediante actividades humana como es el pedaleo de una bicicleta. Mas este prototipo, dista mucho de ser un producto de alta de eficiencia en la producción de Energía Eléctrica estándar.

Como mencionamos anteriormente, el prototipo es perfectible desde el punto de vista tanto estructural como mecánico. Entonces podemos darnos por satisfecho con los resultados globalmente obtenidos.

Por lo tanto es posible mejorar aún más el resultado global obtenido, trabajando sobre los desaciertos y en los procesos de investigación.

No cabe dudas que los objetivos se cumplieron ya que el prototipo esta actualmente funcionando y las personas que lo vieron generar energía manifestaron su beneplácito, es un generador alternativo pero que llegado el caso es muy necesario.

Como se dijo en el resumen ya se hicimos notables avances, los que expondremos en emisiones posteriores.

Bibliografía

- Electricidad y Magnetismo - 3Edi Serway.
- Manual Completo del Automóvil – El sistema Eléctrico del Automóvil.
- El Alternador de los Vehículos Actuales – Jesús Díaz Fonseca
- Manual de Taller de Alternadores 2004 – 2005 – Prestolite Indiel, Motores de San Luis S.A.
- Tesis de Grado - “ANÁLISIS, EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA TRANSFORMACIÓN DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA EN UNA UNIVERSIDAD ENERGÉTICAMENTE VERDE” - Jorge Gonzalo Llivicura Portoviejo, Erika Nataly Piedra Vásquez.
- Física para ciencias e Ingeniería, séptima edición. Raymond A. Serway y John W. Jewett. Jr.
- Física Universitaria con Física Moderna, volumen 2, seras – Zemansky, Youn- Freedman.
- Resnick – Halliday – Krane, 5ª edición, volume 2.
- Resnick – Halliday – Krane, 5ª edición, volume1.
- Física para Ciencia e Ingeniería, 4a edición, volumen 1, Giancoli.