

ELECTRICIDAD BASICA PARA AEROMODELISMO. (y lo que haga falta) .

Prologo

Intentare explicar los conceptos básicos necesarios de electricidad para aplicar en aeromodelos eléctricos. Como no se pretende sentar una cátedra omito alguna teoría básica eléctrica disponible en wikipedia etc.

La correcta utilización y dimensionado de los distintos componentes, batería, regulador, motor, hélice etc. supondrá un aspecto importante en la practica de nuestra afición. Pues permitirá optimizar y mejorar el rendimiento de nuestros nuestros equipos.

1.1 ELECTRICIDAD BASICA PARA AEROMODELISMO. (y lo que haga falta)

1.2 LEY DE OHM

1.3 SILMIL HIDRÁULICO

1.4 POTENCIA ELECTRICA

1.5 ESQUEMAS CONEXIÓN EN SERIE Y EN PARALELO

1.6 CONECTORES EN AEROMODELISMO Y SOLDADURA ELECTRICA.

2.1 BATERIAS

2.2 POLIMERO DE LITIO (Lipo)

2.3 LAS CES Y SU RELACIÓN CON EL TIEMPO DE DESCARGA

2.4 CONCEPTO DE RESISTENCIA INTERNA DE UNA BATERIA.

2.5 EQUILIBRADO DE LIPOS

3.1 AC & DC, CORRIENTE ALTERNA (CA) CORRIENTE CONTINUA(CC)

4.1 REGULADOR, BECS, ALIMENTACIÓN INDEPENDIENTE DE MOTOR Y. RECEPTOR & SERVOS

4.2 REGULADOR

4.3 BEC

4.4 ALIMENTACION INDEPENDIENTE

5.1 MOTORIZACION ELECTRICA

5.2 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE UN MOTOR BRUSHLESS

5.3 EMPUJE ESTATICO, POTENCIA, RENDIMIENTO Y VELOCIDAD

5.4 ELIGE TU MOTOR

5.5 PRUEBAS Y COMPARATIVAS

5.6 CONJUNTO HELICE MOTOR LIPO

1.1 ELECTRICIDAD BASICA PARA AEROMODELISMO. (y lo que haga falta)

Se define la corriente eléctrica como un flujo de electrones que circulan por un conductor eléctrico debido a una diferencia de potencial o voltaje.

Un circuito básico consistiría en una batería con 4V de voltaje que al conectarla a través de un conductor en sus bornes a una bombilla se produce una corriente eléctrica que produce en la resistencia de la bombilla la incandescencia de su filamento produciendo luz y calor.

El voltaje o diferencia de potencial (U) reside en la batería, se mide en voltios (v), la resistencia eléctrica (R) se mide en homios, y al conectar a través de un conductor

eléctrico la batería a la resistencia se producirá una corriente eléctrica que es un flujo de electrones produciendo un trabajo en la resistencia

Hay materiales que se denominan conductores de la electricidad por su baja resistencia al paso de la corriente, el cobre, aluminio, plata, oro etc y los aislantes por su alta resistencia al paso de la corriente eléctrica, cerámica, cristal, plásticos etc.

1.2 Ley de ohm

La ley de ohm nos viene a decir que la corriente eléctrica que circula por un circuito es directamente proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia del circuito,

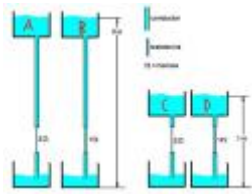
$$I = U / R$$

Donde I es la intensidad de corriente eléctrica en amperios (A), U es la diferencia de potencial o voltaje en voltios (V) y R es la resistencia en homios, de esta ecuación salen dos mas despejando la primera, ecuaciones básicas.

$$U = R \times I, R = U / I$$

Entender este concepto es fundamental para manejar motorizaciones eléctricas, por si alguien no termina de ver esto pondremos un símil hidráulico.

1.3 SILMIL HIDRÁULICO



Tenemos dos depósitos de agua conectados mediante una manguera, donde la altura de uno respecto al que esta abajo representaría la diferencia de potencial o voltaje, la manguera gorda representa al conductor eléctrico y la manguera fina la resistencia eléctrica.

A primera vista los casos A y B tienen el depósito mas alto símil de mayor voltaje soltaran el agua con mas fuerza, pero claro los litros por segundo (intensidad eléctrica) dependerán también de la resistencia, a mas resistencia menos litros por segundo (intensidad eléctrica)

$$\text{Caso A, } I = U/R \dots\dots\dots 3 \text{ V} / 2 \text{ hom} = 1,5 \text{ A}$$

$$\text{Caso B, } I = U/R \dots\dots\dots 3\text{V} / 1 \text{ hom} = 3 \text{ A}$$

$$\text{Caso C, } I = U/R \dots\dots\dots 1\text{V} / 2 \text{ hom} = 0,5 \text{ A}$$

$$\text{Caso D, } I = U/R \dots\dots\dots 1 \text{ V} / 1 \text{ hom} = 1 \text{ A}$$

Como demuestran las matemáticas el caso B es el que más litros por segundo circulan por su manguera, esta mas alto y su resistencia es menor.

Cortocircuito, eso que se carga las lipos y hace que exploten es lo siguiente sin resistencia o resistencia 0, $I = U / R, = 12 \text{ V} / 0 \text{ ohm} = \text{infinito}$, muchísima corriente

1.4 Potencia eléctrica:

Se define el concepto de potencia eléctrica el producto de la intensidad de corriente (I) en amperios por el voltaje (U) en voltios y cuya unidad es en vatio (W)

$$W = U \times I, U = W / I, I = W / U$$

Se utiliza para determinar la capacidad de trabajo de un motor, capacidad de iluminar de una bombilla, capacidad de calentar de un radiador independientemente de su voltaje.

Tenemos un radiador de 220 V y de 1000 W de potencia eléctrica que determina su capacidad de calentar, por este radiador circula una intensidad de corriente de $I = W / U, 1000 / 220 = 4,5 \text{ A}$

Tenemos un radiador de 12 V y 1000 W para batería de coche de 12 v, por este radiador circula una corriente de $I = W / U, 1000 / 12 = 83 \text{ A}$

La conclusión es la siguiente, lo que importa a la señora Maria que se quiere calentar no son los amperios, ni conoce que existen, le importa cuanto calor emita para no pasar frío, esto es directamente proporcional a los 1000 W, por tanto si tiene en casa 220 V en su red eléctrica comprara un radiador especifico para 220 V (1000 W) y sí su red es de 12 V comprara un radiador especifico para 12 V (1000 W)

Queda evidenciado pues que para lograr el mismo trabajo (1000 W) a menor voltaje mayor intensidad, podemos jugar un poco con este planteamiento pero deberemos de tener algunas cosas en cuenta:

Cuando subimos el voltaje por ejemplo a 2.000 V resulta más difícil de aislar y es más peligroso su manejo, como virtud es que al circular menor intensidad calienta menos los cables, conexiones y interruptores, llega mejor a su destino. (inviable domésticamente) que no imposible. La alta tensión se transporta mejor que la baja tensión.

Por el contrario si bajamos el voltaje a 12 V es nada peligroso, muy fácil de aislar pero para la misma potencia necesitamos 83 A, necesitamos cable, conexiones interruptores que soporten esta enorme corriente (inviable domésticamente) que no imposible.

En aeromodelismo trabajamos de 4 a 20 V aprox. A nadie le da calambre pero si se calientan los cables, ponemos especial atención a los conectores (banana dorados de 4 ó 6 mm) cables gordos con aislante de silicona que no se derritan con los calentones esporádicos. Se trabaja con mayor intensidad para conseguir los mismos vatios (W) Se podría decir que tenemos la baja tensión como condicionante, y se trabaja a 12 V por que las baterías ofrecen bajo voltaje,

Tenemos pues dos ecuaciones imprescindibles de la electricidad, sin esto son difíciles de entender otras cosas que si nos son necesarias a no ser que tengamos fe en quienes si lo entiende.

$$I = U / R \quad W = U \times I$$

Cual será la resistencia de las dos versiones del radiador de la señora Maria

Del que se conecta a 12 V tenemos el voltaje y potencia por tanto se halla la intensidad

$$I = W / U, 1000 \text{ w} / 12 \text{ v} = 83 \text{ A},$$

Ahora tenemos voltaje e intensidad se deduce la resistencia

$$R = U / Y = 12 \text{ V} / 83 \text{ A} = 0,146 \text{ ohm}$$

Del que se conecta a 220 V tenemos el voltaje y potencia por tanto se halla la intensidad

$$I = W / U, 1000 \text{ w} / 220 \text{ v} = 4,5 \text{ A}$$

Ahora tenemos voltaje e intensidad se deduce la resistencia

$$R = U / Y = 220 \text{ V} / 4,5 \text{ A} = 48 \text{ ohm}$$

Podemos pues conectar el radiador de 220 V a la red de 12 V pero ni se inmutara pues tiene mucha resistencia eléctrica, apenas circulara electricidad y la señora Maria se coge el resfriado

$$I = U / R = 12 / 48 = 0,25 \text{ A}; W = 12 \text{ V} \times 0,25 \text{ A} = 3 \text{ W}$$

Como se le ocurra conectar el radiador de 12 V a la red de 220 V, aumentara la corriente de forma drástica pues apenas hay resistencia eléctrica y saltaran las protecciones (disyuntores) o se quemara la instalación eléctrica. Este seria el concepto de cortocircuito.

$$I = U / R = 220 / 0,146 = 1500 \text{ A}$$

La señora Maria sabe que a mayor tiempo que conecte su radiador de 1.000 W a la red eléctrica mas pagara en su factura, exactamente 1 KW/ h cada hora que conecte su radiador, puesto que las compañías eléctricas facturan por kilovatio hora, no por amperios, vatios o homios, el kilovatio hora es la unidad de energía eléctrica.

Puesto que en aeromodelismo tenemos la circunstancia del bajo voltaje se trabaja con mucha corriente eléctrica, se evitan los interruptores y se pone atención a los conectores.

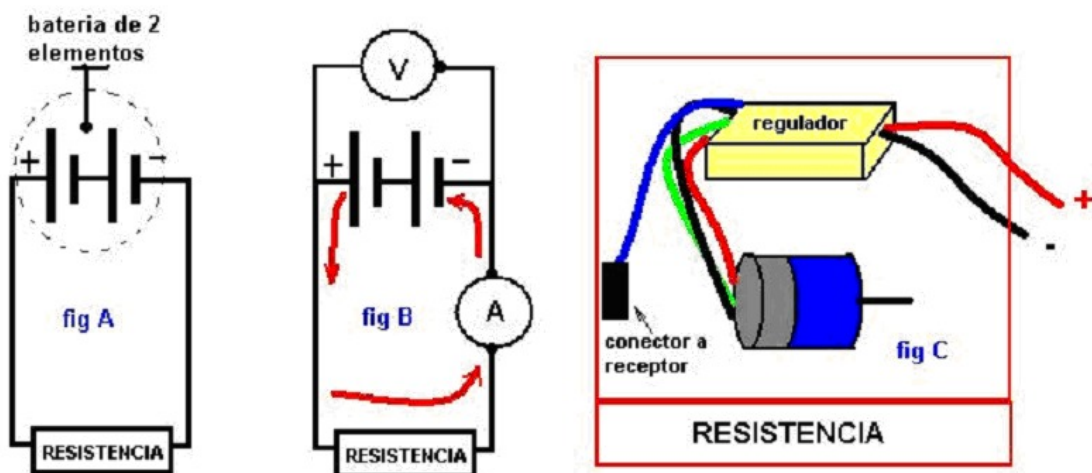
Es el momento de volver al principio si algo no has entendido, y si persistiendo aun no lo consigues preguntas por los foros

1.5 ESQUEMAS, CONEXIÓN EN SERIE Y EN PARALELO.

Un esquema es la representación gráfica de un circuito eléctrico, es necesario dibujarlo en el papel y entenderlo, para después montarlo. Para simplificar su entendimiento y representación se dibuja una sola batería a pesar que puede ser de varias en serie y una sola resistencia que suelen ser varios componentes.

En la figura A aparece el esquema básico de una batería de 2 elementos, se puede apreciar que los dos elementos están conectados en serie, cada uno de ellos tiene su terminal positivo y negativo, para sumar los voltios de estas baterías se conectan en serie, se une el positivo de una con el negativo de la otra.

En la figura C aparece dibujado lo que nosotros consideramos nuestra resistencia, lo que haga el regulador, los cables que tenga el brushless, conexión a receptor, si tiene bec o no se debe de ignorar para otros capítulos.



MEDIDAS ELECTRICAS Fig. B

En el esquema de la Fig. B se puede apreciar el mismo esquema de la Fig. A al que hemos añadido dos equipos de medida eléctrica, un voltímetro y un amperímetro, de puede decir que el voltímetro debe tener resistencia infinita es decir no permite que circule la corriente eléctrica a través del, su conexión es en paralelo a la batería que deseamos medir su voltaje

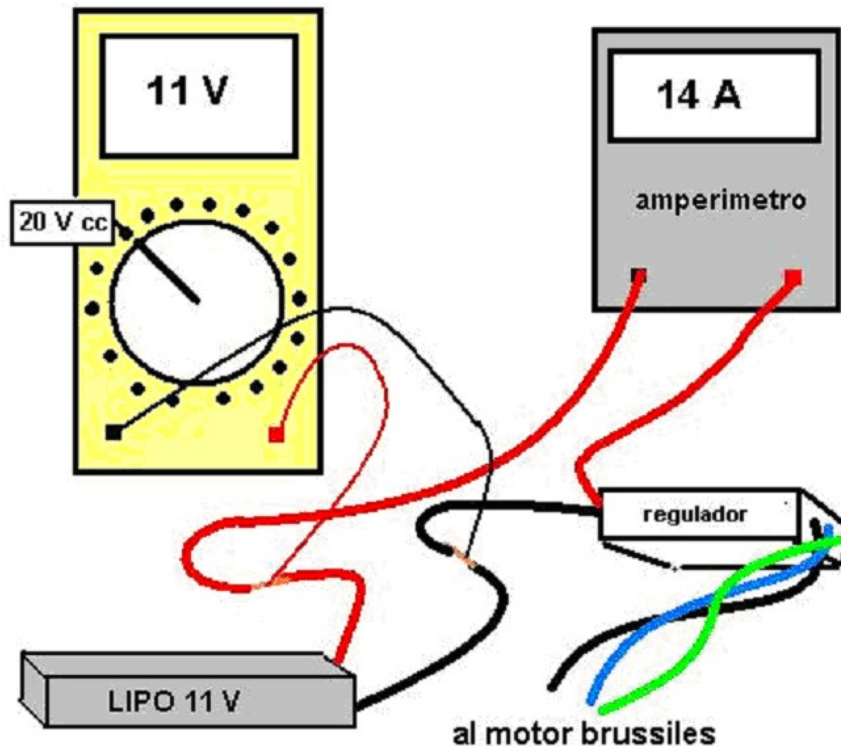
La conexión del amperímetro debe de hacerse en serie con el circuito, la totalidad de la corriente eléctrica que circula por el circuito debe de atravesar el amperímetro para que este haga una medida, su resistencia debe de ser 0 ohmios, es decir permite totalmente el paso de la corriente.

Como voltímetro yo utilizo un polímetro de hipermercado de 6€ en la escala de 20 v corriente continua, y como amperímetro se necesita uno específico para nuestra afición de no menos de 40, que soporte y mida corrientes del orden de 30 – 50 A incluso más.

En la figura B se puede apreciar el sentido convencional de la corriente de positivo a negativo, representa el sentido por el que circulan los electrones a través del hilo conductor y la resistencia

La figura C es la resistencia del circuito que a pesar que son varios componentes se considera como uno solo a la hora de calcular y medir.

El siguiente dibujo representa la forma real en la que mediríamos en nuestra mesa de trabajo tanto el voltaje del circuito como la corriente que circula por él



CONEXIÓN EN SERIE, PARALELO

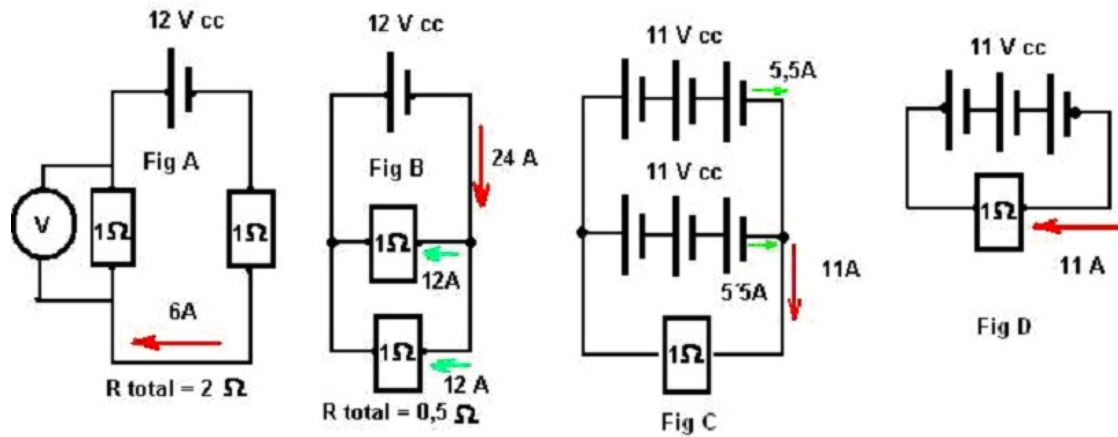
Son conceptos fáciles pero que a veces cuesta entender, imaginemos una batería y una resistencia, su conexión es en paralelo pero es que tampoco cabe en este caso otra forma de conexión, una vez tenemos este circuito básico al incorporar la segunda resistencia tenemos dos posibilidades:

Resistencia en serie FIG A, La resistencia total del circuito es la suma de las dos resistencias y circula menos corriente eléctrica, recordar la ley de ohm mayor resistencia menor corriente, por tanto al intercalar dos resistencias iguales en serie disminuye la corriente a la mitad que si solo conectamos una, por que hemos aumentado la resistencia al doble. Otra consecuencia es que si medimos el voltaje o ddp en bornes de la resistencia se mide la caída de tensión de esa resistencia de 6 V justo la mitad de 12 V de la batería en resistencias del mismo valor.

Para calcular la caída de tensión en cada resistencia conectada en serie se aplica la ley de ohm que en este caso seria, $U = R \times I$, $1 \text{ ohm} \times 6 \text{ A} = 6 \text{ V}$

Resistencia en paralelo FIG B. Podemos destacar que las dos resistencias tienen el mismo voltaje y la intensidad que debe de suministrar la batería es el doble que si

hubiera solo una resistencia (en resistencias del mismo valor),
 La conexión en paralelo es la mas conocida en la vida cotidiana, cuando añadimos un servo, añadimos un regulador mas y un motor mas lo hacemos en paralelo, las motorizaciones bimotor su conexión es en paralelo, por lo que el voltaje recibido es el mismo pero la corriente que debe de suministrar la batería aumenta, es decir si un motor consume 12 A si ponemos dos iguales en paralelo el conjunto consume 24 A.



Conexión de baterías en serie, Es una practica habitual, la batería de nuestro coche tiene una serie de “vasos” o baterías de plomo en serie hasta lograr 12 V, y el resto de baterías para aeromodelismo su presentación es en serie, Digamos que aumentamos el voltaje por un lado manteniendo su capacidad, por lo cual sumamos la potencia del pack las de cada célula. (Fig. C)

Conexión de baterías en paralelo, Es menos vista pero existen grandes packs de LIPO que vienen baterías en serie y a su vez con otro pack en paralelo, con esto mantenemos el voltaje de cada pack en serie y doblamos así su capacidad en mA, dos packs de 3S cada uno (11v) 2500 mA dan un total de 11V y 5.000 mA conectados en paralelo (Fig. D)

Creo que para la practica de nuestra afición es suficiente saber que el voltaje de las baterías en serie se suma manteniendo su capacidad y la capacidad de las baterías en paralelo se suma manteniendo su voltaje, siempre usando células iguales para hacer estas combinaciones.

Las resistencias en paralelo reciben el mismo voltaje y se suma la corriente que se debe de suministrar al conjunto,

Desde el punto de vista del calculo y diseño de un conjunto monitorización eléctrica el conjunto formado por el regulador, motor, receptor, servos, etc. es una sola resistencia eléctrica simple que cambia su valor en homios y por tanto su consumo en amperios en gran medida que damos gas al motor y en pequeña medida cuando actuamos los servos, los cálculos corresponden al consumo máximo del conjunto en amperios cuando damos gas al máximo.

Se ignora el hecho que el regulador convierte la corriente continua en pulsos de corriente con una frecuencia determinada aplicado a un bobinado como es el motor

brushless, con las consecuencias que esto tiene (impedancia, reactancia, potencia reactiva y un largo etcétera)

1.6 CONECTORES EN AERMODELISMO Y SOLDADURA ELECTRICA.

Sabemos que tenemos un problema con la corriente eléctrica crónico, además sabemos que un pequeño fallo termina con nuestro modelo destrozado por el suelo, una solución son los conectores de banana.

Los tenemos de 2mm, 3,5 mm, 4 mm y 6 mm, se utilizan tanto para el regulador, para las lipos, para conectar las lipos a los cargadores y para conectar el brushless al regulador etc.

Los conectores de banana se venden en parejas de macho hembra y se deben de cubrir de termoretractil, una vez soldados, yo los distribuyo de la siguiente manera que no tiene por que ser la única:

Batería: positivo macho con termoretractil rojo. Negativo hembra termoretractil negro

Cargador y regulador: positivo hembra con termoretractil rojo Negativo macho termoretractil negro.

Aconsejo para las conexiones de batería, cargador y regulador utilizar exclusivamente cable de silicona en color rojo y negro y termoretractil en rojo y negro, de esta manera será difícil confundir el negro con el rojo.

El termoretractil se encuentra muy barato en tiendas de electrónica y en diferentes grosores y colores, su diámetro debe de ser superior a la banana que vamos a trabajar y acercando el soldador encoge.

Soldadura: debido al las fuertes corrientes soportadas los cables se sueldan a los conectores de banana, un soldador económico nos puede servir perfectamente con un poco de estaño,

2.1 BATERIAS

La batería es un acumulador químico de energía eléctrica, que transforma la corriente aplicada en energía química y cuando se requiere transforma esta energía química en electricidad, hay varias tecnologías aplicadas a diferentes campos, en aerodelismo se busca ligereza y capacidad de descarga.

Actualmente tenemos las NIMH, pues las NICAD las han prohibido, las A123, y las de polímetro de litio que son de momento las mas extendidas dado su relación peso / capacidad. Leer manuales específicos sobre la manipulación y especificaciones de estas baterías.

2.2 POLIMERO DE LITIO (Lipo)

Las lipo consisten en células conectadas en serie, cada célula aporta la cantidad de 3,7 V nominales, esta medida es una media pues en realidad hay un voltaje cuando esta

cargada de 4,2 V y uno cuando esta descargado de 3 V.
Para alcanzar algo mas de voltaje se unen en packs de 2S (7,4 V) y de 3S (11,1V) etc.

Otra característica de las baterías lipo es su capacidad de almacenamiento, 1000 mA /h esto nos indicaría que es capaz de darnos 1.000 mA durante una hora, me repito si cuento que lo que da la batería es una diferencia de potencial o voltaje, la corriente eléctrica solo se produce al conectar una resistencia a sus bornes y que además esa corriente sea de 1000 mA o 1 A solo se produciría al conectar una resistencia calculada y no cualquiera.

Su capacidad de descarga se mide en C (ces) decimos que una lipo es de 20 C cuando puede darnos 20 veces su capacidad de almacenamiento, es decir si es de 1000 mA, = 1 A, $20 \times 1 = 20 \text{ A}$.

20 C, nominales, máximos, continuos, juego de palabras de las que se aprovechan los fabricantes, lo que parece lo mismo no lo es, una cosa es que un coche alcance 180 Km /h y otra muy distinta es que pueda hacer 300.000 Km en 10 años a esa velocidad.

Por tanto hay fabricantes que aseguran que esa batería puede darte 20 C continuos y otros que es el máximo.

2.3 LAS CES Y SU RELACIÓN CON EL TIEMPO DE DESCARGA.

Hace no mucho tiempo las lipo eran de 10C, ahora solo se ven de 20 C en adelante, este concepto es valido por tanto a sucesivas capacidades de descarga, por tanto sencilla regla de tres:

60 minutos.....1C
x minutos.....20C , por regla de tres inversa $60 \times 1 / 20 = 3$ minutos.

3 minutos de motor al máximo de gas es llevar a las baterías al limite, a pesar que esta “cuenta de la vieja” no es del todo cierta sirve para mostrar una visión mas global al asunto. Existe en el mercado lipos de 30 C máximo entendiendo que pueden funcionar a 20 C continuos

2.4 CONCEPTO DE RESISTENCIA INTERNA DE UNA BATERIA.

Todas las baterías tienen una resistencia interna, las lipos quizás las que menos, no voy a insistir en este concepto pues carece de importancia al no poder cambiar nada de esta característica, pero es la que hace que la batería se caliente cuando le damos caña, y que su voltaje baje cuando le aplicamos carga, lo ideal de una batería es que no tenga nada de resistencia interna es decir cero homios. El efecto adverso de la resistencia interna se vera aumentado cuanto más descarga le pidamos a la batería

2.5 CONCEPTO DE EQUILIBRADO DE LIPOS

Físicamente un pak de batería de plomero de litio (LIPO) esta compuesta por varias baterías o células conectadas en serie, las hay de 1, 2, 3, 4 etc. células en serie, el voltaje de las baterías conectadas en serie se suma, por lo que tenemos 3,7 / 7.4 / 11.1 V/ 14,8 V etc.

Unir baterías en serie se hace en baterías NIMH, en la batería de 12 V de plomo de automóvil etc., pero debido a la naturaleza o las fuertes descargas a las que son sometidas las LIPO terminan desequilibrándose las células que la componen.

Y que sucede en un pack de 2S lipo cuando se desequilibra, estaremos acortando la vida de ese pack, y paso a describirlo:

El regulador corta a 6 v, esto esta inventado para 3+3 V, pero puede suceder que sea 2,8 + 3,2. la primera célula la estamos descargando mas de lo debido y la segunda no da toda su capacidad. Ahora ponemos en carga y el cargador termina cuando el pack alcanza los 8,4 V, que debieran ser 4,2 + 4,2 V no esta desequilibrado tenemos 4 + 4,4 V, en este caso la primera célula no termina de cargarse y la segunda la estamos sobrecargando.

Con esta situación a parte que las baterías dan menor rendimiento sencillamente nos las estamos cargando.

2.6 EQUILIBRADOR DE LIPOS

Los Pack de lipo vienen con conector para equilibrador, no es un conector universal ni hay ningún convenio internacional para que así lo sea, por lo que nos podemos encontrar con varios modelos de lipo cada una con su conector diferente.

Tenemos en el mercado equilibradores para packs de batería de lipo, suelen venir con varios tipos de conectores, no es necesario poner el equilibrador en cada carga que se haga, mas bien de vez en cuando.

Hay cargadores de lipos que lo hacen a través del conector de equilibrado, no suelen superar los 2 A de carga máxima.

3.1 AC & DC, corriente alterna corriente continua.

La definición de corriente alterna seria la que cambia de polaridad en el tiempo, por ejemplo la energía eléctrica de uso domestico cambia 50 veces por segundo (50 Hz) al contrario que una batería, que mantiene su polaridad estable, para alimentar un radiador o un motor de lavadora se utiliza corriente alterna de la red, para alimentar un ordenador, un DVD etc se utilizan fuentes de alimentación que transforman esa corriente alterna a continua con el voltaje deseado.

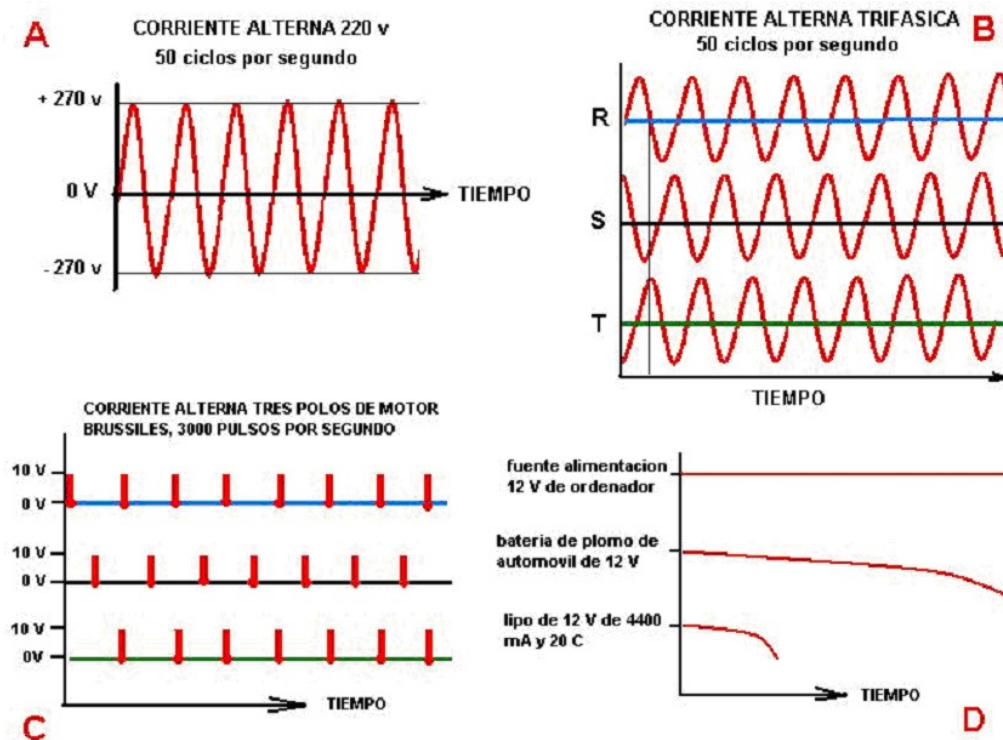
A la señora Maria le da lo mismo la corriente alterna que la continua, tan solo quiere no pasar frío con su radiador de 1.000 W, las compañías eléctricas decidieron que la distribución de energía eléctrica fuera en corriente alterna de 50 Hz,

El radiador que es una resistencia pura, le da lo mismo que le apliquemos una corriente continua de 220 v, o una tensión útil alterna de 220 V, y digo util o media.

La generación y transporte de corriente alterna es trifásica consiste en tres fases de corriente alterna desfasados 120°, este tipo de corriente se suministra a la industria en general a 380 V y con especial aplicación en motores eléctricos trifásicos,

domésticamente nos dan una fase más neutro, 220 V útiles. A cada vecino le suelen dar una fase distinta para equilibrar la línea.

Hay cierto parecido en los conceptos básicos de un motor trifásico de corriente alterna y un motor brushless de tres polos de aeromodelismo, los dos tienen tres conexiones, tienen bobinado y no tienen escobillas y no funcionan con corriente continua.



En la figura A, aparece representado gráficamente la corriente alterna domestica de 50 hz. donde se aprecia que cambia su polaridad 50 veces por segundo y que tiene un voltaje medio de 220 V pero que alcanza máximos y 0 v

En la figura B se aprecia el desfase en el tiempo de la corriente trifásica alterna de 50 Hz, de uso industrial.

En la figura C puede ser una aproximación a lo que sucede a la salida de un regulador brushless es la alimentación a pulsos en tres polos de un motor brushless del orden de 3 Khz. Por decir algo, esta frecuencia tiene directa relación con el timing en el regulador, que guarda relación con el tipo de motor que vamos a conectar. Son pulsos de corriente a una frecuencia, corriente alterna es.

La intención de la grafica C, dentro de esta explicación es la de aclarar conceptos que no datos concretos, pues en verdad no dispongo de momento de los mismos.

La figura D representa la corriente continua, como su nombre indica no cambia de polaridad, la línea mas recta representa una fuente de alimentación, las otras dos son baterías que según se descargan bajan un poco su voltaje.

4.1 REGULADOR, BECS, ALIMENTACIÓN INDEPENDIENTE DE MOTOR Y RECEPTOR & SERVO

Se llama vulgarmente regulador a un componente que a veces integra un bec para alimentar receptor y servos y otros son solo reguladores.

4.2 REGULADOR

Regulador: controla a su salida el voltaje de los pulsos en los motores brushless o el voltaje en corriente continua en los motores de escobillas para “dar gas” al motor en consonancia a la señal del receptor recibida, se le alimenta directamente de la batería dado su elevado consumo dentro del conjunto.

También debe de cortar el suministro de corriente al motor llegado a un punto de agotamiento de las baterías, para conservar así la vida de las baterías y asegurar la corriente para servos y receptor para poder tomar tierra.

Programación de un regulador brushless

Modo de corte de corriente: (total o progresivo) Cuando el voltaje de la batería alcanza un voltaje mínimo esto indica que esta agotada, el regulador corta la corriente del motor eléctrico totalmente o progresivamente en unos segundos para que puedas aterrizar, no es un buen sistema para aprovechar la carga de nuestras baterías puesto que puede provocar accidentes se debe de programar el cronometro de la emisora para que avise un tiempo de vuelo predefinido.

Tipo de batería: (LIPO o NIMH) suelen detectar el numero de células que tiene y saben el voltaje de corte por lo que hay que decirle que tipo de baterías usamos.

Freno motor: consiste en bloquear en la medida de lo posible el giro del motor cuando cortamos gas, hay reguladores con varios niveles de freno. El freno máximo se utiliza en hélices plegables en veleros, otros niveles de frenado se pueden utilizar para hacer acrobacias.

Timing: o frecuencia, esta relacionado con las Kv del motor, hay motores grandes de 400 Kv y inrunner de 3000 Kv, suelen tener 3 o 4 posibilidades.

Modo de gas: directo o progresivo, dada la potencia de algunos motores si se aplica todo el voltaje instantáneamente estando parados puede romper reductoras, consumir demasiada corriente, en modo progresivo le damos un poco mas de tiempo al motor al dar el gas a tope

4.3 BEC

BEC, debido a que tradicionalmente los receptores y servos se alimentaban a 5 V que son 4 elementos de nicad, cuando utilizamos baterías de mayor voltaje y queremos aprovechar esta alimentación para los servos y receptor, se utiliza un regulador de tensión electrónico que alimentado con varios voltajes da a su salida un voltaje estable de 5 V, evidentemente si esa alimentación es de 8 V se debe de comer los otros 3 v que multiplicados por la corriente que consume el conjunto receptor servos nos da una potencia eléctrica en vatios que deberá de disipar en forma de calor.

Si aumentamos la alimentación a lipo de 3S, 11v ($11 - 5 = 6V$) 6 voltios por la misma intensidad de antes, el doble de potencia disipada, por eso los bec limitan los servos según aumentamos el voltaje de entrada.

En moderados consumos suelen venir en la misma pastilla el bec y el regulador, es la presentación mas extendida, El regulador toma la señal de gas a traves de su conexión al receptor, y a su vez esta conexión alimenta el receptor y el resto de servos.

En este tipo de conexiones si desconectamos un el canal de dirección no funciona la dirección pero si desconectamos el canal de gas no funciona nada.

Pero a partir de cierto consumo, 30 A por decir un dato comienza a ser aconsejable separar el BEC de regulador, por un motivo principal y es que si el regulador se calienta en exceso corta, corta todo bec incluido, y si lo separamos físicamente podemos planeando aterrizar sin siniestro

BEC CONMUTADO SWITCHING

Este modelo de bec en lugar de disipar la potencia necesaria para que los servos & receptor tengan 5 V, a través de una frecuencia de control va tomando trozos de corriente de las baterías en el tiempo con lo que a su salida tiene 5 V, esto es ideal frente a los becs convencionales, no hay calentones ni desperdicios de potencia.

Pero esa misma frecuencia para ir tomando “trozos” de tensión en el tiempo aplicado a las baterías puede afectar a los componentes más sensibles como el receptor o servos en forma de tirar nuestro aparato al suelo.

Imagino esta influencia será mayor cuanto más pequeñas sean nuestras baterías.

4.4 ALIMENTACION INDEPENDIENTE

Si alimentamos el motor de un modelo con 22 V y necesitamos 5 V para el receptor, en lugar de desperdiciar 17 V y la dificultad de disipar esa potencia, podemos recurrir a alimentar el receptor con una segunda batería de 4 elementos de NIMH sin bec o una lipo de 7,4 con BEC, en estos casos el negativo de las baterías se conectan y es común y un positivo va al regulador y el otro positivo al receptor – servos.

Para optimizar la alimentación independiente existen en el mercado sistemas de ALIMENTACIÓN DOBLE para el receptor de tal manera que procuran siempre alimentación sea de las baterías de motor como las del propio receptor, de esta forma agote la que se agote el receptor & servos siempre tienen tensión.

5.1 MOTORIZACION ELECTRICA, COMPARATIVAS Y PRUEBAS

Según se ha explicado la resistencia de un circuito de aeromodelismo la formaba el regulador, bec y el motor, el 95 % del consumo de este conjunto depende del motor y a su vez el consumo del motor depende de la hélice que le montamos.

Tenemos pues una monitorización que es un conjunto de hélice – motor – batería, si variamos caprichosamente los valores de estas tres componentes, podemos quemar, desaprovechar, en definitiva cambiar el correcto equilibrio de un conjunto.

5.2 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE UN MOTOR BRUSHLESS

Este punto hace referencia a un motor determinado

Carcasa rotatoria o outrunner o de rotor interno inrunner, los de carcasa rotatoria se utilizan con conexión directa a hélice, y los inrunner con reductora o para turbinas eléctricas por sus elevadas Kv

Kv o rpm/V, son las revoluciones por minuto por voltio aplicado, indica en definitiva lo revolucionado que es un motor, suele darse la circunstancia que un mismo motor tenga uno o más hermanos con diferentes Kv, estos dos motores hermanos con la misma hélice, consumirá mas amperios el de mayor Kv, se supone que a mayor Kv mas velocidad imprimirá al aeromodelo aunque también depende del voltaje aplicado.

Corriente máxima ó máximo consumo: indica la corriente máxima que circula por el motor durante un pico de tiempo o a la corriente a la que se quema, por lo que se debe dimensionar a un 60 – 70 % del máximo. Motor de las mismas Kv a mayor peso aguanta mas corriente

Hélice soportada, esto tiene directa relación con el voltaje aplicado, en algunas webs viene perfectamente indicado, 2S hélice APC 10×5 y 3S hélice 9×5, en otras no parece claro. Lo que sí es cierto es que un conjunto de motor y lipo soporta hélice 11×6 siempre la soporta más pequeña.

Y si un conjunto motor y lipo 3S soporta hélice de 11×5, soportara esa hélice con lipo de 2S incluso más grande.

Máximo voltaje, viene expresado por las baterías lipo que soporta (2S) (3S) o (3S) (4S) etc.,

5.3 EMPUJE ESTÁTICO, POTENCIA, RENDIMIENTO Y VELOCIDAD

Este punto hace referencia a un conjunto, hélice, motor, y lipo

El empuje estático: consiste en medir la presión ejercida por un motor & hélice en un banco de pruebas sobre una balanza electrónica, nos puede servir como referencia para saber la relación empuje estático en gr / peso del modelo en gr

Y se llama estático por que en la realidad el avión en vuelo no esta estático, excepto en maniobras 3D como el torque roll, evidentemente deberá superar el empuje estático al peso en vuelo del modelo 3D

Potencia es el producto de la corriente en amperios por el voltaje en voltios que nos da los vatios, es valido pues en ocasiones se comenta que tal avión necesita un motor de tantos vatios.

Rendimiento hace referencia a la relación gramo de empuje estático y los vatios consumidos por el motor, se suele ver en gr/w y representa los gramos de empuje estático por cada vatio consumido, se puede apreciar que a mayor voltaje aplicado a un mismo motor menor rendimiento y a mas Kv menor rendimiento.

Velocidad de la hélice hace referencia al producto de las revoluciones por minuto medidas de la hélice y a la característica del avance por vuelta de la hélice, no es todo el empuje estático, a veces con menor empuje y mayor velocidad vuela mejor nuestro modelo, a mas Kv mayor velocidad.

Velocidad de una hélice 9 x 5'' o 10 x 5'' a 7500 RPM medidas

$$7500 \text{ rpm} \times 60 \text{ min} \times 5'' \times 2,54 \text{ Cm} / 100.000 = 57,15 \text{ Km /h} = 35,4 \text{ mph}$$

Donde 1'' = 2,54 Cm; y 1 Km = 100.000 Cm; 1 Km = 0,62 millas

La velocidad de la hélice no es la velocidad del modelo, la velocidad real máxima del modelo se vera aminorada por múltiples razones que ingenieros aeronáuticos nos podrán explicar, como la cavitación de la hélice o la resistencia aerodinámica del modelo.

5.4 ELIGE TU MOTOR

Opción A La mejor manera de elegir es buscar información sobre el modelo que vamos a motorizar y saber el motor que han utilizado. Hay comparativas serias pero tener mucho cuidado con opiniones parciales pues una cosa es que funcione y otra distinta que sea un conjunto optimo.

Opción B Muchos modelos aconsejan un AXI modelo tal, podemos montar esos motores o tomar nota de su peso, Kv, corriente máx., lipo usada y buscar su equivalencia en otras marcas o fabricantes.

Opción C Podemos hacer un estudio aerodinámico de nuestro modelo y mediante numerosos cálculos y ecuaciones nos saque la mejor opción, también es posible tener dos o tres motores y pasear estos y otros componentes por varios aviones y hacerlos volar... al final aquí cada uno hace lo que puede o lo que sabe. No hay que confundir una monitorización que funcione con una optima.

5.5 PRUEBAS Y COMPARATIVAS

En algunas webs podemos ver pruebas a motores concretos o bien comparativas de varios motores equivalentes aspirantes para un aeromodelo, Saber lo que representa el consumo en amperios, el empuje estático, la potencia, las RPM, la velocidad, el rendimiento etc. puede dar algo de luz en todo este variopinto mundo de los brushless.

Comenzamos con el motor 2215/25 de himodel, 59 gr 800 Kv, 2S y 3S, 17 A máx.

Utiliza un rango de voltajes variado, personalmente pienso que con las pruebas de 8 y de 11 V hubiera bastado, supongo se utilizo una fuente de alimentación de laboratorio

que proporciona voltajes estables y muchos amperios. Se puede apreciar que las pruebas son con dos hélices

E-MAX BL 2215/25 (800Kv), 59g, 8A-13A (17A max), Stated I_o = 0.9A, Stated R_m = 0.150 ohm, 9,19,06 (21°C), PH25 with latest firmware (V 1.52 Beta) and standard timing advance.

Prop	Volts	Amps	Watts	RPM	Pitch Speed (mph)	Thrust (g)	Thrust (oz)	g/W
9x5 GWS HD								
Motor 22°C: Set on PS: 7v	6.9	4.70	32	5700	27.0	314	11.06	9.81
PH 25 ESC: 8v	7.9	5.70	45	6390	30.3	398	14.01	8.84
9v	8.9	6.85	61	7020	33.2	486	17.11	7.98
10v	9.9	8.10	81	7680	36.4	584	20.56	7.21
125mAh, 34°C: 11v	10.9	9.40	103	8280	39.2	685	24.12	6.65
10x5 APC E								
Motor 30°C: Set on PS: 7v	6.9	6.25	43	5370	25.4	392	13.80	9.12
PH 25 ESC: 8v	7.9	7.60	60	5970	28.3	483	17.01	8.05
9v	8.9	9.00	81	6510	30.8	586	20.63	7.24
10v	9.9	10.55	103	7020	33.2	686	24.16	6.66
167mAh, 45°C: 11v	10.9	12.15	131	7500	35.5	792	27.89	6.05
<i>Dropping to</i>	10.9	11.80	129					
E-MAX data	(11.1)	13.00	(144)	7200	34.1	799	28.13	5.55

Tenemos diversas pruebas las 5 primeras con hélice de 9x5 y las 5 restantes con hélice 10x5, en la primera prueba nos dice que aplicando 7 V y con hélice 9x5 nos da un consumo de 4,7 A, se calcula $7\text{ V} \times 4,7\text{ A} = 32\text{ W}$, tiene un empuje de 314 gr y un gran rendimiento 9,8 gramos de empuje por cada vatio consumido.

Es decir aplicamos voltaje, medimos voltaje y consumo y medimos empuje, lo demás se calcula y se integra en la tabla

En cuanto las RPM no sé si son medidas o calculadas lo cierto es que a mayor voltaje mas RPM y a mas revoluciones mayor velocidad (MPH)

Conclusiones: este es un motor tranquilito, y podemos sacarle desde 314 gr de empuje que es ínfimo a 792 gr dependiendo de la hélice y voltaje, 800 Kv es para lipos de 3 por que con 2 anda menos que el caballo del malo.

El dato de Pitch speed hace referencia a la velocidad de la hélice, calculado en el apartado anterior, coincidente en las pruebas con voltaje de 11V y hélice 10x5''

La siguiente prueba esta encaminada a las diferentes opciones para equipar el acromaster de multiplex, es una comparativa de motorizaciones motor – lipo tradicionales (axi, imax, etc.) y otras económicas (hxt, Kd, etc.) comparten la misma hélice APC 11 x 5,5.

ID	Batterie	Volts	Moteur	R/kv	Hélices	Amp	Volts	W in	RPM	v/m	Thrust	Bat sol	Vitesse	DTVmm	Durée	Note
1293	LSvx 2200	11.1v	Axi 2820-12	920	11x5.5	22.8 A	10.22 v	233 W	8070		1239 g	10.4C	54km/h	5.8mm	9 mn	5/10
1290	LSvx 1800	11.1v	HC3516-1130	1130	11x5.5	34.6 A	9.91 v	343 W	8730		1468 g	19.2C	59km/h	3.1mm	6 mn	7/10
1350	HXT2200	11.1v	HXT35-42A	1100	11x5.5	27.2 A	10.85 v	295 W	8550		1403 g	12.4C	57km/h	4.9mm	9 mn	7/10
1385	HXT2200	11.1v	HXT35-42B	1250	11x5.5	35.4 A	9.6 v	340 W	8865		1517 g	16.1C	59km/h	3.7mm	6 mn	7/10
1303	LSvx 2200	11.1v	KD 36-12L	1000	11x5.5	29.8 A	9.83 v	293 W	8640		1435 g	13.5C	58km/h	4.4mm	10 mn	7/10
1331	LSvx 2200	11.1v	TP2915-5	930	11x5.5	34 A	9.59 v	326 W	8535		1398 g	15.5C	57km/h	3.9mm	7 mn	7/10
1296	LSvx 2200	11.1v	z3013-16	985	11x5.5	29 A	10.07 v	292 W	8670		1446 g	13.2C	58km/h	4.6mm	10 mn	7/10

Todos equipados con lipo de 3S, donde se puede apreciar que las lipo baratas debido a su mayor resistencia interna cae un poco mas su tensión y a su vez, a todas cae su tensión cuanto más corriente les pedimos debido a su resistencia interna.

Aparecen datos como el modelo de batería, su voltaje nominal, el modelo de motor, sus Kv, la hélice que es común, y medimos su consumo (A) y su voltaje (V) y calculamos la potencia consumida (W) se miden las RPM reales, y se toma nota de su empuje medido por una bascula electrónica, se calcula cuantas “C” de la batería estamos solicitando y se calcula velocidad del modelo al parecer grabando su sonido y analizándolo con una aplicación y la duración de la lipo en esas condiciones,

CONCLUSIONES:

Los resultados son parecidos pero hay diferencias, fijándonos en el HXT de 1100 y 1250 Kv ve que el segundo gasta 8 A mas que su hermano y apenas ganamos nada a cambio, se observa que las equipaciones económicas funcionan de manera equivalente.

A mas Kv mayor empuje en motores hermanos pero en diferentes fabricantes esto no siempre es así del todo, hay motorizaciones que abusan de las lipo (19 C) (16 C) sobre todo para lipos económicas o de menor calidad.

Se demuestra que no siempre un mayor consumo se traduce en un mayor empuje y una mayor velocidad, apreciar esto en HC3516 y KD3612L

5.6 CONJUNTO HELICE MOTOR LIPO

Para acertar en nuestro conjunto deberemos saber lo que necesita nuestro avión, no es lo mismo un jet con turbina eléctrica que un indor 3D, por eso es bueno guiarse para comenzar por el camino echo por otros, intentar aclarar todo el abanico de posibilidades que nos da la motorización eléctrica en base a los modelos habidos y por haber me parece una abanico demasiado amplio.

Me conformo pues con aclarar y unificar conceptos, para al menos hacer las cosas con un poco de criterio, es la base para avanzar.

CASO A; cesna 500 gr (ala alta 80 Cm envergadura)

Tenemos un modelo cesna de 500 gr de peso total este dato es objetivo, no vamos a hacer acrobacias especialmente, nos interesa gastarnos lo mínimo posible, sobre todo en baterías. Vamos a aprender a aterrizar por lo que le podremos una hélice gws que se rompen antes de romper lo que hay detrás.

Este planteamiento es subjetivo por eso no puede haber una sola verdad sobre motorización, lo que intentare explicar es a ser consecuente con este planteamiento subjetivo.

Elegiremos un motor de 60 gr que tenga un buen empuje con lipo de 2S. 2215/20 1260 Kv de himodel, nos cuenta en unas pruebas que localice, esto no siempre se da. Que con hélice de 9 x 5 tiene un empuje de 460 gr consumiendo 8 A, estos 8 A los soporta perfectamente el motor según características. (8 –13) mayor eficiencia y 22 A máximo

Lipo, con 8 A de consumo nos valdrían unas de 600 mA 20 C , (0,6 A x 20 =12 A máx.) pero como no vamos a hacer indor nos cogemos unas de 1300 mA 20 C (1,3 A x 20 = 26 A) que nos duraran 9 minutos en teoría.

Esta regla de tres inversa no es exacta pero sirve para no hacer el burro.

Si nos da 1,3 A durante 60 min.

Cuanto dura 8 A — x min, $1,3 \times 60 / 8 = 9$ min de duración

Nos podemos permitir pues probar con hélice 10x5 GWS o cuando controlemos mejor ponerle una APC con porta hélices normal, esta modificación consume algo mas, lo que tolerara el conjunto.

Regulador , de 12 A muy justo. De 20 A seria el ideal,

Conclusiones, esta motorización es correcta, pero por que no se le puede poner un motorización que tire 800 gr, lipo de 3S, es un poco mas caro pero nada más. Por otro lado reflexionando ese motor que soporta hasta 22 A le estamos infrautilizado, podríamos encontrar otro que pesara 45 gr y que soporte menos corriente, así ahorramos en peso y consumimos dentro del rango,

Por unos gramos mas tenemos componentes que nos valen para otros proyectos,

CASO B, easy glider brushless. (velero elapor de 1,8 m de env)

En orden de vuelo pesa sobre los 800 gr y tiene 1,8 m de envergadura, Tenemos limitado tanto el hueco de la batería que nos limitara sus dimensiones y por tanto su capacidad como el diámetro del motor, asunto este a tener en cuenta, al ser hélice plegable necesita un cono de aluminio y hélice plegable que pesa mas que una GWS y que una APC por tanto yo prefiero ejes de 4 o 5 mm de diámetro. Este planteamiento es objetivo.

Comenzamos con las preferencias y esto es subjetivo. Para comenzar que es lo que pretendemos, perderlo de vista en 40 segundos, que suba mas por pena que por empuje.... creo ni una cosa ni otra pero esta decisión cambia todo lo demás y es subjetiva.

El tema de la batería es fundamental, no por el peso puesto que es un velero si no por el hueco destinado, puede haber otras versiones pero en mi caso el hueco es de 17 Cm de largo por 4 Cm y 2 Cm, esta ultima medida es la “estrecha”

Que quepa tenemos dos baterías “estrechitas” de hobbiciti, una de 3 elementos y otra de 2 elementos.

LM loog max 1600 3S1P lipo Pack 102 x 34 x 18 mm (11V 32 A max)

LM loog max 2250 2S1P lipo Pack 110 x 35 x 16 mm (7,4 V 45 A max)

Los motores, de hobbiciti

Kd 36 – 28 / 1140 Kv, corriente máx. 22 A , hélice 3S 10×5. medidas 37 x 30 mm, eje 5mm

Los únicos datos que tenemos con este motor, es que con lipo de 3S nos aconsejan hélice de 10×5, no tenemos datos sobre su empuje estático ni su consumo con esa hélice, suponemos que esta dentro de rango, 16 A que soportara la LIPO de 3S, y el empuje puede rondar los 1000 gr.

Kd 36-22 S /1440 Kv, oriented 20 A , max 32 A, helices 2S 10×5 37 x 30 mm eje 5mm

De momento buscamos algo mas revolucionado 1440 vueltas por voltio (Kv) para lipo de 7,4 V, la información brilla por su ausencia pero se puede deducir que si te dicen que su corriente operativa o normal para lipo de 7,4 es de 20 A y te aconsejan hélice de 10×5, suponemos el consumo y desconocemos su empuje que no debe de ser corto para nuestro modelo.

Pues la primera motorización tenemos $11\text{ V} \times 16\text{ A} = 176\text{ W}$, y la segunda $7.4\text{ V} \times 20\text{A} = 148\text{ W}$. Estos datos pueden coincidir bastante con la realidad y es que donde termina una motorización de 7,4 V comienza la de 11 Para poder hablar de esto con objetividad hace falta probar los motores en una bancada y medir empuje, amperios etc, que normalmente casi nadie lo hace y todos hablamos asegurando rendimientos etc abundando y ahondando en el desconocimiento.

Por que por volar, vuela a la perfección el de 1140 Kv con lipo de 7,4 y hélice de 10 x5, un pelin penoso para subir pero sube perfectamente.

Saluda atentamente Rilos para el blog de miliamperios.