

162
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

INFRAESTRUCTURA DE ESTACIONES
DE SERVICIO PARA LOS VEHICULOS
ELECTRICOS

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
(AREA ELECTRICA ELECTRONICA)
P R E S E N T A :
RICARDO VALERA VELAZQUEZ

DIRECTOR DE TESIS: ING. ERNESTO SUAREZ SPORT

CIUDAD UNIVERSITARIA. MEXICO, D. F.

1997

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi Padre Celeste. Dios, quien me ha dado la oportunidad de ser alguien, su amor, ayuda y protección en los momentos difíciles, y se que siempre estará a mi lado.

A mis abuelos, por su ejemplo a seguir.

A mi Papá y Mamá, a los que amo con todo mi corazón, que me impulsaron y apoyaron; enseñándome el camino para ser lo que soy hoy. Mi hermano: Danny, que aunque parece de acero, es mas blando que una gelatina. Te quiero.

A mi tío Carlos, mi tía Carito, mi tía Con, y mi tía Betty, su Fe en mí, su apoyo y palabras de aliento me ayudaron a esforzarme cada vez más. Los amo.

Mis primos, sobrinos, se que estarán ahí siempre.

Mis amigos, su compañía, burlas, juegos y comentarios son de gran ayuda, los estimo mucho, casi como a mi hermano.

Mis Profesores de la UNAM, en especial al ING. Enesto, su amistad es uno de las bendiciones que tengo.

Quiero agradecer también, a todo aquel que intentó e intentará ponerme obstáculos, dificultarme las cosas, traicionó, engañó, etc.. Gracias a ellos, soy más fuerte.

OBJETIVOS DEL TRABAJO

- 1.- **Este trabajo tiene la finalidad de mostrar y analizar los sistemas de carga que han desarrollado algunas empresas**
 - 2.- **Sugerir algunas ideas que se pueden implementar para mejorar los sistemas y no depender de los sistemas de distribución de las ciudades.**
 - 3.- **Proponer alternativas para la carga de las baterías.**
-

INDICE**OBJETIVO DEL TRABAJO**

INTRODUCCION 1

CAPITULO 1: CONCEPTOS BASICOS

1.1 PROCESO QUIMICO DE LA DESCARGA . 5

1.2 CONCEPTOS TECNICOS . . . 6

1.3 BATERIAS 9

1.3.1 Bateria de plomo . . . 9

1.3.2 Bateria de acero . . . 10

1.3.3 Bateria de sodio - azufre . 10

1.4 RECARGA 11

1.5 TECNICAS DE RECARGA 13

1.6 ESTACION DE SERVICIO PARA AUTOS
ELECTRICOS 17**CAPITULO 2: ESTACION DE SERVICIO BASICA**

2.1 SISTEMA DE CARGA 20

2.2 ESTACION PARA LA CIUDAD DE MEXICO	22
2.3 REPERCUSION EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCION	23
2.4 UBICACION	27
2.5 REPERCUSION ECONOMICA PARA EL USUARIO	30
CAPITULO 3: CARGADORES INDUCTIVOS	
3.1 SISTEMA DE CARGA	35
3.2 PARTES DEL SISTEMA	36
3.2.1 PUERTO DE CARGA	37
3.3 CONSIDERACIONES DE POTENCIA	39
3.4 NUCLEO	41
3.5 EMBOBINADOS	42
3.6 MODULO DE ALIMENTACION DE LA "PALETA"	44
3.7 COSTOS DEL SISTEMA	48
CAPITULO 4: CARGADOR A BASE DE SUPERCONDUCTORES	
4.1 CORRIENTE Y RESISTENCIA	50

4.2 LEY DE OHM	52
4.3 EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA RESISTIVIDAD	54
4.4 BREVE HISTORIA DE LOS SUPERCONDUCTORES	55
4.5 CAMPO MAGNETICO	56
4.6 CAMPO MAGNETICO EN UN CONDUCTOR	59
4.7 PROPUESTA DE CARGADOR	60
4.7.1 OBTENCION DE LA ENERGIA PARA LA CARGA	61
4.7.2 USO DEL CAMPO MAGNETICO	63
4.8 DESCRIPCION DEL SISTEMA	64
4.9 VOLTAJE GENERADO	66
4.10 COSTOS DEL SISTEMA	69
CAPITULO 5: ALTERNATIVAS DE ENERGIA	
5.1 ENERGIA SOLAR	71
5.1.1 CELDAS SOLARES	72

5.1.2 CARACTERISTICAS ELECTRICAS DE UNA CELDA SOLAR	77
5.1.3 UTILIZACION DE LAS CELDAS EN EL VEHICULO ELECTRICO . .	79
5.2 ENERGIA EOLICA	82
5.3 MICROONDAS	85
5.3.1 PEDIDAS EN EL RADIOENLACE	85
5.3.2 POTENCIA QUE NECESITARIA LA ESTACION DE CARGA	88
5.3.3 POSIBILIDAD DE REALIZACION	93
5.4 MANEJO DEL ALCALENO	94
CONCLUSIONES	97
REFERENCIAS	103
BIBLIOGRAFIA	105
ANEXO 1	

INTRODUCCION

Este trabajo está básicamente orientado a las estaciones de servicio para los vehículos y la infraestructura para la recarga de los mismos. Considerando varias alternativas y aspectos, en donde los sistemas electrónicos, debido al gran aumento en su tecnología, desarrollan un papel muy importante. Entre los aspectos considerados están: cargadores eléctricos, cargadores inductivos, cargadores por medio de microondas, cargadores por medio de energía solar y cargadores por medio de superconductividad.

Actualmente la mayoría de los investigadores en la industria de los vehículos eléctricos se ha centrado predominantemente en el sistema de propulsión y la tecnología que lleva el vehículo, muy pocos han investigado en el sistema que se requerirá una vez que los vehículos eléctricos estén circulando en las ciudades.

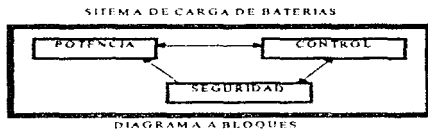
Los vehículos eléctricos son usados en las empresas como repartidores, ya sea dentro de la misma empresa o para repartir productos a distancias muy cortas, estos vehículos al realizar su recorrido regresan a su estación en donde son recargadas sus baterías.

En nuestros días, el vehículo comercial eléctrico para el público está a punto de ser puesto a la venta, el tipo de ciclo de trabajo al que se somete el vehículo en la industria no es el mismo al que lo someterá un usuario particular, dado que él requiere de viajes largos. Aunque el fabricante de los autos, ha mejorado mucho su diseño teniéndose autonomías de varios kilómetros, a velocidades altas, (la RANGER QVM de la FORD a 112 km/h tiene un alcance de 88 km.) esto no es suficiente, es aquí en donde entra la infraestructura de los vehículos eléctricos.

La infraestructura se puede describir como la organización requerida para mantener el parque vehicular eléctrico y lograr una mejor utilización de ellos en un área local. La idea es que se logre tener estaciones de servicio que satisfagan a todo tipo de usuario, logrando tener una norma en todo el mundo para la reglamentación, creación y uso de las estaciones de servicio.

La forma que puede tener dicha infraestructura, es muy variada, dado que los diferentes métodos con los que se pretende obtener la energía para la recarga de las baterías es diferente, y los lugares en que se pretende tener estas estaciones poseen características particulares y específicas, por lo que no se puede hablar de un modelo en particular, dado que una estación en un estacionamiento no tendrá los mismos sistemas que una que se encuentra en la carretera, pero todas estarán compuestas de los siguientes bloques que se consideran esenciales:

- Bloque de potencia.
- Bloque de control.
- Bloque de seguridad.



El bloque de potencia es donde se obtendrá la energía para la recarga de las baterías, básicamente éste bloque será un rectificador, el cual lo que hace es obtener la corriente de directa necesaria para alimentar la batería y recargarla;

tambien puede ser alguno de los diferentes sistemas y elementos que forman parte de las alternativas energéticas para los vehículos eléctricos.

El bloque de control es donde se manejará la temperatura, tiempo de recarga, corriente suministrada, esto respetando las características de cada batería, ya que cada batería tiene parámetros diferentes que dependen del fabricante, así mismo, verificará el estado de la batería, y algunos sistemas del vehículo.

El bloque de seguridad es un sistema importante dado que algunos métodos manejan corrientes grandes se puede tener el riesgo de choques eléctricos o, si la batería esta en muy mal estado la explosión de ésta, ocasionando quemaduras debido al derramamiento del electrolito que se encuentra dentro de ella.

Estos bloques pueden estar controlados para actuar conjuntamente entre ellos por medio de un microcontrolador, u otro dispositivo, el cual por medio de electrónica de potencia puede activar diferentes dispositivos, habilitando o deshabilitando los sistemas de alimentación y protección para realizar la recarga de las baterías de los vehículos eléctricos.

Se mencionan dos baterías que son más usadas en los vehículos eléctricos, (así como otras de nueva tecnología), esto debido a que son las más comerciales y fáciles de adquirir a un costo relativamente bajo, las baterías que se mencionan son las de plomo y las de acero.

En el capítulo uno se mencionan algunos conceptos básicos de las baterías, tales como profundidad de descarga, capacidad, entre otros. También se habla de las características de algunas baterías, que son usadas en los vehículos eléctricos, se explica como se realiza la recarga de las baterías y se muestran diferentes técnicas para llevarla a cabo, las cuales se encuentran normalizadas por la norma europea DIN 41772 (aparatos e instalaciones de rectificadores secos, características de

carga y símbolos), también se habla de lo que sería una estación de servicio para el vehículo eléctrico.

El capítulo dos se refiere a la estación de servicio convencional, se analiza la situación de este tipo de estación si se introdujeran en la Ciudad de México. Mediante tablas y gráficas, se muestra el impacto que se tendría en los sistemas de distribución, distancia a la que se podrían colocar estas estaciones, así como los posibles gastos que implica para el público usuario.

En el capítulo tres se describen a las estaciones que utilizarían cargadores inductivos, los cuales tienen la ventaja, de que no se utiliza ningún contacto físico entre el vehículo y la infraestructura. Se describen las partes que conforman al sistema de carga, así como el funcionamiento del mismo.

En el capítulo cuatro, se presenta una alternativa al cargador del capítulo tres. Aprovechando la tecnología de los nuevos materiales, en éste caso de los superconductores, pretendemos obtener la energía que se pueda obtener de ellos al utilizarlos como parte de la estructura de un generador o, utilizando los intensos campos magnéticos generados por estos materiales, para inducir la corriente que se necesita para la carga.

En el capítulo cinco se analizan algunas alternativas energéticas que se piensa, se pueden utilizar para cargar a los autos eléctricos o como fuentes auxiliares de energía para algunos sistemas de él, se pretende mostrar algunas ideas que se podrían emplear en el futuro.

Finalmente se tienen las conclusiones, así como un comentario de los alcances que pueden tener las estaciones de servicio, se muestran los apéndices y bibliografía utilizada para este trabajo

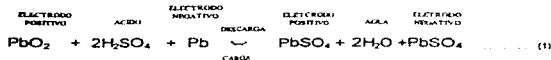
CAPITULO 1

CONCEPTOS BASICOS

1.1 PROCESO QUIMICO DE LA DESCARGA.

Durante la descarga de las baterías ocurre una transformación química donde se consume ácido sulfúrico y se forma agua. Se toman además dos cargas, se desplazan dos unidades de carga del electrodo negativo al electrodo positivo, pasando por el consumo.

Los procesos químicos en el acumulador no están aún hoy completamente aclarados, a pesar de llevar decenas de años en investigación. Según la teoría clásica de Gladstone y Tribe, sirve para el proceso de transformación química de descarga en su resultado final, sin pasos, intermedios la siguiente ecuación:



REFERENCIA N° 1

En esta ecuación se refleja el proceso de transformación cualitativamente. En la **descarga** (proceso de izquierda a derecha), una molécula de masa **positiva** (PbO_2) y otra de masa **negativa** (Pb) con ayuda de dos moléculas de ácido sulfúrico

($2\text{H}_2\text{SO}_4$), se transforman en una molécula de sulfato de plomo en cada electrodo (PbSO_4) y en dos de agua ($2\text{H}_2\text{O}$).

El consumo de ácido en la descarga y la formación de agua ocasionan una dilución del ácido en el elemento, de manera, que la densidad del ácido baja. Análogamente durante la carga (proceso de derecha a izquierda), se desarrollan los fenómenos inversos.

En la carga la corriente va del polo positivo de la fuente de corriente al electrodo positivo (juego de placas positivas) pasa luego a través del ácido al electrodo negativo (juego de placas negativas) y vuelve al polo negativo de la fuente de corriente.

En la descarga se invierte el sentido de la corriente. El ácido no conduce la corriente (como los conductores sólidos) por medio de electrones, sino por los llamados iones, que son partículas de masa cargados positiva o negativamente. En éste caso estos iones se formarán por la disociación de las moléculas del ácido sulfúrico, resultando dos iones positivos H^+ y un ion sulfato SO_4^{--} con doble carga negativa. La doble carga negativa del ion de sulfato se debe a lo siguiente: los dos iones H^+ se mueven en el sentido de la corriente, el ion SO_4^{--} en sentido contrario. En los electrodos los iones cedon sus carga. Con cada parte resultante de la separación de cargas se hallan unidas dos unidades de carga (SO_4^{--}), de aquí la doble valencia.

1.2 CONCEPTOS TECNICOS.

El voltaje de las baterías se encuentra fijo por la naturaleza química de la misma, la capacidad ellas es muy variable, la capacidad de una batería es en esencia el número de electrones que pueden obtenerse de ella. Esta capacidad está dada normalmente en Amperes-hora (Ah).

La vida útil se determina por la combinación del número total de cargas y descargas que ha sufrido, así como detalles en su construcción y diseño. El ciclo de vida útil se da en función del tipo de funcionamiento que posea, existen dos: la flotante y la cíclica. En una operación flotante, la batería no se usa con frecuencia, pero siempre está lista para operar; en la cíclica la batería es sometida a cargas y descargas continuamente, es obvio que el funcionamiento de las baterías de los vehículos eléctricos será cíclica.

Para lograr un buen aprovechamiento de la vida de la batería se recomienda que la descarga a que se someta la batería no sea mayor de un 80%, dado que si es mayor su vida se agota de manera importante; por el contrario si es menor el porcentaje de descarga se alarga su vida, como se observa en la Ilustración siguiente.

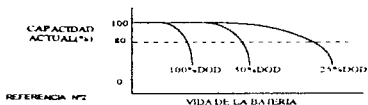


Ilustración 1

A éste nivel de descarga se le llama **PROFUNDIDAD DE DESCARGA (DOD)**, por sus siglas en ingles.

Frecuentemente se manejan capacidades distintas de una misma familia de celdas en función a las cargas y descargas en las que son escaladas, basándose en la capacidad nominal de la celda. Por ejemplo, una descarga bajo una tasa de 1A tiene un significado totalmente distinto para una celda con capacidad de descarga de 1Ah, en comparación a una celda de 10Ah. La celda con capacidad de 1Ah responde generalmente a una descarga de 0.1A, del mismo modo que la celda de 10Ah responde a una descarga de 1A. El factor de escalamiento para las diferentes tasas de flujo de corriente se le conoce como parámetro **C**, que se define

como la tasa de flujo de corriente y que es numéricamente igual a la capacidad promedio de la celda. De ésta manera, en una celda con capacidad nominal de 1Ah, el parámetro C es igual a 1A. Cuando se especifica este parámetro es importante considerar la base de tiempo en el cual está dado dicho parámetro, para qué tipo de celdas y la aplicación. Los índices de carga y descarga normalmente se representan como múltiplos de dicho parámetro.

Al realizar la carga de las baterías, es importante observar los niveles a los cuales se debe realizar ésta, dado que si se sobrepasan por largo tiempo, las placas de la batería se desgastan precozmente, es por esto que los dispositivos en la infraestructura que realicen la recarga deben observar los límites marcados y realizar desconexiones automáticas una vez alcanzados estos valores, no es necesario que se realice instantáneamente pero si dentro de un tiempo razonable para evitar el desgaste de las placas.

Otro factor que afecta la carga de las baterías, es la temperatura, al realizar la carga de las baterías la temperatura aumenta aproximadamente 10-12°C, se debe verificar que la temperatura a la que se va a iniciar la recarga no sea superior a 30°C, (depende del fabricante), si las baterías están en una superficie que no se afecte por este incremento de temperatura y se encuentra abajo de la temperatura indicada no se necesitan mas protecciones; si por el contrario se encuentra en un clima cálido, por ejemplo verano, donde las temperaturas son altas, o se someterá a una fuerte carga, es necesario preparar la batería disminuyendo la temperatura a la que esté para evitar dañarla.

Durante la recarga la temperatura en este tipo de baterías llega a aumentar, aproximadamente, hasta 55°C y puede ser necesario tener que enfriarla durante la recarga. Esto se logra por medio de ventiladores o un sistema de refrigeración.

Durante la recarga es necesario observar la **tensión de gasificación**, ésta se observa, entre los bornes, y es cuando alcanza un valor de aproximadamente 2.4

V/celda, la mayor parte del sulfato de plomo, se ha transformado en plomo (placa negativa) o en óxido de plomo (placa positiva), al llegar a este valor ya no se realiza la carga adecuada de la batería, por eso, para evitar daños no debe superar determinados valores dados por el fabricante.

El aparato para la recarga, debe ser tal, que ocasione que la corriente caiga automáticamente a los valores permisibles después de sobrepasar la tensión de gasificación. Se debe tener en cuenta que en baterías muy viejas, la tensión final de carga cae hasta 0.2 V/celda, la cual se debe considerar en el aparato de carga.

Como se mencionó, una vez que se alcanzó la tensión de gasificación la corriente que se suministra a la batería no debe sobrepasar los valores dados por el fabricante. Las corrientes que se utilizan para cargar la batería, es decir, aquellas que van desde que se conecta la batería hasta que se alcanza la tensión de gasificación, pueden tener diferentes valores múltiples, de las corrientes de carga normales (1A, 10A, etc.), siempre que los límites de temperatura se respeten.

1.3 BATERIAS

1.3.1 Batería de Plomo

Este tipo de batería es la más usada en nuestros días, debido a su bajo costo utiliza un electrolito en forma líquida, la densidad de energía de una batería de este tipo se encuentra en el rango de 30 Wh/Kg. Necesitan de un mantenimiento de cuando menos, una vez a la semana para mantener el electrolito a un nivel correcto. Para su recarga, se debe tener en cuenta que estas baterías crean gases que si se concentran en grandes cantidades (aproximadamente un 4% en el ambiente del lugar), pueden llegar a crear un ambiente altamente detonante, por lo cual se requiere de ventilación.

Existe otra batería de plomo que no utiliza el electrolito de forma líquida, sino en forma de "gel", éste tipo de batería presenta una alternativa en la que no se necesita mantenimiento, pero el costo de ésta ventaja, es una disminución en la densidad de energía.

La celda trabaja en una base saturada de electrolito, donde el gas emitido durante la carga se recombina en ella. Esto permite cargas sin pérdidas del electrolito debido a vaporización, y, no necesita de una ventilación especial, también se evita el riesgo de que el ácido se gotee o se tire.

La densidad de éstas baterías se encuentra entre 20-25 Wh/Kg. Los requerimientos para la carga son diferentes a los de la batería húmeda (electrolito líquido). El "gel " se carga inicialmente como lo hace la batería húmeda, pero se termina con una carga flotante, en lugar de una corriente constante.

1.3.2 Batería de Acero (Ni-Fe)

Esta batería maneja al igual que la batería de plomo un electrolito líquido para su funcionamiento, es una batería que tiene un aumento en la densidad de energía, 50 Wh/Kg a una descarga de 3 hr (C/3). Requiere de mantenimiento para tener el electrolito en buenas condiciones. Necesitan de una mayor ventilación debido a que, requiere de pequeñas sobrecargas para su recarga, y estas se hacen cada vez mayores debido a la vejez de la batería, ocasionando mayor concentración de gases.

1.3.3 Batería de Sodio - Azufre

Estas baterías utilizan un electrolito sólido, el cual separa un electrodo líquido de sodio, de otro electrodo líquido de azufre. El electrolito, que posee una estructura atómica de beta-alumina, permite el paso de los iones de sodio para reaccionar con el azufre.

Esta tecnología tiene la ventaja de tener una eficiencia coulométrica del 100%, (es decir, todas las cargas del electrodo líquido son aprovechadas y pasan al otro electrodo líquido sin perderse alguna en el electrolito), teniendo una densidad de energía de 110 Wh/Kg.

La desventaja es que éstas baterías para funcionar correctamente necesita ser mantenida en una temperatura de 350 °C, ésta temperatura se debe mantener aun durante la recarga. Esto se logra mediante calentadores y el aislamiento de la batería permite mantener ésta temperatura, aun cuando no se use.

Como se ve éstas son algunas de las últimas tecnologías usadas actualmente para optimar las baterías de los carros eléctricos y puedan competir contra los autos de combustión interna, debido a que las más usadas son las baterías de plomo y acero. En los siguientes capítulos solo se mencionaran estas y el diseño de los métodos de recarga dependerán de las características de éstas baterías.

1.4 RECARGA

Para cargar baterías se necesita de corriente continua, la cual se hace fluir en sentido contrario al de la descarga, si se posee de una red de corriente alterna o de N-fases debe ser transformada. Para ello se utilizan, generalmente, rectificadores que pueden ser controlados o no controlados. Adecuados en cada caso al número de celdas, tamaño y tipo de batería a recargar.

Existen técnicas de carga que manejan diferentes exigencias, cuanto más alta sea la tensión de carga más rápido se cargará la batería; esto depende de la magnitud de la corriente que maneje el rectificador.

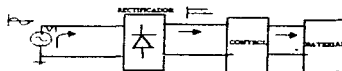


Ilustración 2 - Diagrama a bloques del circuito de carga

En baterías de plomo la carga está determinada por la necesaria limitación de la corriente al alcanzarse la tensión de gasificación (2.4 V/celda). Es importante desconectar la batería una vez que ésta se encuentra cargada, dado que si se continúa suministrando corriente, se ocasionará un desgaste en las placas, descargando la batería, además se presenta la formación de gases que son altamente detonantes.

Como todo sistema, éste cuenta con pérdidas, no toda la corriente es usada para cargar la batería parte de ella se desperdicia en el principio de la carga. Esta pérdida es llamada factor de carga, en las baterías de plomo llega a valer entre 1.0% a 1.2% del voltaje nominal.

Las baterías de acero no son tan afectadas a gasificaciones fuertes y no se necesita cortar la energía de forma tan drástica como en las baterías de plomo, al llegar a la tensión de gasificación. Las características de cada batería se encuentran en las tablas 1 y 2.

Ciertamente, no es necesario llegar a la carga completa en cada sesión de carga de la batería, se pueden llevar varias cargas intermedias hasta la tensión de gasificación.

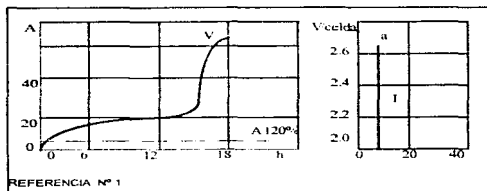
1.5 TÉCNICAS DE RECARGA

Las distintas técnicas de carga se diferencian entre sí por las curvas de corriente y tensión durante la carga, así como por los tiempos de carga alcanzables en cada una de ellas. La comisión de electrotécnica de normas, ha fijado en la norma europea DIN 41772 una forma unitaria de denominación para las características de los aparatos de carga, con lo que al mismo tiempo quedan caracterizadas las técnicas de carga.

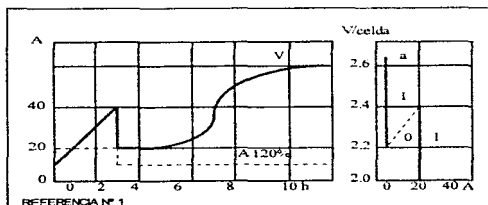
Así, para una característica de corriente constante se designa con la letra **I** y una característica de tensión constante con la letra **U**, llevan la letra **W** las características en las que disminuye la tensión con corriente creciente. Si el aparato se desconecta automáticamente se le añade una **a** (ejemplo **Ua**).

Si el aparato tiene varias características que durante la carga son seguidas sin transición, una detrás de otra, las letras que describen la técnica de carga se colocan una al lado de otra. Sin embargo, si en el tránsito de una característica a otra ocurre un proceso de conmutación, se intercala un **0** (cero), así, la característica **IOIa** expresa que: en la primera parte de la carga, se mantiene la corriente constante y una vez alcanzada la tensión de gasificación, se cambia a otro valor constante, teniendo al final una desconexión automática.

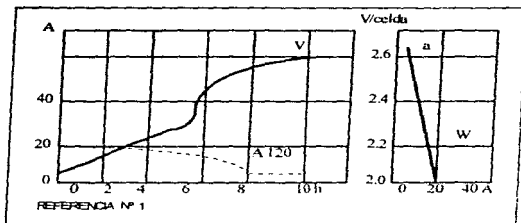
Las gráficas que a continuación se presentan dan una idea más clara de lo que consisten estas técnicas de carga, éstas gráficas se obtuvieron tomando como ejemplo una batería de plomo de placas blindadas de 100 Ah, teniendo un DOD (densidad de descarga), de más del 80% de descarga.



Ia.- Carga con corriente constante, con desconexión automática una vez alcanzada la carga deseada, que ocurre un poco después de la tensión de gasificación (2.4 V/celda).

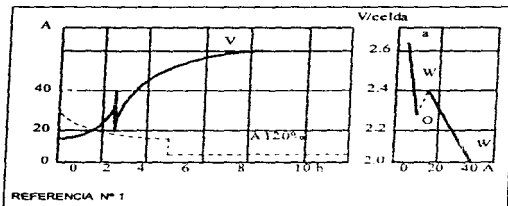


IOIa.- La primera parte de la carga ocurre a una corriente constante, hasta alcanzar la tensión de gasificación, en donde ocurre una conmutación para cambiar a otro valor constante y cargar con valores bajos para compensar la edad de la batería, teniendo al final una desconexión automática.



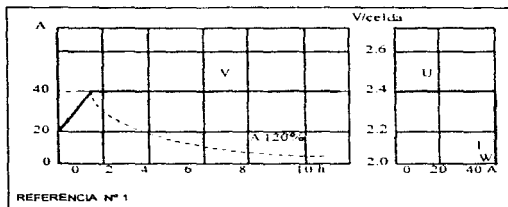
desconexión automática.

Wa.- Carga que inicia con un valor de corriente alto, y, conforme se acerca a la tensión de gasificación la corriente se disminuye para terminar con un valor pequeño seguido de una

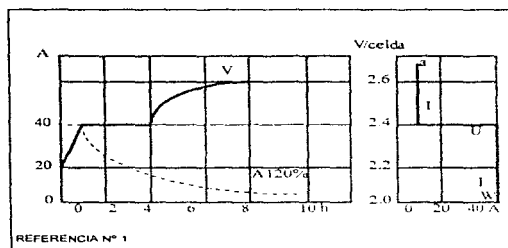


cargando la batería, teniendo una desconexión automática al final de la carga.

W0Wa.- Carga que comienza con un valor de corriente constante la cual se disminuye hasta que alcanza la tensión de gasificación, una vez que se llega a este valor, ocurre una conmutación hacia un valor menor de corriente para continuar



IU.-Carga a corriente constante hasta la tensión de gasificación, una vez alcanzado este valor, se comienza a disminuir la corriente teniendo la tensión de gasificación constante.



IUIa.-Carga a corriente constante alta, al llegar a la tensión de gasificación se comienza a disminuir la corriente dejando fijo el valor del voltaje, una vez que se llega a un valor menor de corriente determinado, se vuelve a cargar la batería para

compensar posibles fallas en la carga, seguido de una desconexión automática, al llegar al valor de carga deseado.

En la mayoría de estas técnicas es necesaria, una desconexión rápida, debido a los problemas que ya se comentaron. Por eso, los dispositivos que lleven a cabo la recarga de las baterías deben contar con interruptores que se accionen cuando se llegue a la tensión de gasificación y otro que se activara para el tiempo de carga restante.

De ésta forma se pueden describir los diferentes métodos de recarga de la baterías, teniendo en cuenta las características de las baterías de plomo y acero que se encuentran en las tablas 1 y 2, respectivamente.

1.6 ESTACION DE SERVICIO PARA VEHICULOS ELECTRICOS

La estación de servicio para un vehículo eléctrico, se puede describir como la infraestructura que poseerá el soporte técnico para la mejor utilización de los vehículos, encontrándose éstas en todos los lugares donde existan los vehículos eléctricos, de ésta manera se logrará aumentar la autonomía del vehículo, teniendo viajes mas largos gracias a las recargas que les proporcionarán en las estaciones de servicio.

Las estaciones de servicio en cierta manera van ha ser las responsables de mantener el parque de vehículos eléctricos en condiciones de que puedan seguir circulando.

De ésta manera ambos, las estaciones de carga y los vehículos eléctricos deberán de cumplir con las normas internacionales de la transportación, y con el programa de ciudades limpias del departamento de energía de los Estados Unidos y la U.S.E.P.A.

Tal vez las estaciones de servicio no solo proveerán la energía para los vehículos eléctricos, también tendrán un importante papel en la inspección de la operación de los mismos, verificando que cumplan con los reglamentos de seguridad de transportación y estándares ambientales.

Dado que la conservación de la energía es de principal importancia, uno de los principales objetivos de éste proyecto es de limitar el número de transformaciones de energía, proponiendo formas de obtención de energía más eficientes con el fin de reducir pérdidas y tener una mayor eficiencia de operación.

TABLA 1 DATOS TECNICOS PARA LA CARGA DE ACUMULADORES DE PLOMO

Lí- nea		Baterías para vehículos				Baterías RVA		Bate- ría para auto móvil
		Ciclo	C1	C1S	P25	C1	C2	
1	Capacidad de referencia	A	4	4	4	4	4	4
2	Factor de carga		1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,15
3	Reservorio específico después de tomada K_{10} valores aproximados		0,75	0,75	0,70	0,68	0,75	0,68
4	Construcción de carga para cada 100 Ah de capacidad nominal máxima permitida							
	a) Corriente constante a partir de la clasificación característica I_{10}	A	10			4,5	3	10
	b) Corriente decreciente (característica I_{10}) con 2,4 V/El decreciente	A	14	8		12	7	12
	Al final permisible	A		8		6	6	8,5
	c) Corriente nominal del aparato de carga de 6) con 2,0 V/El (EPR 4170)	A	28	16		24	14	24
5	Máximo permisible al final, para 2 días 7. método, por fórmula con característica I_{10}	A	3		2			
6	Corriente de carga de conservación (ver línea 10)	mA		40	100			
7	Corriente inicial más con 2,4 V/El $\pm 20\%$ característica E_{10} tolerancia $\pm 10\%$	A	70	100	100	80	100	70
8	Tensión de carga							
	Tensión inicial con característica I_{10} e intensidad de corriente según 4 c)	V/El	según tipo y tamaño 2,3 2,15					
	Tensión final de carga con intensidades según 4 a) y b)	V/El	según tipo y tamaño, normal 2,6 2,7 en baterías nuevas y salidas hasta 0,2 V/El menos (ver también fig 17)					
10	Tensión de carga de conservación (ver línea 6)	V/El	2,70	2,25	ver V/El 0,910, 8 21 0,3			
11	Tensión de carga continua	V/El	2,25	2,35	ver V/El 0,910, 8 21 0,4			
12	Tensión con carga con carga I_{10}	V/El	2,4	2,4	2,45 2,45	2,4	2,4	2,4
					2,45		2,45	
13	Tiempo de carga referido para intensidad I_{10} con característica I_{10} con característica I_{10} (según corriente inicial) con característica I_{10} según corriente inicial con característica I_{10} y corriente final de carga según 4 a)	h	1,3	2,5	4,0	4,5	—	—
		h	2,23	3,3	4,53	5,53	—	—
		h	2,3	3,4	4,53	5,4	—	—
		h	1,5	2,0	3,3	4,0	—	—

TABLA 2/ DATOS TÉCNICOS PARA LA CARGA DE ACUMULADORES DE ACERO

Lí- nea											
		Niquel-cadmio					Niquel- hierro		Hec- me- tá- licos		
		K	1N	TS	S	RE	TNE	K			
1	Capacidad de referencia	A	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4		1,4	1,4
2	Factor de carga	A	0,5	0,55	0,6	0,75	0,50	0,5	0,5	0,5	
3	Rendimiento energético durante la tomada K... valores aproximados	A	0,33	0,38	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,6	
4	Corriente de carga por cada 100 Ah de capacidad nominal máxima permitida a partir de la gasificación	A	aprox. 20-10 A limitado por calentamiento					8	aprox. 20-10 A limitado por calentamiento		1,1
	a) Corriente constante (característica I)	A	Disminución de la corriente aprox. 40-50 %					8	Disminución de la corriente aprox. 30-40 %		
	b) Corriente decreciente (característica II)	A						5			
	con 1,5 V/EI permitida	A						8			
	con 1,6 V/EI permitida	A						20			
5	Corriente nominal del aparato de carga de 20 con 1,2 V/EI	A						7			
6	Corriente de carga más pequeña, con la cual se reanuda la carga	A									
8	Corriente de carga de conservación (ver línea 9)	mA	20-40					100- 150			40 150
7	Tensión de carga										
8	Tensión inicial según tipo, altura de construcción, e intensidad de corriente	V/EI	1,3-1,4		1,3	1,4-1,6		1,25- 1,35			
9	Tensión final de carga según tipo, altura de construcción e intensidad de corriente	V/EI	1,4-1,5		1,4	1,7-1,85		1,43- 1,5			
9	Tensión de carga de conservación (ver línea 8)	V/EI	1,4-1,40		1,4	—		aprox. 1,3			
10	Tensión de carga continua según tipo	V/EI	1,4-1,5		1,4	—		—			
11	Tensión también en servicio discon- tinuo (automóviles, luz de viviendas)	V/EI	1,6		1,5	—		—			
12	Tensión constante en carga IZ	V/EI	1,6-1,7		1,5	1,7-1,75		—			
	Temperatura de carga admitida para interruptores Föhn, con característica 10/A, (p. 1), con características 10/A y 2		5	5	5	5	Inter- rup- tor Föhn no es aplicable				

Actualmente gracias a la electrónica de alta tecnología y en especial a la electrónica de potencia, se tienen elementos que son pequeños en sus dimensiones, se alimentan con niveles bajos, y permiten manejar altos voltajes y grandes cantidades de corriente los cuales no se alcanzaban, hasta hace unos años. Gracias a estos avances la infraestructura ya no necesita ser un enorme conjunto de sistemas con elementos muy grandes.

Para asegurar que las estaciones de servicio de los vehículos eléctricos sean aceptados en todas partes, es necesario que la recarga e infraestructura deban de ser: seguras, limpias, con una elevada eficiencia al convertir la energía así como, cumplir con los estándares internacionales, ayudadas de manera conjunta con el uso de electrónica de alta tecnología.

La ubicación de estas estaciones de servicio es importante, dado que en muchas ciudades los próximos dueños de los vehículos eléctricos, no cuentan con un estacionamiento propio sino que dejan estacionados sus vehículos en la calle o si cuentan con la posibilidad en pensiones. Estos usuarios no contarán con la posibilidad de recargar su vehículo durante la noche.

Si cuenta con la posibilidad de dejarlo en una pensión, el problema se resuelve, dado que la estación de servicio estaría colocada dentro de la pensión, de esta forma se podrá cargar el vehículo mientras esté en ella. En la situación de que no se pueda tener acceso a una pensión, se tiene la idea de desarrollar cargadores portátiles de mediano tamaño que permitan cargar al vehículo durante la noche, para permitirle al vehículo llegar a la estación de servicio mas cercana a su domicilio y cargar la batería a su máximo.

La estación de servicio deberá realizar la recarga en el menor tiempo posible, aunque la tecnología de las baterías permite cargas rápidas, estos tiempos de carga siguen siendo de cuando menos una hora. Pero se pueden trabajar tiempos de recarga menores en los que, aunque no se carga la batería al

100% permiten el funcionamiento del vehículo y como se mencionó en los temas de baterías, se debe procurar recargar la batería completamente cuando menos una vez a la semana.

Se pretende que la carga de los vehículos al 100% se realice en lugares en donde el usuario pase mucho tiempo, como son centros comerciales, cines, estacionamientos públicos, teatros, centros recreativos, y lugares similares, así el tiempo que este el dueño del vehículo en estos lugares realizando sus actividades, la batería se cargará a su máxima capacidad o cuando menos adquirirá una carga que le permitira seguir circulando.

Es por estos motivos que en la introducción, se dijo que no se puede definir un estándar de las estaciones de servicio, debido a que los diferentes lugares donde se tiene pensado que estarán colocados, tiene características diferentes, pero todas las estaciones inclusive, las estaciones portátiles poseerán los bloques que se describirón en la introducción.

Actualmente la ciudad de Lancaster, Pensylvania; está desarrollando un plan para permitir la entrada de los vehículos eléctricos a su ciudad, preparando diferentes lugares para lograr la recarga de los vehículos eléctricos.

Esta ciudad, tuvo grandes problemas con la contaminación, por lo que desarrollaron un plan para ser una de las primeras ciudades en tener en su parque vehicular, vehículos eléctricos.

El plan en esta ciudad, consiste en ofrecer los servicios de recarga sin costo alguno, para ello han ubicado en diferentes partes de la ciudad, puntos donde se pueden recargar los vehículos; colocando contactos en las paredes de edificios, colocando postes donde se pueden conectar los vehículos, también han colocado centros de información para el usuario.

CAPITULO 2

ESTACION DE SERVICIO BASICA

2.1 SISTEMA DE CARGA.

Este tipo de estación es la que será, tal vez la más común de todas. Actualmente Ford, Chrysler y otros fabricantes de autos eléctricos, están utilizando este método para recargar sus vehículos eléctricos, consiste en conectar al vehículo por medio de una clavija, que cuenta con terminal para la "tierra", este cable se encuentra dentro del vehículo oculto, para recargarlo se saca del vehículo a un enchufe, el cual puede tener un voltaje nominal de 120 volts ó 220 volts. En el anexo 1, se muestran las especificaciones de los contactos que usa la estación.

Este tipo de sistema necesita un aislamiento correcto para evitar posibles descargas que pueden afectar al usuario. El vehículo es alimentado por una señal senoidal, la cual es rectificadada y filtrada dentro del vehículo eléctrico, para ser suministrada a la batería. Este tipo de infraestructura, ofrece un tiempo de carga, el cual depende del voltaje y la corriente que se maneje en las terminales del contacto, como se mencionó en el capítulo 1. Si la terminal del contacto maneja 120 volts, que es la mayoría de los sistemas en las casas habitación, se tiene una carga lenta de la batería.

Esta carga lenta se lleva aproximadamente 8 horas para cargar al 100% al vehículo, éste tipo de carga es recomendable cuando el dueño del vehículo llegue a su casa y lo deje cargando durante la noche, logrando tener en la mañana un vehículo en condiciones para viajar.

Si por el contrario, la terminal tiene un voltaje de 220 volts, la carga se realiza de manera rápida, teniéndose tiempos de entre 3 y 5 horas. Este tipo de contactos son más comunes en edificios públicos, alumbrado y lugares similares. Esto da la idea de ubicar éste tipo de infraestructura en lugares públicos en los que, como ya se mencionó, las personas pasen dicho tiempo. Además los contactos mostrados en el Anexo 1 son del tipo industrial, los cuales se pueden colocar en los lugares antes citados.

Estos sistemas, han sido desarrollados actualmente en la ciudad de Lancaster, Pennsylvania. En esta ciudad el plan es ubicar en lugares estratégicos, contactos, estos contactos ofrecerán suministro de la energía eléctrica sin costo alguno para cargar los vehículos que circularán por la ciudad. Estos contactos estarán vigilados para que se les de el uso debido. Cuentan además con un sistema de candado para que funcionen cuando el enchufe correcto se introduzca en el contacto, si ésta condición no se cumple el sistema no suministrará la energía. Adicionalmente se han desarrollado estaciones de carga, la Ilustración 1 nos muestra una de éstas estaciones de carga. Estos pedestales son capaces de cargar hasta dos carros, ofreciéndoles una carga para viajar entre 15 km a 35 km, con una media hora de carga.

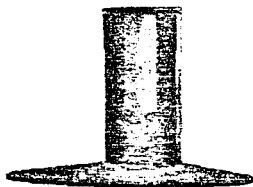


Ilustración 1.- Estación de carga tipo pedestal.

2.2 ESTACION PARA LA CIUDAD DE MEXICO.

En la ciudad de México, seguir la idea de colocar contactos por diferentes puntos de la ciudad, como en la ciudad de Lancaster no es posible. dado que no se puede asegurar que realmente dichos contactos se vayan a usar para la carga de los vehículos, se cuenta además con el problema de inundaciones en algunos puntos de la ciudad. Es por eso que en nuestra situación no es posible colocarlos en la vía pública. Con respecto a las estaciones de carga en forma de pedestal estas se pueden colocar en forma parecida a los teléfonos públicos, teniendo un sistema de cobro de la energía de forma similar al de las tarjetas telefónicas.

Se pueden colocar los contactos en estacionamientos, estos pueden ser de cines, teatros, públicos, centros comerciales, privados, etc.. Dado que de esta forma se podrá tener un control más estricto del uso que se les dé a dichos contactos. Se considera que es más conveniente que las estaciones en forma de pedestal, no se encuentren en sitios al aire libre (por ejemplo parques), o lugares con riesgo de posibles inundaciones, con el riesgo de un posible corto circuito en la estación. Lo cual en la ciudad de México es muy común en el periodo de lluvias.

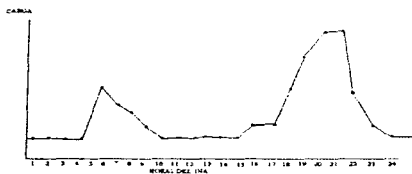
Dado que como estas estaciones utilizan el método de carga convencional, existe la posibilidad de que se presenten cortos circuitos en las terminales, ocasionados por el agua que se pueda introducir al sistema, así como basura que se puede alojar en las entradas de los contactos.

La ubicación de estas estaciones de carga se deberán colocar en puntos equidistantes, para evitar que el dueño del automóvil se quede sin energía.

2.3 REPERCUSION EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCION.

El suministro de la energía para estas estaciones se haría a través de la red aérea o subterránea de distribución de la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, y C.F.E. De los diferentes puntos de distribución se alimentarían a los cargadores.

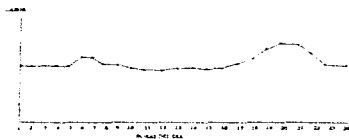
Como se sabe, la compañía de Luz y Fuerza del Centro junto con C.F.E. realizan la distribución en la ciudad de México se hace en el rango de tensión de 23 kV, siendo subterránea o aérea, alimentando usuarios de diversos tipos como industrias, comercios, servicios, residencias, etc., las industrias medianas o pequeñas son abastecidas en el rango de 23 kV. los comercios y talleres en el rango de 220/127 Volts así como los servicios domésticos. La curva de la demanda se presenta de forma aproximada en la gráfica 1.



Gráfica 1.- Perfil de demanda, sin considerar autos eléctricos

El efecto que tendría la introducción de estas estaciones de servicio en las redes de distribución, es de suma importancia: Si la carga se realiza en horas no pico del sistema, durante la tarde y la noche; después de las 22:00 horas. La curva de carga se haría más constante, no se tendrían los valles tan pronunciados, esto ocasionaría que las centrales generadoras trabajen con una mayor eficiencia, ya que no se están sacando de operación los generadores, como se sabe, al no tener un perfil de carga constante, las diferentes plantas

generadoras de la república tienen que sacar de uso algunos generadores durante las horas no pico de demanda, para evitar sobrecargar al sistema, reduciendo de manera importante la eficiencia de la planta ocasionando consumos grandes de combustible cada vez que el sistema es puesto en marcha. De ésta manera el perfil de carga antes mencionado quedaría aproximadamente como se muestra en la gráfica 2.



Gráfica 2.- Perfil de demanda, considerando autos eléctricos

La aparición de estas estaciones de carga permitirán el ahorro del combustible de las plantas generadoras. Obteniéndose ahorros importantes, así como una mejor eficiencia del sistema dado que se contara con un perfil de carga casi constante. Esto deberá permitir a las compañías generadoras abaratar sus costos y por lo mismo reducir sus tarifas.

Esto debe ocurrir si realmente se quiere que, las personas utilicen el carro eléctrico, se debe hacer atractivo, tanto en el aspecto económico, como en la facilidad de cargar al vehículo. De esta manera se logrará combatir en parte el problema de la contaminación, y reducir las emisiones contaminantes de los autos de combustión interna

La carga durante las horas pico, no llega a afectar de manera grave al perfil de carga del sistema de distribución, para demostrar esto, supongamos, que se tienen circulando 4500 vehículos eléctricos (vehículo RANGER QVM EV fabricado por FORD, la cantidad de vehículos eléctricos se obtiene de estudio de mercado,

realizado por FORD), todos ellos cuentan con baterías de plomo que poseen un voltaje de 2.0 volts por celda, (1.75 como mínimo y 2.3 como máxima, como se menciona en el capítulo 1).

El vehículo cuenta con las siguientes características:

- Carrocería similar a la RANGER de combustión interna.
- 100 hp, motor de A.C. de 3 fases.
- Sistema de conversión de la carga de 240 VAC, 30 A.
- Baterías de plomo de 26 kWh.
- Freno regenerativo.

REFERENCIA N° 4

Para determinar la potencia que demandaría un vehículo totalmente descargado se procede de la siguiente manera, dado que la mayoría de los vehículos eléctricos en circulación poseerán baterías de plomo. Las celdas de éstas baterías poseen el siguiente perfil de carga.

TIEMPO EN HORAS

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
TENSION EN VOLTS	2.10	2.17	2.22	2.24	2.29	2.37	2.47	2.51	2.5
CORRIENTE EN AMPERES	24.00	22.30	21.00	18.70	16.30	12.00	8.60	6.50	5.5
CARGA EN AH	0.00	23.30	45.00	64.90	82.40	96.50	100.50	113.80	120.0
POTENCIA EN KW	50.40	48.80	46.60	41.90	35.30	28.40	19.80	16.30	13.9
ESTADO DE CARGA %	0	25	44.40	60	79	90	95	98	100

REFERENCIA 3

Como se observa la potencia requerida va disminuyendo conforme aumenta el tiempo y el estado de carga. La mayoría de los vehículos eléctricos funcionan con un voltaje de 120 volts. Con este valor los laboratorios de baterías obtuvieron el siguiente perfil de carga del vehículo. Logrando los siguientes resultados:

TIEMPO EN HORAS

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
TENSION EN VOLTES	100.50	104.6	106.5	107.5	109.9	135	118.5	120.4	120.9
CORRIENTE EN AMPERES	24.60	22.50	21.00	18.70	16.30	12.80	8.60	0.50	2.4
POTENCIA EN KW	2.41	2.35	2.23	2.01	1.79	1.62	0.948	0.582	0.664
ESTADO DE CARGA %	0	23	44.40	63	79	90	95	98	100

REFERENCIA 3

De los resultados de las tablas anteriores se observa que en general, un vehículo eléctrico demandaría 2.41 kW cuando está totalmente descargado.

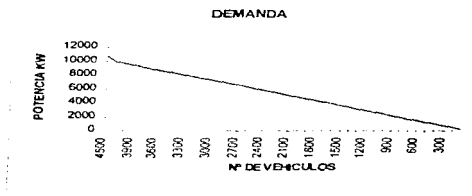
Suponiendo el peor de los casos en el que todos los 4500 vehículos se cargarán al mismo tiempo (caso muy poco probable), se tendría una demanda de 10.85 Megawatts, lo cual representa la potencia que se considera para un alimentador en los sistemas de la Compañía de Luz y Fuerza del Centro.

A continuación se presenta una tabla con las unidades generadoras más importantes que alimentan al D.F. y suministrarán la potencia que requerirán los vehículos eléctricos.

TIPO	UBICACION	Nº DE UNIDADES	CAPACIDAD DE CADA UNIDAD
TÉRMICAS	TUCA	1	200 MW
	SAN ANASTASIA	2	158 MW
		2	127 MW
	RETIEN CONIBERO	4	107 MW
	SIANZASILLITO	4	120 MW
		2	127 MW
HIDRÁULICAS	AGUASILLPA	1	12 MW
	CHICOMILN	5	17 MW
	ISHERSILLO	6	18 MW
GEOTÉRMICAS	CERROPILLO	2	110 MW

Se puede observar que las plantas generadoras pueden suministrar la potencia necesaria para permitir la carga de los vehículos eléctricos en el D.F., y como se a mencionado se podrá aprovechar mejor su generación debido a que no se están sacando de operación al ir variando la carga.

Como los centros de recarga estarían distribuidos en los lugares donde se resguardan los vehículos, esto implica que la potencia también estaría distribuida y tomando en cuenta que la carga al 100% se realizaría durante la noche, el impacto en el sistema de distribución durante las horas picos no sería considerable. Esto se ilustra mejor con la gráfica 3.



Gráfica 3.- Curva de demanda en función del número de vehículos que se carguen en un instante.

En la gráfica anterior se puede observar la potencia que demandarían un determinado número de vehículos. En el valor de 10.85 MW, tenemos el caso en que todos los vehículos se carguen al mismo tiempo, y dicho valor corresponde a un caso extremo, los demás valores muestran el consumo dependiendo del número de vehículos que se carguen en dicho instante.

2.4 UBICACION.

Como se ha comentado no es necesario que los vehículos se recarguen al 100% cada vez que se detienen para cargarse. El vehículo puede tener cargas intermedias, las cuales le permitirán avanzar una cantidad de kilómetros. La mayoría tiene autonomías de hasta 100 km, este valor de distancia es

considerando que se tiene un DOD (profundidad de descarga), del 85%; y sin considerar el aire acondicionado, sistema de sonido, freno regenerativo, etc.

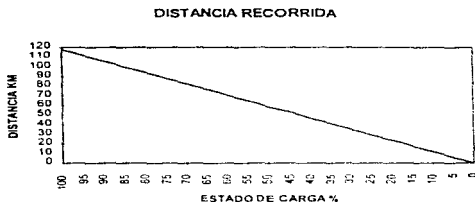
La tabla siguiente muestra las posibles distancias que el vehiculo puede recorrer, para un determinado estado de descarga. Para esta tabla se consideró el vehiculo fabricado por FORD la RANGER QVM EV PERFORMANCE, que posee las siguientes características:

- Velocidad de crucero 112 kmh
- 100 km de alcance, sin el uso de aire acondicionado o calefacción.
- Motor de A.C. 100 hp trifásico
- Carrocería similar a la RANGER de combustión interna.
- Sistema de conversión de la carga de 240 VAC, 30 A
- Baterías de plomo de 26 kWh
- Freno regenerativo

REFERENCIA N° 4

Los realizadores de la prueba, consideraron las siguientes condiciones del camino: que no se tenían pendientes; el camino contó con algunas curvas no muy pronunciadas, siendo la mayoría camino plano y recto; temperatura ambiente normal, camino con pequeños accidentes (topes, camino sin pavimentar). Los resultados que obtuvieron fueron los siguientes:

ESTADO DE LA CARGA DOD %	DISTANCIA KM	ESTADO DE LA CARGA DOD %	DISTANCIA KM
100	117.6	50	58.82
95	111.7	45	52.9
90	105.8	40	47
85	100	35	41
80	94	30	35.20
75	88.2	25	29.4
70	82.3	20	23.5
65	76.4	15	17.6
60	70.58	10	11.7
55	64.70	5	5.8



Gráfica 4.- Distancia que puede recorrer el auto en función del DOD

Esta gráfica representa el rendimiento ideal de la batería del vehículo eléctrico, obsérvese el comportamiento lineal de la distancia en función del estado de carga de la batería, al ir disminuyendo el estado de carga; la distancia se reduce también, siguiendo el comportamiento de una recta. Esto permite observar, que con pequeñas cargas a la batería, se pueden obtener distancias relativamente grandes.

Claro que esto es considerando condiciones ideales del camino. Con ella y los datos de la tabla se puede observar que el vehículo aún cuando ha bajado un 85% en el estado de carga (DOD), tiene la capacidad de poder llegar a una estación de carga.

Con estos valores se puede decir que las estaciones de servicio se deben de colocar a una distancia entre ellos de 50 km, lo que equivale a un DOD del 42.5%: De esta manera se le da la oportunidad de llegar hasta una estación de servicio. Dado que estas estaciones no son muy grandes ni estorbosas se pueden colocar en edificios como casetas telefónicas.

Aunque el DOD que se maneja no es el recomendable, no le perjudica a la batería someterse de vez en cuando a esa descarga. Esto debido a que como ya se mencionó en el capítulo uno, se acorta la vida de la batería si se somete a un continuo nivel de descarga mayor al 85%.

2.5 REPERCUSION ECONOMICA PARA EL USUARIO.

Para el usuario que recargue su vehículo en su casa, la repercusión económica se puede lograr una estimación del aumento que tendría en su recibo por el auto eléctrico para lo cual procedemos de la siguiente manera: considerando el uso de la tarifa de casa habitación, que es la que cobra C.L.F.C., así como un recorrido de un día hasta que el auto se encuentre descargado o con una profundidad de descarga (DOD) menor a un 10%

Consumo básico	\$.270 por los primeros 75 kWh*.
Consumo intermedio	\$.306 por los siguientes 125 kWh*.
Consumo excedente	\$.896 por 125 kWh en adelante*.

*REFERENCIA N° 5

Suponiendo que se deja cargando el vehículo por la noche (8 horas), esto implica un costo de

$$2.41 \text{ kW} \times \$ 0.270 \times 8 \text{ horas} = \$ 5.20$$

Lo que implica un gasto al mes de \$ 156.00.

La existencia de un control para no cargar a las baterías durante las horas pico de la demanda no es muy fácil lograrlo, debido a que esto implica una educación del usuario del vehículo para que las cargue a una determinada hora en que la demanda no es tan grande.

Ahora se obtiene el gasto del automóvil de gasolina, para realizar una comparación. Teniendo la misma consideración de viaje y además que al auto no se le llena el tanque durante el día hasta en la noche. Considerando un precio de la gasolina de \$ 2.90 para la NOVA y de \$ 2.96 para la MAGNA.

Considerando el carro de combustión interna, con un tanque aproximadamente de 40 litros. Un carro de esta capacidad tendría un gasto por día, de:

$\$2.90 \times 40 = \116.00 , Si consumiera gasolina NOVA.

$\$2.96 \times 40 = \118.40 , Si consumiera gasolina MAGNA.

Considerando un uso diario del vehículo, lo que implica que el gasto de la gasolina se realiza todos los días, situación que ocurrirá con el auto eléctrico. Estos gastos al mes representan una inversión de:

Para la gasolina NOVA de: \$3,480.00

Para la gasolina MAGNA de: \$3,552.00.

Como se observa, realmente el gasto que se tiene solamente por el consumo del combustible es muy grande en comparación con el gasto del vehículo eléctrico, si a esto, se le suman los gastos por mantenimiento, verificaciones, y demás gastos en el auto de combustión; en el auto eléctrico el mantenimiento es mucho más sencillo y barato, dado que se está ahorrando en bomba de gasolina, filtros, etc. teniendo un mantenimiento más fácil que el otro vehículo, resulta más conveniente, económicamente, el auto eléctrico aún cuando hay que esperarse un poco más de tiempo en la carga de las baterías, pero como ya se menciono anteriormente no es necesario cargar siempre al 100% el vehículo, cada vez que se llegue a una estación de servicio; se pueden hacer cargas de 15 minutos lo que permite distancias de 20 a 50 km

Una estación de servicio básica de forma similar al de las estaciones de gasolina, requiere de un transformador el cual alimentaría a todos los contactos que formarían a la estación. De esta manera se tendrá estaciones de contactos para el vehículo eléctrico en cualquier parte de la ciudad.

El transformador es uno que cuenta con la conexión de delta a estrella ($\Delta \rightarrow Y$). La capacidad de dicho transformador se puede determinar de la siguiente forma:

El voltaje de alimentación del transformador, del lado primario será del circuito de 23 kV (voltaje entre fases), voltaje que es una señal de corriente alterna trifásica senoidal; del lado secundario se rectifica y regula la corriente, para tener un voltaje de 220 volts de dc (se considera 220 volts para tener una carga rápida), el voltaje del secundario es de fase a neutro. El número de vehículos que se piensa que atenderá simultáneamente la estación es de 8, que es la capacidad que posee normalmente una estación de gasolina.

El voltaje del lado secundario ya rectificado es de 220 volts, y la corriente máxima de directa que demanda un vehículo eléctrico es de 30 amperes. El circuito que alimentaría a los 8 contactos sería el siguiente:

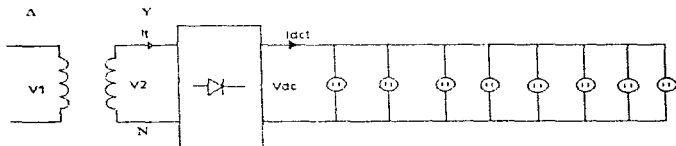


Ilustración 2 - Circuito simplificado de una estación de carga

El voltaje de DC proviene de un rectificador de onda completa, por lo que, en una fase de la estrella se tiene:

$$V_{dc} = 220 \text{ V} = 0.636 V_{2max}$$

$$V_{2max} = V_{2F} = 345.91 \text{ Volts}$$

$$V_{2L} = \sqrt{3} V_{2F} = \sqrt{3} (345.91) = 599.13 \text{ Volts}$$

$$I_{dct} = I_{2L} = I_{2F} = 30 \cdot 8 = 240 \text{ A} = 0.636 I_{2max}$$

$$I_{2max} = I_{2L} = I_{2F} = 377.35 \text{ A}$$

En la delta:

$$V_1 = V_F = V_L = 23 \text{ kV}$$

La estación de carga debe de trabajar con un factor de potencia entre 0.9 y 1 para estar dentro de las normas de C.F.E. y C.L.F.C.

Con los voltajes se obtiene la relación de transformación:

$$a = \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_{FA}}{V_{FY}} = \frac{23kV}{345.91V} = 66.49; \text{ con esta relación se obtiene la corriente de fase del}$$

primario (la delta):

$$I_1 = \frac{1}{a} I_2; I_{FA} = \frac{1}{a} I_{FY} = \frac{1}{66.49} 377.35 = 5.675 \text{ A}; \text{ con estos valores se puede calcular la potencia aparente de una fase de la delta,}$$

$$S = VI^* = V_{FA} I_{FA}^* = (23,000)(5.675) = 130,525 \text{ kVA}$$

Como es trifásico el sistema multiplicamos a S por tres, para obtener la potencia trifásica del transformador.

$$S_{3\phi} = 3 \times S = 3 (130.525) = 391.575 \text{ kVA}$$

Para comprobar que el cálculo esta correcto, se obtiene la potencia de una fase de la estrella.

$$S = 3 I T^* = I_{\phi}^* I_{\phi} N = (345.91)(377.35) = 130.525 \text{ kVA}$$

Para las tres fases de la estrella queda:

$$S_{3\phi} = 3 \times S = 3 (130.525) = 391.575 \text{ kVA}$$

Por lo tanto, la capacidad del transformador es de 391.575 kVA, con este transformador la estación soportará la carga de los 8 vehículos eléctricos, además estamos considerando que los vehículos están totalmente descargados, lo cual en la realidad no es cierto, llegarán con diferentes estados de carga lo que disminuye la corriente que requiere cada uno de ellos.

CAPITULO 3

CARGADORES INDUCTIVOS

3.1 SISTEMA DE CARGA.

Este tipo de cargadores están siendo diseñados para ser utilizados en los vehículos fabricados por General Motors. Esto, debido a que todavía no existe una norma que indique como deben de ser los puertos para la recarga de los vehículos eléctricos. Aunque actualmente se está tratando de que este tipo de cargador sea el utilizado por todos los autos eléctricos que sean fabricados.

El sistema fue creado, pensando en un transformador con un embobinado primario removible. El embobinado primario está conectado a la unidad de carga por medio de un cable. A través de éste cable se alimenta la corriente al primario de éste transformador. El embobinado secundario y el núcleo del transformador se encuentran dentro del vehículo, el puerto de carga está instalado en la parte de adelante en donde se encuentra el cofre.. El primario del transformador toma la forma de un disco aislado con una agarradera la cual es llamada "paleta".

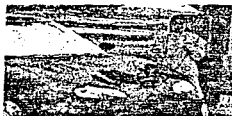


Ilustración 1.- Localización del puerto de carga

El sistema mostrado en la ilustración 2 es un cargador inductivo, el cual fué desarrollado por DELCO ELECTRONICS y POWER CONTROL SYSTEMS. Su funcionamiento de las partes se explica más adelante. La Ilustración 1 muestra el sistema que compone al puerto de carga y a la "paleta" del sistema de carga.



Ilustración 2.- Sistema de carga inductivo

3.2 PARTES DEL SISTEMA.

Este sistema trabaja eficientemente en un intervalo amplio de potencias, la forma del sistema no es solo por cuestión estética, también se debe a que posee muchas limitaciones establecidas por el consumidor. Algunas de éstas limitaciones son:

Que el puerto donde sería la recarga fuera universal, para ser utilizado por todos los fabricantes de carros eléctricos y cargadores, (actualmente General Motors es el que utiliza este tipo de puerto en sus autos eléctricos). Debe de soportar el ambiente en el que se encuentra el carro, así como: temperaturas extremas, vibraciones, golpes, líquidos que se presenten, lodo, etc.. Es decir la vida útil debe de ser cuando menos igual a la del vehículo.

El sistema de carga debe encontrarse en un lugar accesible a todo tipo de usuario, que pueden ser: desde jóvenes, hasta ancianos; inclusive personas con una discapacidad, no deben tener problemas para realizar la carga de su auto; debe contar con la seguridad necesaria para evitar todo riesgo de choque eléctrico.

Además cubrir las normas que determinan la temperatura a la que deben de estar ciertas superficies, como plástico, metal, etc.; que se encuentran al aire libre y lugares cerrados, para evitar quemaduras al usuario cuando use el equipo.

Además de estas limitaciones de carácter práctico, existen limitaciones de seguridad, debido a que la entrada del puerto es relativamente grande, existe la posibilidad de que objetos extraños entren a él. Por ejemplo un niño puede meter su mano o su brazo, a lo cual el niño no debe ser lastimado nunca por el sistema, piedras, juguetes, animales, etc.; todos estos objetos tampoco deben dañar al sistema y se deben de remover fácilmente. El sistema de carga, (manguera, "paleta"), no debe ser muy pesado permitiendo su fácil manejo. Además los sistemas portátiles deben de ser pequeños y de poco peso.

El cargador es conectado a los sistemas de distribución generalmente se fija en el lugar en que estará (aunque la existencia de cargadores portátiles es posible). El primario del transformador, junto con el cable; se inserta dentro del puerto que está dentro del vehículo. Dentro del puerto se encuentra el resto del transformador (núcleo y secundario), el rectificador y el filtro para convertir la señal de A.C. a D.C.. El estado de la batería se monitorean dentro del vehículo. Un canal de comunicación se encuentra en el cable de la "paleta" para controlar al cargador y no iniciar la carga hasta que se encuentre el puerto conectado adecuadamente. Cuenta con un sistema de candado para evitar que el cargador se active a menos que la "paleta" se encuentre dentro, otro objeto extraño no activará al sistema de carga.

3.2.1 PUERTO DE CARGA

La "paleta" mostrada en la Ilustración 3, es para sistemas de baja potencia, pero esta es removible y puede aceptar un rango muy grande de "paletas", diseñadas para diferentes niveles de potencia y frecuencias.

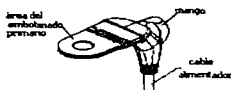


Ilustración 3.-"paleta". embobinado primario

El puerto está diseñado para no tener más partes móviles que la "paleta". De esta manera se incrementa la durabilidad y longevidad del sistema al reducir el desgaste. La "paleta" contiene el embobinado primario y un disco de ferrita en el núcleo. Uno de los principales problemas que presenta un embobinado removible, es el de mantener un adecuada inductancia, dado que se crean espacios de aire, denominados "huecos de aire" a ambos lados de la "paleta" (se crean entrehierros), los cuales se hacen más grandes debido a la necesidad de encapsular completamente el primario (esto por razones de seguridad). El disco se encuentra en el centro del embobinado primario para disminuir la reluctancia del aire. Esto es muy efectivo, pero tiene el inconveniente de aumentar la disipación de calor en la "paleta" debido a que al circular la corriente por los embobinados, por ley de Joule, generan calor. Al estar completamente aislado la "paleta" dificulta la disipación.

En el diseño de ésta "paleta", los creadores de ella, lograron minimizar los huecos, con esto lograrán reducir los campos que se pierden en el espacio, los cuales contribuyen a crear corrientes de Foucault en los embobinados. La localización de los huecos, en relación a los embobinados, es de consideración importante debido a que si se encuentra un campo magnético cerca de los huecos, se pueden inducir corrientes de Foucault, ocasionando pérdidas en los embobinados.

Las corrientes de Foucault o de remolino son corrientes inducidas, que se presentan en los núcleos o partes metálicas de algunas máquinas eléctricas. Las corrientes de remolino encuentran a su paso la resistencia eléctrica del material, que depende de la longitud de la trayectoria seguida por la corriente de la sección por la cual circula, y de la resistividad del material del núcleo. Como consecuencia de esto, en dicho núcleo o parte metálica existirá una disipación de energía en forma de calor, producida por el efecto de Joule, y esto constituye un efecto indeseable en diversos equipos eléctricos, no sólo por las pérdidas de energía, sino también por los daños que la elevación de temperatura, puede acarrear en el equipo.

Dentro del vehículo, más de la mitad del puerto lo ocupa el transformador, con los embobinados secundarios y arreglos de disipadores, el resto del puerto lo ocupa el rectificador y el filtro. El sistema de disipación, consiste en introducir aire por medio de dos ventiladores que se encuentran en la parte trasera de la unidad. En el caso de alta potencia, se puede utilizar agua que circule por tubos para enfriar al puerto, tal como se puede ver en la ilustración 4.

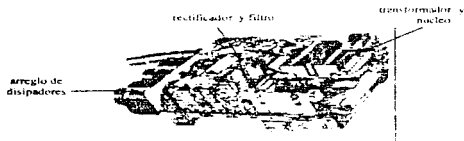


Ilustración 4.- Puerto de carga

3.3 CONSIDERACIONES DE POTENCIA.

En el diseño del transformador, se procura diseñarlo con una mínima pérdida de la potencia. Como se sabe, los transformadores tienen pérdidas, no son ideales, estas pérdidas son ocasionadas por: la resistencia óhmica de cada uno de los devanados y la reluctancia del hierro; reactividad por flujo de fuga o

dispersión; tanto en el primario como en el secundario, efectos de histéresis y corrientes parásitas en el núcleo. Estas pérdidas se debe procurar mantener entre un 0.3% y un 1.5%, debido a la variación de la potencia, que ocurre durante la carga y al reducido espacio en el que se diseña al transformador, la consideración de que las pérdidas en el cable, debido a su resistencia es muy pequeña (es decir se idealiza al transformador), no se puede aplicar.

Si se realizan los embobinados con cobre se reduce en gran medida estas pérdidas, dado que el cobre es un buen conductor de la electricidad. En un modo de carga, se debe buscar suministrar toda la potencia posible para cargar realmente la batería y mantener la pérdida de potencia, ocasionada por los embobinados lo más mínimo posible. El núcleo de un transformador es esencialmente independiente del nivel de potencia manejado, esto para un número dado de vueltas y voltaje de salida; ocasionando que no se tengan pérdidas en él.

Para poder manejar baja potencia en el cargador, se puede aumentar el número de vueltas en los embobinados, esto contradice el efecto de minimizar pérdidas de los embobinados en niveles altos de potencia. Sin embargo, en teoría, la corriente de magnetización es reactiva y por lo tanto sin pérdidas, en la práctica esta corriente aumenta la corriente en el embobinado primario, por consiguiente el calibre del cable, los componentes reactivos y los controles en el módulo que proporciona la corriente al puerto de carga. Todo esto aumenta las pérdidas que no son aceptables durante la operación de baja potencia. Debido a que si se trabaja en baja potencia, la mayoría de la potencia se quedaría en los elementos que contribuyen a las pérdidas y se tardaría más tiempo en cargar al banco de baterías del vehículo eléctrico.

A niveles altos de potencia la pérdida es relativamente baja, y es ocasionada solamente por las pérdidas en los embobinados, las citras se minimizan a niveles en los que no afecten el funcionamiento del sistema. La

corriente de carga es limitada por las pérdidas en los embobinados y los medios para disipar el calor. Debido a esto, los diseñadores de estos sistemas consideraron trabajar con una potencia de 6.6kW a 220V.

3.4 NUCLEO.

El núcleo se fabrico de ferrita MnZn. Los diseñadores del puerto consideraron otros materiales pero ninguno poseía las característica de bajas pérdidas de la ferrita, (baja reluctancia y alta permeabilidad), el núcleo es básicamente de la forma E-E, con una ventana central redonda. Comparado con un transformador de 120 kW, el núcleo de ferrita es pequeño, al compararlo con los núcleos de ferrita para transformadores comerciales para el uso común, el núcleo es mas largo de lo normal.

Cuando los diseñadores de éste sistema de carga intentaron fabricar el núcleo tuvieron problemas en su fabricación debido a su tamaño, idearon tres formas de solucionarlo:

- 1.- Construirlo de un solo bloque.
- 2.- Por medio de partes pequeñas que se unirían luego.
- 3.- Por medio de presionar piezas de ferrita en la forma deseada.

Los primeros núcleos de ferrita fueron hechos de bloques de ferrita. El problema que vieron, es que para fabricarlo de manera industrial no era muy productivo, debido a lo caro que sale su producción y a problemas que presenta la ferrita al someterse a éste tipo de trato. Ensamblarlo de pequeñas piezas de ferrita tiene varias ventajas, no se incurria en los gastos que implica la maquinaria, se desperdicia menos material, utiliza formas mas simples y permite utilizar diferentes materiales en diferentes partes del núcleo.

El problema es que se introducen mas huecos de aire, en este caso no es crítico la existencia de estos huecos. A pesar de estas ventajas sigue siendo muy caro realizar los núcleos de esta forma

El realizarlo por medio de presión es mas caro todavía ya que se desperdician muchas piezas, debido a que se rompen algunas, presentan fracturas y otros problemas. Por lo que, decidieron fabricarlos por el segundo método, que presenta mas ventajas y en comparacion de los otros dos es relativamente barato.

En los núcleos pequeños se asume que el flujo se distribuye de forma uniforme en cualquier parte de él. Aunque esto no es cierto, no existen graves problemas por considerar esto. En núcleos grandes la distribución del flujo se encuentra muy lejos de ser uniforme y tiene importantes consecuencias. La principal es el incremento de las pérdidas y la creación de áreas en las que es difícil enfriar al núcleo. Las causas de que no se tenga una distribución correcta se puede deber a efectos geometricos, o corrientes de Foucault. Los núcleos del cargador son relativamente grandes por lo que se tienen pequeños problemas con la distribución del flujo que no son muy graves, permitiendo un funcionamiento correcto del transformador.

3.5 EMOBINADOS.

Para los embobinados, los diseñadores de éste sistema de carga determinaron que la relación óptima es de 8:4 (relación de vueltas de 2), para una operación de alta potencia. Por supuesto que se pueden utilizar otras relaciones para acomodar diferentes voltajes de baterías y otras fuentes de energía. El diseño que hicieron maneja 220 Volts en el primario y con la relación antes mencionado maneja en el secundario un voltaje de 110 volts.

Como ya se dijo, el funcionamiento en un modo de alta potencia, implica sólo pérdidas en los embobinados y existe únicamente el problema de la disipación del calor, lo que implica un número reducido de vueltas en el primario, para tener un nivel de pérdidas bajo.

Desafortunadamente, el transformador también se debe utilizar para cargas a baja potencia (esto debido al comportamiento de la batería durante la carga). Por eso, los diseñadores del sistema escogieron ocho vueltas en el primario, para permitir la operación en un rango amplio de potencias, pero el costo de este compromiso es una pérdida mayor en los embobinados y la necesidad de una mayor estructura para enfriar al transformador.

El embobinado secundario, está dividido en dos mitades simétricas, una a cada lado del primario, como se ve en la Ilustración 5, adoptaron la simetría para minimizar pérdidas en el flujo y disminuir la distorsión del campo, ocasionada por los entrehierros (huecos de aire), lo que podría aumentar las pérdidas por corrientes de Foucault en los embobinados.



Ilustración 5.-Núcleo

La división también reduce el número de capas del laminado, tanto en el primario como en el secundario, lo que reduce de manera significativa las pérdidas ocasionadas por proximidad.

Como se ha mencionado los embobinados se calientan, por lo que es necesario disipar este calor, al principio pensaron en el uso de ventiladores, pero el problema es que el puerto tiene un disco aislado en el centro del primario y

además posee un embobinado de forma helicoidal, en el centro de los embobinados complica un poco la disipación.

Es importante el disipar la mayor cantidad de calor del sistema de carga, ya que este factor determina la capacidad de poder transmitir la energía necesaria para cargar al vehículo.

En el caso de un modo de baja energía solo se necesitan los ventiladores, cuando se trate de modo de alta potencia se necesita otro tipo de enfriamiento, se piensa en el uso del sistema de refrigeración del propio auto, en el caso del secundario, para el primario se puede usar aceite que se bombea por el cable, haciéndolo circular por la "paleta".

3.6 MODULO DE ALIMENTACION DE LA "PALETA"

La forma de la corriente en el embobinado puede tener un efecto importante en las pérdidas sobre todo si la señal cuenta con un alto contenido armónico, esto debido a que, la señal que alimenta a la "paleta" proviene de un sistema de inversores (convertidores de C.D. a C.A.). La función de un inversor es cambiar un voltaje de entrada en C.D. a un voltaje de salida de C.A., con la magnitud y frecuencia deseadas, en este caso 220 volts a una frecuencia de 400 Hz. Los inversores utilizan por lo general, señales de control PWM (Pulse Width Modulation), para producir un voltaje de salida de C.A.

No se puede analizar el funcionamiento del sistema de carga inductivo, (mostrado en la Ilustración 2), debido a que no se tuvo acceso a las especificaciones del sistema, esto debido a que el sistema está en trámite de patente, por lo que, sólo se limitará a explicar el funcionamiento de los inversores para de ésta forma tener una idea de como trabaja el sistema de carga. Mediante la Ilustración 6 se puede explicar el principio de funcionamiento de los inversores monofásicos.



Ilustración 6.- Circuito Inversor monofásico

El circuito inversor está formado por dos pulsadores. Cuando sólo el transistor Q1 está activo durante el tiempo $T_o/2$, el voltaje instantáneo a través de la carga V_o es $V_s/2$. Si sólo el transistor Q2 está activo durante un tiempo $T_o/2$, aparece el voltaje $-V_s/2$ a través de la carga. El circuito lógico debe diseñarse de tal forma que Q1 y Q2 no estén activos simultáneamente. La Ilustración 7 muestra las formas de onda para los voltajes de salida y las corrientes de los transistores en el caso de una carga resistiva.

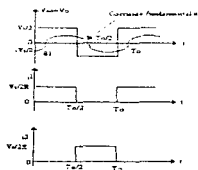


Ilustración 7 - Formas de onda con carga resistiva

Este inversor se conoce como inversor de medio puente. El voltaje rms de salida se puede encontrar a partir de:

$$V_o = \sqrt{\left(\frac{2}{T_o} \int_0^{T_o/2} \left(\frac{V_s}{2}\right)^2 dt\right)} = \frac{V_s}{2}$$

Para una carga inductiva, que es el caso del cargador, la corriente de carga no puede cambiar inmediatamente con el voltaje de salida. Si Q1 es desactivado en $t = T_o/2$, la corriente de la carga seguirá fluyendo a través de D2.

la carga y la mitad inferior de la fuente de C.D., hasta que la corriente llegue a cero. En forma similar, cuando Q2 se desactiva en $t=T_0$, la corriente de la carga fluye a través de D1, la carga y la mitad superior de la fuente de C.D.. Cuando el diodo D1 o D2 conducen, la energía es retroalimentada a la fuente de C.D. por lo que estos se conocen como diodos de retroalimentación.

La ilustración 8 muestra la corriente y los intervalos de conducción de los dispositivos para una carga puramente inductiva.

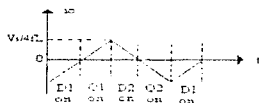


Ilustración 8.- Corriente de la carga con una carga puramente inductiva

El sistema de control para los inversores se realiza por lo general por el control de modulación de ancho de pulso (PWM), siendo la más usada la técnica de modulación sinusoidal del ancho de pulso. El funcionamiento de la modulación de un solo ancho de pulso es el siguiente:

Las señales de excitación de los transistores se generan comparando una señal rectangular de referencia de amplitud A_r , con una onda portadora triangular de amplitud A_c . La frecuencia de la señal de referencia determina la frecuencia fundamental del voltaje de salida. Si se varía A_r desde 0 hasta A_c , el ancho del pulso δ , puede modificarse desde 0° hasta 180° . La Ilustración 9 muestra la generación de las señales de excitación.

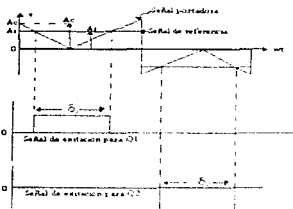


Ilustración 9.- Modulación de un solo ancho de pulso

Este es el funcionamiento de la modulación de ancho de pulso, para aplicaciones industriales se maneja la modulación senoidal de ancho de pulso (SPWM). En vez de mantener igual el ancho de todos los pulsos, el ancho varía en proporción con la amplitud de una onda senoidal evaluada en el centro del mismo pulso, el factor de distorsión y las armónicas de menor orden se reducen en forma significativa. Las señales de control de los transistores, se generan al comparar una señal senoidal de referencia con una onda portadora triangular de frecuencia f_c . La frecuencia de la señal de referencia, f_r , determina la frecuencia de salida del inversor, f_o . Como nota final, todos los inversores llevan una etapa de filtrado a la salida, antes de alimentar la carga, con el fin de reducir lo más posible las armónicas generadas por el sistema.

Este es el principio de operación de los inversores y como son controlados. El sistema de carga desarrollado por DELCO ELECTRONICS, utiliza este sistema para alimentar la paleta, claro que no usa el inversor de medio puente utiliza un inversor más completo (llamado inverso de puente completo), que le permite obtener una señal muy parecida a una señal sinusoidal.

3.7 COSTOS DEL SISTEMA

El fabricante de este sistema creó aparte del sistema estacionario, que proporciona 6.6 kW para la carga de los autos eléctricos, en el cual el sistema de cobro sería similar al sistema de cobro de los teléfonos, mediante tarjetas. Además creó cargadores portátiles como los mostrados en la ilustración 10. Para uso doméstico, y para llevarlo en el vehículo, el cual funciona mediante una batería.



Ilustración 10 • Cargadores portátiles, fabricados por DELECTRONICS

El funcionamiento de estos es idéntico al de la estación descrita anteriormente, solo que manejan una potencia menor (1.2 kW cargador pequeño), sus partes se pueden ver en el siguiente diagrama a bloques.



Ilustración 11 • Diagrama a bloques del sistema de carga

Estos cargadores están pensados para que los adquirirán los consorcios de centros comerciales, cines, teatros, parques, etc.. Debido a su tamaño y costo. Para el usuario común, es decir, el usuario del vehículo que llega a su casa, se

pensó en el cargador portátil que se conecta al toma corriente de la casa y permite cargar al vehículo eléctrico con una carga lenta de aproximadamente 8 horas.

El costo es similar al de la estación del capítulo uno dado que se seguirá manejando la misma tarifa de uso habitación con la que cobra C.L.F.C.

Estos cargadores en los Estados Unidos tendrán un costo aproximado de \$1995 USD (primer cargador de la izquierda), pero planean ofrecerlos mediante pagos a plazos. Los cargadores inductivos no se incluyen en la compra del vehículo, así como tampoco se incluyen los gastos de instalación de la unidad de carga.

Este es el mayor gasto que realizaría el comprador de este sistema de carga, dado que se alimenta de los sistemas de distribución su consumo es muy similar al de la estación convencional del capítulo dos.

Aunque el gasto para el dueño de un sistema de carga de éste tipo, es un poco mayor. Sigue siendo todavía más barato que el vehículo de combustión interna.

CAPITULO 4

CARGADOR A BASE DE SUPERCONDUCTORES

En los capítulos anteriores se han mencionado a sistemas que para realizar la recarga de las baterías utilizan la energía que puede proporcionarles el sistema de distribución de las ciudades.

En este capítulo se pretende presentar una opción diferente de las estaciones de servicio de los vehículos eléctricos, en lo que se refiere a la obtención de la energía para la carga, en este caso se propone utilizar los superconductores. Esto se piensa lograr haciendo uso del intenso campo magnético que presentan estos materiales. Además, permiten utilizar densidades de corriente muy altas, permitiendo el flujo de una corriente mayor.

4.1 CORRIENTE Y RESISTENCIA

La existencia de un campo eléctrico en el interior de un conductor provoca el movimiento de los portadores de carga libres de éste. En general dichos portadores se pueden mover bajo la acción de un campo eléctrico no uniforme, en un espacio tridimensional, y la fuerza eléctrica que actúa sobre cada portador se puede obtener de la relación:

$$\vec{F}_e = q\vec{E} \dots \dots \dots (1)$$

donde q es la carga de cada portador y \vec{E} es el campo eléctrico que actúa sobre él. Al observar la ecuación (1), se espera que tal fuerza produzca una aceleración a la partícula, sin embargo, esto solo ocurre cuando la partícula se desplaza en el vacío. En las sustancias conductoras, los portadores se ven influenciados por

efectos térmicos asociados con la energía interna de ellas, por fuerzas eléctricas debidas a las partículas vecinas cargadas y por la fuerza que les produce el campo eléctrico aplicado, éste último, es en la mayoría el menos significativo.

Aunque en realidad el movimiento de las partículas no es uniforme ya que chocan constantemente con la estructura de la sustancia debido a la agitación térmica, es posible considerar que el campo eléctrico aplicado, las desplaza a una velocidad constante, ésta es un promedio de la velocidad con la cual se mueven las partículas cargadas en la línea de acción del campo eléctrico aplicado y para sustancias homogéneas, es directamente proporcional a dicho campo.

$$\vec{V}_P \propto \vec{E} \dots \dots \dots (2)$$

La relación anterior se puede expresar como una igualdad, introduciendo la constante de proporcionalidad requerida, quedando:

$$\vec{V}_P = \mu \vec{E} \dots \dots \dots (3)$$

donde μ se conoce como movilidad de los portadores de carga libres y para cada sustancia toma un valor característico.

La cantidad de carga neta que cruza esa superficie por unidad de tiempo, esta definida por la siguiente expresión:

$$\Phi_v = \iint \rho_L \vec{V}_P \cdot d\vec{A} \dots \dots \dots (4)$$

donde ρ_L es la densidad de portadores de cargas libres por unidad de volumen y se obtiene conociendo el número de portadores, por unidad de volumen en el material (n) y a la carga de cada uno de ellos (q).

A la expresión $\rho_L \vec{V}_P$ se le conoce como densidad de corriente y se representa con la letra J

$$\vec{J} = \rho_L \vec{V}_P = nq \vec{V}_P \dots \dots \dots (5)$$

sus unidades son: A/m^2 .

La dirección de este vector densidad de corriente, es la misma que la del vector velocidad promedio, cuando los portadores son positivos y contraria cuando son negativos.

Cuando se evalúa el flujo del campo vectorial \vec{J} a través de una superficie cualquiera A , se obtiene la carga neta que cruza en la unidad de tiempo la superficie escogida

$$\Phi_J = \iint_A \vec{J} \cdot d\vec{A} \dots \dots \dots (6)$$

Si esta cantidad de carga varía en cada instante, se cumple:

$$\Phi_J = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt} \dots \dots \dots (7)$$

donde Δq es la carga que cruza la superficie en el intervalo Δt .

La magnitud escalar de Φ_J se conoce como corriente eléctrica y se representa con la letra i , sus unidades son los amperes (A)

4.2 LEY DE OHM

Si se sustituye la ecuación (5) en la ecuación (3) se tiene que:

$$\vec{J} = nq\mu \vec{E} \dots \dots \dots (8)$$

la cantidad $nq\mu$ es una constante llamada conductividad, se representa por la letra griega σ , es una medida de la facilidad que poseen ciertos elementos para permitir el paso de la corriente, entre más grande sea mejor conductor será el material. Sus unidades son los Siemens (S).

Sustituyendo en la ecuación (8) se tiene que:

$$\vec{J} = \sigma \vec{E} \dots \dots \dots (9)$$

Esta ecuación es conocida como la expresión vectorial de la ley de Ohm, en honor al físico alemán Georg Simon Ohm. Algunas veces se usa el recíproco de la conductividad σ , al que se le conoce como resistividad:

$$\rho = \frac{1}{\sigma} \dots \dots \dots \left[\frac{l \cdot m}{A} \right] \dots \dots \dots (10)$$

De esta forma se puede escribir la ley de Ohm de la forma familiar:

$$\vec{E} = \rho \vec{j} \dots \dots \dots (11)$$

Una aplicación muy frecuente de esta ley es la siguiente:

Cuando se conectan las terminales de un alambre conductor a una diferencia de potencial, se produce en el interior de éste, un campo eléctrico, y la existencia del campo provoca a su vez, una corriente eléctrica a través de cualquier sección transversal del alambre.

Ya que el área de la sección transversal del alambre es constante y el conductor es homogéneo, la ecuación (5) se reduce a:

$$i = JA \dots \dots \dots (12)$$

y se sabe que $E = \frac{V_{ab}}{L}$.

Al combinar éstas ecuaciones con la ecuación (11) se tiene:

$$\begin{aligned} \frac{V_{ab}}{L} &= \rho \frac{i}{A} \quad \text{o también.} \\ V_{ab} &= \rho \frac{L}{A} i \dots \dots \dots (13) \end{aligned}$$

al factor $\frac{\rho L}{A}$ se le conoce como resistencia eléctrica y se representa con la letra **R**, su unidad es el OHM (Ω).

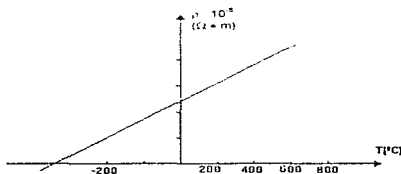
4.3 EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA RESISTIVIDAD

Hasta el momento se sabe que la resistividad se obtiene por medio de la ecuación:

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{nq\mu} \dots \dots \dots (14)$$

Principalmente en los metales, el efecto de la temperatura se refleja fundamentalmente como un decremento en la movilidad μ de los electrones. La energía en forma de calor que recibe el metal se traduce, desde el punto de vista macroscópica, en un incremento de temperatura y, desde el punto de vista microscópico, en un incremento de la energía cinética de las partículas que lo constituyen.

El movimiento de los electrones libres en la estructura cristalina del metal es completamente aleatorio, ya que chocan constantemente con la estructura del metal. Al aumentar la temperatura, aumenta también la posibilidad de que los electrones choquen con la estructura y se reduzca así la movilidad, dando un incremento en la resistividad del material.



Gráfica 1 -Comportamiento de la resistividad al variar la temperatura

La gráfica 1 muestra el comportamiento de la resistividad al disminuir o aumentar la temperatura, como se observa en la gráfica hay un momento en que

la resistividad es cero. esto ocurre cerca del cero absoluto (0°K , -273°C), es en éste punto, cuando se presenta la superconductividad.

Al disminuir la resistividad la conductividad de estos materiales que han alcanzado el estado de superconductores, tiende a infinito ($\sigma \rightarrow \infty$, $\rho \rightarrow 0$). Lo que implica que el vector densidad de corriente aumenta, esto se deduce observando la ecuación (9). Asimismo hay un incremento en la corriente muy grande dado que la llamada resistencia eléctrica ($R \rightarrow 0$) tiende a cero.

4.4 BREVE HISTORIA DE LOS SUPERCONDUCTORES.

La superconductividad es la propiedad que presentan ciertos materiales sólidos de perder súbitamente toda resistencia al paso de la corriente eléctrica, al bajar de un mínimo térmico denominado temperatura crítica. El descubrimiento de la superconductividad se debió al holandés Heike Kamerling Onnes, en 1911, trabajando con muestras criogénicas de mercurio metálico a una temperatura muy próxima al cero absoluto (0°K ó -273.13°C); detectó en ellos una repentina desaparición de la resistencia al paso de la corriente eléctrica.

Aunque el fenómeno de la superconductividad se conoce desde hace 85 años, no es sino hasta los últimos 10 años que se ha visto su potencial en los sistemas de potencia. En 1986 dos físicos de la IBM en suiza, trabajando con pequeñas muestras de una tierra rara que contenía pequeñas partículas de cerámica y óxido de cobre, reportaron signos de superconductividad a una temperatura de 35°K (-238.13°C). A partir de ese momento, la investigación en superconductores a altas temperaturas avanzó despacio, después de un año se ha logrado tener una temperatura de 91°K (-182.13°C), en un elemento también de partículas de cerámica con óxido de cobre, bario e itrio.

Con este material y la nueva temperatura alcanzada, la utilización práctica de la superconductividad es casi una realidad, dado que sistemas hechos con estos materiales, pueden operar con refrigeración barata, utilizando para su refrigeración nitrógeno líquido que hierve a 77° K (-196.13° C) y es mas barato.

Una de las principales características de los materiales superconductores, es la denominada levitación magnética (efecto Meissner), por la cual, en presencia de un campo magnético, los superconductores se convierten en sustancias diamagnéticas, expulsando de modo virulento los efectos del campo en su interior.

Actualmente el nuevo material itrio, bario, óxido de cobre (YBCO por sus siglas en ingles), es el que se está promoviendo actualmente y al cual se le están realizando el mayor número de pruebas, puede manejar, una alta densidad de corriente aproximadamente de 100,000 A/cm², se manufactura en forma de cinta y posee un alto campo magnético de hasta 8 Teslas.

4.5 CAMPO MAGNETICO

El físico francés Andre Marie Ampere realizo una serie de experimentos en los cuales se muestra que existen fuerzas entre conductores, por los que circulan corrientes eléctricas. Sabemos que la fuerza magnética que experimenta una carga eléctrica que se mueve con una velocidad \vec{v} , a través de un campo magnético \vec{B} esta dada por la expresión:

$$\vec{F}_m = q\vec{v} \times \vec{B} \dots \dots \dots (15)$$

Considerando un tubo de rayos catódicos, como el mostrado en la figura 1, cuyo haz es colocado paralelamente a un conductor por el que circula corriente eléctrica, nótese que el haz, aún al desviarse, se encuentra siempre formando un plano con el conductor.

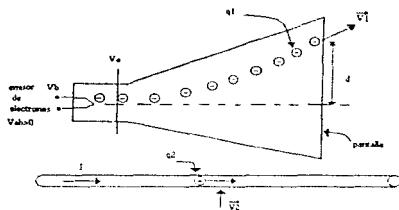


Figura 1

Debido a que el haz de electrones es una corriente eléctrica de dirección contraria a la del conductor, se explica, con base en las observaciones de Ampere, la repulsión observada sobre los electrones; además, por efecto de esta repulsión, describen una trayectoria curva, originándose una desviación de una distancia d , observable en la pantalla del tubo.

Esta distancia d , depende directamente de la corriente I y del ángulo que forman el haz electrónico y el conductor, e inversamente de la separación entre estos. Para analizar este fenómeno, consideraremos dos cargas representativas, pertenecientes una, al haz, y otra, a la corriente en el conductor, denominaremos q_1 a la carga del haz y \vec{V}_1 a su velocidad, q_2 a la carga perteneciente a la corriente I y \vec{V}_2 a su velocidad. Además, sea \vec{E}_{12} el campo eléctrico en la posición de la carga q_1 producido por q_2 , y \vec{F}_{12} la fuerza no electrostática producida sobre q_1 debida a q_2 . En la figura 2 se muestran las direcciones de las magnitudes antes citadas.

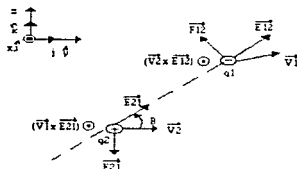


Figura 2

Las observaciones realizadas se pueden resumir en la siguiente ecuación:

$$|\vec{F}_{12}| \propto |E_{12}| |q_2| \sin \beta q_1 |q_1| \sin \alpha \dots \dots \dots (16)$$

introduciendo una constante de proporcionalidad, la cual, es el inverso del cuadrado de la velocidad de la luz, quedando la expresión en forma vectorial:

$$\vec{F}_{12} = q_1 q_2 \times \frac{1}{c^2} (\vec{v}_2 \times \vec{E}_{12}) \dots \dots \dots (17)$$

De la figura 2, se observa que las fuerzas \vec{F}_{12} y \vec{F}_{21} no se encuentran alojadas en la misma línea de acción y por lo tanto, en general, no obedecen la tercera ley de Newton.

Además, el término $\frac{1}{c^2} \vec{v}_2 \times \vec{E}_{12}$ depende del valor de la carga q_2 y de su velocidad; nótese que si $\vec{V}_2 = 0$ (es decir q_2 está estática), la carga q_1 no experimentaría la interacción magnética.

Comparando la expresión (15) con la (17), se puede definir al campo magnético:

$$\vec{B}_{12} = \frac{1}{c^2} \vec{v}_2 \times \vec{E}_{12} \dots \dots \dots (18)$$

Como al desplazarse q_2 también se desplaza el campo eléctrico que esta carga produce, es válido afirmar que un campo eléctrico que se desplaza (o que varía en el tiempo) produce un campo magnético.

4.6 CAMPO MAGNETICO EN UN CONDUCTOR

Si se considera el conductor mostrado en la figura 3:



Figura 3

Donde:

\vec{dl} es un vector tangente al conductor en cada punto y de igual sentido que la corriente i .

\vec{V} es un vector que indica la velocidad con que se desplazan los portadores de carga positivos, dentro del conductor.

\vec{r} es un vector dirigido desde cada elemento (dl) del conductor hacia el punto (P), en el que se desea conocer el campo magnético

\hat{r} es un vector unitario en la dirección de \vec{r}

De la definición de campo magnético dada en la expresión (18), se puede obtener su expresión diferencial:

$$d\vec{B} = \frac{1}{c^2} \vec{V} \times d\vec{E} \dots \dots \dots (19)$$

Ahora, la expresión de la velocidad \vec{V} , se puede escribir como:

$$\vec{V} = \frac{d\vec{l}}{dt} \dots \dots \dots (20)$$

y el campo eléctrico \vec{dE} producido por una dq que se mueve a velocidad \vec{V} dentro del conductor, será:

$$\vec{dE} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r^2} \hat{r} \dots\dots\dots(21)$$

Sustituyendo las ultimas dos ecuaciones en la expresión (19) se tiene::

$$\vec{dB} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r^2} \frac{d\vec{q} \times \vec{r}}{r} \dots\dots\dots(22)$$

pero,

$$\frac{1}{\epsilon_0 C^2} = \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$$

y de la expresión (22), se observa que $\frac{dq}{dt}$ es la expresión de la corriente I , por lo que se puede escribir la expresión (22) como:

$$\vec{dB} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2} \dots\dots\dots(23)$$

Al revisar esta ecuación es posible comprender por que los superconductores presentan campos magnéticos muy intensos, dado que en un material superconductor la resistencia tiende a cero, se presenta una corriente alta, la cual ocasiona de acuerdo a la ecuación anterior un campo magnético muy intenso.

4.7 PROPUESTA DE CARGADOR

Como se ha mencionado los superconductores poseen un intenso campo magnético, este campo se pretende usar para cargar al vehículo eléctrico, esto se piensa que se puede lograr de dos formas:

- Generando la corriente senoidal que alimentaría la "paleta" del cargador inductivo, del capítulo tres.

- Por medio de una "paleta" especial que contendría al superconductor en ella, y utilizar los campos magnéticos generados.

4.7.1 GENERACION DE LA ENERGIA PARA LA CARGA

La primera idea consiste en sustituir al sistema de alimentación de la "paleta" por un generador fabricado con materiales superconductores. Como se sabe el funcionamiento de ellos depende de los campos magnéticos que se puedan generar para su funcionamiento.

Estos campos se pueden generar por medio de los cables hechos con superconductor. El principal problema que se tiene actualmente, es que no se ha logrado fabricar cables en forma de cable convencional con los materiales superconductores para realizar los embobinados, por el momento sólo se han logrado tener cables planos.

Actualmente se están desarrollando investigaciones para poder lograr generadores fabricados con superconductores. Por el año de 1986, EPRI junto con vendedores de equipo, y comisiones federales de energía; están aunando esfuerzos para lograr el desarrollo de generadores con superconductores, los diseños comerciales que se están pensando son unidades de 300 MVA, esta investigación está a cargo de Westinghouse, el Instituto Tecnológico de Massachusetts y la autoridad del valle de Tennessee.

Por otro lado General Electric desarrolló y probó con éxito un prototipo de 20 MVA (construido con cinco devanados de alambre de NbTi), enfriado con helio líquido, nunca fue comercializado debido a que no era un producto competitivo por los costos.

Actualmente el desarrollo de los superconductores de altas temperaturas, y su manejo de altos niveles de corriente pueden cambiar la perspectiva tecnoeconómica. General Electric ha trabajado en lograr bajo la SPI, desarrollar cable de material superconductor de altas temperaturas para usar en el rotor de un generador. General Electric adquirió casi 2 kilómetros de cable plano tipo BSCCO de Intermagnetics General. General Electric laminó esta cinta con cobre para obtener mayor fuerza y la envolvió con un aislante de papel.

Los investigadores colocaron la cinta en capas creando un embobinado sobre una guía en forma de rollo diseñada para obtener cerca de 35 000 amp - vueltas de fuerza magnetomotriz y capaz de operar en un generador de 1.5 MVA. General Electric colocó el embobinado primero a la temperatura del nitrógeno líquido, en la cual el cable soportaba de 5 a 10 amperes. Pero colocando el embobinado en el vacío y enfriándolo con helio gasificado a una temperatura de 20 °K (-253.13 °C) el rollo soportaba alrededor de 34 amperes en un estado estable, actualmente se está probando el embobinado para colocarlo en un rotor con armadura y estator, para verificar la operación del sistema a 3600 r.p.m., todo este sistema forma parte de un prototipo de un generador de capacidad de 1.5 MVA.

Como se observa, la idea de tener un sistema de carga, en donde se dependa en lo mínimo de los sistemas de distribución de energía de las ciudades, no esta muy lejos de la realidad, resulta barato teniendo un sistema limpio de obtención de energía en donde sólo se necesita tener un control de temperatura del refrigerante que nos permite obtener, la energía para la recarga.

De esta manera, se puede tener un generador realizado por medio de superconductor el cual generará la corriente necesaria para alimentar a la "paleta" del sistema de carga del capítulo tres.

4.7.2 USO DEL CAMPO MAGNETICO.

La segunda idea que se piensa que podría utilizar un cargador a base de superconductor, es utilizando una "paleta" especial similar a la del sistema de carga inductivo, esta "paleta", no utilizaría la energía que le suministran los sistemas de distribución, se tiene pensado que se puede realizar de la siguiente manera: los embobinados de la "paleta", se realizarían de material superconductor, el cual, se le excitaría para generar y aprovechar los intensos campos magnéticos que pueden generar al convertirse en materiales diamagnéticos, en presencia de campos magnéticos e inducir una corriente para cargar a la batería.

Este fenómeno ocurre por lo siguiente: si un conductor es acercado a un cable, la ley de Faraday nos dice que se genera una corriente de la misma magnitud, de sentido contrario, así como su respectivo campo que se opone al campo que lo produjo. En un conductor perfecto, la corriente generada no se disiparía dado que no existe una resistencia dentro de él, que lo permita y por lo tanto el campo magnético generado se seguiría oponiendo al campo que lo generó.

Similarmente, si el conductor perfecto estuviera contenido en un campo magnético y se le retirara de dicho campo, la misma ley de Faraday nos indica que aparecería una corriente eléctrica, y su campo magnético asociado, el cual trataría de oponerse al campo que se retiró.

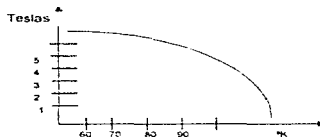
En un superconductor la ley de Faraday no explica por sí sola el fenómeno de la repulsión magnética en un superconductor:

A una temperatura inferior a la que un material se vuelve superconductor, el cable de dicho material, no permite ningún campo magnético entrar libremente, esto debido a que se inducen dipolos magnéticos microscópicos en el material

que se oponen al campo aplicado. Este campo inducido, repele a la fuente del campo que se aplica, el campo que se produce, es de tal magnitud que permite levitar al objeto que lo produce, esto depende del campo generado por el superconductor, el cual depende a su vez, de la temperatura a la que se encuentre, entre menor sea ésta mayor es el campo magnético generado.

4.8 DESCRIPCION DEL SISTEMA.

La idea básica de lograr el cargador, consiste en, por medio de un campo externo excitar al cable de material superconductor, para lograr obtener el gran campo magnético asociado a él. El campo magnético que excitaría, no necesita ser muy grande, ya que como se comentó y se ilustra en la gráfica 2, el campo que genera el material superconductor depende de la temperatura a la que se encuentre



Gráfica 2 - Comportamiento del campo magnético en función de la temperatura

El sistema respetará las características del puerto de carga del auto eléctrico, recuérdese que el sistema de carga inductivo del capítulo tres, funciona como un transformador con una relación de 8 : 4, es decir, tenemos una relación de transformación, debemos cuidar que el sistema de carga no vaya a destruir al sistema del puerto, las mangueras del sistema de carga inductivo, conducirán ahora, el refrigerante que se requiere para obtener el fenómeno de la superconductividad, que puede ser nitrógeno líquido que es relativamente barato, este refrigerante estará circulando por el sistema, el cual tendrá su respectivo aislante térmico.

El material con el que se elaboraría la "paleta", debe de soportar la temperatura a la que se someterá al circular el refrigerante por ella, al circular el refrigerante por la "paleta", permite enfriar al puerto de carga, esto permite que no se acumule más calor en el puerto (recuérdese que en el sistema de carga del capítulo tres las mayores pérdidas eran debidas al efecto Joule en el puerto de carga), al reducir el refrigerante el calor en el puerto carga se reducen las pérdidas ocasionadas por éste efecto y se mejora la eficiencia del sistema.

Una vez que se obtiene la superconductividad, se necesita que el campo magnético que genera, sea variable, se piensa que se puede lograr mediante una pequeña bobina de pocas vueltas en la cual, al circular una corriente variable en el tiempo, genera un campo magnético variable en el tiempo. Esto se logra por medio de una señal aplicada a la bobina, es preferible que la señal aplicada sea del tipo senoidal, ya que de ésta forma tenemos una señal que posea poco contenido armónico, esta señal puede obtenerse por medio de un oscilador sinusoidal, que proporcione la suficiente energía para generar un campo magnético capaz de hacer que el superconductor genere el suyo, esto generará un campo magnético variable en el tiempo, lo cual obliga al campo generado en el superconductor a ser un campo variable en el tiempo, éste campo generado es por lo regular mayor a un Tesla.

Al generar un flujo variable en el tiempo en el material superconductor y que resulta ser el embobinado en la "paleta", que permite la carga del auto eléctrico, lo que obtenemos, es un circuito magnético muy sencillo, que resulta ser en esencia un embobinado plano, bajo la influencia de un campo magnético variable en el tiempo, es decir, tenemos un generador de A.C. muy sencillo, donde \vec{B} es el campo magnético variable generado por el superconductor.

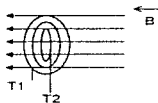


Ilustración 1 - Esquema simplificado del generador

4.9 VOLTAJE GENERADO.

En las terminales T1 y T2 tenemos una señal senoidal cuyo valor se puede determinar de la siguiente manera.

Utilizando la ley de Faraday, y la ecuación del generador se tiene lo siguiente

$$V_{T1T2} = -NBA\omega \sin \theta$$

Donde:

N .- es el número de vueltas en el puerto de carga, en este caso se supone que es de 4 vueltas

B .- es el campo magnético variable, que es generado por el superconductor.

A .- es el área del embobinado que se presenta al campo magnético, y que corresponde al puerto de carga, en este caso es de aproximadamente de 0.055m^2

ω .- velocidad angular, en este caso el que gira no es el embobinado sino el campo magnético, y se puede escribir como: $2\pi f$.

f .- es la frecuencia que posee el campo magnético y que es la frecuencia de la señal que esta excitando al superconductor.

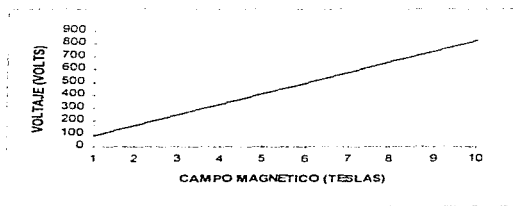
θ .- ángulo que forma el embobinado con el campo

En éste caso no interesa el sentido del voltaje generado, dado que dentro del puerto se rectificará.

La gráfica y tabla siguiente muestra como se comporta el voltaje generado en el secundario para diferentes valores de campo magnético.

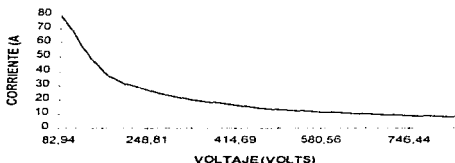
FLUJO MAGNETICO TESLAS	VOLTAJE VOLTS	FLUJO MAGNETICO TESLAS	VOLTAJE VOLTS
1	82.94	6	497.63
2	165.88	7	580.56
3	248.81	8	663.50
4	331.75	9	746.44
5	414.69	10	829.38

Tabla 1 - Voltaje en función del campo magnético



Gráfica 3 - Voltaje en función del campo magnético

Obsérvese como un pequeño número de vueltas genera voltajes muy grandes, lo que permite imaginar las ventajas de los materiales superconductores, en sistemas de generación y potencia.



Gráfica 4 - Voltaje contra corriente

Como el sistema original esta creado en base a la idea de un transformador, en donde la corriente máxima del primario son aproximadamente 30 A, y con la relación de 8 : 4, implica una corriente aproximada de 60 A en el secundario, para lograr una carga completa del vehículo en un tiempo aproximado de dos horas, el voltaje al que fue diseñado el secundario del vehiculo es de 110 Volts, en la gráfica 4, obtenida de la corriente, se observa que con el material superconductor y las especificaciones dadas en su cálculo, 4 vueltas, 60 Hz y un campo de valor de 4 Teslas, se tiene un voltaje de 331.75 Volts, el cual es mayor para el que se diseño el puerto del carro, y por lo general el material superconductor que se mencionó con el cual se fabricaría la "paleta", tiene un campo magnético de aproximadamente de 3 Teslas. De donde se tiene un voltaje, para las mismas especificaciones, de 663.50 Volts y una corriente de 9.94 A, esta corriente es mucho menor que la que tenía el diseño original, lo que ocasionaría un incremento en el tiempo de carga del vehículo.

Como no se desea esta situación, sino que el sistema se cargue rápidamente, tenemos que modificar el voltaje generado, esto se logra solamente modificando la frecuencia del campo magnético generado por el superconductor, dado que todos los demás parámetros están fijos por los fabricantes del puerto de carga del vehículo.

De la gráfica de la corriente contra voltaje se observa que el valor para tener 60 A, corresponde a un valor de voltaje de 110 volts, el cual es el especificado por el fabricante del puerto, de la ecuación del generador podemos despejar el valor de la velocidad angular y por consiguiente la frecuencia de la señal que se necesita para excitar al superconductor.

$V_{T1T2} = N B A \omega$, despejando ω se tiene que

$$\omega = V_{T1T2} / N B A = 110 / 4 * 8 * .055 = 62.5 \text{ seg.}^{-1}$$

$$\omega = 2\pi f \text{ por lo que } f = \omega / 2\pi$$

De donde la frecuencia es de $\omega / 2\pi = 62.5 / 2\pi = 9.94 \text{ Hz}$

Con este valor de frecuencia es posible tener la corriente necesaria para cargar completamente al vehiculo en dos horas, esto obliga a que la señal que excita al superconductor sea generada mediante el uso de un oscilador sinusoidal, junto con una etapa de potencia para permitir el manejo adecuado de la corriente, que excitará al superconductor.

Como se ve el sistema es muy similar al inductivo, de hecho sigue operando bajo el mismo principio, solo que en este caso no tenemos un primario estrictamente, sino un generador de flujo magnético, el cual, excita a un embobinado que se encuentra dentro del vehiculo.

4.10 COSTOS DEL SISTEMA

El sistema como se observa el sistema consumirá energía de los sistemas de distribución, la necesaria para el sistema refrigerante del superconductor y para mantenerlo en la temperatura adecuada para aprovechar sus propiedades, así como la energía necesaria para los sistemas de control y los que excitarán al superconductor

Los gastos que son más grandes son los que implica el sistema de refrigeración, aunque se puede usar nitrógeno líquido para enfriarlo, y este gas es barato.

Un sistema de este tipo permitirá cargar varios vehículos a la vez, ya que presenta la ventaja de que se pueden tener varias "paletas" que permitan cargar los vehículos, dado que cada "paleta", está formada por material superconductor con su respectivo sistema de refrigeración, cada una es independiente de la otra. Lo que implica, que cada "paleta" genera su propio campo magnético, que es independiente de otra, sin tomar energía de alguna para generarlo.

Esto permitirá abaratar los costos de la carga justificando la inversión inicial. Por supuesto que un sistema de este tipo no es para uso domestico, debido a la infraestructura que requiere en la refrigeración, pero con el avance de los materiales superconductores será posible en un futuro, tener cargadores portátiles que utilicen un refrigerante más barato.

Los gastos que implicarán, serán ocasionados por el mantenimiento del sistema de refrigeración, así como de la energía requerida en el sistema de excitación para el superconductor.

CAPITULO 5

ALTERNATIVAS DE ENERGIA

Actualmente es de preocupación mundial la contaminación ambiental, que los recursos naturales del mundo se acaben y nuestras fuentes de energía junto con ellos. Es por eso que se buscan alternativas energéticas, dado que en el futuro se planea que los autos que estén circulando sean eléctricos, con el fin de reducir de forma importante la contaminación pero esto acarrea el problema de un consumo mayor de recursos naturales para obtener la energía que cargará sus baterías.

Los fabricantes de los autos eléctricos están buscando formas de mejorar el rendimiento de las baterías, mediante técnicas y nuevas fuentes de energía para cargarlas. Así como innovaciones tecnológicas para los sistemas de arranque y frenado, con el fin de disminuir el consumo excesivo en el primero, y aprovechar la energía generada en el segundo.

5.1 ENERGIA SOLAR.

La más abundante fuente de energía disponible es la solar, específicamente la radiación electromagnética, proveniente del sol, aún cuando actualmente la energía solar no se usa como fuente primaria de energía, se investigan y se desarrollan medios para lograr sistemas atractivos económicamente para utilizarla, la energía solar es atractiva puesto que no contamina y no hay que pagar para usarla.

Las principales desventajas, radican en su baja densidad, en su gran dependencia de las condiciones atmosféricas y de rotación de la Tierra, así como de su limitación tecnológica. Esto obliga, a que las áreas para captar la energía solar sean muy grandes, así como los sistemas de almacenamiento de dicha energía.

La energía solar puede ser convertida directamente en otras formas mediante tres procesos:

- Procesos fotoquímicos, siendo el caso de la fotosíntesis que es el proceso por el cual las plantas obtienen el alimento para seguir viviendo.
- Procesos fototérmicos, en los que la radiación se convierte en energía térmica, estos se usan en los sistemas de calefacción para el agua.
- Procesos fotoeléctricos, este es el caso de las celdas fotovoltaicas que convierten la radiación solar en electricidad.

El total de la radiación solar que incide sobre un área unitaria se llama insolación, esta es la suma de la luz directa, la difusa - dispersa, y la reflejada de las áreas vecinas. La insolación depende de la hora del día, la temporada del año, la latitud local, la nubosidad, contaminación atmosférica y otros factores que afectan la luz solar.

Actualmente, algunos fabricantes de autos les colocan celdas solares en partes del vehículo que se encuentran expuestas al sol, con el fin de proporcionar energía para algunos sistemas del auto (aire acondicionado, estéreo, etc.), con el fin de no utilizar la energía de las baterías.

5.1.1 CELDAS SOLARES.

Cuando se considera que la densidad de potencia recibida del sol al nivel del mar es de aproximadamente 100mW/cm^2 (1kW/m^2), se observa que en

verdad es ésta una fuente de energía que requiere más investigación y desarrollo para lograr una máxima eficiencia en la conversión de energía solar a eléctrica.

Las celdas solares son dispositivos de estado sólido que convierten la energía solar directamente en energía eléctrica (D.C.); al fenómeno en el cual se basa su funcionamiento se le conoce como "Efecto Fotovoltaico".

La construcción básica de una celda se muestra en la figura 1.

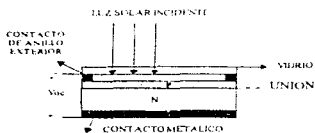


Figura 1 -Celda solar

Como se observa, se hace todo tipo de esfuerzo para asegurar que el área superficial perpendicular al sol, sea máxima, dado que una celda solar sólo puede aprovechar la energía que absorbe; por lo que se debe reducir al mínimo la reflexión de la luz y así aumentar la eficiencia de conversión. Además, nótese que la capa metálica conectada al material tipo *p* y el grosor de este mismo son tales que aseguran que un número máximo de fotones de energía luminosa alcancen la unión. Un fotón de energía luminosa puede chocar en esta región chocando con un electrón de valencia e impartirle suficiente energía para que abandone el átomo padre. El resultado es una generación de electrones libres y huecos, este fenómeno ocurrirá a cada lado de la unión y con la presencia de cada foton.

En el material tipo *p* los nuevos electrones generados son portadores minoritarios y se moverán con bastante libertad a través de la unión, como en el caso de la unión *p-n* básica sin polarización aplicada. Un argumento similar se

cumple para los huecos generados en el material tipo n , el resultado es un aumento en el flujo de portadores minoritarios, cuya dirección es opuesta a la de la corriente directa convencional de una unión $p-n$. Este incremento en la corriente inversa se muestra en la figura 2.

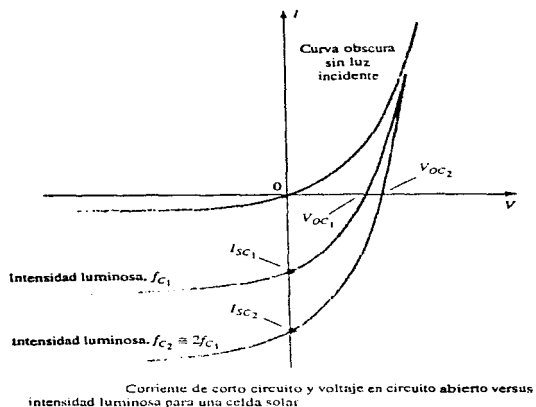


Figura 2

Puesto que $V=0$ en todas partes sobre el eje vertical y representa una condición de corto circuito, la corriente en esta intersección se denomina **corriente de corto circuito** y se representa mediante la notación I_{sc} . en condiciones de corto circuito ($i_d=0$) se producirá el voltaje fotovoltaico V_{oc} . este es una función logarítmica de la iluminación, como se muestra en la figura 3.

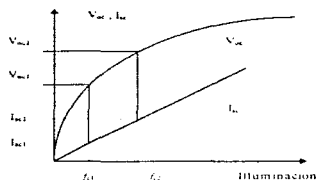


Figura 3 - Iluminación vs corriente y voltaje

V_{oc} es el voltaje terminal de una batería en condiciones sin carga (circuito abierto). Obsérvese en la figura 3, sin embargo, que la corriente de corto circuito es una función lineal de la iluminación, esto es, se duplicará para el mismo incremento en la iluminación (ver la primera figura f_{c1} y $2f_{c1}$), en tanto que el cambio en V_{oc} es menor para esta región. El mayor incremento en V_{oc} ocurre para aumentos de menor nivel de la iluminación. A la larga, un aumento adicional en la iluminación muy poco efecto sobre V_{oc} aunque I_{sc} aumentará, provocando que se incrementen las capacidades de potencia.

El silicio y el selenio son los materiales que más se usan en las celdas solares, aunque también se emplean, entre otros, el arsenio de galio, el arseniuro de indio y el sulfuro de cadmio. La longitud de onda de la luz incidente afectará la respuesta de la unión *p-n* ante los fotones incidentes.

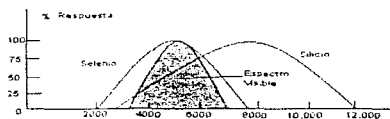


Figura 4 - Respuesta del selenio y silicio a la frecuencia

En la figura 4 se puede observar que la curva de respuesta de la celda de selenio es muy aproximada a la respuesta del ojo, este hecho tiene una aplicación ampliamente utilizada en el equipo fotográfico, tal como los medidores de exposición y los diafragmas de exposición automática. El silicio se traslapa, pero en una pequeña parte del espectro visible, teniendo su máximo alrededor de la región infrarroja, en general, el silicio tiene una eficiencia de conversión más alta y una mayor estabilidad, y esta menos sujeto a la fatiga. Ambos materiales tienen excelentes características de temperatura, es decir pueden soportar temperaturas muy altas o bajas sin una disminución importante de la eficiencia.

Tal vez sea interesante señalar que la Lockheed Missiles and Space Company ha obtenido fondos de la National Aeronautics and Space Administration (NASA), para desarrollar un ala con un arreglo solar masivo para el taxi espacial. El ala medirá 3 metros por 31.5 metros cuando se extienda y contendrá 14 paneles, cada uno con 3060 celdas solares de silicio. El ala puede generar un total de 12.5 kW de potencia eléctrica.

La eficiencia de operación de una celda solar se determina mediante la salida de potencia eléctrica dividida entre la potencia que proporciona la fuente luminosa.

Es decir:

$$\eta = \frac{P_e(\text{eléctrica})}{P_e(\text{luminosa})} * 100\% = \frac{P_{\text{salida}}(\text{dispositivo})}{(i_{\text{reacm}})(1000\text{mW} / \text{cm}^2)} * 100\%$$

Los niveles típicos de eficiencia varían de 10 a 40%, valores que se mejorarán en forma considerable si continúa el actual interés por la energía solar. En la figura 5 se presenta un conjunto típico de características de salida para celdas solares de silicio con un 10% de eficiencia, con un área activa de 1cm^2 . Nótese el lugar geométrico de la potencia óptima y el aumento casi lineal de la corriente de salida con el flujo luminoso para un voltaje fijo.

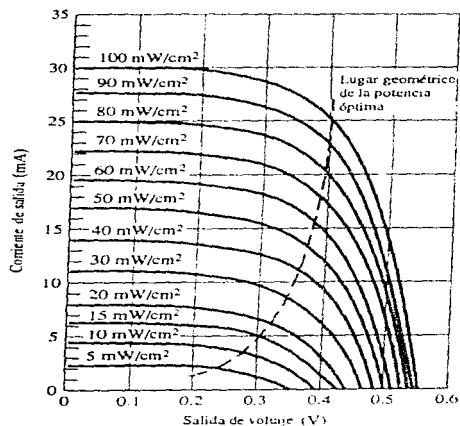


Figura 5.- Características de salida para una celda de silicio.

5.1.2 CARACTERISTICAS ELECTRICAS DE UNA CELDA SOLAR.

Considerando que una celda solar es un dispositivo generador de energía eléctrica de baja potencia, es necesario hacer interconexiones de estas mismas para obtener una fuente de potencia útil. Esto se logra interconectando celdas unitarias en una estructura metálica, esta estructura es la que se encuentra comúnmente en el mercado y se llama **MODULO FOTOVOLTAICO**, el módulo fotovoltaico está especificado por el voltaje nominal, corriente nominal y potencia.

Estos módulos a su vez se pueden interconectar para formar lo que se denomina un **PANEL SOLAR** y así incrementar la capacidad de generación eléctrica; estos paneles se pueden conectar en serie y/o en paralelo.

Las conexiones en serie permiten incrementar el voltaje total, mientras la intensidad de corriente, permanece constante en todo el arreglo. La potencia resultante, es el producto de la corriente y el voltaje total del sistema.

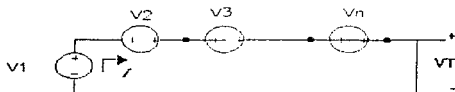


Figura 6 - Circuito equivalente de células solares, conectadas en serie

Por ley de voltajes de Kirchhoff, tenemos que:

$$V_T = V_1 + V_2 + \dots + V_n$$

y la corriente i es igual a:

$$i = i_1 = i_2 = \dots = i_n$$

Las conexiones en paralelo generalmente se realizan para incrementar la intensidad de corriente, mientras que el voltaje permanece constante.

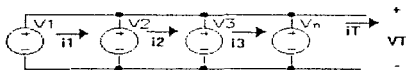


Figura 7 - Circuito equivalente, de células solares conectadas en paralelo

Por ley de corrientes de Kirchhoff, tenemos que:

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3 = V_N.$$

La corriente total que se tiene se encuentra definida por:

$$i_T = i_1 + i_2 + i_3.$$

El funcionamiento de la celda solar tiene un comportamiento similar al de un diodo común, pero la diferencia radica en que una celda es una unidad productora o generadora de corriente eléctrica.

Como todo dispositivo las celdas solares poseen pérdidas, estas pérdidas son las producidas por efectos resistivos, en las celdas se puede hablar de dos tipos.

Resistencia de fuga. (R_f) - Se debe a la conductividad superficial, es decir, se debe a fugas de corriente por la superficie de los bornes de la celda, originado por el depósito de partículas ocasionadas por el proceso de adición de los contactos eléctricos.

Resistencias serie (R_s) - Es debida a la resistividad de los semiconductores y a la resistencia de los contactos metálicos en la superficie de la oblea.

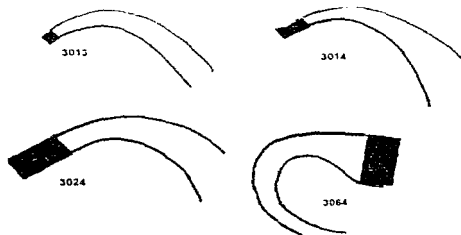
5.1.3 UTILIZACION DE LAS CELDAS EN EL AUTO ELECTRICO.

Como se mencionó, la utilización de las celdas solares en los autos eléctricos, está orientada básicamente para usarse en los sistemas auxiliares de los vehículos.

El panel solar es colocado por lo regular en el toldo del vehiculo, cajuela o cofre. Pero como medida de protección se le coloca en el toldo del vehiculo. De ésta forma se disminuye el riesgo de que se destruya por un choque y se logra una captación mayor de la luz solar, este sistema capta la energía solar y la transforma directamente en corriente eléctrica (D.C.), si la energía no se usa de inmediato se cuenta con un banco de almacenamiento, que consiste en una batería.

En el caso del auto eléctrico dicha batería es una que está destinada para este uso. El control de la carga se activa cuando en el vehiculo no se utilicen los sistemas a los que esté conectado el panel solar, que puede ser cuando el auto se encuentre en movimiento o estacionado, permitiendo la carga de la batería. El sistema de carga se encarga de esta única batería, desconectando a los paneles solares cuando se encuentra totalmente cargada la batería, o mientras se esté usando la corriente producida por los paneles solares.

No se piensa que sea muy posible hacer un sistema de carga para todo el banco de baterías del vehiculo, dado que el área para lograr esto, sería muy grande. A continuación se muestran algunos datos de celdas solares fabricadas por EC&G VACTEC Inc.



BPARTE	ÁREA ACTIVA	VOLTAJE DE PRUEBA	CORRIENTE MÍNIMA DE VOLTAJE DE PRUEBA
3013	0.21 cm ²	0.4 V	4.2 mA
3014	0.42 cm ²	0.4 V	8.4 mA
3024	1.87 cm ²	0.4 V	3.8 mA
3064	2.1 cm ²	2 V	8.4 mA

Como se observa, las áreas de las celdas solares son muy pequeñas, así como el voltaje que se genera. La mayoría de los módulos fotovoltaicos tienen un voltaje nominal de 12 volts y una potencia de 83 Watts (módulo de silicio semicristalino). Si se pretendiera usar la energía del sol para cargar el sistema de baterías del auto eléctrico, se necesitaría hacer un arreglo de paneles para tener un voltaje de 127 volts. Considerando la parte 3064 de la tabla anterior,

Para un voltaje de 12 Volts y una corriente de 8.4 mA, se debe conectar en serie un total 64 celdas, obteniendo un área de 128 cm². Esto solo para obtener los 127 volts. de capítulos anteriores se sabe que se necesita de cuando menos de 60 Amperes para iniciar la carga de la batería, se debe procurar un arreglo en paralelo de estos módulos solares para poder aumentar la corriente. Lo que implica un área exageradamente grande.

Existen diferentes módulos solares con capacidades diferentes, pero el tamaño de ellos sigue siendo muy grande, como para poder pensar en un sistema de carga que utilice la energía solar para cargar al vehículo. Tal vez con el paso del tiempo y de los avances en esta materia, se logren descubrir nuevos materiales que permitan un mejor aprovechamiento de la energía solar en un espacio muy pequeño.

5.2 ENERGIA EOLICA.

Otro tipo de energía renovable es la del viento, para aprovechar la energía generada por él, se utilizan turbinas o molinos, que la convierten en trabajo mecánico. Para la producción de electricidad de A.C., estos sistemas deben ser diseñados para operar a una velocidad angular constante, dentro de un rango amplio de velocidades del viento para lograr una salida de frecuencia constante. Existen distintos tipos de máquinas eólicas, en las que se incluyen hélices y otros tipos de turbinas de flujo axial, así como también sistemas radiales montados en ejes verticales.

La potencia total en una turbina de viento es igual al producto del gasto másico por su energía cinética. Suponiendo un área constante o un flujo laminar, la ecuación de continuidad indica que el gasto másico será el producto del área normal al viento, por la densidad del mismo y por la velocidad del viento al cubo.

$$\text{Energía total} = P_w = \frac{\rho A V^3}{2}$$

A .- Área normal al viento.

ρ .- Densidad del viento.

V.- Velocidad del viento.

Puede notarse que la potencia varía con el cubo de la velocidad.

Desafortunadamente, no toda la potencia puede ser recuperada en una turbina de viento, porque la velocidad de salida no puede ser reducida a cero, de ser así no habría flujo en la turbina.

Se puede estimar que la máxima potencia obtenible en la turbina de viento es del 59.3% de la potencia de entrada. La eficiencia real se aproxima al 47%.

El diseño y operación de generadores eólicos presenta algunos problemas, si se desea generar corriente alterna, se requiere de una velocidad angular y de una fuerza constante, sin embargo, la velocidad del viento tanto en magnitud como en dirección, no es la misma ni es constante a lo largo de un rotor de un motor muy grande, esto provoca severas cargas cíclicas en las hojas de la turbina o hélice, causando problemas de fatiga.

En ocasiones la velocidad del viento es demasiado baja como para producir una cantidad significativa de energía, esto implica que los generadores eólicos no pueden utilizarse como fuentes principales de energía, sino como sistemas de respaldo y de almacenamiento de energía.

En el caso extremo, cuando la velocidad del viento es muy alta, se deben tener medios para desactivar el sistema, puesto que se puede llegar a destruir el mismo sistema.

En México, este tipo de sistemas no se puede implementar fácilmente en ciudades dado que, aunque hay zonas en donde hace mucho viento éste no es constante, en las ciudades es muy difícil imaginar una estación que utilice el viento para lograr la carga de la batería del auto eléctrico. Debido a las dimensiones que tendría la turbina de viento, como ejemplo, en Estocolmo, en la ciudad de Näsudden, en la isla de Gotland, en el mar Báltico, se colocó una turbina de viento con las siguientes características:

5.3 MICROONDAS.

La idea de un sistema que realice la carga por medio de microondas, surge debido a los avances que se han hecho en este campo. Se sabe que la región de microondas se extiende de 10^9 Hz hasta alrededor de 3×10^{11} Hz. Las longitudes de onda correspondientes van más o menos de 30 cm a 1.0 mm, la radiación capaz de penetrar la atmósfera de la Tierra están en el rango de menos de 1 cm hasta alrededor de 30 cm.

Después de los años 60's la tecnología en el área eléctrica aumentó al introducir el concepto de "pulsos de potencia", que llevó a la producción de cañones de microondas con corrientes en exceso, de 10 kA a voltajes de 1 MV.

Estos rayos se aplicaron para la simulación de los efectos de armas nucleares, fusión de confinamientos inerciales, y otros estudios de alta densidad de energía.

Al iniciar a desarrollar la idea del cargador a base de microondas se observó que existen muchos factores que ocasionan pérdidas en la señal que se planea usar para cargar al vehículo y ocasionarán que el transmisor posea una potencia muy alta.

5.3.1 PERDIDAS EN EL RADIOENLACE

Los enlaces de microondas deben estimar las pérdidas registradas entre el emisor y el receptor, debidas a objetos que pueden absorber o reflejar la energía, dichos objetos contenidos en la atmósfera dispersan la onda electromagnética que viaja por el espacio, causando un gran debilitamiento de la señal.

Este debilitamiento viene dado por la siguiente expresión, que permite calcular las pérdidas, en el espacio libre entre el receptor y el transmisor.

$$L_{db} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_T}{P_R} \right) \quad (5.1)$$

Donde P_T es la potencia de transmisión

P_R es la potencia de recepción.

También se pueden expresar las pérdidas en el espacio libre con la siguiente expresión, que resulta más práctica y que fue obtenida considerando que las antenas transmisora y receptora son isotrópicas. Aunque este tipo de antenas no son físicamente realizables, proporciona una referencia fácil.

$$L_{db} = 32.4 + 20 \log_{10} D + 20 \log_{10} F_{MHz} \quad (5.2)$$

De esta forma las pérdidas solo están relacionadas por la distancia (D) en kilómetros entre el emisor y el receptor, así como de la frecuencia en MHz de la señal transmitida.

Si una señal de radio es propagada sobre el espacio libre, el cual por definición no es la atmósfera, la señal viajará en línea recta, sin embargo una onda de radio propagada sobre la atmósfera de la tierra, encontrará variaciones en el índice de refracción atmosférico y su desplazamiento no será en línea recta sino más bien curvo, esto es debido a que los gases atmosféricos absorben y dispersan la energía de la señal, esta cantidad absorbida o dispersada depende de la frecuencia de la señal, de la altitud sobre el nivel del mar a la que se realice el radioenlace y a las características propias del terreno.

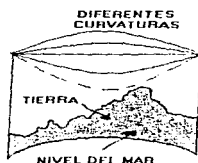


Figura 1 - Diferentes curvaturas que puede presentar la señal de microondas

Al pensar en el cargador de microondas, se debe de pensar en los diferentes obstáculos que puede encontrar el transmisor para poder cargar al auto, esto debido a que la difracción de una señal de radiofrecuencia ocurre cuando esta encuentra un obstáculo a su paso, el cual tiene una longitud mayor a la longitud de onda de la señal de radiofrecuencia, esto quiere decir, que para frecuencias menores a 1 GHz existirá difracción y la señal presentara un efecto de curvatura al paso por el obstáculo, pero para frecuencias mayores a 1 GHz, la difracción de la señal será aun mayor y ésta incrementará a razón del tipo de obstáculo que se le presente.

Para cargar bien al auto eléctrico debe procurarse que no se debilite la señal en gran medida. Los fabricantes de antenas receptoras de microondas especifican un limite en el debilitamiento de la señal, si ésta cae por arriba de dicho limite el sistema receptor no podrá reconocer a la señal y por consecuencia no se podrá cargar al auto eléctrico.

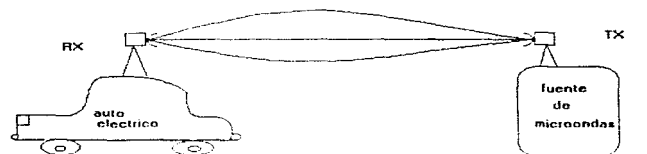
El debilitamiento de la señal se debe a las condiciones geométricas meteorológicas y atmosféricas del terreno, como se ha advertido. Algunas de estas causas son:

- Debilitamiento por multitraectorias. Estas son causadas por la variación del índice de refracción y a causa de la reflexión terrestre.

- Debilitamiento de la potencia de la señal. Que se ocasiona de la desviación de la señal, debido a obstrucción de las diferentes capas atmosféricas sobre la propagación, variación del índice de refracción, reflexiones parciales sobre la atmósfera, la precipitación pluvial (lluvia) y la incidencia de nieve o hielo.
- Debilitamiento por difracción y refracción terrestre debido al radio de la curvatura de la tierra.

5.3.2 POTENCIA QUE NECESITARIA LA ESTACION DE CARGA

La idea de la estación se muestra de forma gráfica:



La idea consiste en: desde una estación transmisora de microondas se hará incidir en la antena del carro las microondas, dentro del vehículo se hace la conversión a corriente de D.C. para cargar las baterías del auto eléctrico.

Esta estación de carga transmitirá una señal de microondas de 3 GHz, este valor se escoge, ya que se pretende usar el cañón de microondas de un horno de microondas para iniciar el diseño y estos manejan la frecuencia descrita anteriormente.

La estación, como va a manejar una frecuencia de 3 GHz, y se va a lanzar al espacio, se requiere ajustar al plan y a las normas disponibles de la Secretaría de Comunicaciones de acuerdo a la Ley Federal de Radio y Televisión y en la ley Federal de Telecomunicaciones.

El enlace que se piensa que usará este método de carga, es un radioenlace de línea de vista, los sistemas de línea de vista se definen como aquellos que cumplen con los siguientes requerimientos:

- La señal sigue una trayectoria casi recta o ruta en línea de vista.
- La propagación de la señal es afectada por atenuación en el espacio libre y por fenómenos meteorológicos.
- Se utilizan frecuencias mayores a los 200 Mhz, con el objeto de permitir la transmisión de mayor información por portadora de RF.

En un radioenlace en línea de vista es necesario calcular las pérdidas entre el transmisor y el receptor para determinar la potencia efectiva de recepción (RSL).

El sistema de carga de los vehículos eléctricos está manejando una potencia de 6.6 KW, que para nuestro caso es la potencia de recepción; para obtener la potencia de transmisión, usamos la siguiente ecuación que es la que rige un radioenlace típico de microondas y nos permite calcular el umbral de potencia necesario en el receptor.

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} + G_{RX} - L_{TX} - L_{RX} - L_{FS} - L \quad [\text{dB}] \quad (5.3)$$

de ésta ecuación despejamos la potencia de transmisión P_{TX} quedando:

$$P_{TX} = P_{RX} - G_{TX} - G_{RX} + L_{TX} + L_{RX} + L_{FS} + L$$

Donde:

P_{RX} es la potencia recibida.

P_{TX} es la potencia de transmisión.

G_{TX} es la ganancia de la antena transmisora

G_{RX} es la ganancia de la antena receptora.

L_{TX} son las pérdidas en el sitio transmisor.

L_{RX} son las pérdidas en el sitio receptor

L_{FS} son las pérdidas en el espacio libre

La potencia que se requiere en el receptor es de 6.6 kW o bien; 68.1954 dBm

Considerando que se utilizaran antenas, en el receptor y el transmisor cuyas ganancias son de 17 dB. Tenemos:

Pérdidas en el sitio transmisor:

$$L_{TX} = L_{\text{cable}} + L_{\text{miscelaneas}} \quad (5.7)$$

Las pérdidas en el cable se deben a los cables que llevan la señal al sistema transmisor, estos deberán ser cortos en longitud para disminuir las pérdidas. Las que se consideraran de 0.5 dB

Las pérdidas misceláneas se deben a conectores, acopladores, etc. y se consideran aproximadamente de 1.5 dB

Por lo que $L_{TX} = 2.0$ dB.

Pérdidas en el sitio receptor.

$$L_{RX} = L_{\text{cable}} + L_{\text{miscelaneas}} \quad (5.8)$$

Al igual que las pérdidas anteriores serán debidas a los cables que llevan la señal al sistema de carga, estos deberán ser cortos en longitud para disminuir las pérdidas. Se consideran de 0.5 dB

Si se consideran las pérdidas misceláneas igual a 1.5 dB.

Quedando $L_{RX} = 2.0$ dB.

Las pérdidas en el espacio libre de acuerdo están definidas por:

$$L_{sp} = 32.4 + 20 \log_{10} D + 20 \log_{10} F_{MHz} \quad (5.2)$$

Donde D es igual a 50 km, que es la distancia que se obtuvo en el capítulo dos, y FMHz es de 3000 (3 GHz).

Por lo que las pérdidas son :

$$L_{sp} = 32.4 + 20 \log_{10} (50) + 20 \log_{10} (3000)$$

$$L_{FS} = 135.9218 \text{ dB}$$

Las pérdidas adicionales han sido consideradas debido a la variación de diversos factores, el valor de dichas pérdidas asciende a:

$$L = 3 \text{ dB.}$$

Con estos valores y despejando de la ecuación 5.3 se tiene que la potencia de transmisión está dada por:

$$P_{TX} = P_{RX} - G_{TX} - G_{RX} + L_{TX} + L_{RX} + L_{FS} + L$$

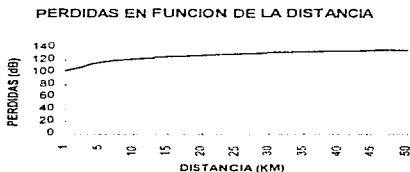
$$P_{TX} = 68.1954 \text{ dBm} - 17\text{dB} - 17\text{dB} + 2.0\text{dB} + 2.0\text{dB} + 135.9218 \text{ dB} + 3 \text{ dB}$$

lo que da una potencia de transmisión de:

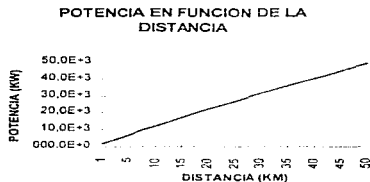
$$P_{TX} = 177.1172\text{dBm}$$

Lo que equivale en watts a $P_{TX} = 49\ 215\ \text{kW}$, que resulta ser una potencia muy grande en el transmisor.

Una posible forma de disminuir la potencia que se necesita en el transmisor es mediante la reducción de las pérdidas en el espacio libre, esto se logra disminuyendo la distancia que existe entre el transmisor y el receptor. La disminución no es muy significativa, como se puede observar en la gráfica siguiente:



Al realizar estas medidas la potencia disminuye de la siguiente forma:



Como se observa en la gráfica, el valor mínimo de potencia a 1 km de la estación de carga, el transmisor necesita de 1.6 kW pero esta potencia ya no es útil para cargar al auto eléctrico. A 5 km se posee una potencia de 6.7 km, pero esta potencia continúa siendo muy elevada.

5.3.3 POSIBILIDAD DE REALIZACION

La potencia que se requiere en el transmisor, para cargar a un vehículo eléctrico es muy grande, esto puede significar un peligro, dado que algún ser vivo que se cruce por el rayo de microondas puede resultar con quemaduras muy graves; en un horno de microondas trabajan con potencias de 600 watts para cocinar los alimentos a una frecuencia de 3 GHz, esto no quiere decir que no existan generadores de microondas para la potencia calculada, existen y se les denomina generadores de alta potencia.

Los generadores de microondas de alta potencia generan potencias arriba del MW, por lo que no sería difícil tener la potencia requerida, el problema que se observó es que dichos generadores de estas microondas, solamente producen la cantidad de energía, por tan solo unos segundos (de 1 ns a 1 μ s), es decir estos cañones de microondas solo "lanzan" pulsos muy grandes de energía con duraciones muy cortas. Esto dificulta la carga haciéndola imposible por éste medio, dado que no se puede suministrar en un solo instante dicha energía en la batería. Debido a que, como se menciona en el capítulo uno, el suministro de la corriente no debe realizarse de manera instantánea, ya que se realiza una reacción química en el alcalino y en esta reacción se crea ácido, el cual va acompañado por la formación de gases que pueden ocasionar que se destruya la batería.

Un cañón de microondas con la potencia que se menciona, no solo dañaría a los seres vivos al transmitir con esa potencia sino que también se afectarían todos los sistemas electrónicos que se encuentren cerca del transmisor, llegando

a destruir por completo dichos sistemas. Una de las aplicaciones de los cañones mencionados es en el campo militar, los usan para destruir los sistemas de navegación y control de las armas de vehículos enemigos.

Si se usara en el auto eléctrico, deberá poseer sistemas de blindado adecuados para proteger al usuario, garantizando su seguridad; así como a todos los sistemas del vehículo de la influencia de las microondas y evitar la destrucción de los sistemas que lo componen.

La eficiencia de este tipo de cañones es muy pobre aproximadamente del 10%, por lo que este es otro impedimento para la realización de un sistema de carga por este medio. Si se construyera sería un desperdicio de energía transmitir una pequeña parte, por ejemplo, si se quisiera transmitir 1 MW, la fuente del cañón debe de suministrar 10 MW, esto rompe con el esquema del auto eléctrico que se realizó con el fin de ahorrar energéticos, y al tener un sistema de carga de este tipo el ahorro ya no existe dado que esos energéticos que estamos ahorrando se utilizarán ahora para el sistema de carga.

Como se puede observar una estación de carga realizada con este tipo de sistemas, no es posible actualmente realizarla de manera económica, se requiere de mucha inversión para lograr cargar al vehículo eléctrico, se tienen muchas pérdidas en los enlaces de microondas y la potencia que se necesita es muy grande como para poder realizar una estación segura y sin riesgo para el usuario.

5.4 MANEJO DEL ALCALINO

Para lograr la recarga de las baterías, no solo los métodos anteriores funcionan, existen técnicas cuya base consiste en manejar al electrolito, es decir, realizar un manejo y tratamiento adecuado al alcalino para lograr cargarlo.

La idea más sencilla que se tiene consiste en vaciar el electrolito usado y descargado de la batería, y sustituirlo con un electrolito que se encuentre cargado y en perfectas condiciones. Cuando el vehículo llegue a la estación de carga mediante un sistema especial que puede consistir en un mecanismo de bombeo, el cual sustrae al alcalino de la batería, la batería deberá ser tal que permita, de manera fácil, la extracción del electrolito. Las baterías actuales no cuentan con estas facilidades por lo que si se planea este método como alternativa de recarga se deben modificar éstas.

Una vez vacía la batería mediante otro sistema de bombeo, se llena con un alcalino que se encuentra cargado, como se hace con los vehículos actuales en las gasolineras, los contenedores para el alcalino deben de ser especiales dado que electrolito es una solución ácida por lo que, deben de soportar la corrosión a la que se encontrarán sometidos.

Al implementar este método se debe tener en cuenta las condiciones en que se encontrará el sistema, dado que no se puede permitir que se contamine el electrolito con partículas o líquidos extraños. La infraestructura de este tipo de estaciones de carga sería muy compleja dado que las bombas tendrían que tener filtros especiales para limpiar el alcalino cuando se vacía la batería y cuando se vuelve a llenar la batería.

La carga del alcalino se realizará en los contenedores, siguiendo los métodos establecidos en el capítulo uno, donde ahora sí es de importancia, observar la concentración de gases en el cuarto donde se realice la recarga del alcalino para evitar cualquier riesgo de explosión. La energía para la carga se obtendría de los sistemas de distribución de las ciudades.

Este método, aunque "más rápido" en permitir que el auto eléctrico esté en condiciones de continuar su trayecto, implica una mayor inversión para el propietario de una estación de este tipo debido a las instalaciones especiales que

requiere, para poder dar servicio a todos los autos que lleguen a él, es decir, debe contar con la suficiente cantidad de electrolito.

Otra forma, de tratar al electrolito es mediante técnicas químicas, el funcionamiento de una batería se logra debido a una reacción química, esta reacción es reversible, (es por eso que se logra cargar al hacer circular una corriente en sentido contrario a la de descarga).

Los químicos mediante compuestos especiales han logrado crear unas tabletas que al ser vaciadas en la batería provocan esta reacción de forma un tanto violenta, (como no es parte de los objetivos analizar dichas reacciones, solo se hace mención de esta técnica), logrando la recarga de la misma. Este método tiene el inconveniente de que acorta la vida de la batería de manera significativa, pero realiza la carga en sólo unos minutos.

Otra forma en lograr que el auto esté en pleno funcionamiento es realizando el cambio total de la batería, cada vez que el auto eléctrico llegue a una estación de carga se le cambiará la batería completa, esta idea surge del correo que se usaba en el México antiguo, cuando al emperador Moctezuma le traían desde Veracruz hasta la Gran Tenochtitlan, pescado fresco. Lo que hacían en esa época era mediante relevos traer el pescado, cada corredor se encontraba en ciertos puntos donde la persona que traía el pescado se lo daba al relevo para que él siguiera el recorrido. Esto será en forma moderna para el vehículo eléctrico, sólo que en vez de corredores serán baterías cargadas que se sustituirán por las que estén descargadas.

Este método es al igual que el anterior muy rápido, es menos complicado, pero involucra que se deberá tener un mejor sistema de control y calidad en las baterías. Así como una normatividad en las baterías a usar en los vehículos eléctricos, para evitar incompatibilidades a la hora de la sustitución.

CONCLUSIONES

Aunque el realizar la recarga de las baterías es de manera muy sencilla, simplemente es suministrar una corriente en sentido contrario al de la descarga. El sistema que realice la carga de la batería del vehículo eléctrico debe de cumplir con los límites impuestos por los fabricantes de estas, para no dañar y acortar la vida de las baterías, aprovechando al máximo su rendimiento.

Los sistemas de carga, además deben de respetar las diferentes normas que rigen su diseño, tanto de seguridad como las de los componentes que se usan en su fabricación; deben de respetar y cumplir las leyes que tenga la ciudad en la que se ubicarán. Si la ciudad no cuenta con la legislación correcta para su aplicación, deberá crear una, para asegurar que se les de el uso adecuado y no se abuse de estas estaciones de carga.

De los sistemas presentados en este trabajo, se observa que el más sencillo es el de la estación convencional, es la forma tradicional en que se realiza la recarga de las baterías (ya sean estas de autos o de aparatos electrónicos) solo que en este caso se maneja una potencia mayor. El sistema en sí es muy sencillo: presenta la ventaja de que cualquier persona puede manejarlo, solo se trata de conectar la clavija a un enchufe y el vehículo se encarga de todo; la rectificación y filtrado se realiza dentro del mismo. Requiere de muy pocos cambios en la instalación de una casa, dado que el tipo de clavija que usa el vehículo es diferente. Aunque el tiempo de recarga por este método es largo, se observa que se pueden proporcionar cargas pequeñas a la batería, lo que le permite al vehículo avanzar una distancia considerable y le permita llegar a su destino donde puede darle una carga completa a la batería.

Esto ocurre con todos los sistemas de carga expuestos en este trabajo, no es necesario cargar al banco de baterías siempre al 100%, se pueden proporcionar cargas pequeñas que le permitan seguir circulando.

Los sistemas de carga tipo inductivo, presentan la ventaja de que existe una seguridad mayor al realizar la carga del vehículo, dado que la carga se realiza sin la ayuda de alguna conexión entre el sistema de carga y el puerto de vehículo; se tiene el funcionamiento de un transformador, lo que implica que se poseen todas las ventajas de aislamiento en el sistema mostrado, el problema es que debido al comportamiento de la carga, la potencia que suministra el cargador, no es constante, se tiene el problema de las pérdidas debido al efecto Joule, que por la forma en que el sistema fue diseñado es complicado reducir este efecto; a pesar de estos problemas el sistema es una muy buena opción para cargar a los vehículos eléctricos. En este sistema, se observa más claramente como el avance de la electrónica de potencia, ha permitido que este tipo de estación de carga, pueda ser de tamaño pequeño, tanto en los modelos grandes como en los portátiles.

Ya que en nuestros días existen componentes de tamaño pequeño que permiten el manejo de voltajes y corrientes muy altas, así como de una alta velocidad de conmutación, se pueden utilizar circuitos prácticos, para tener sistemas de alimentación que permitan el funcionamiento de los sistemas de manera más fácil y circuitos menos complejos.

El cargador a base de materiales superconductores, se aproxima cada vez más a volverse una realidad, el avance que se tiene en el desarrollo y aplicación en sistemas de potencia es cada día mayor. La opción que se presenta, tiene mayores ventajas que las anteriores, se está obteniendo energía del propio sistema, es decir al lograr el intenso campo magnético e inducir la corriente en el puerto de carga se logra reducir la carga que se la haría a un sistema de distribución eléctrica de la ciudad.

La idea es muy sencilla y se logran grandes voltajes, así como corrientes muy altas con un pequeño número de vueltas, además las pérdidas debido a la resistencia de los embobinados, es casi nula, debido a las características de la superconductividad, el efecto Joule queda reducida de igual manera, además al circular el refrigerante por el cargador, el cual se introduce en el puerto de carga, permite disipar el calor que se produce en el puerto y mejora la eficiencia del sistema.

Al ver las ventajas que presentan los materiales superconductores y la capacidad de energía que se puede obtener de ellos, además se están haciendo investigaciones para lograr tener superconductores a una temperatura mayor que permita manejar refrigerantes más baratos. Los proyectos que se puedan realizar con ellos son muy grandes, por ejemplo; se pueden crear generadores de tamaño reducido con capacidades de generación muy grandes, lo que permitirá tener sistemas que de cierta forma serán autosuficientes, permitiendo que los grandes sueños del hombre se vuelvan una realidad. (viajes espaciales, ciudades submarinas, ciudades espaciales, etc.), todo esto puede ser posible en un futuro no muy lejano.

Pero no solo la superconductividad es la única alternativa de obtención energía para la carga, una de ellas puede ser la energía solar. Esta energía además de limpia se puede obtener en cualquier lugar de la Tierra, el problema es que los sistemas de captación de la energía solar poseen una eficiencia muy pobre, requieren de áreas muy grandes para generar la potencia necesaria para que una estación dependiera de la energía solar, claro que esto no es impedimento para que se utilicen en el vehículo eléctrico como una fuente auxiliar. Esto debido a la facilidad en su conexión se pueden ocupar para alimentar a los sistemas que requieren de potencias muy pequeñas para trabajar (por ejemplo, radio, aire acondicionado).

Utilizar el viento es otra alternativa para la generación de la energía para la carga de la batería del vehículo eléctrico, pero este tipo de energía es más difícil, obtener una buena generación de energía y de controlar, implica gastos y riesgos muy grandes, dado que si la velocidad del viento sobrepasa a la que se diseñó el sistema, se corre el riesgo de la destrucción del mismo. Otro impedimento que se observa es el del tamaño de las aspas que se requiere para la generación de la energía, además la generación no es constante, cambia con la velocidad del viento, y esto no es conveniente para el sistema de carga que requiere de una alimentación continua; esto se puede solucionar por medio de engranes, pero es un gasto y un control mayor que requiere el sistema eólico. Colocar este tipo de sistemas de carga en una ciudad no es práctico debido al tamaño tan grande y la altura a la que deben de estar para aprovechar el viento.

El sistema de carga a base de microondas presenta demasiados problemas, pérdidas y riesgos. La idea que desde una cierto punto se lo cargue es muy practico, sino fuera por la gran potencia que utilizaría para cargar al vehículo, la magnitud de dicha potencia es tal, que puede dañar severamente a la persona que se encuentre cerca del sistema, ya sea de recepción o de transmisión; además los sistemas electrónicos se pueden destruir debido a esa potencia. La eficiencia de un sistema de este tipo es muy pobre y requeriría de una inversión similar al de una estación de radio para poder cargar al vehículo, las pérdidas en los enlaces son muy altas, además la trayectoria que seguiría el haz, no es recta, presenta curvaturas, lo que aumenta los riesgos de dañar a alguien. Ni siquiera reduciendo la distancia entre el transmisor y el receptor es posible implementar un estación de este tipo, dado que al reducir la distancia la potencia que se necesita para cargar al vehículo disminuye considerablemente y ya no es suficiente para cargarlo.

Las alternativas de sustituir por completo la batería descargada por una cargada, será uno de los últimos recursos que tendrá el usuario del vehículo, dado que implica tiempo, el quitar y volver a colocar la batería, y como en el vehículo no

es solo una sino son varias, el trabajo es mayor; además hay que recargar las baterías al final de cuentas.

Desde el punto de vista de este trabajo la mejor opción en sistemas de carga de baterías es la inductiva, principalmente por la seguridad que presenta para el usuario, la comodidad para cargar al vehículo, así como por la variedad que se presenta en los módulos de carga. Además esta opción se puede expandir con los arreglos necesarios a cargadores realizados con materiales superconductores, que conjunta la seguridad del cargador inductivo, y puede proporcionar voltajes y corrientes muy altas con un control sencillo, solamente variando la temperatura a la que se encuentre, así, como al variar las vueltas o la excitación del campo magnético. Además de que se les observa muchas ventajas y potenciales importantes, parece la mejor opción de alternativa energética; aun cuando su desarrollo y prueba esta en proceso, en cuanto se puedan fabricar de manera práctica, es decir en forma de cable convencional y a una temperatura un poco mas alta, sus aplicaciones serán muchas.

En el aspecto económico, todos los cargadores actualmente son muy caros, su gasto no viene incluido al comprar el vehículo eléctrico. Esto debido a que no se fabrican en serie, sino que son producidos unos cuantos, su costo se eleva mucho. Pero se cree que una vez que los vehículos eléctricos estén en su apogeo dichos costos de fabricación disminuirán de manera considerable permitiendo que cada usuario tengan a su alcance uno de ellos. Por lo pronto estos gastos tendrán que manejarlos el gobierno de la ciudad que le interese reducir la emisión de contaminantes a la atmósfera, instalando estas estaciones en lugares estratégicos y cobrando su uso.

Finalmente el vehículo eléctrico es una realidad hoy, trae consigo muchas ventajas y las estaciones de servicio requieren mas investigación para lograr disminuir el tiempo que se tarda en cargar al banco de baterías que le permiten circular al vehículo, así como mejorar la eficiencia de conversión de la energía;

pero, gracias a la electrónica de potencia y al avance en nuevos materiales, así como de recursos energéticos nuevos; las estaciones de carga forman una parte muy importante en el pilar que permitirá desplazar a los vehículos de combustión interna. Se requiere todavía de varios aspectos, entre ellos lograr una normatividad para la forma que deberán tener los puertos de carga del vehículo, así como de la reducción de costos para su compra para de esta forma lograr que toda la gente usuaria del vehículo eléctrico tenga a su alcance aunque sea un cargador portátil.

REFERENCIAS

CAPITULO 1

REFERENCIA N° 1

WITTE, ACUMULADORES DE PLOMO Y DE ACERO, Edit. GUSTAVO GILL.

REFERENCIA N° 2

"SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS APLICADO AL MONITOREO DE BANCOS DE BATERIAS QUE OPEREN EN VEHICULOS ELECTRICOS AUTONOMOS", TESIS PROFESIONAL, UNAM.

CAPITULO 2

REFERENCIA N° 3

SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE AUTOS ELECTRICOS, CELEBRADO EN EL MUSEO DE C.F.E., "IMPACTO DE LA INTRODUCCIÓN DE VEHICULOS ELECTRICOS EN LA RED DE DISTRIBUCION LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, ING. RAUL CARBAJAL PINAL.

REFERENCIA N° 4

FORD.

REFERENCIA N° 5

FUENTE C.L.F.C., TARIFA USO HABITACION OM.

FALTA PAGINA

No. 104

BIBLIOGRAFIA

WITTE, ACUMULADORES DE PLOMO Y DE ACERO, Edit. GUSTAVO GILL, 1979

JARAMILLO, ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO, Edit TRILLAS, 1990

RUDY SEVERNS, et all, INDUCTIVE COUPLER FOR E.V. CHARGING, 1996

RASHID, ELECTRONICA DE POTENCIA, CIRCUITOS, DISPOSITIVOS Y APLICACIONES, Edit. PRENTICE HALL HISPANOAMERICANA, 1995

TESIS PROFESIONAL, SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS APLICADO AL MONITOREO DE BANCOS DE BATERIAS QUE OPEREN EN VEHICULOS ELECTRICOS AUTONOMOS, UNAM, 1996

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS, DIVISION DE SISTEMAS ELECTRICOS, "VEHICULOS ELECTRICOS", 1994

APUNTES DEL SEMINARIO INTERNACIONAL "AUTOS ELECTRICOS", CELEBRADO EN EL MUSEO DE C.F.E. 1996

BADEN FULLER, HIGH-POWER MICROWAVE.

TESIS PROFESIONAL, DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA BASADO EN CELDAS SOLARES PARA UNA VIVIENDA MEDIA EN ZONAS RURALES, UNAM, 1996

TESIS PROFESIONAL, DISEÑO DE UN SISTEMA DE MICROONDAS PARA TRANSMITIR SEÑALES DE AUDIO Y VIDEO, UNAM, 1996

CATALOGO GENERAL, CUTLER-HAMMER 1997.

BOYLESTAD, ELECTRONICA TEORIA DE CIRCUITOS, PRENTICE HALL HISPANOAMERICANA, 1994

TAYLOR MOORE, POWER APPLICATIONS FOR SUPERCONDUCTIVITY, EPRI JOURNAL, JULY/AUGUST, 1996 VOL. 21

PROYECTO WEGA-II, FISAMPROJEKT A/S (Peggy Friis), Department of Fluid Mechanics, DTU (Kurt S. Hansen), 1995.

ARI LUNDELL, TOMI MIKKONEN AND MARKUS MÄKI, SUPERCONDUCTIVITY AND SQUIDS THE ELECTRICAL APPLICATIONS OF SUPERCONDUCTIVITY, EVITech EE-220, 1997.

ANEXO 1



MARECHAL



TOMACORRIENTES Y CLAVIJAS PS

Servicio normal

A prueba de polvo y salpicaduras de agua (IP-44). Tomacorrientes y Clavijas de servicio normal para aplicaciones industriales comerciales y domésticas con conexiones monofásicas o trifásicas.

CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

- 1.- Capacidad: 20 A hasta 220 V. y 16 A a 440 V.
- 2.- 3 polos más 1 polo para tierra o neutro.
- 3.- Contactos de plata a presión.
- 4.- Partes vivas ocultas con protección contra contactos humanos accidentales.
- 5.- Envoltorios a prueba de polvo y salpicaduras de agua (IP-44)

NORMAS: IMAE J 508 1991 ANCI
NEMA 643-501-1993 UL, USA

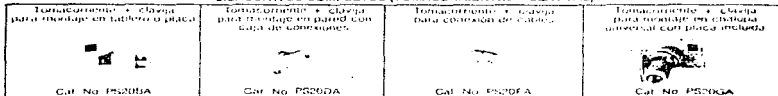
APLICACIONES



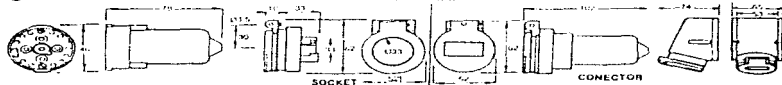
TOMACORRIENTES



DISPOSITIVOS COMPLETOS (TOMACORRIENTES + CLAVIJAS)



DIMENSIONES m.m.



CONECTOR

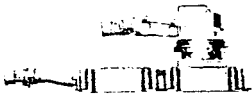
E.T.N
W-3

TOMACORRIENTES Y CLAVIJAS PF**CARACTERISTICAS**

ALTO AMPERAJE DESDE 300A. A 600A.
 A PRUEBA DE AGUA. IP 679.
 HASTA 1100 VOLTS. C.A.-C.D.
 ENCLAVAMIENTO MECANICO.
 3 POLOS DE FUERZA Y 1 POLO PARA TIERRA.
MAS 4 CONTACTOS AUXILIARES.

CONTACTOS OCULTOS PARA SEGURIDAD
 COMPLETA.
 SELECCION DE CAJA DE CONEXIONES PARA
 DIFERENTES CALIBRES DE ALAMBRADO.
 CUBIERTA CON LLAVE OPCIONAL PARA EL
 TOMA-CORRIENTE.

NORMA NMX-J508-1994 ANCE
 NOM-003-SC1-1993 UL, CSA



N.º AMPS	300	400	600
No. de polos			
3P + T	PF-300	PF-400	PF-600



TOMACORRIENTES Y CLAVIJAS DS

Servicio pesado CARACTERÍSTICAS

- Desde 16/250 A. 220/440 V.
- Servicio Pesado.
- A prueba de intemperie. (IP 64/2)
- Contactos doblados.
- Contactos de plata y protección.
- Rápida conexión y desconexión.
- Terminales autoaprietales.
- Inventarios de alta resistencia.



CAPACIDADES EN AMPERES OPCIÓN OCASIONAL O FRECUENTE	No. DE CATALOGO CON TOMACORRIENTE FLUJO
30	DS-16-30
50	DS-32-50
60	DS-63-60
150	DS-125P
250	DS-125M*
250	DS-200A*

*CON ENVOLVENTE METÁLICO

DISPOSITIVOS COMPLETOS TOMACORRIENTE FLUJO:

CAJA DE
CONEXIONES



TOMACORRIENTE



CLAVIJA



NOTA: AL ORDENAR AGREGAR AL No. DE CAT. EL VOLTAJE (Ejemp DS-16-30-220).

Normalmente se suministra con 3 cables de fuerza y 1 cable para tierra, pero al solicitar del cliente con largo extra, se puede suministrar con 5 cables a parte (cable 1 para fuerza y 4 neutros). Todos de la misma capacidad.

DIMENSIONES GENERALES EN mm

No. CATALOGO	A	B	C	D	E	ADAPTACION PARA TUBO CONDUIT
DS-16-30	69.85	84.10	84.10	69.85	134.50	1/2" (12.7mm)
DS-32-60	76.2	90.47	101.6	88.9	129.75	1/2" (12.7mm)
DS-63-90	88.9	106.35	120.97	111.13	142.9	1/2" (12.7mm)

DIMENSIONES GENERALES EN mm

DESCRIPCION	DS-16-30P			DS-32-60P			DS-63-90P		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
CAJA DE CONEXIONES	76.2	85.95	92	108	121	133			
TOMACORRIENTE	85.60	95.75	92	102	114	117.4			
CLAVIJA	127	166.67	152.4	82.55	78	82			



CAJA DE
CONEXIONES

NORMA NICE-J-505-1994-ANCE
NOM-003-GOI-1993 UL Y CSA



TOMA
CORRIENTE



CLAVIJA

INFORMACION PARA ORDENAR PIEZAS POR SEPARADO

DESCRIPCION	16-30 A	32-50 A	63-90 A	125 A PLASTICO	125 A METALICO	200 A METALICO
CAJA DE CONEXIONES A	31-10000-013	31-30000-013	31-60000-013	31-90000-013	19-90000-013	55-20000-013
TOMACORRIENTE B	31-16073 M	31-34213 M	31-64213 M	31-94213	39-94213	39-24213
CLAVIJA C	31-17073 M	31-31073 M	31-61073 M	31-91073	39-91073	39-21073
	31-17213 M	31-31213 M	31-61213 M	31-91213	39-91213	39-21213

INFORMACION PARA ORDENAR ACCESORIOS

DESCRIPCION	16-30 A	32-50 A	63-90 A	125 A PLASTICO	125 A METALICO	200 A METALICO
COLLARIN	31-10000-013	31-30000-013	31-60000-013	31-90000-013	19-90000-013	55-20000-013
EMPAQUE	GD-165	GD-225	GD-635	19-90000-026	19-90000-021	55-20000-026
TAPA CON CADENA	31-10000-126	31-30000-126	31-60000-126	31-90000-126	19-90000-126	55-20000-126
ADAPTADOR				31-90000-027	19-90000-027	55-20000-027