

به نام اهورا مزدا ی پاک
و به نام **ایران**



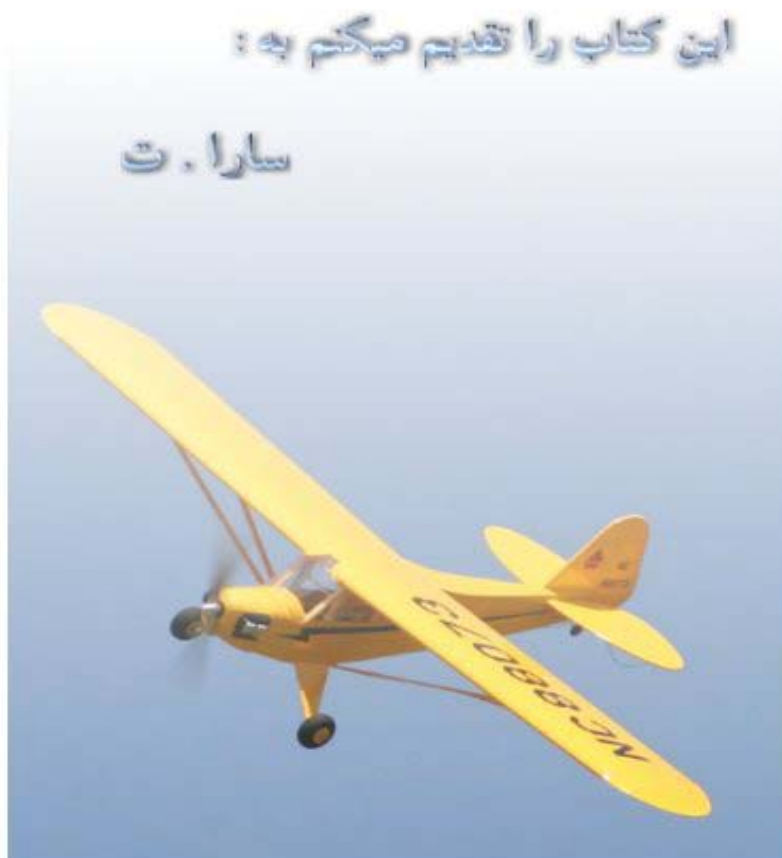
آشنایی با هواپیمای مدل

ترجمه و تالیف : عرفان آقایی (آرین)
erfan_aghaei@pochta.ru



my blog : yazilarim.blogfa.com

از همه دوستانی که این کتاب را دانلود کرده و مورد استفاده قرار میدهند ، خواهمندم در نقل مطالب این اثر ، اخلاق مداری را رعایت کرده و نام منبع آن را بازگو کنند . هیچ قانون خاصی به جز اصول اخلاقی و احترام به مؤلف کتاب برای این کار وجود ندارد . پیشاپیش از همکاری شما سپاسگزارم . عرفان آقایی



لذت داغ غمت بر دل ما باد حرام اگر از جور غم عشق تو دادی طلبیم !



جلد دوم

فهرست موضوعی :

- فهرست موضوعی (ص ۳)
پیشگفتار (ص ۵)
برخی مفاهیم پایه (ص ۷)
جریان الکتریکی
نیروی رانش الکترونی
مقاومت الکتریکی
جریان مستقیم و متناوب
قدرت الکتریکی
قانون اهم
راندمان
مقاومتهای سری و موازی
خاصیت خازنی
مدارهای کوپله
فیلترها
واحدهای الکتریکی
اتصال ستاره و مثلثی
آشنایی با نشانه ها و قطعه های الکترونیکی
مقاومت ها
خازنها
ترانزیستور و آی سی ها
دیودهای یکسوساز و زینر
دیودهای نورانی یا LED
موتورهای الکتریکی (ص ۱۵)
عملکرد موتورهای الکتریکی
موتورهای نوع (brushed)
موتورهای نوع (brushless)
جعبه دنده موتورهای الکتریکی (۲۳)
نوع اول جعبه دنده موتورهای الکتریکی
نوع دوم جعبه دنده موتورهای الکتریکی
عوامل موثر در مدت زمان پرواز
حذف پارازیت ها (ص ۲۶)
روشهای نصب ملخ (ص ۲۷)
روشهای نصب موتور (ص ۲۸)
سامانه کنترل سرعت (ص ۳۱)
توانایی های سامانه (ESC)
سامانه کنترل باتریها یا BEC
سامانه LVC
سامانه (Prop Brake)
سامانه (Current Limiter)
سامانه (Current Rating)
سامانه کنترل ولتاژ
سامانه قطع جریان
سامانه کلی (ص ۳۵)
کابلها و رابط ها (ص ۳۶)
ریز مدلها (ص ۳۸)
تکنیکهای ساخت (ص ۴۵)
ریز موتورها (ص ۴۹)
تجربه های متفاوت (۵۰)
مدلهای بال زن (۵۲)
اصول پرواز
باتریها (ص ۵۷)
تعاریف
- باتریهای ثانویه
برخی مفاهیم رایج (ص ۵۷)
ظرفیت
حجم انرژی یا توان
نسبت شارژ و تخلیه
باتریهای لیتیم (ص ۵۸)
انواع باتری های لیتیم
باتری نوع لیتیم – کربن مونو فلوراید
باتری نوع لیتیم – اکسید مس
نوع اکسی فسفات مس – لیتیم
باتری نوع " لیتیوم – تیونیل کلراید
باتری نوع " دی اکسید منگنز – لیتیم
باتریهای نیکل – کادمیم (۵۹)
نوع تهویه ایی
نوع بدون منفذ با الکترودهای زینتر شده
ساختمان کلی (ص ۶۰)
مشخصات برخی از باتریهای نیکل- کادمیم
باتریهای نیکل کادمیم پاکتی
باتریهای نیکل کادمیم تهویه ایی با
الکترودهای زینتر شده
باتریهای نیکل کادمیم بدون منفذ با
الکترودهای زینتر شده
باتریهای نیکل – کادمیم بدون منفذ با الکترو
پاکتی
مشخصات کلی باتریهای نیکل- کادمیم
باتریهای نیکل – آهن تهویه ایی (ص ۶۲)
ویژگی باتریهای نیکل – آهن تهویه ایی
باتریهای ، روی – نقره تهویه ایی
ویژگیهای کلی
باتریهای نقره – کادمیم تهویه ایی (ص ۶۳)
ویژگی های کلی
باتریهای جیوه – کادمیم
باتریهای پلیمری
باتری لیتیم _ پولیمر
علائم و استانداردها
انتخاب باتریها
موتورهای جت مدل (ص ۶۶)
تاریخچه
توربین های گازی (۷۰)
سیکل کاری موتورهای جت
قسمتهای اصلی موتورهای جت (۷۳)
مجرای ورود هوا
کمپرسور
کمپرسورهای دیسکی
کمپرسورهای تیغه ایی
محفظه احتراق
انواع محفظه های احتراق
محفظه احتراق چندتایی

مراقب باشید !	محفظه ی احتراق یک تکه
پروسه خاموش کردن موتور	محفظه احتراق نوع تلفیقی
در حالت عادی	کارائی محفظه احتراق
در شرایط اضطراری	توربین
هنگام پرواز	خنک کردن توربین
سامانه نیوماتیک مدلهای جت (۱۲۶)	مجرای خروجی گازها
مقدمه و تعاریف	خوردگی حرارتی در توربین (ص ۸۱)
شیر چهار راهه و سه راهه	انواع موتورهای جت مدل
عملکرد یک شیر چهار راهه	موتورهای توربو جت
عملکرد یک شیر سه راهه	موتورهای توربوپراپ
شیرهای تنظیم جریان	موتورهای توربو فن
شیرهای یک طرفه و شیرهای تخلیه سریع	موتورهای توربو شفت
شیرهای راه دهنده	روغن کاری موتورهای جت (ص ۸۵)
سیلندرهای نیوماتیک	سوخت (ص ۸۸)
ضربه گیرها	سوخت رسانی (ص ۸۹)
ترمزها	پمپ سوخت (ص ۹۴)
ترمزهای هوایی	سوخت رسانی به هواپیمای مدل (ص ۹۷)
چرخهای هواپیما	سوخت پاشها
تکمه (ص ۱۴۱)	روشهای نصب موتور (۱۰۰)
ضمیمه الف (ص ۱۴۵)	سامانه کنترل سرعت و جریان
موتورهای مدل جت را دست کم نگیرید	سوخت (۱۰۴)
ضمیمه ب (ص ۱۴۷)	ویژگی اساسی
سامانه دود زا	توصیف
ضمیمه پ (ص ۱۵۱)	ویژگیهای کلی سامانه FADEC (۱۰۵)
فرکانسهای رادیویی	عملکرد کلی سامانه FADEC (ص ۱۰۶)
	بررسی اجزا سامانه (ص ۱۰۸)
	سامانه (HDT)
	نصب سامانه (FADEC)
	کنترل باطریهای پمپ سوخت
	گیرنده رادیویی
	ترموکوپلها
	سنجش دور موتور (Rpm)
	استارت موتور جت (ص ۱۱۰)
	ویژگی کلی
	گاز استارت
	چگونگی اتصالات
	پر کردن کپسول گاز پروپان یا بوتان
	شفیت و بلبرینگها (۱۱۲)
	شمع موتورهای جت (۱۱۴)
	شمع موتورهای جت
	سرعت سنج
	سامانه کلی (ص ۱۱۶)
	مجموعه GSU (۱۲۰)
	استفاده از موتور (۱۲۰)
	چک لیست پیش از پرواز
	رعایت ایمنی (پیش نیازها)
	مراحل روشن کردن موتور
	انطباق سامانه کنترل
مطالب جلد سوم :	
آشنایی با موشک های مدل	
آشنایی با موتورهای رم جت	
آشنایی با موتورهای پالس جت	
آشنایی با قایقهای مدل	
آشنایی با بالگردهای مدل	
و	
به زودی :	
۱ - طراحی هواپیمای مدل	
۲ - راهنمای ساخت هواپیمای مدل	
۳ - موتورهای هواپیما	
۴ - راهنمای ساخت موتورهای شمع	

پیشگفتار:

به نام خدا

پس از ارائه جلد اول کتاب ، شماری از دوستان علاقمندی که آن را دانلود و مطالعه کرده بودند با فرستادن ای میل مرا مورد لطف و محبت خودشان قرار دادند که لازم میبینم از همه این عزیزان سپاسگزاری کنم .



هرچند پس از انتشار جلد اول ، احساس میکردم قدری برای این کار عجله به خرج داده ام و می بایست بر روی مطالب ارائه شده کار بیشتری انجام میشد ، با این وجود تشویق ها و چند مورد انتقادی که از جلد اول کتاب بعمل آمد ، این اطمینان را در من بوجود آورد که این مباحث خواستاران بیشمار دارد و تا حدود زیادی به هدف اصلی خود ، که همانا شناساندن و معرفی این رشته بود رسیده ام .

با وجود مشغله کاری و مشکلاتی که داشتم مطالب جلد دوم را برای انتشار آماده کردم ، اما اینک که مشغول نوشتن این چند خط هستم ، دوباره گرفتار همان تردیدها شده ام ! ، که آیا باید کتاب را به همین شکل منتشر کنم و یا اینکه مباحث مطرح شده را به شکل جامعتری ارائه نمایم . از سویی به نظر میرسد که در ارائه مطالب دچار اشتباه شده ام ! یعنی با توجه به آنکه در جلد سوم کتاب فقط به مباحث مربوط به بالگردها ، موشک ها ، قایقها و زیر دریایی های مدل خواهم پرداخت ، پس نام " آشنایی با هواپیمای مدل " برازنده آن نیست . چه بسا می بایست نام دیگری برای آن انتخاب کنم ! همچنین با اندکی دقت دریافتم که احتمالاً بخاطر گستردگی مسائل مربوط به موشک ها و بالگردهای مدل ، باید جلد سوم به دو بخش مجزا تقسیم شود ! به هر روی رفته رفته این مجموعه را تکمیل و در شبکه منتشر خواهم ساخت .

در جلد دوم که اینک پیش روی شما قرار دارد ، چند ضمیمه کوتاه به آن افزوده شده که دست کم یکی از آنها باید در جلد اول آورده میشد ! در این کتاب به مباحث مربوط به موتورهای الکتریکی ، باتریها ، و به ویژه به موتورهای جت مدل پرداخته ام که تا حدود زیادی برای خودم تازگی دارند . هر یک از این فرگردها علاوه بر مسائل تئوریک ، نیاز به تجربه های عملی و فرایند طراحی دارند که ترجیح دادم همه آنها را به کتاب " طراحی هواپیمای مدل " واگذار کنم . همچنین این مسئله ناراحت کننده را با شما در میان میگذارم که هنگام صفحه آرایی ، بیشتر توجهم مربوط به حجم کتاب میشد ! ، زیرا همانگونه که خودتان میدانید ، کاربران ایرانی حوصله دانلود کردن کتابهای سنگین را ندارند و این مشکل ، بسیاری از علاقمندان را فراری میدهد ! اما با همه تلاشی که بخرج دادم ، حجم این کتاب به مراتب بیشتر از جلد اول شد ! ولی شکی نیست که دوستداران هواپیمای مدل ترسی از آن نخواهند داشت .

با آگاهی از کاستی های این مجموعه ، و با امید به اینکه جلد دوم نیز مورد توجه شما قرار بگیرد ، این کتاب را تقدیمتان میکنم . امیدوارم نواقص آن را بر من ببخشید و مرا از انتقاد و یا پیشنهادهای خودتان محروم نکنید . و باز هم مجبورم این جمله همیشگی را تکرار کنم که :
به خاطر غلطهای املائی کتاب متاسفم !

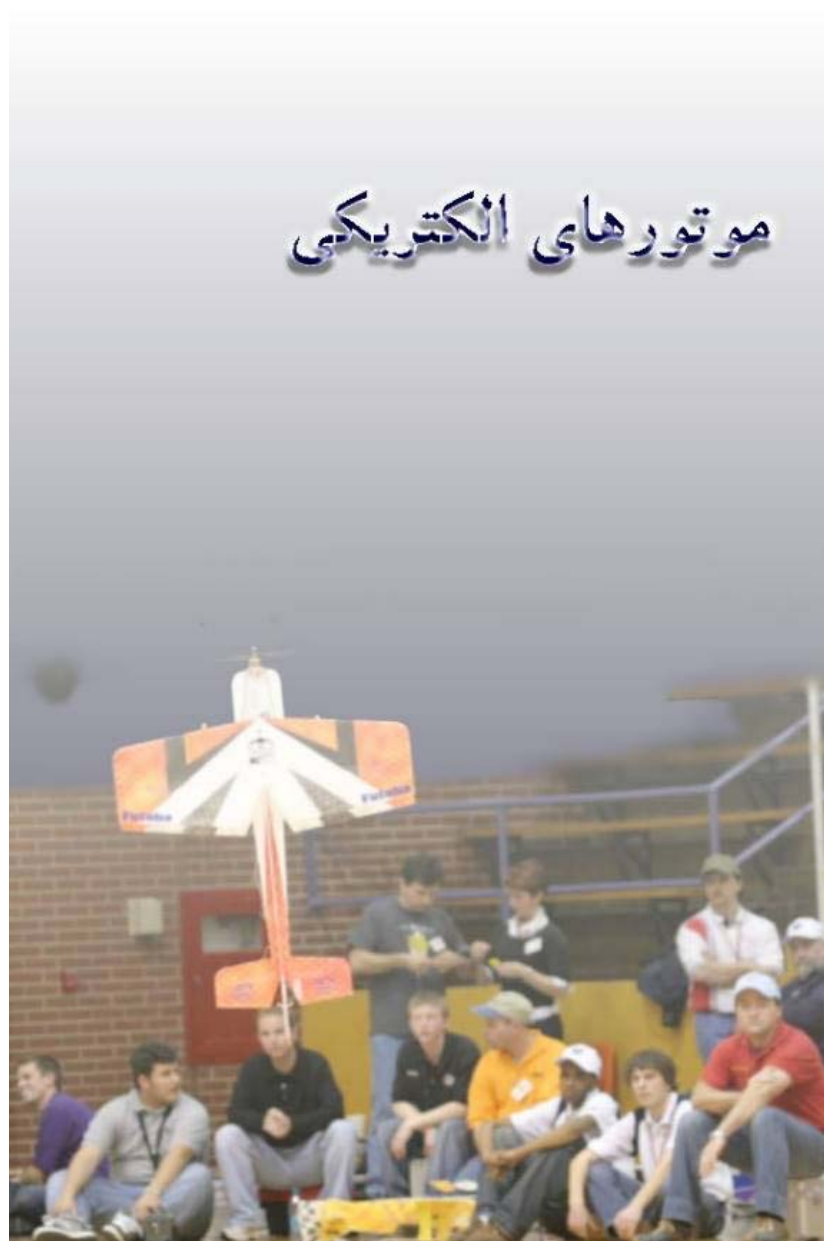
یاشاسین ایران .

عرفان آقایی (آرین)

تهران - ۱۳۸۵

yazilarim.blogfa.com

yazilarim.ir



برخی مفاهیم پایه :

در این بخش قصد آموزش الکتریسته را ندارم بلکه به شکلی گذرا به برخی از مفاهیم رایج که بی شک هنگام کار با هواپیماهای مدل الکتریکی با آنها برخورد خواهید داشت اشاره میکنم :

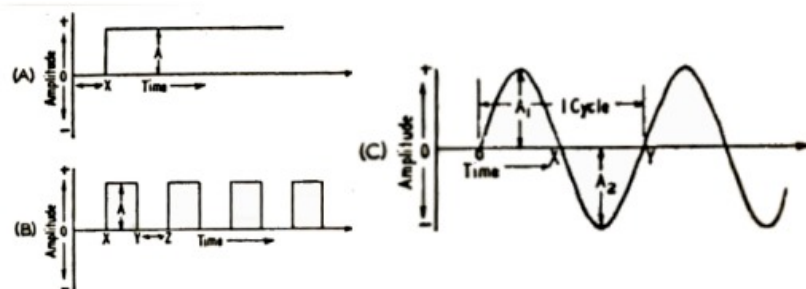
(توجه !) در این بخش علامت ****** یعنی : **نپرس چرا !** زیرا مجال پرداختن به آن وجود ندارد)

جریان الکتریکی : به حرکت الکترونها در طول یک هادی جریان الکتریکی میگویند . برای اندازه گیری آن از واحد " کولمب " (Coulomb) استفاده میکنند . برای عبور جریان الکتریکی از یک هادی بایستی انشعاب هادیها دارای اختلاف پتانسیل باشد . این اختلاف پتانسیل توسط باتری تامین میشود .

نیروی رانش الکترونی یا نیروی الکتروموتوری : نیرویی است که باعث حرکت الکترونها در طول یک هادی (مثلا سیم) می شود . که آن را معمولا با E یا emf (Electromotive Force) نشان میدهند . واحد اندازه گیری "نیروی رانش الکترونی" ولت (V) میباشد . (یک ولت به نیروی رانش الکترونی میگویند که باعث میشود جریان یک آمپر از یک هادی با مقاومت یک اهم عبور کند . به افتخار " ولتا " یک دانشمند رشته فیزیک این واحد را " ولت " نامگذاری کردند)

مقاومت الکتریکی (Resistance): ویژگی مقاومت یک هادی در برابر جریان الکتریکی را مقاومت الکتریکی میگویند و آن را با واحد " اهم " (Ω) نمایش می دهند . مقاومت مقدار مشخصی از طول و سطح مقطع هر فلز ، مقاومت آن فلز نامیده میشود . بطور کلی " اگر ولتاژی برابر یک ولت به مدای که مقاومت آن یک اهم است اعمال گردد ، جریانی برابر یک آمپر از آن خواهد گذشت " هر چه سطح مقطع هادی وسیعتر گردد مقاومت آن کمتر ، و هر چه طول هادی بیشتر شود مقاومت آن افزایش می یابد . واحده بزرگتر ، اهم ، کیلو اهم و مگا اهم میباشد . هر کیلو اهم برابر با هزار اهم و هر مگا اهم برابر با یک میلیون اهم است .

جریان مستقیم و متناوب (Alternating And Direct Current) : وقتی جریان الکتریکی در یک رسانا و یا هادی ایجاد می شود ، اگر این نیرو ثابت بماند ، یعنی الکترونها همیشه در یک جهت ثابت در یک مسیر یا یک مدار (Circuit) حرکت کنند ، جریان الکتریکی همیشه جهت ثابتی خواهد داشت . چنین جریانی را " جریان مستقیم " (Direct Current) یا به اختصار D.C مینامند . حال ممکن است نیروی رانش الکترونی emf بطور متناوب (پیوسته) تغییر جهت دهد . با یک چنین نیروی رانش الکتریکی ، جریان الکتریکی (حرکت الکترونها) ابتدا در یک جهت و سپس در جهت دیگر در مدار جاری خواهد شد . چنین نیروی رانش الکتریکی را " جریان متناوب " (Alternating Current) میگویند و آن را به اختصار با علامت A.C نشان میدهند . تغییر جهت جریان میتواند با هر سرعتی انجام شود از چندین بار در هر ثانیه گرفته تا چند بیلیون بار . ، هر دو بار تغییر جهت را یک " سیکل " میگویند (Cycle) . در هر سیکل نیرو ابتدا در یک جهت و سپس در جهت دیگر خواهد بود و دوباره جهت اولیه را بخود میگیرد تا سیکل بعدی شروع شود . تعداد " سیکلها " در یک ثانیه را " فرکانس " (Frequency) جریان متناوب مینامند



در تصویر بالا تفاوت بین " جریان مستقیم " و " جریان متناوب " را مشاهده میکنید . در این نمودارها محور افقی ، محور زمان است که به سمت راست افزایش می یابد . محور عمودی نماینده **دامنه یا شدت** جریان می باشد ، که در جهت بالا و یا پائین (از نظر مثبت و منفی) افزایش می یابد . در نمودار A جریان الکتریکی از لحظه معینی شروع و در یک مقدار ثابت باقی میماند . این جریان ، جریان مستقیم نامیده میشود . در نمودار B جریان در لحظه X بمقدار A شروع شده و همین مقدار را تا لحظه Y حفظ می نماید و سپس به صفر میرسد . دوباره در لحظه Z شروع شده و بهمان مدت قبلی در مقدار A باقی می ماند و سپس به صفر میرسد . و این روند بطور پیوسته ادامه می یابد . چنین جریانی را ، " جریان مستقیم منقطع " (Intermittent

(Current) میگویند . این جریان را میتوان با قطع و وصل یک کلید ایجاد نمود . این جریان نیز یک جریان مستقیم محسوب می شود زیرا جهت آن تغییری نمیکند . اما در نمودار C جریان از صفر شروع شده و مقدارش زیاد میشود تا به نقطه AL میرسد ، سپس شروع به کاهش میکند (مقدار مثبت میماند) تا در لحظه X به صفر میرسد و از این لحظه به بعد مقدار جریان باز رو به کاهش میرود منتها مقدار منفی خواهد شد تا مقدارش به A2 میرسد . دوباره پس از این مقدار جریان شروع به کم شدن میکند تا به صفر برسد . بدین ترتیب در محور Y جهت آن یکبار دیگر معکوس میشود . چنین جریانی را ، یک جریان متناوب مینامیم .

قدرت الکتریکی (Power): نسبت انجام کار را قدرت گویند . واحد اندازه گیری قدرت الکتریکی وات W میباشد . یک وات قدرتی است که یک " کلمب " جریان الکتریسته را در طول یک هادی ، در یک ثانیه عبور می دهد . یا به عبارتی حاصل ضرب ولتاژ درجریان را " توان " گویند . برای محاسبه کار الکتریکی از فرمول : $W = E \cdot I$ استفاده میشود که در آن I مقدار جریان و E نیروی رانش الکترونی و W قدرت الکتریکی است . در این فرمول P یا Power بر حسب وات ، E یا ولتاژ Voltage بر حسب ولت و I جریان یا Current بر حسب آمپر است .



قانون اهم : ساده ترین شکل یک مدار الکتریکی عبارت است از یک باطری و یک مقاومت که به دو سر آن متصل شده است (شکل) یک مدار کامل بایستی دارای مسیر پیوسته ایی باشد بطوریکه جریان بتواند از باطری خارج شده و با عبور از آن مسیر دوباره به باطری بازگردد . مقدار جریان ، ولتاژ و مقدار مقاومت در یک مدار با یکدیگر رابطه دارد که رابطه بین این

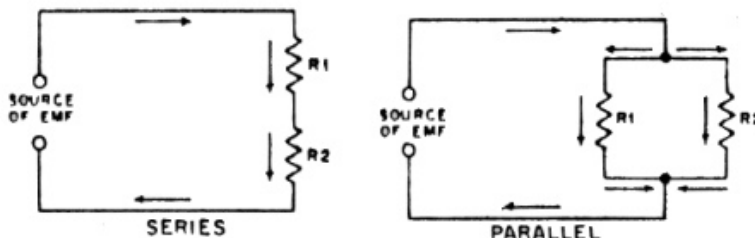
سه کمیت را قانون اهم مینامند (Ohm) طبق این قانون جریان جاری شده در یک مدار با مقاومت (رزیستانس) آن نسبت عکس دارد و با ولتاژ اعمال شده به دو سر مدار نسبت مستقیم دارد . این رابطه به شکل زیر تعریف میشود :

که در آن I مقدرا جریان (آمپر) و E نیروی رانش الکتریکی (ولت) و R مقاومت مدار محسوب میشود .

$$I \text{ (amperes)} = \frac{E \text{ (volts)}}{R \text{ (ohms)}}$$

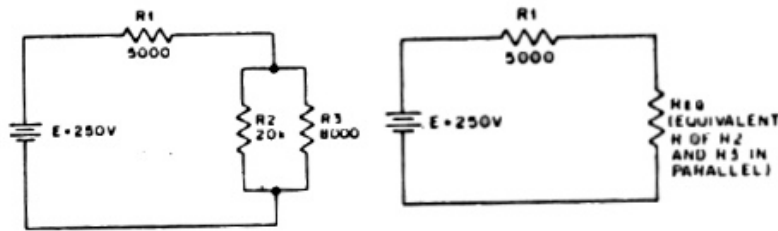
راندمان (بازده) : بازده Efficiency عبارتست از مدار انرژی خروجی قابل استفاده ، تقسیم بر کل انرژی ورودی را گویند . که آن را با E نمایش میدهند و از رابطه زیر بدست می آید : $E = P_o / P_i$. در این رابطه P_o قدرت خروجی بر حسب وات و P_i مربوط به قدرت خروجی بر حسب وات می باشد .

مقاومت های سری و موازی : در شکل پائین دو نمونه مدار ساده دیده میشود . در مدار سمت چپ دو مقاومت به شکل " سری " (Series) و در شکل سمت راست دو مقاومت به صورت " موازی " (Parallel) . برای درک مفهوم " سری " و " موازی " بهتر است به جهت جریان الکتریکی در این مدارها توجه کنید . در مدار سمت چپ جریان یکی است ، از منبع شروع ، و ابتدا از مقاومت اول R1 و بعد از مقاومت دوم R2 عبور کرده و دوباره به منبع باز میگردد . اما در مدار سمت راست ولتاژ دو سر هر دو مقاومت برابر است با ولتاژ منبع . جریان در این حالت به دو قسمت شده و از مقاومت های R1 و R2 میگردد .

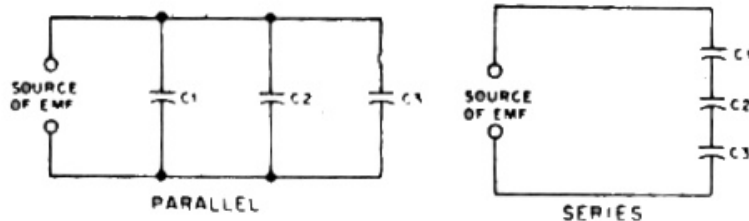


اگر چندین مقاومت R1, R2, R3, R4 را پشت سر هم ببندیم (در حالت سری) مقاومت کل مدار برابر خواهد بود با حاصل جمع تمامی مقاومت ها . یعنی : $R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$. اما در مدارهایی که به صورت Parallel (موازی) مقاومت کل مدار کوچکتر از کوچکترین مقاومت مدار است . زیرا کل جریان همیشه بزرگتر است از هر کدام از جریانهای گذرنده از هر مقاومت به تنهایی . برای محاسبه مقاومت معادل چند مقاومت " موازی " از این فرمول استفاده

میشود . $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \dots$ البته در عمل بیشتر مدارها از مدار مختلط استفاده میکنند . ****** که نمونه ایی از آن را در مدارهای زیر میبینید .

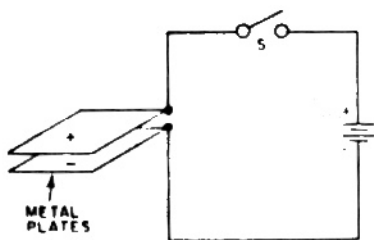


مفهوم " سری " و " موازی " فقط شامل مقاومتها نمیشود بلکه خازنها نیز از ترکیب سری و موازی استفاده میکنند . ******



مقدار ولتاژی که میتوان با اطمینان به چندین خازن موازی اعمال نمود برابر است با کمترین مقدار ولتاژ مجاز که متعلق به یکی از خازنهاست . وقتی خازنها به شکل " سری " باشند ولتاژ اعمال شده بین خازنها تقسیم میشود . در این حالت وضعیت شبیه مقاومتهای سری میباشد . خازنها را اغلب به شکل " سری " به یکدیگر وصل میکنند تا بتوانند ولتاژهای زیاد را تحمل کنند . اگر خازنهایی که بطور سری بهم وصل میشوند با هم برابر باشد ، ولتاژ اعمال شده بطور مساوی بین آنها تقسیم میشود . زمانی که خازنها " سری " میشوند مراقب باشید که ولتاژ اعمال شده به هر خازن ، بیشتر از ولتاژ کار مجاز آن خازن نشود . ******

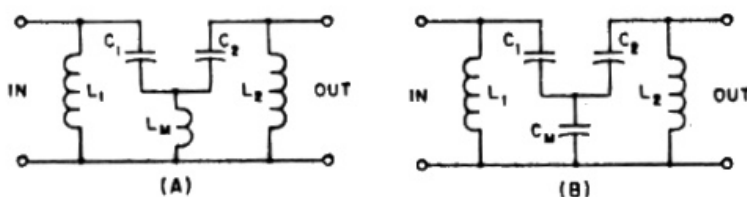
خاصیت خازنی (Capacitance) : دو صفحه فلزی



را در نظر بگیرید (تصویر) که نزدیک به یکدیگر قرار گرفته اند و به یک باطری متصل شده است . در این مسیر یک کلید S نیز قرار دارد . در لحظه ایی که کلید وصل میشود ، الکترونها از صفحه بالایی جدا شده و جذب قطب مثبت باطری میشوند و در همین موقع ، به همان اندازه الکترون از قطب منفی جذب و دفع صفحه پائینی میشوند . این نقل و انتقال الکترون

به قدری خواهد بود که نیروی رانش الکترونی ، برابر ولتاژ باطری بین دو صفحه فلزی شود . هنگامیکه کلید S قطعه شود ، صفحه بالایی کمبود الکترون و صفحه پائینی افزایش الکترون خواهد داشت . با وجود آنکه باطری از مدار خارج شده اما این دو صفحه همچنان دارای بار الکتریکی هستند چنین حالتی را خاصیت Capacitance یا خازنی مینامیم . برای دشارژ این دو صفحه کافی است آنها را با یک سیم به یکدیگر وصل کنیم . این دو صفحه یک خازن و یا کپاسیتور (Capacitor) را تشکیل میدهند . خازنها را با واحد Farad نمایش میدهند که این کار به خاطر ارج نهادن به تلاشهای یکی از فیزیکدانان قرن نوزدهم به نام " فارادی " انجام گرفته . وی تحقیقات وسیعی در مورد الکتریسته انجام داد و موفق به اختراع مولد الکتریکی شد .

مدارهای کوپله (Coupled Circuits) : وقتی انرژی از یک مدار به مدار دیگر منتقل میشود ، گویند دو مدار کوپله شده اند . مداری که قدرت تحویل میدهد بنام اولیه (Primary) و آن دیگری ثانویه (Secondary) نامیده میشود . در تصویر زیر نمونه ایی از مدارهای کوپلینک خازن و سلف را میبینید . ******



فیلترها (Filters): فیلتر مداری است که موجب میشود برخی از فرکانسها در اثر عبور از آن تضعیف و یا بعضی دیگر بدون تضعیف عبور کنند * . بطور کلی چهار نوع فیلتر وجود دارد :

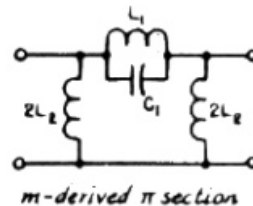
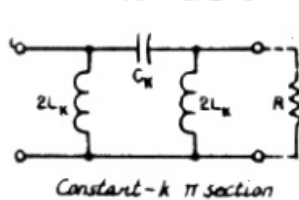
۱- فیلتر پائین گذر (Low pass): همه فرکانسهای پائین تر از یک حد ویژه را عبور میدهد و از آن به بالا را تضعیف میکند . آن فرکانس مخصوص فرکانس قطع (Cutoff) گفته میشود .

۲- فیلتر بالاگذر (High pass): این فیلتر نیز دارای یک فرکانس قطع میباشد اما در این فیلتر ، فرکانسهای بالای این حد بدون تضعیف عبور میکنند . ولی فرکانسهای پائین تر تضعیف میشوند .

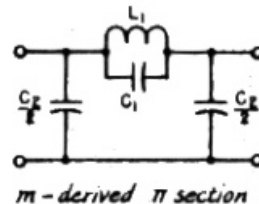
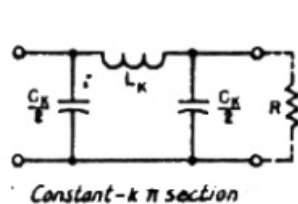
۳- فیلتر میان گذر (Band pass): آنست که یک باند فرکانسی بخصوصی را تقریباً بدون تضعیف عبور میدهد در حالیکه تمامی فرکانسهای خارج از این باند (پائین تر و بالاتر) فیلتر خواهد شد .

۴- فیلتر باند ممنوع یا (Stop band): عبارت است از باندی از فرکانس که تضعیف در آن ناحیه وجود دارد و مقدار تضعیف ممکن است تغییرات داشته باشد .
در تصویر زیر دو نمونه از پیکر بندی کلی فیلترها را میبینید . برای فرکانسهای پائین و بالا .

HIGH-PASS FILTERS-



LOW-PASS FILTERS-

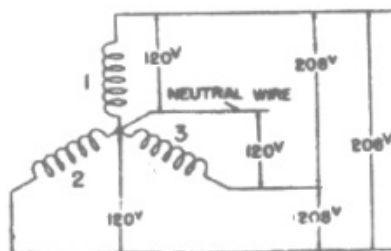
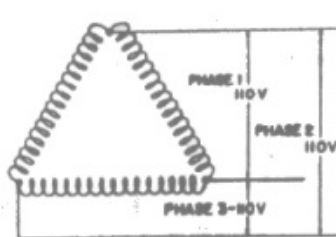


واحد‌های الکتریکی (Electrical Units):

بنابر تعاریف ارائه شده واحد نیروی رانش الکترونی ولت (Volt) میباشد .
واحد اندازه گیری جریان ، آمپر (Amper) است . یک آمپر معادل با حرکت چندین بیلیون الکترون در یک ثانیه از یک نقطه در مدار میباشد .

آمپر مستقیم (dc .amp): معیاری است که برای جریان مستقیم و آمپر متناوب (ac.amp) معیاری است برای جریان متناوب یعنی جریانی که از نظر دامنه و هم از نظر جهت متغیر است . یکی از مشخصه های جریان متناوب مقدار موثر (Effective) یا جذر مجذور متوسط (Root mean square) است که بطور خلاصه با (rms) نمایش داده میشود .

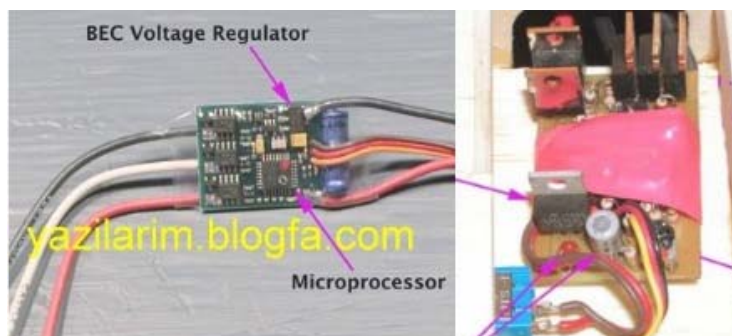
اتصال ستاره و مثلثی: آشنایی با این روشهای اتصال برای کسانی که با موتورهای الکتریکی سروکار دارند الزامی است . ارتباط موتورهای نوع AC که در ادامه با آنها آشنا خواهید شد به وسیله این دو روش انجام میشود و سیم پیچهای آنها با استفاده از دو مدار موسوم به " ستاره ایی " و " مثلثی " به یکدیگر متصل میشود . در تصویر زیر چگونگی آن را مشاهده میکنید . با توجه به شکل ، درک علل نامگذاری این روشها با مطالبی که گفته شد کار ساده ایی است .



در سمت چپ ، شاهد اتصال نوع " مثلثی " سیم پیچهای استاتور جریان متناوب هستید . در این مدار ولتاژ سیم پیچ شماره ۱ در ۱۲۰ درجه ، مقدار ماکزیمم را قبل از سیم پیچ شماره ۲ دارد و سیم پیچ شماره دو در ۱۲۰ درجه ماکزیمم را قبل از سیم پیچ شماره ۳ ، و به همین ترتیب این توالی ادامه می باید . در اینجا اختلاف فاز ولتاژها از یکدیگر ۱۲۰ درجه است و به این ترتیب بیشترین توان از جریان متناوب بدست می آید . لازم است به این اشاره کنم که میدان مغناطیسی ایجاد شده در موتورهای نوع AC حالت گردشی دارد . در مدار سمت راست شما شاهد چگونگی ترکیب بندی سیم پیچهای استاتور به شکل " ستاره ایی " هستید . اختلاف ولتاژ این نوع اتصال هم ۱۲۰ درجه میباشد . برای مصرف کننده تک فاز میتوان از دو ترمینال آن استفاده کرد .

آشنایی با نشانه ها و قطعه های الکترونیکی :

اعتراف میکنم تا اینجا بدرستی نمیدانم در این نوع مباحث تا کجا باید پیش بروم . هواپیماهای مدل الکترونیکی تقریباً از تمامی مفاهیم ارائه شده استفاده میکنند (بسته به نوع طراحی) این مطالب را تنها به این دلیل به کتاب اضافه کردم که احساس میکنم برای کسی که برای اولین بار با یک هواپیمای مدل الکترونیکی روبرو میشود آگاهی از اصول و مبانی الکترونیک الزامی است . هر چند این اطلاعات بسیار کم و یا کافی نباشد ، اما تشخیص قطعه ها و دست کم آگاهی مختصری از مفاهیم علوم الکتريسته کمک بزرگی برای یک تازه کار محسوب میشود . توصیه میکنم به مطالب پراکنده ایی که در این چند صفحه آورده شده اکتفا نکرده و برای آشنایی بیشتر با الکترونیک به کتابهای دیگری مراجعه کنید . (بنا به دلایل شخصی از معرفی کتاب خاصی خودداری میکنم) و اما در ادامه ، مطالب کوتاهی در مورد برخی قطعه های الکترونیکی که اغلب میتوان آنها را در انواع و اقسام هواپیماهای مدل مشاهده کرد تقدیمتان میکنم و باز هم تاکید دارم که این کار فقط برای این انجام میشود که شما توانایی تشخیص آنها را بدست بیاورید و یا دست کم قادر به شناسایی کم و کیف یک مدار الکترونیکی باشید . هر چند برآستی برای کسی که یک هواپیمای مدل را خریداری میکند نیازی به دانستن این مطالب نیست و حتی بسیاری از کسانی که هواپیمای مدل خودشان را میسازند شاید بدرستی از عملکرد بخش های مختلف آن و به ویژه بخش کنترل کننده الکترونیک آگاه نباشند (اعم از فرستنده و گیرنده و کنترل کننده سرعت) زیرا شرکت های سازنده ، شما را از این کار بی نیاز میکنند ! فقط کافی است مدل خودتان را با استفاده از یک راهنما مونتاژ کنید و کاری بکار اصول عملکرد آن نداشته باشید . و یا اینکه مدل آماده خودتان را روی زمین قرار داده و آن را به پرواز در بیاورید و از تماشایش لذت ببرید ! حتی ممکن است در صورت خرابی و آسیب دیدن آن ، زحمت تعمیرش را هم به خودتان ندهید ! و اما برای ما که در پی آموختن دانش هوانوردی هستیم اوضاع کمی فرق میکند . بی شک ما میخواهیم خودمان طراح و سازنده باشیم ، به این کار به شکل یک سرگرمی نگاه نمیکنیم ، و مطالب ارائه شده در این کتاب نیز این را بخوبی نشان میدهد .



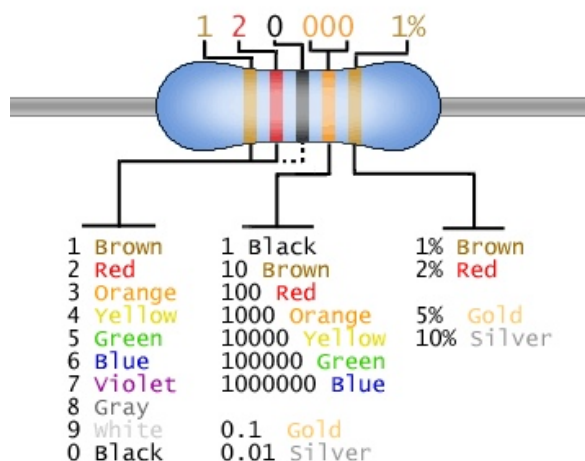
در تصویر بالا دو نمونه از کنترل کننده های سرعت (در فصلهای بعد با آنها آشنا خواهید شد) دیده میشود . هر یک از این وسایل مجموعه ایی از قطعات الکترونیکی محسوب میشوند و وظیفه کنترل موتور و جریان را در هواپیمای مدل بعهده دارند . نمونه سمت چپ پیشرفته تر از کنترل کننده سرعت سمت راستی خود است و با کمک میکروپروسسور و آی سی ها دارای اندازه و وزن کمتری است . حتی ممکن است شما دیگر با " ترانزیستورها " مواجه نشوید ! شاید شما دیگر با مدار های تثبیت کننده ولتاژ سروکار نداشته باشید ! اما اصول و عملکردها یکی است . و میبایست حداقل توانایی تشخیص اجزاء آن را داشته باشید . هر قطعه الکترونیکی وظیفه و عملکرد خاصی

دارد . بسته به نوع مداری که در آن بکار گرفته میشود ممکن است ظرفیت اسمی متفاوتی داشته باشد . هر قطعه الکترونیک دارای نشان استاندارد شده ایی است تا تشخیص آنها در یک مدار امکان پذیر باشد ، هر قطعه ممکن است مجموعه ایی از صداها نمونه با مشخصات غیر همسان باشد . مثل مقاومتها ، خازنها و

بنابر این به تشخیص خودم تنها به معرفی شماری از قطعه های الکترونیکی که ممکن است شما با آنها سروکار پیدا کنید میپردازم . (بدون اشاره به چگونگی عملکرد آنها)



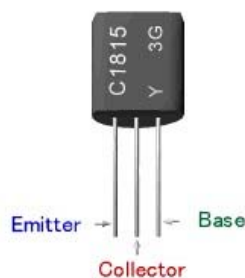
مقاومت ها : در اندازه و توانهای مختلف تولید میشوند (1, 1/2, 1/4, 1/8, 5...W) . اندازه هر مقاومت را میتوان از روی نوارهای رنگی که بر روی آن رسم شده تشخیص داد . ** آن را با نماد یک خط موج دار (مجموعه بالا ، زیر تصویر مقاومت) نمایش میدهند .



برای تعیین مقدار مقاومت از روی این جدول ابتدا از اولین نوار رنگی شروع میکنیم . از جدول عدد آن را در می آوریم ، دومین رنگ را میخوانیم و در سمت راست عدد اول مینویسیم ، حال رنگ سوم را بدست آورده و سپس به تعداد عدد بدست آمده ، عدد صفر را در مقابل اعداد قبلی قرار میدهیم . اگر رنگ سوم طلایی باشد مقدار عدد خوانده شده را بر ۱۰ و اگر نقره ای باشد بر عدد ۱۰۰ تقسیم میکنیم . **



خازنها : در بخش خاصیت خازنی توضیح داده شد و تنها به واحدهای آن اشاره میکنم : خازنها را با علامت F نمایش می دهند . برای نمایش واحدهای کوچکتر از فاراد از این علائم استفاده میکنند . ۱- میلی فاراد (mf) از کوچکترین واحدهای خازنها محسوب میشود که برابر با یک هزارم فاراد است . ۲- میکرو فاراد (μf) یکی از واحدهای کوچک خازن است که یک هزارم میلی فاراد است . ۳- نانوفاراد (nf) برابر است با یک هزارم میکروفاراد . ۴- پیکوفاراد (pf) : برابر است با یک هزارم نانوفاراد . توضیح آنکه خازنهای شیمیایی (موسوم به خازنهای الکترولیتی) دارای پایه های مثبت و منفی هستند که بر روی آن نوشته میشود و یا پایه منفی را با یک خط مشکی بر روی بدنه مشخص میکنند . **



ترانزیستور و آی سی ها : ترانزیستورها دارای سه پایه بنام بیس (Base) ، امیتر (Emitter) ، کلکتور (Collector) میباشد . به دو نوع مثبت (PNP) و منفی (NPN) تقسیم میشوند که نوع آنها را میتوان به وسیله فلشی که بر روی نماد آنها وجود دارد تشخیص داد . در نوع مثبت جهت فلش به سمت داخل است و بر عکس . اما آی سی ها در واقع مدارهای مجتمع ترانزیستوری هستند تا کار با دستگاههای الکترونیکی راحتتر شود . شناخت این المانها کار دشواری نیست . آی سی ها برای مصارف مختلفی طراحی میشوند . برای استفاده از آنها باید به مشخصات آن از قبیل جهت نصب

، مدار داخلی و پایه های آن و ولتاژ مصرف آن توجه داشت . جهت نصب ترانزیستورها نیز اهمیت دارد و معمولاً برای مشخص کردن ، از بخش تخت آن استفاده میشود . **

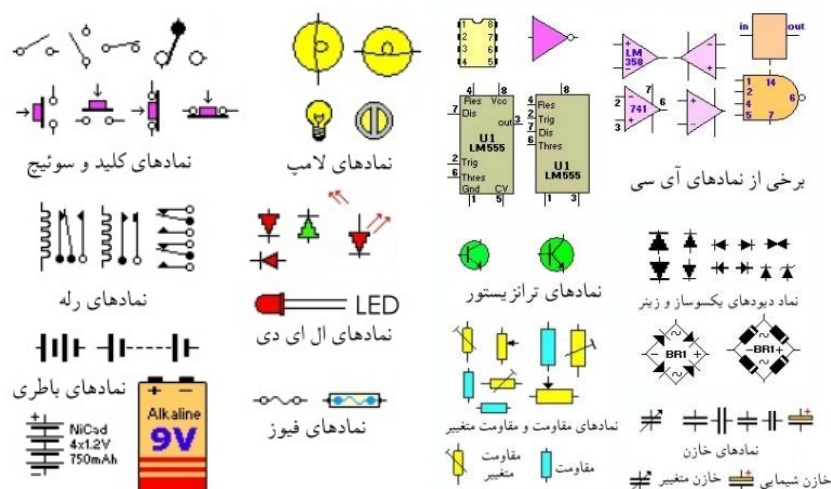
دیودهای یکسوساز و زینر: دیودها برای تبدیل جریان مستقیم به متناوب بکار میروند . ** دیودهای زینر برای کار در " ناحیه شکست " طراحی شده اند و میتوان از آنها برای از بین بردن " ریبیل خروجی " مدارهای یکسوساز استفاده کرد . **



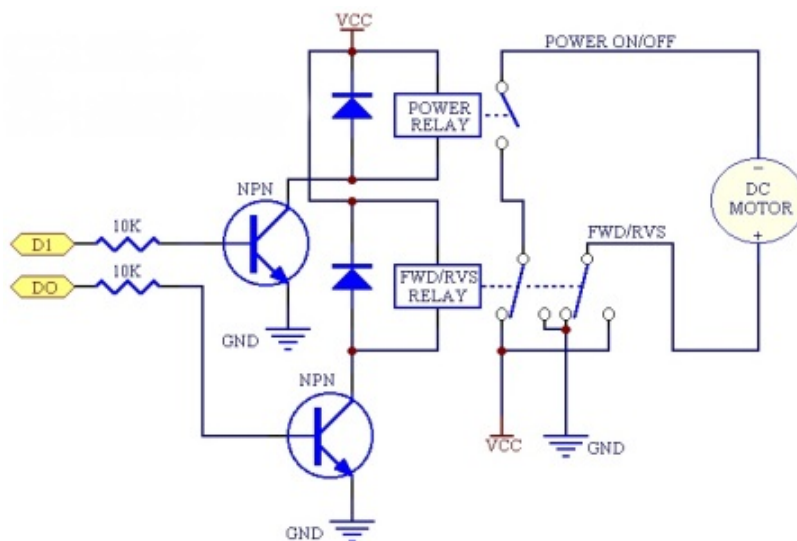
دیودهای نورانی یا LED : از قطعه های تولید نور محسوب میشوند (شبیه لامپ) با عملکردی متفاوت و در رنگهای مختلف ! ** هنگام استفاده جهت و نوع پایه های آن را در نظر داشته باشید . حالا با توجه به توضیحات داده شده ، آیا میتوانید قطعات این کیت را تشخیص دهید !؟



برای تشخیص المانهای الکترونیک در مدارها از نمادهای استاندارد شده استفاده میکنند که شماری از آنها (نه همه نمادها) در تصاویر پائین دیده میشود .



با توجه به نمادها و شناخت مختصری که در مورد قطعه های الکترونیک بدست آورده اید باید بتوانید اجزاء مدار زیر را تشخیص دهید ! اگر موفق به این کار نمیشوید مطالب گذشته را دوباره بخوانید . در این مدار با کلمه Relay مواجه می شوید که آن را توضیح نداده ام ! رله ها قطعه ها و یا بهتر است بگویم ابزارهایی هستند که امکان قطع و وصل جریان را فراهم میکنند . از رله ها در ساخت مدار داخلی سروها استفاده میشود . (مثل مدار زیر !) *



مباحث مطرح شده به شکل بسیار خلاصه مورد توجه قرار گرفته اند . آشنایی کامل با دنیای گسترده و جذاب الکترونیک در این کتاب امکان پذیر نیست . در صورت علاقه میتوانید به شکل مستقل در این زمینه مطالعه کنید .

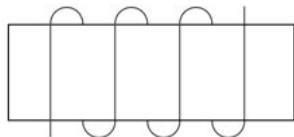


موتورهای الکتریکی :



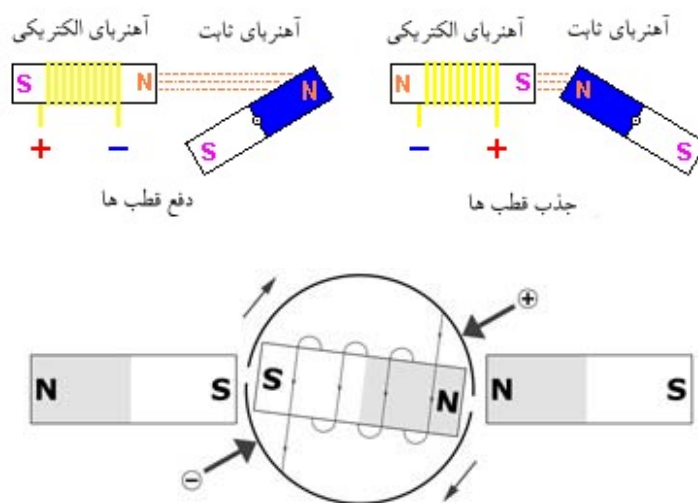
این نوع موتورها به تازگی از محبوبیت زیادی برخوردار شده اند ، از عوامل اصلی گرایش به موتورهای الکتریکی میتوان به تمیزی و بی سروصدا بودن و سهولت کاربری آنها اشاره کرد . از طرفی با پیشرفت فن آوری ، امروزه موتورهای الکتریکی پُر قدرتی به بازار ارائه میشود که طیف وسیعی از هواپیماهای مدل را پوشش میدهند و محدودیتهای اولیه تا حدود زیادی از بین رفته است . اما هنوز به نقطه ی قابل قبولی نرسیده اند . موتورهای الکتریکی نیروی مورد نیاز خود را از باتریها تامین میکنند ، متأسفانه با همه تلاشهایی که شرکتیهای سازنده در این زمینه انجام داده اند باتریها همچنان نسبت به سوخت های گازی سنگینتر هستند (از دید یک طراح و کاربر هواپیمای مدل) بنابراین طراحان هواپیماهای مدل با محدودیت وزن مواجه بوده و اینگونه مدلهای بسیار سبک طراحی و ساخته شوند تا وزن اضافی باتریها جبران شود و زمان پرواز معقولی بدست آید .

عملکرد موتورهای الکتریکی :



این نوع پیشرانها بر اساس ماهیت الکترومغناطیسی کار میکنند . میدانیم وقتی جریان الکتریکی را از یک سیم عبور بدهیم یک میدان الکترومغناطیسی متناسب با شدت جریان ایجاد میشود . با وارد کردن یک ماده فرومغناطیس به داخل سیم پیچ میتوان قدرت میدان مغناطیسی سیم پیچ را افزایش داد . یک سیم پیچ یا

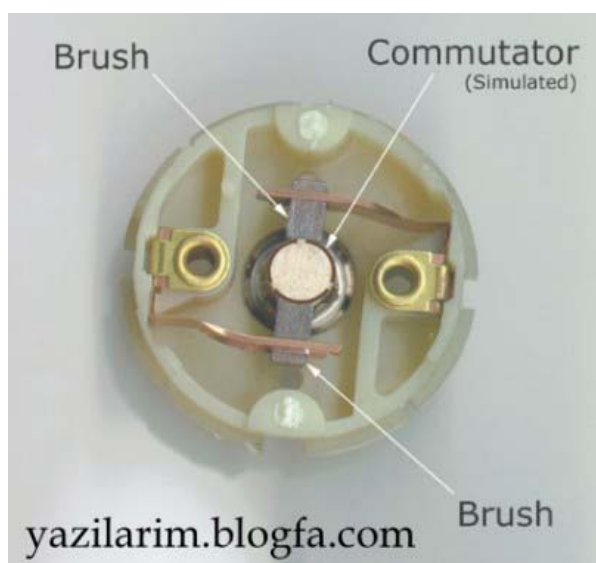
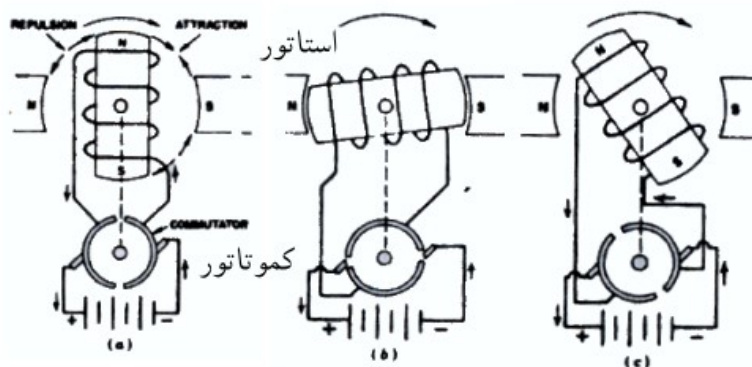
یک هادی ، زمانی مغناطیسی میشود که ما جریان الکتریکی را از آن عبور بدهیم . در حالی که یک آهنربا همواره و بدون نیاز به این جریان حالت الکترومغناطیسی دارد . هر دوی این میدانها (آهن ربای دائم و یا غیر دائم) هر یک دارای قطب مثبت و منفی هستند . ما با توجه به قطب های زمین آن را قطب منفی یا (N) که از کلمه (north) گرفته شده و قطب دیگر را (S) مینامیم که از کلمه (south) گرفته میشود و دارای بار مثبت است . اگر هر یک از قطب ها را به یکدیگر نزدیک کنیم خواهیم دید که قطب های هم نام یکدیگر را دفع ، و قطب های مخالف یکدیگر را جذب میکنند . مثلاً قطب اس و ان یکدیگر را جذب و قطب های هم نام (مثلاً اس و اس و یا ان و ان) یکدیگر را دفع میکنند . تمامی موتورهای الکتریکی از همین ویژگی استفاده میبرند و با تغییر مداوم قطب ها باعث تداوم حرکت موتور الکتریکی میشوند .



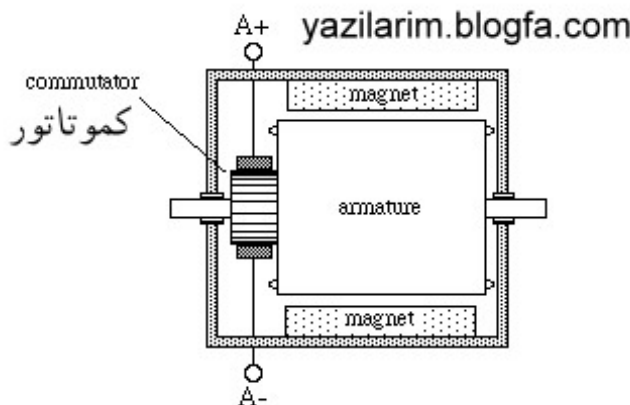
در هواپیماهای مدل از دو نوع مختلف موتورهای الکتریکی استفاده میشود :
(brushless) و (brushed) (در زبان فارسی به brushed " جاروبک " میگویند)

موتورهای نوع (brushed) :

اصولا استوانه یا لوله ایی فلزی است که شامل دو قسمت : (stator) یا بخش ثابت و (rotor) یا بخش متحرک میباشد . بخش متحرک موتور بر روی یک شفت و در مرکز بخش ثابت میچرخد . بخش روتور دارای سیم پیجهایی با هسته آهنی است و بخش ثابت موتور از دو آهن ربای ثابت که به بدنه استوانه ایی موتور متصل هستند تشکیل شده . بخش متحرک (روتور) از یک کموتاتور (commutator) یا اصطلاحا جهت دهنده ، جریان الکتریکی را دریافت میکند . جریان (DC) حداقل به دو (brush) انتقال میابد و باعث ایجاد میدان الکترومغناطیسی در هر یک از (brush) ها میشود . با ایجاد میدان مغناطیسی و با توجه به قطب های ثابت بخش (stator) که از آهن رباهای دائم تشکیل یافته است بخش متحرک شروع به حرکت میکند . در هر گردش با تغییر قطب های جریان که به وسیله کموتاتور انجام میشود حرکت بخش متحرک (روتور) تداوم می یابد . سرعت موتور DC وابسته به ولتاژ و گشتاور آن وابسته به جریان است .



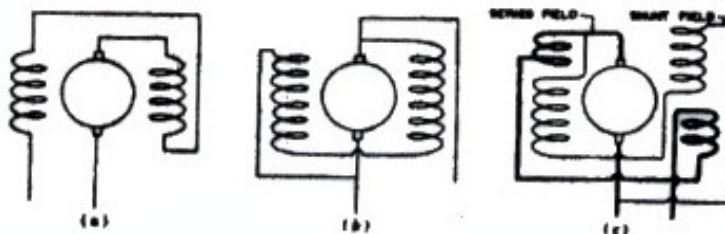
یک میدان مغناطیسی نیاز به دو مقب شمال و جنوب (یا همان مثبت و منفی) دارد . بنابراین حداقل قطب ها در یک موتور الکتریکی دو عدد میباشد ولی اغلب موتورهای تجاری و پر قدرت ۴ قطب دارند . هر چقدر تعداد قطب ها بیشتر باشد ، سرعت موتور بیشتر خواهد بود . تعداد قطب های یک موتور همواره زوج است و بدین لحاظ موتوری را که ما در اینجا شرح دادیم دوقطبی هم مینامند .



نکته ی دیگری که لازم است به آن اشاره کنم مربوط به بخش متحرک و ثابت موتورهای الکتریکی است ، امروزه مقطع هسته موتور (یا همان آرمیچر) بصورت دایره ایی بوده و از تعدادی ورقه آهنی که رویهم قرار گرفته اند تشکیل میشود . در آرمیچرها اغلب این ورقها به محور خود پرس میشوند . محور این سیم پیچها بر روی دو یاتاقان که در دو انتهای موتور جای دارد میچرخد و یا در موتورهای گرانتر برای این منظور از بلبرینگها استفاده میکنند . کمو تاتور از صفحات بهم فشرده مسی تشکیل شده است که این صفحات معمولاً توسط عایق میکا از یکدیگر جدا میشوند . یک موتور دی سی نیروی الکتریکی را به گشتاور تبدیل میکند و (rpm) در این نوع موتورها بر حسب ولتاژ بدست می آید . مصرف جریان این نوع موتورها بستگی به نوع سیم پیچهای آن دارد . بخشی از انرژی دریافت شده صرف غلبه بر اصطکاک شفت میشود . برای محاسبه محاسبه توان و بازده موتورهای الکتریکی (η) میتوانید از این فرمول استفاده کنید:

$$\eta = P_{out} / P_{in}$$

که در آن (η) نسبتی است بین نیروی ورودی و خروجی .
موتورهای brushed در انواع سیم پیچ " سری " ، " شانت " ، " ترکیبی " عرضه میشوند (نکته آنکه : در موتورهای brushed میتوان آهن ربای بخش ثابت (stator) را با سیم پیچ جایگزین کرد، بدین ترتیب با تغییر جریان این سیم پیچها میتوان گشتاور موتور را کنترل نمود . اگر سیم پیچ میدان با سیم پیچ روتور به صورت سری باشد ، یک موتور گشتاور بالای کم سرعت و اگر به صورت موازی باشد ، یک موتور سرعت بالا با گشتاور کم خواهیم داشت .)



در موتورهای " سری " سیم پیچ استاتور با سیم پیچ روتور سری میباشد . (a) تمامی جریان مصرفی از میدان آرمیچر میگذرد ، همچنانکه سرعت چرخش موتور افزایش می یابد emf افزایشی نیز زیاد و جریان میدان کم میشود . در یک موتور " شانت " (b) سیم پیچ روتور استاتور " موازی " است . میدان شانت میباشد بقدر کافی مقاومت داشته باشد تا بتواند جریان میدان را محدود کند . از آنجائیکه ولتاژ اعمالی به میدان برابر ولتاژ اعمالی به موتور میباشد ، جهت جلوگیری از emf افزایشی بایستی یک مقاومت بالا در مسیر میدان قرار داد . بدین منظور سیم پیچ میدان را با سیم های نازک و دور بالا میپیچند تا این امر عملی شود .

در نوع سوم " ترکیبی " سیم پیچ میدان از ترکیب " سری " و " موازی " استفاده میکند . (c) این نوع از موتور ها دارای مشخصات موتور های " سری " و " شانت " میباشد . یعنی نیروی استارت قوی دارند بدون اینکه سرعت افزایشی در حالت بدون بار داشته باشند .



توجه داشته باشید که هر موتوری یک ولتاژ ایده ال دارد که در آن بیشترین بازده در (rpm) را میتوان بدست آورد ، برای بدست آوردن بهترین کارایی از موتوری که می خرید به اطلاعات ارائه شده از سوی سازنده ، در کاتالوگهای آن توجه کنید .

موتورهایی که ما در اینجا مورد بحث قرار میدهم بازدهی بین ۳۰ الی ۸۰ درصد ارائه میدهند . (بستگی به نوع و قیمت آن و به قولی : هر چقدر پول بدهید ، همانقدر آش میخورید !) .

بیشتر موتور های الکتریکی که در کیت های ارزان قیمت ارائه میشود ، معمولاً دارای بخش ثابتی (stator) از هیدرو اکسید آهن هستند ، این کار قیمت این موتور ها را پائین می آورد . این نوع موتور ها به فریت یا " can " معروف هستند (نمی دانم چه کلمه ایی در ایران به جای عنوان can بکار برده میشود . م) " Can " ها ضعیفتر از موتور های مشابه خود هستند و اغلب فاقد سرویس دهی میباشد . اما قیمت آنها پائین است و برای اولین پرواز های شما مشکلی ایجاد نخواهند کرد . آنها برای شروع خوب هستند .

موتورهایی از جنس " کبالت " و " نئودیمیم " از محصولات گرانبه و کمیاب محسوب میشوند ، این نوع آرمیچرها سرعت و توانایی بالاتری نسبت به انواع " هیدرواکسیدی " خود دارند .



نمونه ایی از موتور های جدید از نوع (brushless)

موتور های الکتریکی با نامهایی از قبیل ۲۸۰ , ۳۰۰ , ۴۰۰ , ۴۸۰ , ۶۰۰ تولید میشوند که بر روی بدنه درج میشود . این نام بر اساس طول و وزن و یا در برخی از مدلها بر اساس بازده آن بکار میرود . برای نمونه یک آرمیچر ۴۸۰ نشان دهنده آن است که این مدل دارای ۴۸ میلیمتر طول است ، سنگینتر از مدلی مثل ۲۸۰ محسوب میشود و به نیروی بیشتری احتیاج دارد .

عموماً یک موتور ۲۸۰ برای مدلهایی با وزن تقریبی ۴۰۰ گرم مناسب است و یا یک موتور ۴۸۰ برای مدلی به وزن تقریبی ۸۰۰ گرم مناسب میباشد (البته بدون استفاده از جعبه دنده) . با فرض اینکه موتور های نامبرده ۷۵٪ بازدهی دارند میتوان نتیجه گرفت که برای یک مدل ورزشی نیرویی معادل ۱۱۰ وات نیاز داریم تا مدل طراحی شده توانایی انجام حرکتهای نمایشی را داشته باشد ، گلایدر ها و هواپیماهای تفریحی نیروی کمتری نیاز دارند و بنابر تجربه های بدست آمده نیرویی در حدود ۶۰ الی ۷۰ وات برای این قبیل مدلها کفایت میکند .

با این حال نمیتوان گفت که نسبت بالای توان به وزن در یک هواپیما عامل اساسی پرواز به حساب می آید ، مبنایست عوامل دیگری از جمله زاویه چرخش ملخ ، نسبت به " ار پی ام " موتور را در نظر داشت . سرعت پرتاب باید ۲ تا ۳ برابر سرعت واماندگی مدل باشد . سرعت

واماندگی هواپیما تقریباً چهار برابر نیروی وارد بر بال است . عامل دیگری که باید آن را در محاسبات خودمان در نظر داشته باشیم " رانش ایستا " (Static Thrust) میباشد که مشخص میکند هواپیما چه میزان به وسیله پیشرانه ی خود به جلو کشیده میشود . نیروی " رانش ایستا " دستکم باید $1/2$ تا $1/4$ وزن هواپیما باشد .

بدست آوردن میزان " رانش ایستا " برای پیشبینی پرواز کافی نیست و میبایست عوامل دیگری همچون سرعت ملخ و پسار را در نظر داشته باشیم .



برای محاسبه رانش ایستا از این فرمول استفاده کنید :

توان خروجی = نیرو $\times$ سرعت نهایی

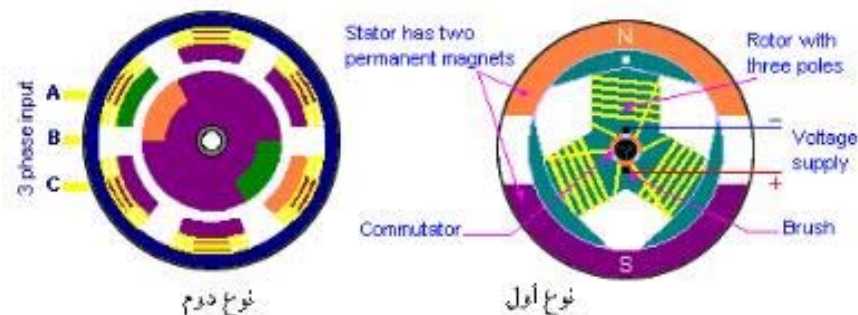
علت این امر آن است که مقایسه و نتیجه گیری رانش ایستا از روی عملکرد ملخ هواپیما نمیتواند اطمینان بخش باشد ، زیرا ممکن است در آزمونها مرتکب اشتباهی شده و یا اینکه خود تیغه ها به شرايط واماندگی برسند و عملکرد درستی نداشته باشند . بنابر این برای بدست آوردن " رانش ایستا " این فرمول توصیه میشود تا نتیجه محاسبات دقیقتر باشد .

موتورهای نوع (brushless) :



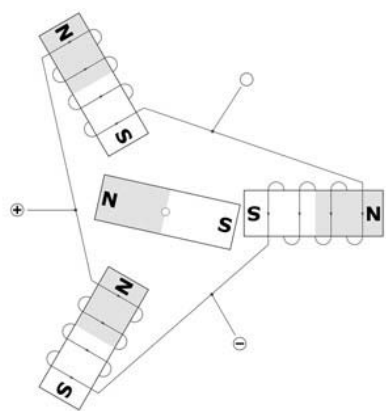
در ابتدای این بخش گفتیم که موتورهای الکتریکی بر دو نوع هستند که آنها را (brushed) و (brushless) مینامیم ، تا به اینجا نوع اول را شرح داده و ویژگی این نوع موتورها را بررسی کردیم و حالا به شرح نوع دوم یعنی (brushless) میپردازیم :

این موتورها گرانتر بوده ، اما کارائی بالائی دارند ، بازدهی اغلب آنها به 80 الی 90 درصد میرسد . این موتورها بر خلاف نوع اول دارای اصطکاک کمتر و نیروی بیشتری هستند تفاوت عمده آنها در این است که به جای استفاده از سیم پیچهای (DC) آنها از نوع (AC) استفاده میکنند و همچنین بخش متحرک آنها بر خلاف مدلهای دی سی از آهن رباهای ثابت تشکیل شده و بخش ثابت آن از سیم پیچها تشکیل میشود . برای درک بهتر به تصویر زیر توجه کنید و این نوع موتورها را با مدل قبلی مقایسه کنید :





یکی دیگر از ویژگیهای خوب این نوع موتورها مسئله انتقال حرارت در آنهاست ، چون سیم پیچها به بدنه متصل هستند (بر خلاف نوع اول) بدنه ی موتور حرارت ایجاد شده در سیم پیچها را به بیرون انتقال داده و در واقع به عنوان یک خنک کننده (هیت سینک) عمل میکند ، در نتیجه بازدهی و عمر این موتورها افزایش می یابد . این موتورها از اختلاف فاز موجود بین فازهای تغذیه چند فاز ، برای ایجاد یک میدان الکترومغناطیسی دوار داخلی ، استفاده می کنند . اغلب ، روتور شامل تعدادی هادی مسی است که در فولاد قرار داده شده اند . از طریق القای الکترومغناطیسی ، میدان مغناطیسی دوار در این هادیها جریان القایی بوجود می آید که در نتیجه منجر به ایجاد یک میدان مغناطیسی متعادل کننده شده و موجب می شود که موتور در جهت گردش میدان به حرکت در آید . این نوع موتورها را " موتور القایی " مینامند . برای اینکه این موتور به حرکت درآید بایستی همواره با سرعتی کمتر از فرکانس منبع تغذیه اعمالی به موتور ، بچرخد ، چرا که در غیر این صورت میدان متعادل کننده در روتور ایجاد نخواهد شد .



برای کنترل سرعت در این موتورها ما به یک مبدل یا اینورتر نیاز داریم تا جریان دی سی (DC) باتریها را به جریان (AC) سه فاز تبدیل کند . برای عوض کردن جهت حرکت موتور تنها تغییر جریان دوفاز از سه فاز کافی است . توجه داشته باشید که یک موتور نوع (brushless) میتواند از نوع DC و یا AC باشد . سرعت موتور AC در ابتدا به فرکانس تغذیه بستگی دارد ، یا اختلاف در سرعت چرخش بین روتور و میدان استاتور ، گشتاور تولیدی موتور را تعیین می کند . تغییر سرعت در این نوع موتورها را می توان با داشتن دسته سیم پیچها یا قطبهای در موتور که با روشن و خاموش کردنشان سرعت میدان دوار مغناطیسی تغییر می کند ، ممکن ساخت . موتورهای "

القایی " (Induction Motor) از انواع پرکاربرد هستند . در این نوع موتورها سیم پیچ استاتور بر روی شیارهای داخلی آن است . (چسبیده به بدنه) معمولا استاتور موتور ac دارای ۲ یا ۳

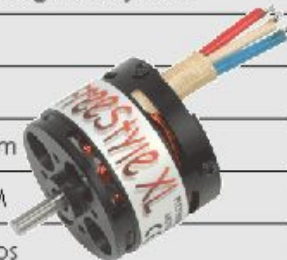
سیم پیچ جدا از هم است که بستگی به کاربرد آن به عنوان ۲ یا ۳ فاز دارد . وقتی چند فاز به سیم پیچ استاتور اعمال میشود ، یک میدان مغناطیسی چرخشی در داخل استاتور بوجود می آید . همانگونه که جهت جریان در یک فاز عوض میشود ، میدان مغناطیسی ترکیبی بوجود آمده نیز با همان فرکانس عوض میشود .

توجه داشته باشید که یک موتور نوع (brushless) میتواند از نوع تک فاز یا سه فاز باشد (تصویر زیر) همچنین برخی موتورهای نوع DC میتوانند با جریان AC نیز کار کنند (مدل های اونیورسال) . استاندارد جامعی برای موتور ها وجود ندارد و شرکت های سازنده ، موتور های خود را بر اساس سرعت و راندمان خودشان عرضه میکنند و یک سازنده و یا طراح هواپیمای مدل میبایست بر اساس نیاز دست به انتخاب بزند .



موتور های ac همزمانی یا سنکرون (Synchronous Motors) نیز چرخشی همزمان با جریان متناوب اعمالی دارند . این موتور ها ویژگی های مشترکی با موتور های " القایی " دارند . در موتور های کوچک (مثل انواع مورد استفاده در هواپیما های مدل) روتور از یک آهن ربای دائم تشکیل میشود اما در نمونه های بزرگتر روتور میتواند الکترومگنتی باشد .

Motor:	Plettenberg Freestyle XL
Magnets:	n/a
Polls:	14
Rm:	43 mohm
Kv:	870 RPM
Io:	1.25amps
Max. I:	25-30amps at 83%-80% efficiency
Cells:	8-12 cells
Max. E:	86% efficiency at 20-25amps
Input Pwr:	350 Watts
Gearing:	None
Shaft:	5mm
Props:	10" - 13" props
Weight:	140g (4.9oz)
Diameter:	44mm (1.75")
Length:	34mm (1.34") excluding shaft



نمونه ایی از مشخصه های ارائه شده توسط سازندگان موتور های الکتریکی

در جدول زیر انواع مختلفی از موتورها دیده میشود . شاید مارکهای ارائه شده در بازار ایران یافت نشود ، اما این جدول به خودی خود یک منبع آموزشی است . شما میتوانید بر اساس ارقام ارائه شده تصویر کلی از مشخصات موتورهای الکتریکی نوع (brushless) را بدست آورید .

(این جدول فقط برای مقایسه ارائه میشود . به مشخصات درج شده دقت کنید)

Motors (less than 25g)									
Manufacturer	Model	Wt g (oz)	T (g)	Voltage	I (A)	P (W)	T/Wt	Gear Ratio	Prop
WES-Technik	DC1 3-02	0.8 (0.03)	3	1.3	0.015	0.02	2.0		
WES-Technik	DC1 3-03	1.2 (0.04)	5	5.4	0.25	1.35	3.0		
WES-Technik	DC1 3-04	1.9 (0.07)	6	3.6	0.15	0.54	4.1		
Falcon	PU03	2.2 (0.08)	5	4.0	0.25	1.0	2.3	5.25:1	U80
Falcon	PU04	2.3 (0.08)	10	3.4	0.33	1.1	4.3	6.5:1	KP00 96mm
Knight&Pridham	KP-00	6.0 (0.21)	14	2.4	1.0	2.40	2.3	2.67:1	3.35 in-adj pitch
Kenway	KR1-D	6.2 (0.22)	12	3.0	0.78	2.34	1.9		U-90
Kenway	KR2	7.1 (0.25)	8	5.0	0.30	1.50	1.1		
WES-Technik	4.5-0.6 Set 11	7.9 (0.28)	31	6.0	0.63	3.8	3.9	5:1	WES 16x12
Kenway	KR1	9.1 (0.32)	10	3.0	0.70	2.10	1.1	4.2:1	
Kenway	KR1	9.1 (0.32)	14	4.0	1.0	4.00	1.5		5 1/2 in
DJ Aerotech	MFS-1A	10.0 (0.34)						4.2:1	GWS EP-5043
VL Products	HY-50K	10.0 (0.35)	22	4.0	0.33	1.10	2.2	5:1	P-2 Prop
Falcon	PU01	11.0 (0.39)	40	8.4			3.6	5:1	136mm dia
GWS	LPS-B2C-C	11.8 (0.42)	58	7.2	1.06	7.6	4.9	6.2:1	GWS EP-7060
GWS	LPS-B2C-B	11.9 (0.42)	51	7.2	0.85	6.1	4.3	5:1	GWS EP-7035
MTM	Colibri	12.0 (0.42)		9.6	0.80	7.7		4:1	5x4
WES-Technik	5-2.4 Set 1a	12.2 (0.43)	69	8.0	0.85	6.8	5.6	8:1	WES 23x12
WES-Technik	5-2.4 Set 1b	12.2 (0.43)	77	8.0	0.90	7.2	6.3	6.7:1	WES 20x10
GWS	LPS-B2C-A	12.2 (0.43)	41	7.2	0.72	4.3	3.4	4:1	GWS EP-6030
WES-Technik	5-2.4 Set 1c	12.5 (0.44)	52	7.0	0.82	5.7	4.16	5:1	WES 16x12
HiLine	Micro 4	13.0 (0.46)	28	3.0	2.60	9.00	2.15		U80
WES-Technik	5-2.4 Set 2a	14.0 (0.49)	70	9.0	0.86	7.7	5.0	9:1	WES 23x12
WES-Technik	5-2.4 Set 2b	14.0 (0.49)	58	8.0	0.89	7.1	4.1	6.3:1	WES 20x10
GWS	LPS-RLC-B	21.1 (0.74)	124	4.8	2.92	14.0	5.9	5:1	GWS EP-8060
GWS	LPS-RLC-C	21.3 (0.75)	125	4.8	3.20	15.4	5.9	6.2:1	GWS EP-9047
GWS	LPS-RLC-A	21.5 (0.76)	125	4.8	3.56	17.1	5.8	4:1	GWS EP-8043
GWS	LPS-RXC-A	21.6 (0.76)	102	7.2	1.95	14.0	4.7	4:1	GWS EP-8043
GWS	LPS-RXC-B	21.7 (0.77)	126	7.2	1.93	13.9	5.8	5:1	GWS EP-9047
GWS	LPS-RXC-C	21.8 (0.77)	137	7.2	1.68	12.1	6.3	6.2:1	GWS EP-1047
Potensky	POT1	22.0 (0.78)		6.0	1.50	9.0		3.3:1	5.5x4.7
MTM	Hummingbird	24.0 (0.85)	99	9.6	1.20	11.5	4.1	4:1	APC 9-4.7
VL Products	HY-50B	24.0 (0.85)	76	10.0	1.34	13.4	3.62	5:1	6 in Tern
WES-Technik	DC 1624	24.5 (0.85)	95	10.0	0.97	9.7	3.9	11.8:1	WES 25x12
WES-Technik	DC 1524	24.5 (0.85)	125	10.0	0.9	9.0	5.1	11.8:1	WES 28x12

توجه : در زبان فارسی به جای استفاده از کلمه های brushed و brushless از اصطلاح موتورهای " جاروبکی " برای نوع اول و از کلمه " بدون جاروبک " برای نوع دوم استفاده میشود .



جعبه دنده موتورهای الکتریکی (Gearbox) :

بسیاری از مردم فکر میکنند که ملخ یک هواپیما محدودیت سرعت ندارد و در واقع هر چه سریعتر بچرخد هواپیما کارائی بیشتری خواهد داشت ، در حالی که این فکر کاملاً اشتباه است و ملخ های هواپیما هر یک بنابر ویژگی های خود دارای محدودیت سرعت هستند .



(به فصل ملخ های هواپیما در جلد اول نگاه کنید) برای این منظور برخی از موتورهای الکتریکی دارای چرخ دنده های کاهنده ای هستند . این سامانه باعث کاهش (rpm) موتور می شود و از طرفی با افزایش گشتاور امکان استفاده از ملخ ها بزرگتر را فراهم میکند . تیغه های ملخ در (rpm) متعادل کارائی به مراتب بیشتری از خود نشان میدهند . این ترکیب گرچه وزن سامانه را تا حدود کمی افزایش میدهد اما با توجه به مزایای آن توصیه میشود .

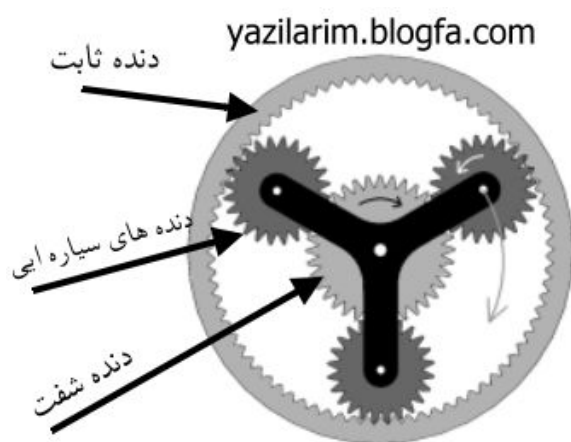
نوع اول جعبه دنده موتورهای الکتریکی :

این سامانه ترکیبی است از دو چرخ دنده معمولی که یکی کوچکتر از دیگری میباشد . چرخ دنده کوچکتر متصل به شفت موتور است و چرخ دنده بزرگتر به شفت ملخ متصل میشود و این دو چرخ دنده با هم درگیر هستند . این نوع سامانه کاهنده دور (Reduction Gear) به نوع ساده (Simple Type) موسوم هستند . در این نوع در برخی از مدلها به جای استفاده از چرخ دنده از **تسمه** و فولی ها نیز استفاده می شود که در تصویر زیر نمونه ای از آن را ببینید .



نوع دوم جعبه دنده موتورهای الکتریکی :

تصویر بعدی نوع دیگر جعبه دنده مورد استفاده برای موتورهای الکتریکی است که نوع خورشیدی (Sun Gear) و یا سیاره ای (Planetary) میباشد . این نوع جعبه دنده ها در موتورهای الکتریکی قویتر مورد استفاده قرار میگیرند و دارای مکانیزم پیچیده تری هستند . همانگونه که در تصویر دیده میشود چرخدنده ای که متصل به شفت است در وسط قرار میگیرد و دور تا دور این چرخ دنده بطور منظم و با فاصله یکسان دنده های دیگری قرار دارد که به نام (Pinion Gear) موسوم هستند و معمولاً سه تا پنج عدد میباشند . دنده بزرگتری به نام (Ring Gear) تمام این چرخ دنده ها را در بر میگیرد که از داخل دنده شده و با چرخ دنده (Pinion Gear) تماس داخلی دارد . این چرخ دنده حرکت دورانی نداشته و در جای خود ثابت است .



در نمونه های پر سرعت برای بدست آوردن حداکثر نیرو ملخ هواپیما به یک پوشش که به آن (EDF) میگویند نیاز دارد . این اصطلاح از اول کلمه های (Electric Ducted Fans) گرفته شده است که به معنی موتورهای الکتریکی مجرا دار میباشد . این پوشش برای موتورهایی با آر پی ام بالای (۲۲/۰۰۰) کاربرد دارد .



عوامل موثر در مدت زمان پرواز :

ترکیب کلی هواپیما ، وزن هواپیما و میزان برای بالها ، ترکیب موتور و ملخ ، و نوع موتور و باتریها . زمان پرواز ، با مقدار ظرفیت باتریها و میزان مصرف نیرو در هر دقیقه پرواز سنجیده میشود . از تعاریف ارائه شده میتوان نتیجه گرفت که مدل های الکتریکی میبایست تا آن جایی که ممکن است کوچک و سبک ساخته شوند . مشخصه های معمول برای این نوع مدلها که اصطلاحا " مدل های خانگی " نامیده میشوند از این قرار است :

حداکثر ۷۵ سانتی متر فاصله بین نوک بالها ، وزن کمتر از ۲۰۰ گرم ، و حداکثر سرعت ۸ الی ۱۶ کیلومتر در ساعت . مدل های دیگری که اصطلاحا به آن (Park Fliers) گفته میشود سرعت

بیشتری دارند و اغلب از " فوم " ساخته شده و میتوانند با سرعتی نزدیک به ۲۵ الی ۴۰ کیلومتر در ساعت پرواز کنند ، به بادهای تند و قوی حساس هستند و توصیه شده آنها را در هوای آرام به پرواز در آوریم . در صورتی که چنین مدل‌هایی تهیه میکنید به اطلاعات ارائه شده از سوی سازنده توجه داشته باشید .



Fieseler Storch (Graupner) طول بال: 1050mm (41")
جنس بدنه: Foam, وزن: 280g (10oz), وزن محموله: 14,4g/dm², 3ch.

نمونه ایی از مدل‌های موسوم به (Park Fliers) با بدنه ایی از جنس فوم

موتورهای الکتریکی بعد از مدتی نیاز به سرویس خواهند داشت ، کیفیت عمده عملکرد موتور به سیم پیچهای آن باز میگردد. همچنین کموتاتور نیاز به تمیز کردن دارد زیرا بعد از مدتی ذرات کرین عملکرد آن را تحت شعاع قرار میدهد . میتوانید با چند قطره الکل کموتاتور را تمیز کنید . اگر آرمیچر صدای ناجوری میدهد و یا زود گرم کرده و یا جرقه میزند ، همه این علائم نشانه این است که موتور الکتریکی نیاز به سرویس دارد . گاهی اوقات تمیز کردن کموتاتور جوابگو نیست و باید آن را تعویض کرد موتورهای نوع اول معمولاً در سه نوع ساخته میشوند :

۱- مدل نقره ایی که به خاطر مقاومت پائین نقره و بازده بالای آن معمولاً در مدل‌های مسابقه ایی مورد استفاده قرار میگیرند و قیمت بالائی داشته و همچنین به نگهداری بهتری نیاز دارند.

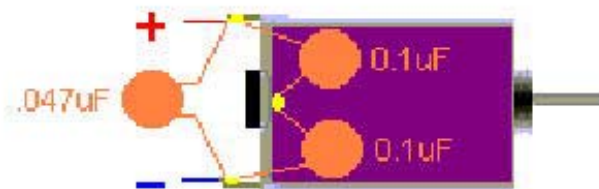
۲- مدل‌های مسی که معمولاً حساسیت کمتری داشته و از دور خوبی هم برخوردار هستند و نیاز به سرویس و مراقبت کمتری دارند .

۳- نوع گرافیتی که سازگاری زیادی با کموتاتورها دارد ، مراقبت زیادی لازم دارند اما در عوض از پایداری خوبی برخوردار هستند ، این نوع از موتورها برای مدل‌های مسابقه ایی مناسب نیست.

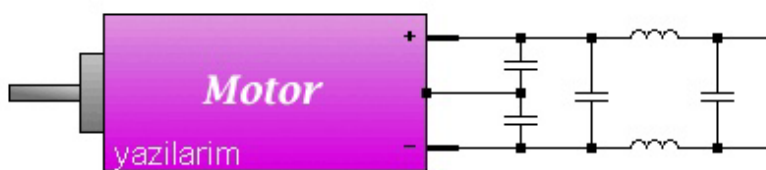


حذف پارازیت ها :

خواسته یا ناخواسته عمل کموتاتور و جرقه هایی که بوجود می آید ممکن است باعث نویز ناخواسته بر روی سامانه الکترونیک مدل شود . برای جلوگیری از این امر میتوانیم با لحیم کردن چند خازن سفالی (عدسی) به روشی که در تصویر دیده میشود مانع این کار شویم . همانگونه که دیده میشود ظرفیت خازنهای میانی یک میکروفاراد و خازن دوم ۴۷ میکروفاراد است و شما میبایست آن را به این شکل بین قطب های آرمیچر و بدنه آن لحیم کنید . برای درک بهتر چگونگی این کار به تصاویر زیر توجه کنید . (نگاه کنید به بخش اول کتاب ، قسمت فیلترها)



توجه داشته باشید که برخی از موتورهای پر سرعت درون بدنه خودشان دارای خازن هستند . همچنین در صورتی که از سامانه ESC برای کنترل موتورهای دور بالا استفاده مینمائید بهتر است از خازنهای سرامیکی استفاده کنید . روش دیگری که برای فیلتر کردن نویز استفاده میشود اضافه کردن چوک (سیم پیچ) به ترکیب خازنهاست . این چوکها در واقع نویزهایی با بسامد پائین را فیلتر میکنند و میتوان گفت این فیلتر عملکرد فیلتر نوع اول را تکمیل میکند . البته فراموش نکنید استفاده از این روشهای سخت گیرانه اجباری نیست و شما بر حسب حساسیت سامانه خودتان میتوانید یکی از این روشها را انتخاب کنید .



روشهای نصب ملخ :

در موتورهای الکتریکی میتوان به چند روش سامانه ملخ را مورد استفاده قرار داد که متداولترین آنها از این قرار است : در موتورهای الکتریکی بزرگتر معمولاً ملخ به شفت جعبه دنده پیچ میشود . همانند موتورهای شمعی پس از اینکه محور ملخ در شفت قرار گرفت با یک پیچ آنرا محکم میکنند . در برخی از این نمونه ها به جای استفاده از یک پیچ برای محکم کردن ملخ از یک رینگ کوچک پلاستیکی استفاده می شود که در واقع به پیچهای نگه دارنده وفق دهنده متصل میشود . تصویر زیر نمونه ایی از این دو سامانه را نمایش میدهد .



در برخی نمونه های دیگر از سامانه ملخ های دو تکه استفاده می شود که در آن تیغه های ملخ آزاد و قابل تعویض بوده و به " وفق دهنده " پیچ میشوند . حُسن چنین سامانه ایی در این است که میتوان تیغه های ملخ را برای سرعت و راندمان مختلف عوض کرد و از سویی با استفاده از اصل گریز از مرکز تا زمانی که سرعت موتور به اندازه معینی نرسیده باشد ملخ ها نیروی جلوبرندگی تولید نمیکنند . در تصویر صفحه بعد مدل یک تکه (Complete) نیز دیده میشود که معمولاً از جنس پلاستیک ساخته شده و در ریزمدلها استفاده میشود .



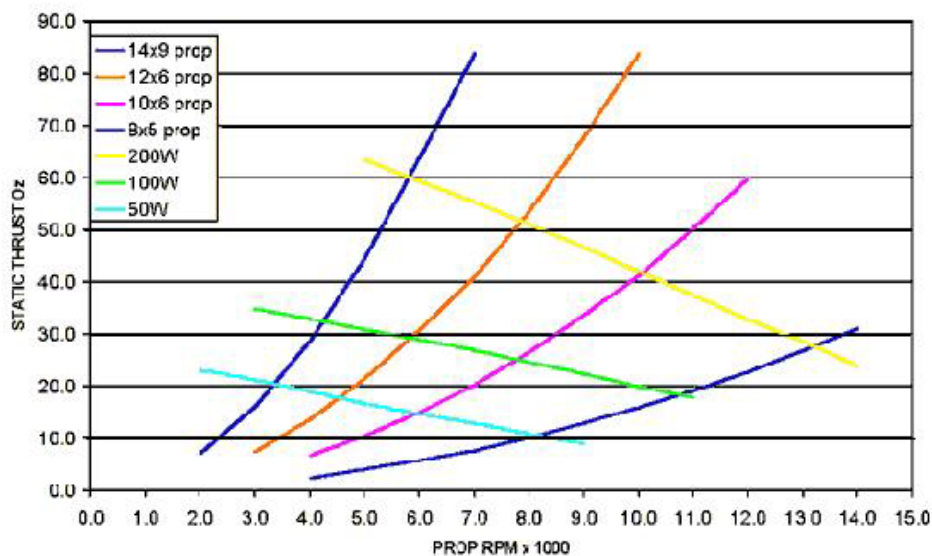
در جدول بعدی مشخصات برخی از ملخهای مناسب برای جدول موتورهای (AC) ارائه شده است . با مقایسه مشخصات ملخها به نکات فنی جالب توجهی دست می یابید ، از جمله میزان گام مناسب برای سرعتهای بالا و پائین و همچنین اندازه ملخها نسبت به نوع موتور ! .



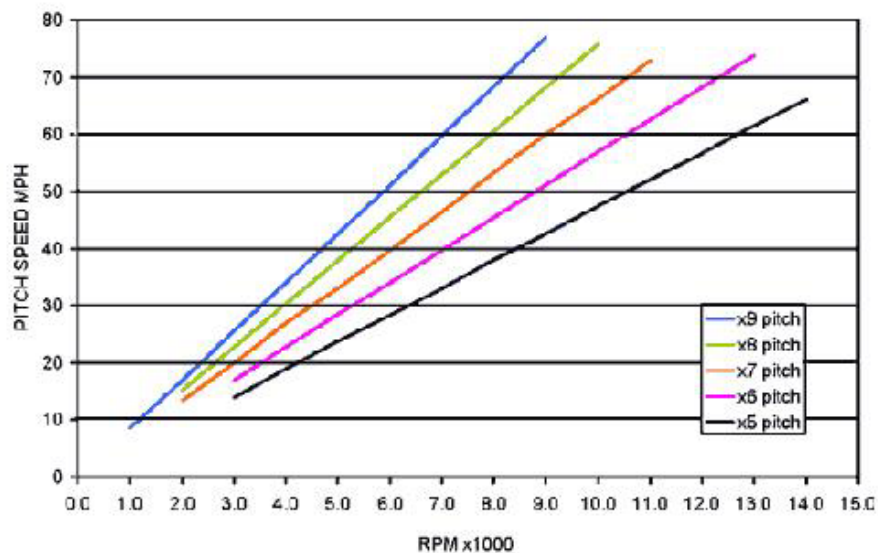
برای انتخاب ملخ مناسب از نمودار ارائه شده در صفح ۲۰ استفاده کنید .
 (این جدول فقط برای مقایسه ارائه میشود)

Propellers (less than 10g)					
Manufacturer	Type	Diameter cm (in)	Pitch cm (in)	Wt g (oz)	Comments
GWS	EP-2510	6.5 (2.5)	2.5 (1.0)	0.4 (0.01)	direct drive
GWS	EP-2508	6.5 (2.5)	2.0 (0.75)	0.5 (0.02)	direct drive
Kenway	U-80	8.0 (3.15)	2.2 (0.87)	0.7 (0.02)	
GWS	EP-3030	7.6 (3.0)	7.6 (3.0)	0.7 (0.02)	direct drive
GWS	EP-3020	7.6 (3.0)	5.0 (2.0)	0.9 (0.03)	direct drive
GWS	EP-4025	10.2 (4.0)	6.5 (2.5)	1.1 (0.04)	direct drive
GWS	EP-4040	10.2 (4.0)	10.2 (4.0)	1.1 (0.04)	direct drive
WES-Technik	Carbon	16.0 (6.3)	12.0 (4.7)	1.2 (0.04)	
GWS	EP-4540	11.4 (4.5)	10.2 (4.0)	1.4 (0.05)	direct drive
GWS	EP-5030	12.7 (5.0)	7.6 (3.0)	1.4 (0.05)	direct drive
K&P	plastic	8.5 (3.35)	adjustable	1.5 (0.05)	
GWS	EP-5043	12.7 (5.0)	10.9 (4.3)	1.6 (0.06)	direct drive
GWS	EP-6050	15.2 (6.0)	12.7 (5.0)	2.1 (0.07)	
GWS	EP-6030	15.2 (6.0)	7.6 (3.0)	2.2 (0.08)	direct drive
WES-Technik	Carbon	20.0 (8)	10.0 (3.9)	2.3 (0.08)	
WES-Technik	Carbon	23.0 (9)	12.0 (4.7)	2.8 (0.10)	
GWS	EP-7035	17.8 (7.0)	8.9 (3.5)	2.9 (0.10)	direct drive
WES-Technik	Carbon	18.0 (7.1)	10.0 (3.9)	3.3 (0.12)	3-blade
GWS	EP-7060	17.8 (7.0)	15.2 (6.0)	3.3 (0.12)	
WES-Technik	Carbon	25.0 (9.7)	12.0 (4.7)	3.4 (0.12)	
WES-Technik	Carbon	28.0 (11.0)	12.0 (4.7)	3.9 (0.14)	
Braun	Carbon	25.6 (10.0)	16.0 (6.3)	4.0 (0.14)	
Anything R/C	ARC-2	22.2 (8.75)		4.0 (0.14)	discontinued
GWS	EP-8043	20.3 (8.0)	10.9 (4.3)	4.2 (0.15)	
GWS	EP-8060	20.3 (8.0)	15.2 (6.0)	4.3 (0.15)	
GWS	EP-8040	20.3 (8.0)	10.2 (4.0)	5.2 (0.18)	direct drive
GWS	EP-9047	22.8 (9.0)	11.9 (4.7)	5.3 (0.19)	
GWS	EP-9070	22.8 (9.0)	17.9 (7.0)	5.6 (0.20)	
GWS	EP-9050	22.9 (9.0)	12.7 (5.0)	7.1 (0.25)	direct drive
GWS	EP-1080	25.4 (10.0)	20.3 (8.0)	7.6 (0.27)	
GWS	EP-1047	25.4 (10.0)	11.9 (4.7)	8.0 (0.28)	
GWS	EP-1180	27.9 (11.0)	20.3 (8.0)	8.3 (0.29)	
GWS	EP-1060	25.4 (10.0)	15.2 (6.0)	9.0 (0.32)	direct drive
GWS	EP-1147	27.9 (11.0)	11.9 (4.7)	10.0 (0.35)	

جدول اندازه ملخ ها بر حسب توان



جدول گام ملخ ها بر حسب دور موتور



اندازه ملخ متناسب با توان و ولتاژ (برای مقایسه)

	Motor	Battery	Propeller	Output
1	Graupner Speed 400 6V	7x500AR	6x3	48W
2	Graupner Speed 480 7.2V	7xCP1300SCR	7x4	105W
3	AstroFlight Cobalt 05	7xCP1700SCR	7x4	135W
4	Kyosho Atomic Force w/3.5:1	8xRC2000	10x7	170W
5	AstroFlight Cobalt 15G	12xRC2000	11x8	230W
6	AstroFlight Cobalt 25G	14xRC2000	11x8	290W
7	AstroFlight Cobalt 40G	20xRC2000	12x8	425W

روشهای نصب موتور (Motor Mount):

موتورهای الکتریکی میبایست در جایگاه خود به نگهدارنده یا (Mount) پیچ شوند و حرکتی نداشته باشند . موتورها بر روی بدنه خود سوراخهای رزوه شده ایی دارند که امکان می دهد از جلو و یا پشت بدنه آنها را به (Mount) پیچ کرد . خود نگهدارنده نیز به وسیله یک یا چند پیچ به بدنه مدل محکم میشود .



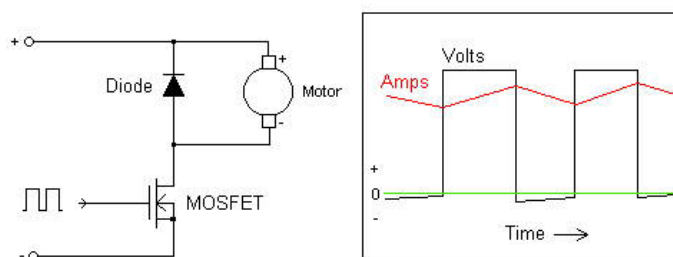
سامانه کنترل سرعت یا (ESC) :

در مدل های الکتریکی یکی از راههای کنترل سرعت موتور ، استفاده از سامانه (ESC) است . ای اس سی یا (Electronic Speed Controller) ، با استفاده از یک ناظر ، سرعت موتور را کنترل میکنند .

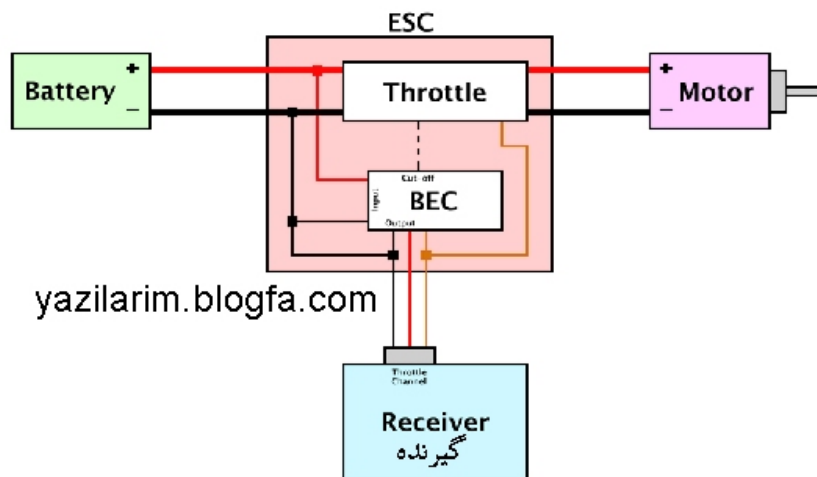


اصول کار را بوسیله شکل زیر میتوان اینگونه توضیح داد که سامانه " ای اس سی " با توجه به نوع پالسهایی که از خط فرمان دریافت میشود میزان جریان خروجی و دور موتور (rpm) را کنترل میکند . سامانه بر حسب اندازه و طول پالسه کار کرده و به همین خاطر آن را (PWM) مینامند . یعنی مدولاسیون پهنای پالسه یا (Pulse Width Modulation) هر پالس نمایانگر یک دور گردش موتور است . اندازه پالسه توسط ای سی های نوع Mosfet کنترل میشود .

Switching Speed Controller



بسیاری از " ای اس سی " ها توانایی کنترل و مدیریت جریان باتریها (BEC) را نیز دارند این توانایی باعث کاهش وزن سامانه میشود . بدین طریق که ، مدل را از وجود باتریهای دیگری برای تامین انرژی گیرنده و سرورها بی نیاز میکند . در تصویر زیر شمای کلی از یک سامانه کنترل سرعت مجهز به BEC دیده میشود . این بخش با قسمت کنترل جریان Throttle رابطه مستقیم دارد و توانایی هایی همچون Current Limiter و یا Power Cut-Off را به سامانه کنترل سرعت میبخشد . بدین ترتیب میتوان از نیروی باتریها برای موتور و گیرنده استفاده کرد ، بدون آنکه نگران از دست دادن کنترل هواپیما در هنگام کاهش نیرو بود .

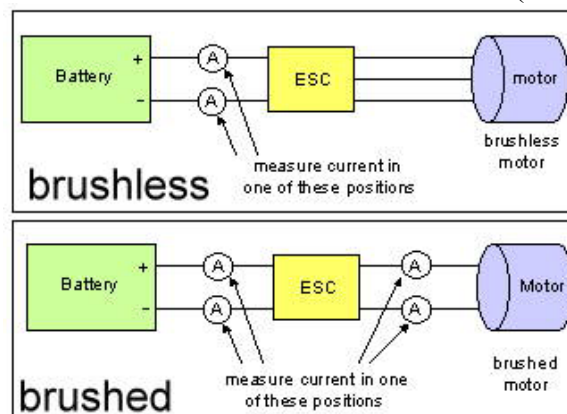


این مدار با ارسال علائمی خلبان هواپیما را از کاهش نیرو در باتریهای هواپیما آگاه کرده و از سقوط مدل جلوگیری میکند ، در واقع با استفاده از این توانایی ، خلبان مدل همواره از میزان نیرو در باتریها آگاه میشود . در حالت عادی ، سامانه (ESC) قادر به کنترل گیرنده و حداقل ۴ سرو کوچک میباشد . اما در صورتی که از باتریها و سروهای بیشتری استفاده میبرید باید از ESC مجهز به (BEC) یا به عبارتی (Battery eliminator circuit) استفاده نمایید . اساسا گیرنده چیزی در حدود ۵ ولت از باتریها دریافت مینماید که (ESC) به صورت مشترک آن را با موتور و سروها تغذیه میکند . اما با توجه به محدودیتی که سامانه (ESC) دارد این کار فقط در ساده ترین شکل کنترل مدل اعمال میشود . برای نمونه یک سامانه (ESC) قادر به راه اندازی ۴ سرو و هفت باتری است و میبایست ولتاژ و تعداد باتریهای مدل با توانایی سامانه (ESC) برابر باشد . سامانه ESC مجهز به BEC به شما امکان میدهد از یک منبع تغذیه برای هواپیمای مدل خودتان استفاده کنید و یا در صورتی که از باتریهای جداگانه بهره میبرید (برای گیرنده و موتور) امکان به اشتراک گذاردن نیرو را داشته باشید زیرا سوال این است : اگر ما از سامانه (BEC) استفاده کنیم (یعنی از باتریهای جداگانه برای سروها و گیرنده ها) در صورتی که نیروی باتریها کم شود ، آیا کنترل مدل از دست ما خارج خواهد شد؟! طبیعی است که چنین اتفاقی خواهد افتاد ، اما برای جلوگیری از این امر از سامانه دیگری به نام LVC (Low voltage cut-off) استفاده میشود که در چنین شرایطی وارد عمل شده و از توان باتریهای موجود برای به کار انداختن رادیو و یا سروها استفاده میکند تا مدل را فرود بیاوریم .

بدین ترتیب که در هنگام کاهش نیرو در یکی از بخشها (موتور و یا گیرنده) سامانه BEC نیروی باقی مانده در باتریها را با کمک LVC به صورت مشترک تقسیم کرده و اجازه میدهد تا شما مدل خودتان را فرود بیاورید . این سامانه دارای دو ویژگی است که اولین آن شرح داده شد و دومین ویژگی آن این است که پیش از پرواز در صورت شارژ نبودن باتریها ، به موتور هواپیمای مدل اجازه حرکت نمیدهد و بدین ترتیب خلبان متوجه شارژ نبودن باتریها شده و از بروز سانحه در حین پرواز جلوگیری میشود . ای اس سی ها در اندازه و مارکهای مختلف در دسترس هستند و میتوان بنابر ولتاژ و کاربری مورد نیاز ، یکی از آنها را تهیه کرد .

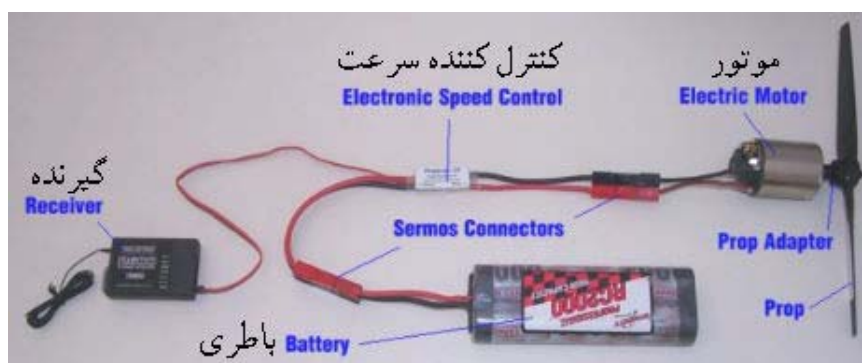


در ضمن سامانه کنترل (ESC) برای موتورهای (brushed) و (brushless) با یکدیگر تفاوت دارند . شناسایی هر یک از آنها با کمک تعدادی سیمهای خروجی میسر است زیرا در نوع (brushed) تنها دو خروجی (یعنی مبدل DC به DC) و در نوع دیگر سه خروجی داریم . (یعنی مبدل DC به AC) به تصویر زیر دقت کنید !





نمونه هایی از سامانه ESC در اندازه های مختلف



توانایی های کلی سامانه (ESC) :

سامانه کنترل باتری ها یا (BEC) : نگاه کنید به متن *

سامانه LVC (Low voltage cut-off) : به متن رجوع کنید . *

سامانه (Prop Brake) : وقتی که جریان باتری قطع می شود از چرخش آن جلوگیری میکند . در واقع با اندکی جریان الکتریکی مخالف جهت چرخش ، از چرخش ملخ جلوگیری میشود . این جریان آنقدر قوی نیست که باعث چرخش دوباره آن شود .

سامانه (Current Limiter) یا محدود کننده جریان : از وارد شدن خسارت به کنترل کننده جلوگیری میکند . هنگامی که موتور در حال متوقف شدن است مقداری از جریان را مصرف میکند این بخش از سامانه کنترل ، از این کار جلوگیری میکند .

سامانه (Current Rating) یا مقدار جریان : مقدار جریانی که سامانه کنترل قادر به جابجایی و یا انتقال آن است را تحت نظر دارد ، در صورتی که این جریان کمتر از حد مجاز باشد سامانه کنترل قادر به راه اندازی موتور نیست ، و اگر این مقدار بیشتر از حد مجاز باشد باعث گرم شدن موتور می شود ، پس برای جلوگیری از این مسائل از این سامانه استفاده میشود . در واقع بخشی از LVC محسوب میشود .

سامانه کنترل ولتاژ (Voltage Rating) : این بخش از سامانه مسئول کنترل ولتاژ مخصوص راه اندازی موتور است ، مانند تعداد باتریهای کادمیم بکار رفته در مدار و مقدار کلی ولتاژ آن .

سامانه قطع جریان یا (Power Cut-Off) : این بخش از سامانه رابطه مستقیمی با کل مجموعه داد و در واقع جریان کلی نیرو به سامانه کنترل سرعت را قطع و یا وصل میکند .



تمامی بخشهایی که توضیح داده شد ، قسمتی از سامانه کنترل اصلی یعنی ESC محسوب میشوند .

(این جدول برای مقایسه ارائه میشود)

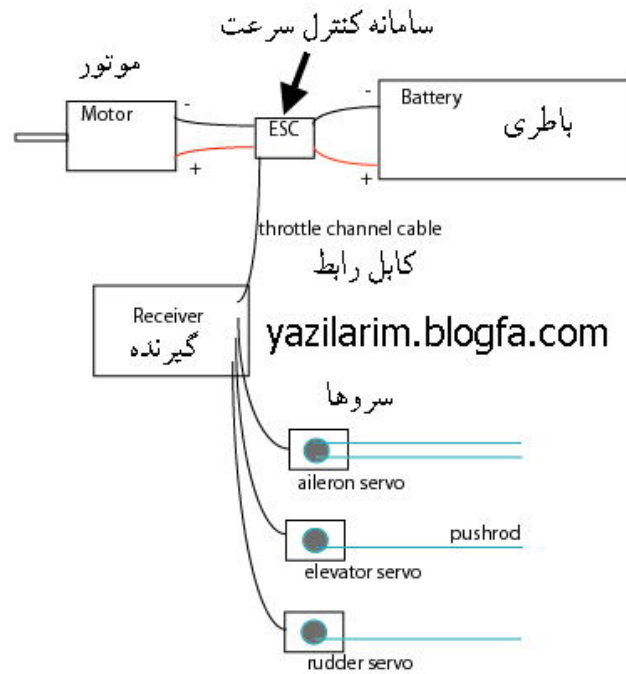
ESC's						
Manufacturer	Model	I (A)	Voltage	Wt g (oz)	Wt g (oz) w/o wires	Comments
WES-Technik	YGE3	2.0	3-12	1.0 (0.035)	0.3 (0.011)	BEC
JMP	Type 5	2.0	6-10.8	1.2 (0.042)	0.5 (0.018)	BEC, soft AC
Bob Selman	BSSC2	4.0	1.2-14.4		0.5 (0.018)	discontinued
WES-Technik	YGE6	4.0	3-12	1.3 (0.046)	0.6 (0.021)	BEC
MicroModels	DZ1	0.50	4.8		0.7 (0.025)	discontinued
JMP	Type 7	4.0	6-10.8	1.4 (0.049)	0.7 (0.025)	BEC, soft AC
Heino Jung	Micro 6	6.0	6-10	1.8 (0.063)	0.9 (0.032)	BEC
Sky Hooks & Rigging	SCSH-7A	7.0	6-10.5	1.8 (0.063)	0.9 (0.032)	BEC, AC
JMP	JMP-HF9	3.0	6-10.8	1.9 (0.067)	0.9 (0.032)	60 kHz
WES-Technik	HF100	1.5	4.2-12	1.9 (0.067)	0.9 (0.032)	100 kHz
Kontronik	Micro 10	5.0	6-10	3.0 (0.11)	0.9 (0.032)	
Heino Jung	Pico 12	6.0	4.8-12		0.9 (0.032)	BEC
Sirius	GFS 12A	12.0	3.7-18		1.0 (0.035)	1.5A BEC
Castle Creations	Pixie-LITE	14.0	4.8-12	2.0 (0.07)	1.0 (0.035)	discontinued
Maxx Products	MX-9104	5	6-9.6	2.0 (0.07)	1.0 (0.035)	BEC, AC
Sky Hooks & Rigging	SCSH-7A-V	7.0	6-10.5	2.0 (0.07)	1.0 (0.035)	BEC, variable cutoff
Castle Creations	Pixie-7P	7.0	3.5-9.6	3.0 (0.11)	1.0 (0.035)	BEC, programmable
Bob Selman	BSSC1	8.0	1.2-14.4	3.0 (0.11)		\$10 as kit, discontinued
GWS	ICS-50	2.0	6-9.6	4.5 (0.16)	1.0 (0.035)	BEC, AC
Sirius	GFS 20A	20.0	3.7-18		1.1 (0.039)	1.5A BEC
GWS	ICS-100	5.0	6-9.6	4.5 (0.16)	2.0 (0.07)	BEC, AC
FMA Direct	Mini 5	5.0	6-9.6	6.4 (0.23)	2.5 (0.088)	BEC

انتخاب سامانه ESC به بودجه شما ، وزن سامانه ، شدت جریان ، و توانایی که از آن انتظار دارید بستگی دارد . مثلاً سامانه ایی که دارای کنترل درجه حرارت و یا سامانه BEC میباشد ، قیمت بالاتری دارد .

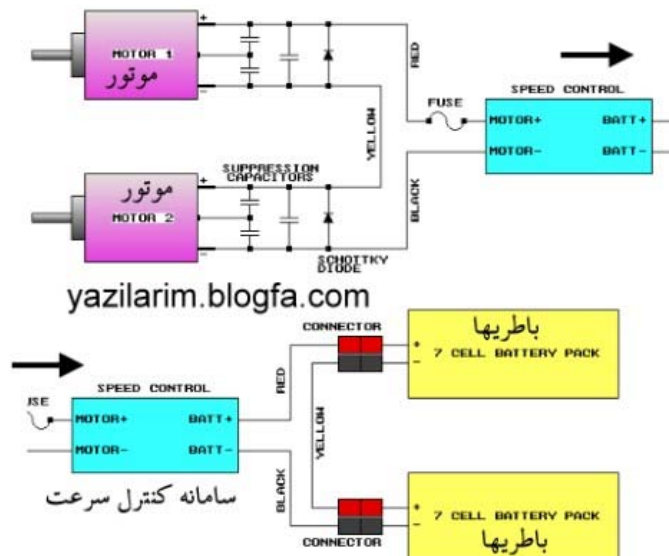


سامانه کلی :

سامانه (ESC) تنها بخشی از مدار اصلی کنترل هواپیمای مدل الکتریکی بشمار میرود . این سامانه وظیفه ایی جز کنترل سرعت و عملکرد موتور را ندارد . میتوان اجزاء اصلی هدایت یک مدل الکتریکی را مجموعه ایی از سروها ، گیرنده ، سامانه (ESC) ، باتریها و موتور الکتریکی دانست . اجازه بدهید عملکرد این نوع هواپیمای مدل را با استفاده از تصویر زیر توضیح بدهم :



اگر بخواهیم به اختصار و به شکلی جامع عملکرد سامانه بالا را شرح بدهیم میبایست از فرستنده آغاز کنم که امواج ارسال شده آن توسط گیرنده دریافت شده و پس از شناسایی به سروها انتقال می یابد . سامانه (ESC) دخالتی در عملکرد سروها ندارد و تنها به کنترل سرعت موتور از طریق امواج دریافتی گیرنده میپردازد ، البته ریگولاتور سامانه (ESC) وظیفه تامین نیروی مورد نیاز گیرنده را نیز به عهده دارد . همانگونه که در جلد اول کتاب گفته شد ، سرعت حرکت سروها را به شکل مستقل میتوان تنظیم کرد . همچنین ترکیب سامانه برای هواپیماهای دو موتوره در شکل زیر دیده میشود . بر خلاف تصور در این نوع هواپیماها از یک سامانه ESC استفاده میشود . البته باید توجه داشت که سامانه قادر به پشتیبانی جریان دو موتور باشد .



کابلها و رابط ها :



برای یک ارتباط خوب و مطمئن میبایست از سیمهای مسی مناسبی استفاده کرد . در برخی از مدل‌های خاص از سیمهای نقره هم استفاده میکنند اما این کار به خاطر هزینه بر بودن آن در مدل‌های عادی صورت نمیگیرد . سیمهای رابط باید تحمل حرارت ناشی از جریان الکتریکی را داشته باشند ، در مدل‌های کوچک این امر چندان حائز اهمیت نیست اما در مدل‌هایی که از مدل‌های پر قدرت

استفاده میکنند باید در انتخاب سیم مناسب دقت کنید . میتوان همه کابل‌های رابط را به یکدیگر لحیم کرد ، اما این کار توصیه نمیشود ! زیرا بی شک هواپیمای مدل و اجزاء الکترونیکی آن خواسته و یا ناخواسته نیازمند تعمیر خواهند شد و در چنین شرایطی کار سرویس دهی دشوار شده و موجب صرف وقت و هزینه بیشتری خواهد بود . برای دوری از چنین مشکلاتی از رابط‌های پلاستیکی (سوکت و یا کانکتور) استفاده میکنند . رابط‌ها به شکل نر و مادگی ارتباط بین سامانه ESC و موتور و سروها را برقرار میکنند و از طرفی استفاده از این شیوه باعث میشود در هر زمان که مایل باشیم اجزاء مختلف مدل را بدون مشکل از یکدیگر جدا و یا بهم متصل نماییم . در صورتی که مدل آماده ایی را خریده باشید ، مشکلی از این جهت نخواهید داشت ، اما در صورتی که مدلتان را ساخته اید باید به این نکته ها توجه داشته باشید :

سیم های رابط باید دارای انعطاف بوده و بر اساس مقدار جریان انتخاب شوند سیمهای رابط نباید خیلی کوتاه و یا خیلی بلند باشند .

کانکتورها باید بر اساس نوع سیم انتخاب شده و تحمل جریان سامانه را داشته باشند .

برای منابع تغذیه میبایست از سیمهای رنگی استفاده کنید تا تشخیص آنها ساده باشد .

کانکتورها انواع و اقسام مختلفی دارند و شما میبایست بر اساس نیاز خودتان ، مدل مناسبی تهیه کنید . در مجموع یک کانکتور خوب باید قابل اطمینان بوده و متناسب با نوع سیم و سامانه باشد . در تصویر زیر برخی از کانکتورها یا رابط‌ها را مشاهده میکنید .



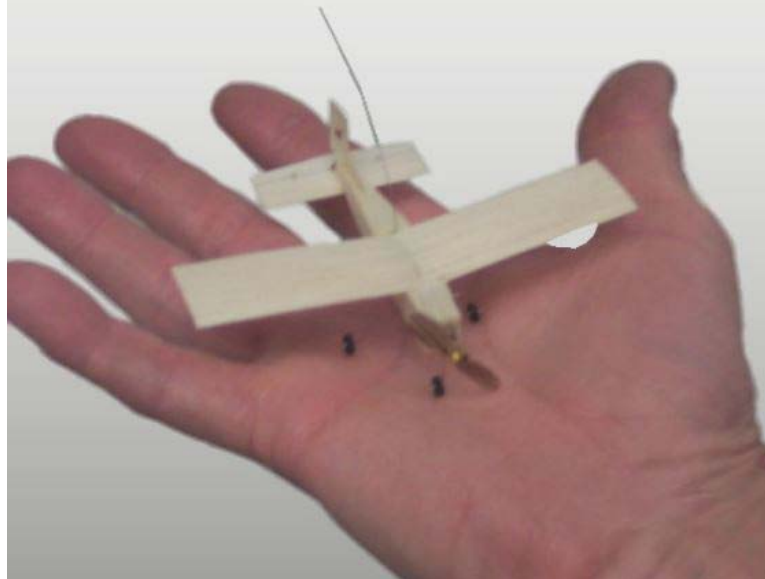
بالا از سمت چپ : کانکتور یا رابط نوع (Multiplex) برای جریانهای تا اندازه ۲۵ آمپر مناسب است . سمت راست کانکتور نوع معمولی برای جریانهای پائین . تصویر سوم کانکتور نوع پینی PIN که بر اساس تعداد پینها نامگذاری میشوند و برای جریانهای پائین و بالا کاربرد دارند . تصویر چهارم کانکتورهای نوع تک پین که برای اتصال سیمهای تکی کاربرد دارد .

باز هم تاکید میکنم که رابط‌ها انواع و اقسام مختلفی دارند و انتخاب آنها بر اساس نیاز شما صورت میگیرد . برای استفاده از آنها میبایست سر کابلها را به وسیله سیم چین لخت کرده و سپس سیمها را با ظرافت به کانکتورها لحیم کنید .

توجه : محاسبه های ریاضی و برخی مفاهیم
تئوریک هواپیماهای مدل الکتریکی و سایر
مدلها را در کتاب دیگری به نام " طراحی
هواپیمای مدل " شرح خواهم داد .



ریز مدلها



ریز مدلها :

در جلد اول این کتاب اشاره ای کوتاه و تنها در حد چند عکس به ریز مدلها داشتیم (علت نام گذاری این نوع مدلها با این عنوان به خاطر کوچک بودن ابعاد آنهاست) در این بخش نگاه کلی و جامعتری به این مدلها خواهیم داشت زیرا بیشتر آنها از نیروی پیشران الکتریکی استفاده میکنند . " ریز مدلها " تفاوتی با سایر هواپیماهای مدل دارند و آن نیز مربوط به چگونگی کنترل و ساخت آنهاست . هر چند امروزه جهت گیری علمی ساخت ریز مدلها به سمت شبیه سازی پرواز حشرات و پرندگان است اما همچنان مشکلات زیادی پیش روی این کار قرار دارد ، عمده این مشکلات فنی و بخش دیگری نیز به نا آگاهی ما به چگونگی پرواز حشرات و پرندگان مربوط می شود . بخش فنی این کار بستگی به توانایی ما در ساخت مواد هوشمند و آلیاژها و مواد سبک برای ساخت ریزمدلها دارد و مشکلات بخش علمی نیز همانگونه که اشاره شد به فرضیه های مختلف در مورد پرواز حشرات مربوط میشود .

بخش فنی کار ، با رشد چشمگیر صنعت الکترونیک و نانو تکنولوژی به راه خود ادامه میدهد و بخش علمی نیز همچنان پی گیر شبیه سازی پرواز پرندگان و حشرات در محیط مجازی و واقعی است و دانشمندان به موفقیت هایی نیز دست یافته اند . از نظر عملی ما قادر به ساخت ریز مدلهایی که شبیه پرندگان بال زده و پرواز کنند هستیم اما واقعیت این است که همچنان در کنترل پرواز آنان با مشکل مواجه بوده و محدودیتهایی وجود دارد .



این کوچولو قرار است مثل پرنده ها بال زده و پرواز کند ! ابعاد آن را با چوب کبریتی که در تصویر دیده میشود مقایسه کنید !

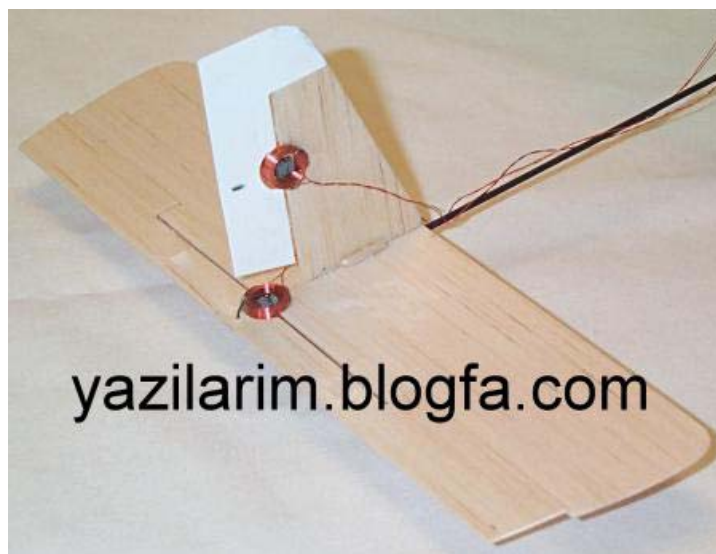


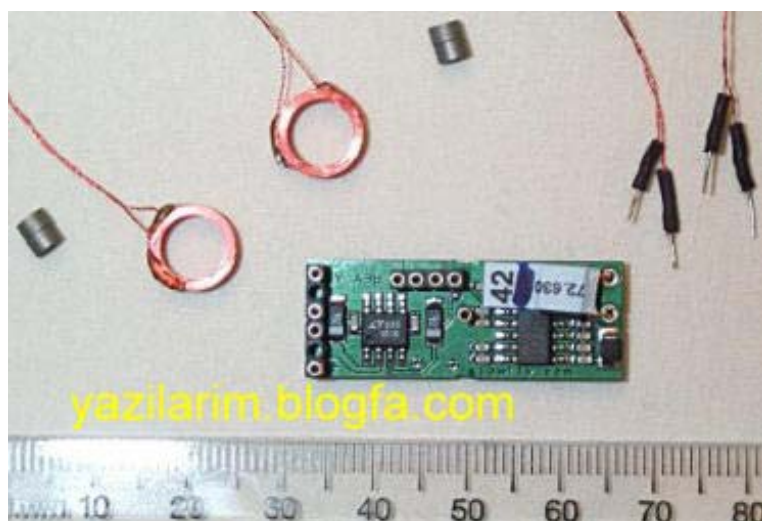
یک ریز مدل دیگر ! به همراه پدرش !

در انواع معمولی ریز مُدِلها (یعنی مدلهایی که از اصول پرواز هواپیماها پیروی میکنند) طراحان از ساده ترین نوع سازه استفاده کرده و اغلب به کنترل الویتور و سکان عمودی بسنده میکنند ، به خاطر محدودیت وزن گاهی سعی میشود از حداقل تجهیزات استفاده نمایند و طبیعی است که این امر رابطه مستقیمی با فن آوری مورد استفاده دارد زیرا حمل سرو و گیرنده های عادی از عهده آنها خارج است . در برخی از ریز مدِلها به جای نصب گیرنده و تنها به منظور هدایت نیمه خودکار و محدود ریز مدِلها از یک تایمر استفاده میکنند که در محدوده زمانی ثابتی با قطع و وصل سرو کوچکی (در واقع یک مگنت) باعث به حرکت در آمدن سکان عمودی شده و جهت پرواز تغییر می باید . در مُدِلهای الکتریکی ظریف (ریز مدِلها) نمیتوان از سروهای عادی استفاده کرد زیرا ابعاد و وزن آنها اجازه این کار نمیدهد بنابراین سازندگان سروهای کوچک و کم وزنی تولید میکنند که میتوان از آنها در ساخت مدلهای الکتریکی کوچک استفاده کرد . در تصویر زیر میتوانید ابعاد نمونه های مختلف سرو را ببینید .



در ریز مدل‌هایی که امکان استفاده از سرو وجود ندارد از مگنت و یا actuator (محرک) استفاده میکنند که در واقع یک نوع آهنربای الکتریکی است . گیرنده پس از دریافت فرمان از رادیو با انتقال جریان الکتریکی به این سیم پیچهای ثابت (کوئل) که معمولا با ظرفیت بر روی سطوح متحرک مدل نصب شده اند باعث به حرکت در آمدن سطوح کنترل میشود . اصول کار بسیار ساده است ! ، همه شما میدانید که اگر از یک سیم پیچ (coils) جریان الکتریکی عبور دهیم باعث ایجاد خاصیت مغناطیسی در آن میشود . حالا در صورتی که یک مگنت ثابت را در این میدان قرار بدهیم ، با توجه به جهت جریان ، نیروی مغناطیسی مخالف و یا موافق مگنت باعث جذب و یا رانده شدن مگنت میشود ، چون مگنت به سطوح کنترل هواپیمای مدل وصل شده است این واکنش باعث به حرکت در آمدن آنها می شود . بهتر است خودتان به تصاویر گویای زیر توجه کنید !



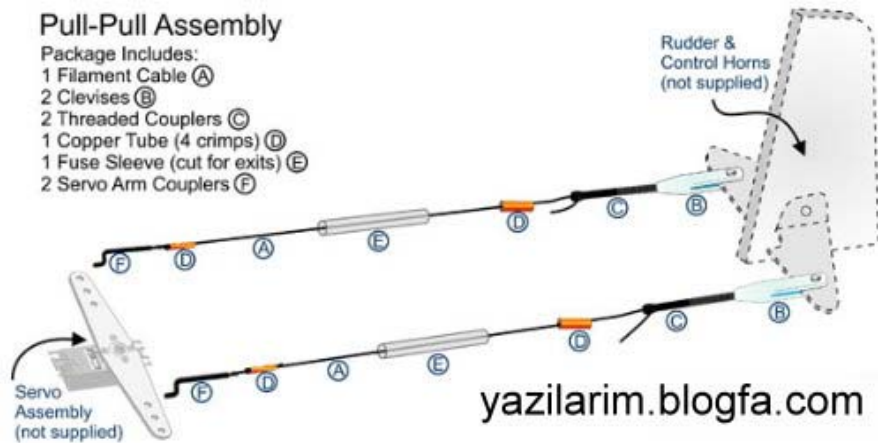


The RFFS 100 system, two actuators (magnets and coils) (above left) the receiver/speed controller (lower middle) and the actuator plugs .
 (Reference in mm)

دو نوع مگنت یا محرک (actuators) در ریز مُدِله‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد که عبارتند از :
 لولایی و بازودار . نوع لولایی ، معمولاً برای کنترل سکان عمودی و افقی مورد استفاده قرار می‌گیرد ، مگنت داخل کوئل ، می‌تواند مانند سوزنی به سطوح متحرک متصل شود . و نوع بازودار برای کنترل شپرها نصب میشوند . نوع بازو دار در واقع مگنتی قرار گرفته در بین دو کوئل (سیم پیچ) محسوب میشود که با تغییر جریان میتواند به چپ و راست حرکت کند (تصویر زیر . به اندازه ها توجه کنید)



توجه داشته باشید که محرک ها به صورت مستقیم بر روی سطوح کنترل قرار می‌گیرند در حالی که در نوع کنترل سرو ، سطوح کنترل به وسیله سیم های متصل به سرو ها به حرکت در می آیند و نکته دیگر آنکه ، گیرنده های رادیویی مورد استفاده برای مدل‌هایی که از مگنت و یا سرو استفاده میکنند با یکدیگر تفاوت دارد .



گیرنده ریز مدلها از طول موج AM و یا از FM استفاده میکنند و حداقل از چهار کانال و در ریز مدلهای خیلی کوچک دست کم دارای دو کانال هستند و یا اینکه ریز مدل بدون گیرنده بود و به اصطلاح " پرواز آزاد " محسوب میشود . (با تایمر و یا بدون تایمر)

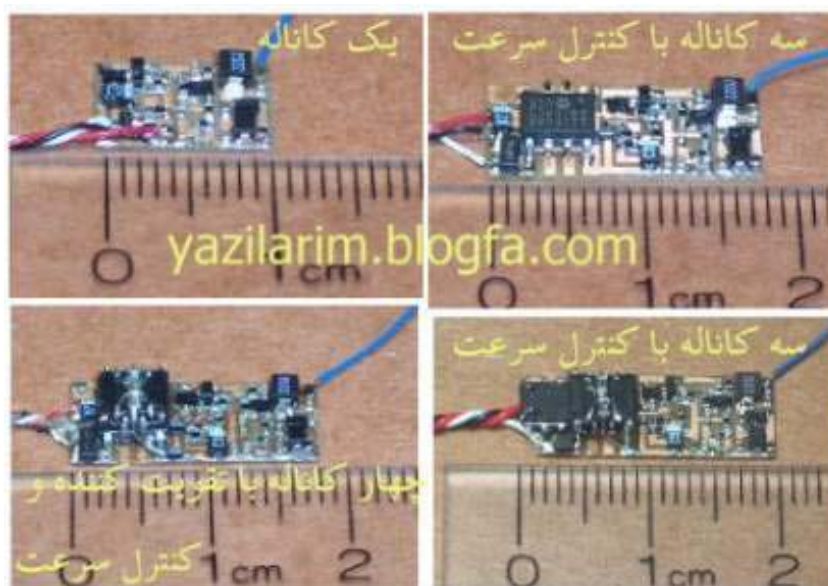


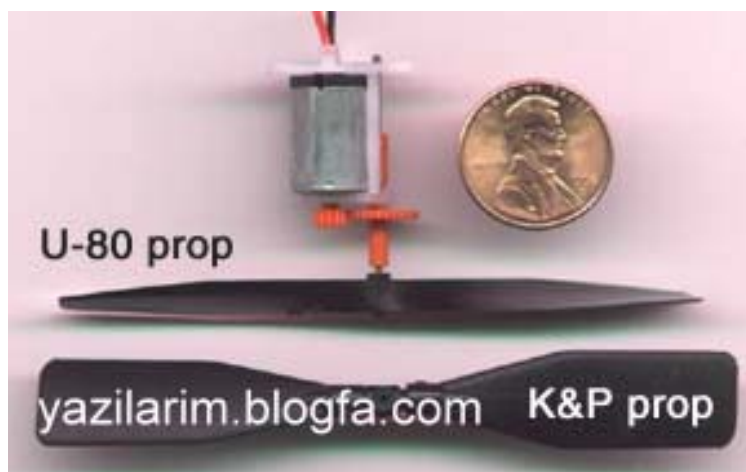
از چپ به راست :

,Sky Hooks & Rigging's RX72, the Garrett
 .Alpex APR-4FM, FMA Tetra and FMA Micro 2000 micro Rxs

	Channels	Mode	Frequency (MHz)	Weight g (oz)
<i>RV-RX72</i>	4	FM	72	2.7 (0.10)
<i>Garrett</i>	4	FM	72 non-narrowband	4.4 (0.15)
<i>APR-4FM</i>	4	FM	72 non-narrowband	5.7 (0.20)
<i>Tetra</i>	6	FM	50/53/72	14.9 (0.53)
<i>Micro 2000</i>	6	FM	72	22.1 (0.78)

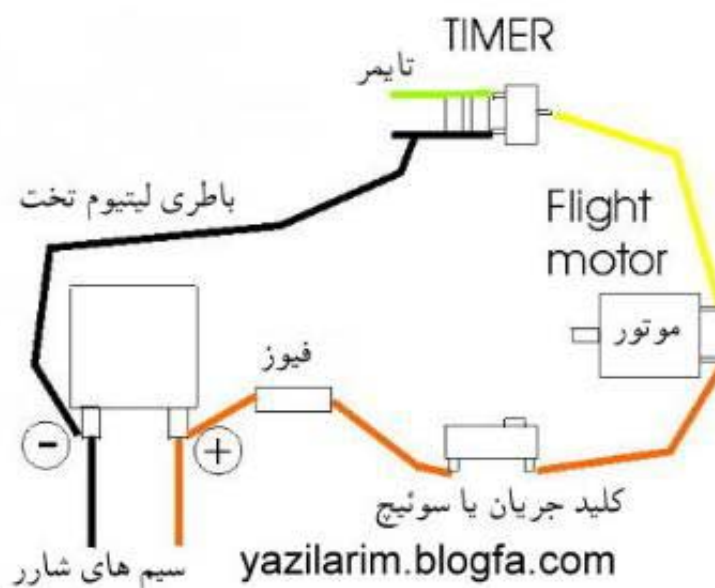
در ریز مدلها از انواع موتورهای مینیاتوری استفاده میشود که از شاهکارهای صنعت بحساب می آیند . به جز موتور الکتریکی که در بخش موتورهای الکتریکی به آنها پرداخته ایم سامانه (ESC) در ریز مدلها نیز از انواع متفاوت محسوب شده و ویژگیهای خاصی دارند که از مهمترین آنها استفاده از چیپ ها و اندازه کوچک و وزن کم آنهاست . به خاطر محدودیت وزن گیرنده و ESC در یک مجموعه طراحی میشوند . (به اندازه ها دقت کنید)





اندازه موتور را با سکه سمت راست مقایسه کنید !

همانگونه که اشاره کردم برخی از ریز مدلها به دلیل کوچک بودن توانایی حمل گیرنده ها را ندارند و طراحان آنها را برای پرواز آزاد طراحی میکنند و با نصب یک تایمر و چند مگنت در زمانی تنظیم شده باعث ایجاد نوعی کنترل غیر مستقیم در این نوع مدلها میشوند . مدار اساسی این نوع هواپیماهای مدل در تصویر زیر دیده میشود .



توضیح آنکه سوئیچهای مورد استفاده در این مدار از نوع "مینی" بوده و فیوز برای جلوگیری از وارد شدن اضافه بار به موتور بکار می رود . یاد آوری میکنم که تایمر میتواند برای به کار انداختن یک محرک (محرک نصب شده بر سکان عمودی) بکار رود و یا اینکه مدت زمان پرواز را تنظیم کند . اصول کار تایمرها به این شکل است که بر اساس مدار تنظیمات انجام شده جریان ضعیفی را در طی یک پروسه زمانی به محرک ها انتقال میدهند و یا اینکه میتوانند جریان مدار را قطع کنند . با استفاده از آی سی های موجود در بازار (مثل آی سی ۵۵۵) میتوان یک تایمر مناسب و جمع و جور ساخت .

سیم های شارژ نمایش داده شده نیز پس از دشارژ باطری به شارژر متصل میشوند تا باطری احیاء شود . در برخی از مدلها برای بدست آوردن جریان مورد نظر از ریگولاتورها استفاده میکنند . ریگولاتورها بر حسب طراحی میتوانند توان و جریان مورد نظر (از نظر آمپر و وات) را تامین کنند . بدین ترتیب مثلاً میتوان از یک باطری استفاده بهتری کرد و توان بیشتری گرفت . تصویر زیر برخی از باطریهای مورد استفاده (پاکتی و دگمه ایی) در ریزمدلها را نمایش میدهد .



تکنیکهای ساخت :

با توجه به محدودیتهای وزن در ریزمدلها همواره سعی میشود تا از ساده ترین ساختار و حداقل تجهیزات ممکن استفاده شود . در مدلهایی که از پرواز پرندگان تقلید میکنند انتظار هدایت و کنترل آنچنانی را نداشته باشید زیرا این پرنده ها شما را ناامید خواهند کرد . ریز مدلها در شکل سنتی خود میتوانند از اسکلت ساده چوبی (بالسا) استفاده کنند و یا اینکه از موادی چون فوم ساخته شوند . طراحان برای کم کردن وزن قید استفاده از تیرکهای حامل را زده و تنها به شکل آبرو دینامیک خود بال بسنده میکنند و یا اینکه از مفتولهای نازک فلزی به جای اسکلت استفاده کرده و بدنه بال را با استفاده از پلمیرهای نازک میپوشانند .

در برخی از مدل ها بدنه به شکل یک تکه از فوم ساخته شده و محرک ها به شکل افقی و یا عمودی در بدنه نصب میشوند . برای متصل کردن سطوح متحرک دیگر نمیتوان از پیچ و مهره استفاده کرد ! (بهتر است بگوئیم برای حفظ سادگی سامانه) بلکه از نوعی چسب کاغذی استفاده میشود . در ریز مدلهای قدیمی تر از لولاهای ظریف مسی استفاده میشد که البته دیگر کسی حوصله کار کردن با آنها را ندارد و به همان چسب اکتفا میشود . برای توضیح بهتر از شما دعوت میکنم به این تصاویر توجه کنید .



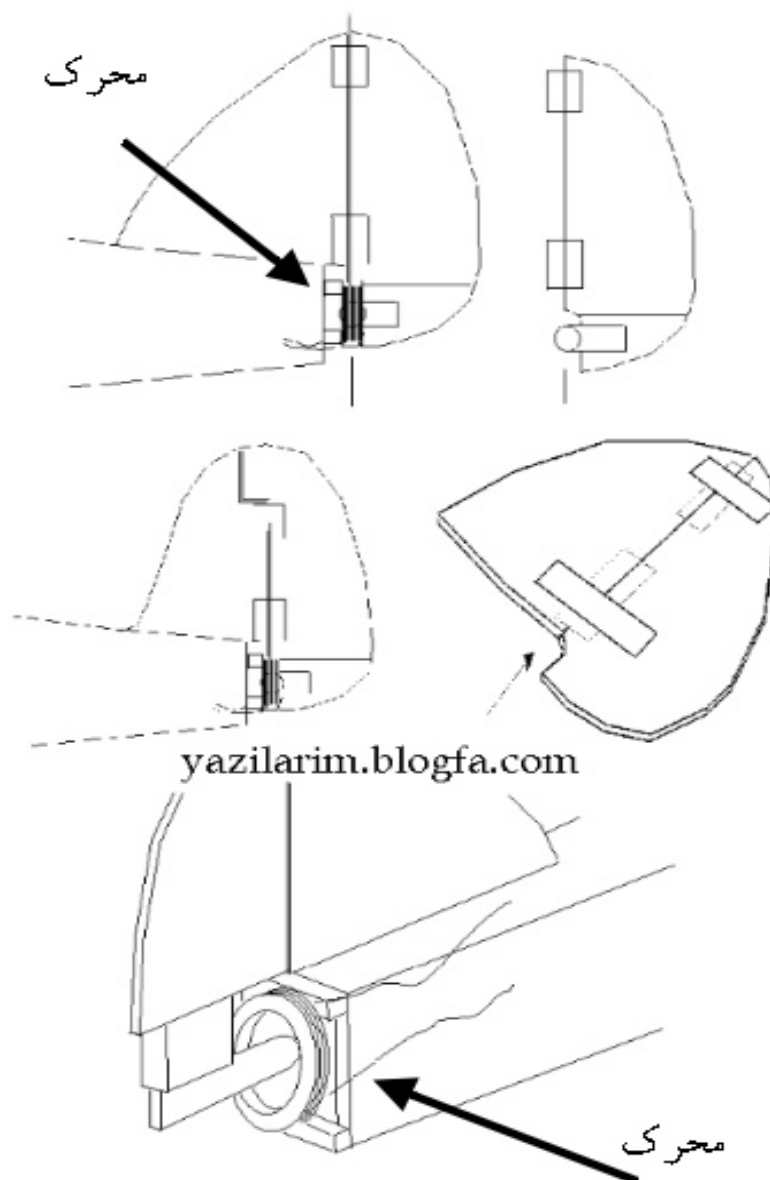
همانگونه که از تصویر بالا پیداست ، طراح برای کم کردن وزن از هیچگونه تیرک حاملی استفاده نکرده و تنها به استفاده از یک چوب (ورق) بالسا اکتفا کرده است . در واقع ورق یک تکه بالسا در اینجا با کمک ایرفویلهایی که با استفاده از چسب به آن چسبانده شده ، شکل هندسی گرفته و با برشهای زاویه داری که به خود میگیرد (منظور زاویه فراز بال است) ساختار و استحکام خود را حفظ میکند و بدین ترتیب بال از کاربرد تیرک های حامل بی نیاز میشود . البته

در برخی از مدل‌های الکتریکی بزرگتر که آنها را به نوعی میتوان جزء خانواده " ریزمدلها " محسوب کرد شکل و شمایل کلاسیک سازه ها با ساده تر کردن آن حفظ شده است . در این مدلها معمولاً بدنه از چوبهای بالسای یک تکه بُرش خورده ، ساخته و به یکدیگر چسبانده میشود و بالها نیز دست کم با یک تیرک حامل ساخته میشوند . این مدلها معمولاً از سرو استفاده میکنند و میتوان آنها را مرز بین مدل‌های عادی و " ریز مدلها " دانست . (تصویر زیر)



در برخی از مدلها ، یک چوب بالسای یک تکه به عنوان بدنه مورد استفاده قرار گرفته و بالها از فوم ساخته میشوند . فوم به علت ارزان بودن و سادگی برش و شکل دادن آن ، بسیاری از طراحان " ریز مدلها " را برای استفاده از این مواد وسوسه میکند . فوم از جمله مواد ارزان و پُر کاربرد در ساخت هواپیماهای مدل محسوب میشود . با استفاده از یک جریان ضعیف الکتریکی و با کمک یک تکه سیم " المنت " (مثل المنت های سماور !!) آنها را به شکل دلخواه برش میدهند . (تصویر زیر)

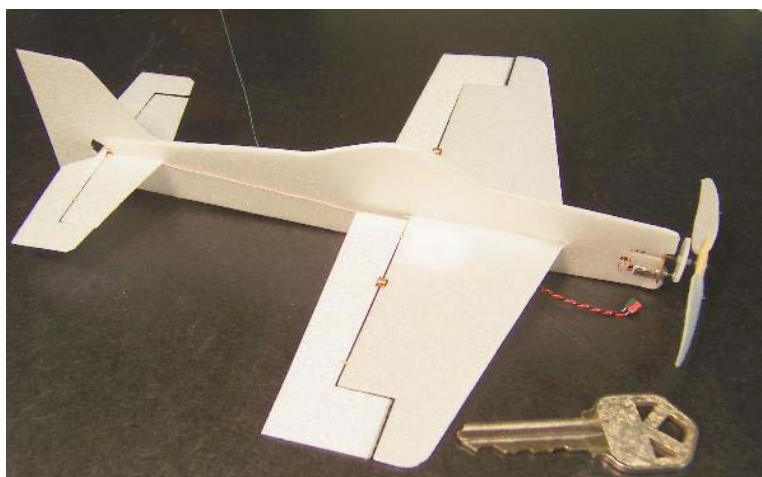




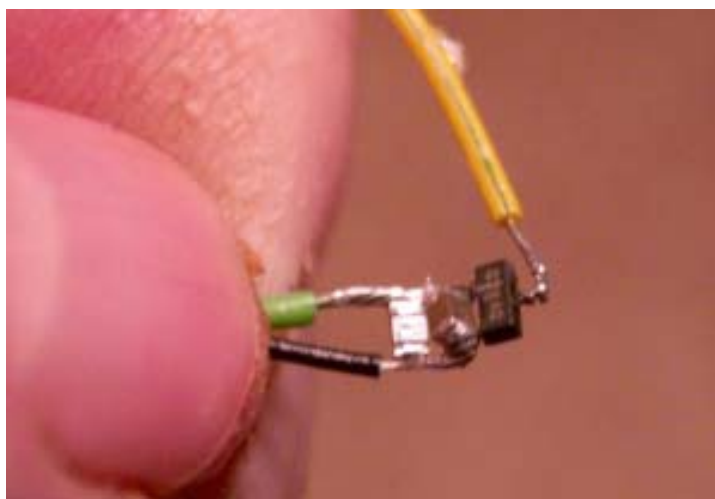
نمونه هایی از تکنیک استفاده از محرک ها در ساختار بدنه .



نمونه ایی از اسکلت مفتولی



نمونه ایی از بدنه یک تکه ، به محل قرار گیری محرک ها توجه کنید . اندازه مدل در مقایسه با کلید کنار آن مشخص است .



تایمر یک ریز مدل (با عرض پوشش از اینکه این تصویر در این بخش ارائه می شود)

ریز مدلها محدود به هواپیماهای عادی نمیشوند و انواع ریز بالگردها نیز طراحی و ساخته شده اند . باز هم تاکید میکنم همه این مدلها پرواز ساده ای دارند و تا رسیدن به نقطه قابل اتکا فاصله زیادی داریم . طراحی و ساخت ریز مدلها بیشتر جنبه علمی دارد تا سرگرمی ! در تصویر زیر یک نمونه از ریز بالگردها را میبینید ! اندازه آن را با موشی که در تصویر دیده میشود مقایسه کنید !



ریز موتور ها :

ما برای ساختن ریز مدلها نیاز به نیروی محرکه و یا پیشران مناسبی داریم . صرف نظر از نیروی الکتریکی و تلاش مهندسين برای ساخت باتریهای بهتر و با ظرفیت بیشتر ، در جبهه دیگری تلاش برای ساخت ریز موتور ها با فن آوری نانو همچنان ادامه دارد . هدف نهایی ، ساخت کوچکترین واحد تولید نیرو در جهان است ، هر چند میتوان برای چنین مجموعه ایی یک اتم را مثال زد ، اما منظور دانشمندان رسیدن به جایگاهی است که بتوان کوچکترین واحد تامین انرژی کنترل شده را ساخت و آن را در کپسولهای پزشکی و یا در سایر زمینه ها مورد استفاده قرار داد ! امروزه با کمک فن آوری نانو میتوان چنین چیزهایی را شبیه سازی کرد اما تا رسیدن به جایگاه عملی و قابل اطمینان فاصله زیادی وجود دارد ، زیرا ویژگی اصلی یک واحد تولید نیرو باید قابل کنترل بودن و اطمینان پذیری آن باشد .



تقریباً از همان آغاز ساخت هواپیماهای مدل ، تلاش برای ساخت پیشران مناسب برای این پرنده ها آغاز شده و طبیعی است که هر چه مدلها با مقیاس کوچکتری ساخته میشدند ، مشکلات کنترل و هدایت آنها بیشتر میشد ، زیرا این کار رابطه مستقیمی با سطح فن آوری ما دارد ، زمانی که موتورهای شمعی متولد شدند به نظر می آمد دست طراحان برای ساخت ریز موتور ها باز شده است اما این کار نیز محدودیتهای خود را داشت و مشکلات ساخت همچنان آزار دهنده بود . تصویر بالا بی شک برای دوستانی که جلد اول کتاب را خوانده اند آشناست ، این عکس یک

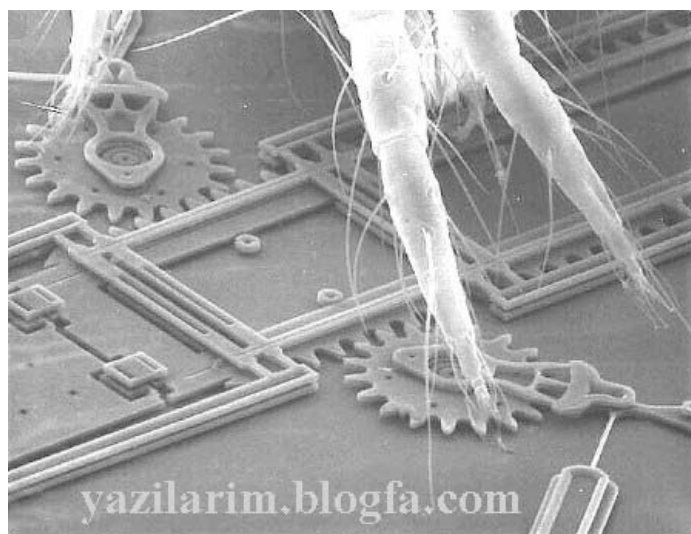
موتور دو سیلندر شمعی را نمایش میدهد که نمونه ایی از تلاش طراحان برای ساخت ریز مدلها محسوب میشود ، این موتور براستی کار میکند و میتوان آن را بر روی یک هواپیمای مدل نصب کرد . دست و پنجه نرم کردن مهندسین با محدودیتهای همین جا ختم نمیشود !
در تصویر اول ، نمونه یک ریز موتور "ستاره ایی" را میبینید و از آن جالبتر یک ریز موتور دیزل تک سیلندر است که در کنار آن قرار دارد ، خودتان میتوانید ابعاد این نیم وجبی ها را با هم مقایسه کنید !

تجربه های متفاوت !

با پیشرفت فن آوری و دسترسی به ابزارهای جدید ، توانایی ما برای ساختن ریز موتورها بیشتر شده است و موفقیت های زیادی در این راه بدست آورده ایم . تولد روشهای تولیدی همچون " ماشینکاری با اشعه الکترونی (EBM) و یا ماشینکاری با اشعه یونی ، ماشین کاری با لیزر ، ماشین کاری با قوس پلاسما ، ماشین کاری مافوق صوت ، و ... امکان ساخت ریز موتورهای جدید را فراهم کرده و نوید دست آوردهای تازه ایی را میدهند ، دور نیست روزی که زیر دریایی های میکروسکوپی به راحتی در خون بدن ما حرکت کرده و رگهای مسدود شده را با بازوهای خود باز کنند !



یک ریز موتور نوع ونکل . به ابعاد پیستون هندسی آن که بر روی یک سکه قرار دارد توجه کنید !



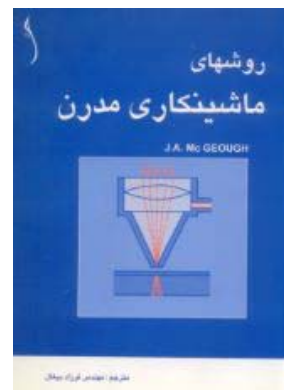
ابعاد چرخنده های ایجاد شده توسط اشعه یونی در زیر میکروسکوپ . ابعاد آن را میتوانید با پاهای یک کک که در تصویر دیده میشود مقایسه کنید !!



ریز موتورهای شامل موتورهای جت هم میشود . اندازه موتور مشخص است !

معرفی کتاب :

برای آشنایی با انواع روشهای ماشینکاری مدرن میتوانید به کتاب " روشهای ماشینکاری مدرن " نوشته " J.A. Mc GEOUGH " و ترجمه " مهندس فرزاد بیغال " از نشر طراح (تهران) مراجعه کنید . در این کتاب با انواع روشهای نوین ساخت آشنا خواهید شد .



انتقاد از کتاب : متأسفانه فاقد واژه نامه است !

yazilarim.ir

مدلهای بال زن یا (ornithopter)

همانند پرندگان



پرواز همانند پرندگان ، یکی از آرزوهای دیرین بشر بوده و هست . از همان آغاز ، انسان برای رسیدن به هدف خود به تقلید از پرندگان پرداخت و اولین کوششهای ما برای فتح آسمان ، در واقع تقلید ساده لوحانه ایی از اندام پرندگان بود ! وصل کردن پر عقاب و سایر پرنده ها به بدن از جمله این تلاشهاست . مدت زمان زیادی گذشت تا بشر راههای دیگری را برای غلبه بر جاذبه زمین بیابد و قرنهای مطالعه و دقت در اصول پرواز پرندگان سرانجام منجر به اختراع هواپیما توسط برادران رایت شد . با این اختراع به نظر می آمد که مشکل انسان برای همیشه حل شده است ! اما این موفقیت ها و حتی پرواز با سرعت صوت ، باعث نشد تا فکر پرواز با کمک بال زدن از ذهن انسان پاک شود . چنین کاری هر چند از نظر علمی امکان پذیر است و دانش ما نسبت به گذشته در مورد پرندگان و اصول پرواز آنها به مراتب افزایش یافته ، اما محدودیتهای فن آوری و برخی مشکلات فنی که تا امروز نیز همچنان ادامه دارد مانع اختراع یک هواپیمای کار آمد بال زن بوده و هست . هر چند با اختراع مواد جدید هوشمند و پیشرفتهای بدست آمده در بخش " متالورژی " باعث شده تا نمونه هایی از این هواپیماها ساخته شوند ، اما همچنان تا رسیدن به قله های موفقیت فاصله زیادی داریم . همچنان که در بخش هواپیمای عادی ، مهندسين و طراحان به سمت نمونه سازی رفتند ، با توجه به تجربی و نوپا بودن طراحی و ساخت هواپیماهای بال زن ، ساخت مدلهای آزمایشی و تجربه و پژوهش در این زمینه نیز رونق گرفت و امروزه مدلهای قابل پروازی که بیشتر به کمک موتورهای الکتریکی به پرواز در می آیند ساخته و حتی به شکل تجاری به بازار عرضه شده اند . همانگونه که پیشتر گفته شد ، کنترل و هدایت این نوع مدلها ظرافت نمونه های عادی را ندارد ، با این وجود پرواز زیبایی را به نمایش میگذارند و نوید بخش فصل جدیدی در دانش هوانوردی هستند .

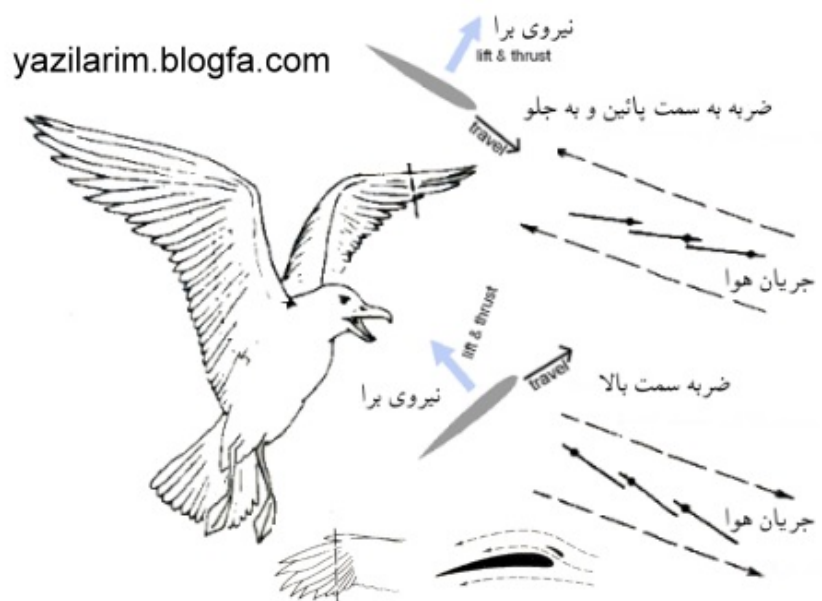


نمونه ایی از یک هواپیمای مدل بال زن در حال پرواز

اصول پرواز : پرندگان از اصول پرواز پیچیده ایی استفاده میکنند و پژوهشها در این زمینه همچنان ادامه دارد اما اصول ابتدایی پرواز از سوی همه آنها رعایت می شود . در واقع بال پرندگان یک ایرفویل پوشیده از پر است و همانند هواپیما با مکانیزمی متفاوت از بالها و شاه پره های خود به عنوان فلپ استفاده کرده و به جز تفاوت عملی در اصول تئوریک ، شبیه یک هواپیمای واقعی عمل میکنند .



مقایسه ساختار یک هواپیما و یک پرنده



زاویه مقطع بال در جهت حرکت بالها

یکی از تفاوت های عمده پرواز هواپیما و یک پرنده در این است که بال آنها ثابت نیست و برای پرواز از تغییر زاویه بال استفاده میکنند . همچنین عمل پرواز ایستا را با استفاده از همین ویژگی به راحتی انجام میدهند . در چنین شرایطی نیروی برای بالها تنها در جهت بالا بوده و پرنده برای تنظیم ارتفاع خود سرعت بال زدن را به شکل غریزی تنظیم میکند . در یک هواپیمای عادی برای تولید نیروی برا ، به وسیله نیروی پیشران ، هواپیما را به جلو رانده و با عبور جریان هوا از روی ایرفویل باعث تولید نیروی بالا رونده میشوند ، پرندگان نیز برای پرواز با حرکت دادن بالهای خود به سمت جلو و پائین و عبور دادن هوا از روی آنها باعث تولید نیروی برا شده و حتی میتوانند به شکل درجا (ایستا) پرواز کنند .

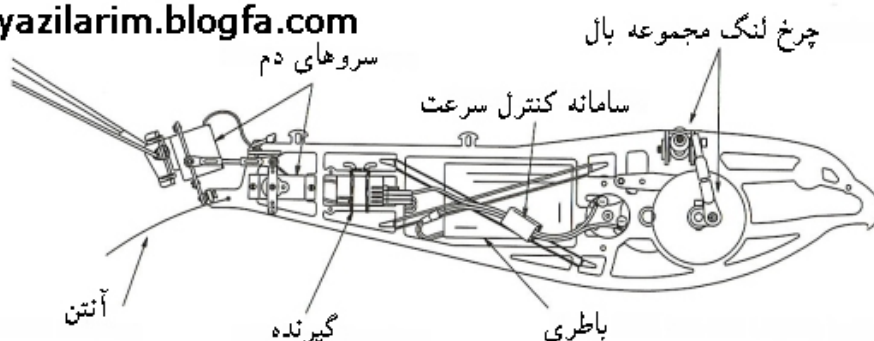
بی شک تعریفی که در اینجا از پرواز یک پرنده ارائه شد بسیار ساده انگارانه است ، زیرا در عمل مکانیزم پرواز آنها پیچیده و با توجه به شرایط و نوع ساختار بالهای آنها تفاوت دارد . چیز دیگری که میبایست در نظر بگیریم شکل بالها و ساختار آنها ، نسبت به جثه و شرایط زندگی پرنده است که با پرواز پرندگان رابطه مستقیمی دارد و همه آنها از بالهای یکسانی استفاده

نمیکنند از طرفی اسکلت و یا استخوان بندی پرندگان امتیاز ویژه ایی به آنها داده و در واقع ، نسبت وزن به بُرا در پرندگان ۲ به ۱ است . پرواز مدلهای موسوم به " بال زن " و یا ornithopter در مقایسه با پرواز زیبا و تحسین برانگیز یک پرنده ، یک جست و خیز مسخره به نظر می آید اما شکی نیست که یک روز ما شاهد پرواز رباتهای پرنده ایی خواهیم بود که آنها را شکست داده و یا حداقل در پرواز با یک گنجشک برابری کنند .

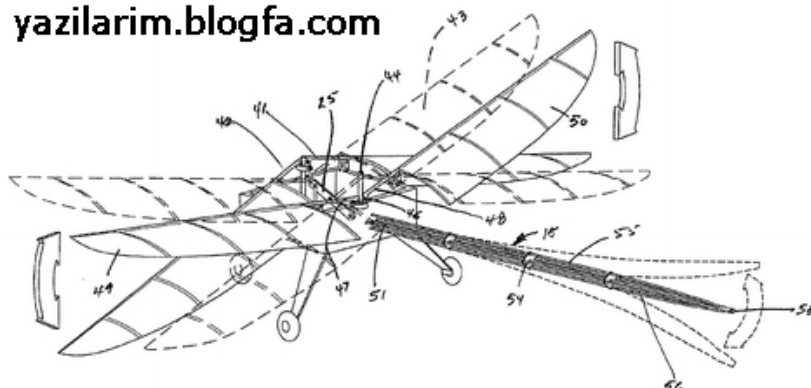


طراحانی که بر روی مُدلهای " بال زن " کار میکنند پیکر بندی مختلفی را مورد آزمایش قرار داده اند اما تا به امروز یک چیز در همه آنها مشترک بوده و آن استفاده از یک " چرخ لنگ " برای به حرکت در آوردن بالهاست . در واقع صرف نظر از نوع پیشران ، در حال حاضر چاره ایی جز استفاده از این سامانه نداریم زیرا همچنان قادر به الگوبرداری کامل و بدون نقص از عملکرد بالهای پرندگان نیستیم !

yazilarim.blogfa.com



yazilarim.blogfa.com



این تصویر مربوط به تصویر بالا نمیشود اما نشان دهنده چگونگی حرکت بالهاست

در این نوع مدلها ، بالها به وسیله اهرمهایی که به " چرخ لنگ " متصل هستند حرکت میکند . برای سازه بالها نیز در حال حاضر از فیبر کربن و یا پلاستیک استفاده میشود . مجموعه گیرنده و سروها تفاوتی با انواع بکار رفته در هواپیمای مدل و یا ریز مدلها ندارند . مجموعه دم در این نوع هواپیماها وظیفه تامین تعادل و تعیین زاویه حمله بال را به عهده دارد (همانند هواپیماهای بال ثابت) برای تغییر جهت ، یک سرو کمکی زاویه انحراف دم را تغییر داده و به کمک جریان هوای عقب رونده و رو به پائین بالها میتوان جهت حرکت را تغییر داد (چیزی شبیه به دم های V شکل هواپیما) این نمونه ها معمولاً بدون اربابه فرود بوده و به وسیله دست پرتاب میشوند .



- -wingspan 39 inches 900mm
- length 24 inches 600mm
- flapping rate 9.2 per second
- weight 10 ounces 290g
- motor Mabuchi 370SD
- battery 1200 mAh LiPoly
- flight time 18 minutes
- materials fiberglass fuselage, carbon & fabric wing, flexible plastic body shell
- control surface birdlike tail
- channels three: throttle & two tail functions
- glide ratio good
- servos included yes
- battery included

از شما دعوت میکنم به مشخصات ارائه شده برای یک مدل " بال زن " تجاری که تصویر آن در همین صفحه دیده میشود توجه کنید . در صورتی که یک طراح باشید از اندک مشخصات ارائه شده میتوانید اطلاعات زیادی بدست بیاورید ! مثل نوع باطری ، مدت زمان پرواز (با فلش مشخص کرده ام) ، ابعاد ، وزن ، مواد بکار رفته و .. چیز دیگری که لازم است به آن اشاره کنم مربوط به پرواز حشرات میشود که تفاوتهای اساسی با پرواز پرندگان دارد . به هر روی با توجه به آنکه این کتاب قصد پرداختن به چنین مباحثی را ندارد به همین میزان بسنده میکنم .

باطریها

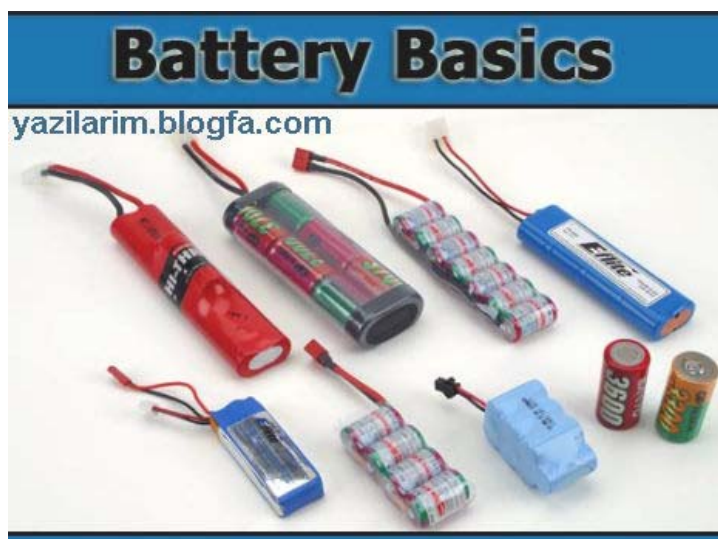




باتریها :

تعاریف : باتری وسیله ایی است که انرژی شیمیائی در مواد فعال را از طریق فرآیند الکتروشیمیایی کاهش و اکسیداسیون به انرژی تبدیل میکند . این فرایند با انتقال الکترون از یک ماده به ماده دیگر از طریق مدار الکتریکی خارج از باتری انجام میگردد ، باتریها در طرحها و شکلهای مختلفی از جمله بصورت استوانه ایی ، دگمه ایی ، منشوری ، ساخته و عرضه میشوند و از مجموع " سری " و " موازی " آنها ، سلولهای جهت فراهم کردن ظرفیت و ولتاژ مورد نظر استفاده میشود . همه باتری ها دارای سه جزء اساسی هستند :

- ۱- آند : قطبی است که الکترون را به مدار خارجی تحویل میدهد .
- ۲- کاتد : قطبی است که الکترون را از مدار خارجی دریافت میکند .
- ۳- الکترولیت (هدایت کننده یونها) که به صورت مایع و یا جامد است .



باتریها به سه گروه : اولیه (غیر قابل شارژ) ، باتریهای ثانویه (قابل شارژ) و باتریهای ذخیره تقسیم میشوند . نوع اول همانگونه که از نامش پیداست قابلیت شارژ را ندارند و پس از دشارژ کامل دیگر قابل استفاده نیستند .

باتریهای ثانویه : این باتریها خود بر دو نوع " شارژ دائم " و " شارژ موقت " تقسیم میشوند. در هواپیماهای مدل از باتریهای نوع " شارژ مقطعی " استفاده میشود . این باتریها پس دشارژ کامل ، از بار جدا شده و توسط مدار دیگری (شارژر) شارژ میشود . کاربرد آنها مشابه باتریهای اولیه است و دارای چگالی قدرت بیشتر ، عمق دشارژ بالاتر ، عملکرد مناسبتر در دماهای پائین ، هزینه کمتر و منحنی دشارژ صافتری هستند . ولی توانایی آنها در حفظ سطح ولتاژ خروجی ضعیف میباشد ، هرچند این افت ولتاژ پس از هر بار شارژ ترمیم میشود . با توجه به محلول الکترولیت مصرف شده باتریهای ثانویه میتوانند از نوع اسیدی (مانند سرب - اسید) ، معدنی (مانند سیستمهای لیتیوم) و قلیایی (مانند نیکل - کادیوم ، نیکل - آهن ، نیکل - روی ، نقره - کادمیوم ، نیکل - هیدروژن ، نیکل - هالیز فلزی) باشند .

در بین باتریها ثانویه بالاترین سطح ولتاژ و قابلیت ذخیره به گونه های " لیتیومی " و " نیکل - کادمیم " اختصاص دارد . که در هواپیماهای مدل از انواع پر کاربرد هستند و قیمت مناسبی هم دارند . در اینجا سعی میکنم ویژگی برخی از باتری قابل شارژ را مورد بررسی قرار دهم .

برخی مفاهیم رایج :

ظرفیت : ظرفیت یک سلول ، مقدار انرژی الکتریکی است که میتواند تحویل دهد . بطور ساده ظرفیت نتیجه تخلیه جریان آمپر (A) در مدت زمان تخلیه (h) ساعت است که آن را " آمپر ساعت " (Ah) مینامند . این نرخ را باید بر حسب مدت تخلیه مشخصی بیان کرد تا مفهوم و قابل مقایسه باشد که معمولاً بین ۲ تا ۱۰ ساعت میباشد .

حجم انرژی یا توان :

که بر حسب " وات ساعت " اندازه گیری میشود و حاصل ضرب ظرفیت (Ah) در مقدار متوسط ولتاژ در حین تخلیه است . مثال : ۳ باطری نیکل کادمیم را باهم اتصال سری میکنیم (ولتاژ تخلیه اسمی هر یک $1/2$ ولت است) اگر ظرفیت باطریها ۴۵۰ میلی آمپر (mAh) ساعت باشد به این مفهوم است که میتواند با جریان تخلیه ۹۰ میلی آمپر ۵ ساعت دوام بیاورد ، در خلال این مدت ولتاژ این مجموعه از $3/6$ ولت به $2/7$ ولت کاهش می یابد . به این ترتیب حجم انرژی معادل $1/6 \text{ wh} = 2/6 \times 0/450$ بدست می آید . بازده را میتوان از نسبت مقدار انرژی مصرف شده به مقدار انرژی لازم برای شارژ دوباره باطری بدست آورد .

نسبت شارژ و تخلیه :

جریان شارژ و تخلیه را بر حسب جریانی که تخلیه کامل را در مدت یکساعت به انجام رسانده میسجند و آن را به صورت C-rate (نرخ C) یا C/1 و با ضرایبی کوچکتر یا بزرگتر از یک مشخص میکنند . این روش متداولترین صورت نمایش شارژ و دشارژ است . به این ترتیب 10C جریانی است که باطری ۶ دقیقه خالی میکند و C/10 جریانی است که همان باطری را در ۱۰ ساعت تخلیه میکند . کنترل مناسب روند شارژ ، بحرانی ترین عامل جهت اطمینان از عملکرد درست باطریها میباشد که در افزایش طول عمر باطری نیز نقش مهمی دارد . از دید فنی یک شارژر خوب باید دارای این کنترل ها باشد :

- ۱- کنترل روند شارژ جهت جلوگیری از اضافه شارژ .
- ۲- دفع حرارت تولید شده در طول روند شارژ که اهمیت زیادی دارد .

در هنگام شارژ به این مسائل توجه داشته باشید : منحنی شارژ باطری (دشارژ پیشنهادی سازنده را رعایت کنید) نحوه شارژ پیشنهادی (جریانی ، ولتاژی ، قطره ایی) و حداکثر ولتاژ مجاز . تصویر پائین دو نوع مختلف شارژر را نشان میدهد که هر یک دارای ویژگیهای خاصی هستند .

باطریهای لیتیم :

با توان بالا و اندازه مناسب میتوانند در محدوده وسیعی از درجه حرارات ها کار کنند (از منفی ۲۰ درجه تا مثبت ۵۰ درجه سانتی گراد) این نوع باطریها میتوانند نیروی خود را با دقتی ثابت در زیر بارهای معمولی در طول عمر کاری خود حفظ کنند . از معایب این باطریها میتوان به آسیب پذیر بودنشان در مقابل اتصال کوتاه در مدارهای الکترونیکی اشاره کرد ، از نظر مکانیکی نیز صدمه پذیر هستند و تحت شرایط معینی آتش گرفته و یا ممکن است منفجر شوند ! . باطریهای لیتیم دارای دو نوع مختلف هستند که در یک نوع آن از کاتد مایع و یا گازی شکل استفاده شده (مانند دی اکسید گوگرد و یا تیونیل کلراید)

و نوع دوم دارای کاتد جامد میباشد که معمولاً از ماده ایی به نام دی اکسید منگنز و یا پلی کرین مونو فلوراید تشکیل میشود . بطور کلی باطریهایی با کاتد جامد برای ظرفیت های کم یا متوسط که نیاز به تحویل جریانهایی بار نسبتاً کم میباشد مورد استفاده قرار میگیرند در حالی که نوع دیگر کاتد آن در باطریهایی مصرف می شود که تامین ظرفیت های بیشتر لازم بوده و جریانهایی بار نسبتاً زیادی توسط آنها فراهم میشود . ظاهر این نوع باطریها به باطریهای " نیکل کادمیم " بیشتر شبیه است تا باطریهای معمولی . در این نوع نیز از الکتروود نوع مارپیچی و هم از نوع فشرده شده در ساختمان باطری استفاده شده است ، الکتروود مارپیچی دارای سطح کار بیشتری بوده و بنابراین قادر به تامین جریان بیشتری نسبت به الکترودهای نوع فشرده میباشد ، اما در عوض باطریهایی که از الکتروود فشرده شده استفاده میکنند ظرفیت بیشتری دارند .

باطریهای لیتیم در انواع " اکسید منگنز - لیتیم ، لیتیم - کربن مونو فلوراید ، لیتیم - اکسید مس ، فسفات مس- لیتیم ، تولید میشوند . که هر یک ویژگیهای خاص خود را دارند . در مدلهای لیتیم اگرچه مسئله اتصال کوتاه لزوماً نمیتواند باعث انفجار باطری شود ولی با افزایش دما (بیش از ۱۰۰ درجه) کارائی خود را از دست میدهند . معمولاً باطریها (آنهایی که بیش از یک سلول دارند) در مقابل اتصال کوتاه در مدار ، توسط فیوز و یا مقاومت سری محافظت میشوند .

انواع باطری های لیتیم :

Lithium Polymer Batteries						
Brand	Model	Cep (mAh)	Voltage	Wt g (oz)	Max Current (A)	Price (US\$)
Kokam		40	3.7	1.8 (0.06)	0.25	5.00
Kokam		45	3.7	1.8 (0.06)	0.14	4.50
E-Tec	High-C	90	3.7	2.3 (0.08)	0.5	8.50
Polycell		120	3.7	3.2 (0.11)	0.24	13.00
E-Tec	High-C	130	3.7	3.2 (0.11)	0.6	8.00
Kokam		140	3.7	3.6 (0.13)	1.0	6.00
Kokam	High Discharge	145	3.7	3.5 (0.12)	0.7	8.00
Polycell		200	3.7	5.2 (0.18)	0.4	14.00
E-Tec	High-C	210	3.7	4.7 (0.17)	1.47	7.50
E-Tec	High-C	250	3.7	5.7 (0.20)	1.5	8.00
Kokam	High Discharge	340	3.7	9.9 (0.35)	6.8	14.00
Kokam		350	3.7	9.0 (0.32)	3.5	12.00
Kokam		560	3.7	11.7 (0.41)	1.7	5.50
Kokam		640	3.7	13.0 (0.46)	4.0	12.00
Kokam	High Discharge	640	3.7	16.0 (0.56)	6.2	7.00
Polycell		650	3.7	14.0 (0.49)	1.3	22.00
E-Tec	High-C	700	3.7	14.9 (0.53)	4.2	9.50
Kokam		880	3.7	18.0 (0.63)	2.6	6.50
Polycell		910	3.7	21.8 (0.77)	1.8	23.00
E-Tec	High-C	1200	3.7	24.1 (0.85)	7.2	12.00
Kokam		1200	3.7	21.5 (0.76)	4.0	17.00
Kokam	High Discharge	1500	3.7	34.0 (1.20)	12.0	19.00
Polycell		1700	3.7	50.0 (1.76)	3.4	23.00

انواع مختلفی از باطریهای لیتیم که نوع و مدل و توان و وزن آنها مشخص شده است

باطری نوع لیتیم – کربن مونو فلوراید : دارای کاتد جامد با نیروی محرکه ۳ ولت در اندازه استاندارد برای جریانهای کم تا متوسط ۱۵۰ میلی آمپر بوده و جریانهای پالسی تا ۱ آمپر نیز برای آن قابل قبول است . درجه حرارت کاری این نوع منفی ۴۰ تا مثبت ۸۵ درجه سانتی گراد بوده و ظرفیت آن تا حدود ۵ آمپر است .

باطری نوع لیتیم – اکسید مس : دارای کاتد جامد با نیروی محرکه ۱/۵ ولت و در اندازه استاندارد برای جریانهای باری تا ۱ آمپر و دارای محدوده حرارتی منفی ۲۰ تا مثبت ۵۵ درجه سانتی گراد است . ظرفیت اسمی آن ۲۰ آمپر ساعت عنوان شده . برای دستگاههایی که در درجه حرارت بالا کار میکنند مناسب است .

نوع اکسی فسفات مس – لیتیم : دارای کاتد جامد با نیروی محرکه ۲/۴ ولت بوده و از باطری نوع " لیتیم – اکسید مس " مشتق شده . عموماً دارای مشخصات یکسانی هستند به جز آنکه درجه حرارت کاری آن به منفی ۴۰ و مثبت ۷۵ سانتی گراد افزایش مییابد . (برای بعضی مصارف خاص تا ۱۷۵ درجه) ظرفیت تا در حدود ۵ آمپر است .

باطری نوع " لیتیوم – تیونیل کلراید : دارای کاتد مایع با نیروی محرکه الکتریکی ۳/۵ ولت و در اندازه استاندارد برای جریانهای تا ۲ آمپر استفاده میشود . حرارت کاری آن منفی ۴۰ تا مثبت ۷۵ درجه سانتی گراد بوده و ظرفیت آن ۱۸ آمپر است و برای دستگاههای مخابراتی که تحت شرایط دشوار کار میکنند مناسب میباشد .

باطری نوع " دی اکسید منگنز – لیتیم : این باطری دارای کاتد جامد با نیروی محرکه الکتریکی ۳ ولت در نوع استاندارد برای جریانها کم . محدوده درجه حرارت کار آن منفی ۲۰ تا مثبت ۸۵ درجه میباشد . ظرفیت آن در حدود ۵ آمپر است .

باطریهای نیکل – کادمیم :

این باطریها صرفه اقتصادی بیشتری نسبت به انواع دیگر دارند که تنها در قابلیت صدها بار شارژ و دشارژ آن خلاصه نمیشود از ویژگیهای بارز این باطریها میتوان به توانایی ایجاد شدت جریان ۰/۵ آمپر ساعت و یا بیشتر ، تامین شدت جریان تا چند آمپر برای یک لحظه کوتاه ، محدوده حرارتی بسیار وسیع (از منهای ۴۰ تا تا مثبت ۵۰ درجه سانتی گراد) ، عمری متجاوز از ۶۰۰ بار شارژ و دشارژ (پر و خالی شدن) ، تحمل ادامه شارژ بیش از حد ، و بی نیازی از نگهداری و مراقبت های خاص اشاره کرد . به طور کلی به دسته های زیر تقسیم بندی میشوند :

۱- نوع تهویه ایی ، شامل :

الکترو د پاکتی (پاکتی ، نوعی روش ساخت الکترو د باتریهای نوع تهویه ایی است) ، هیبریدی (باتریهای با قدرت زیاد) و الکترو د زینتر شده تقسیم میشوند .
الکترو د پاکتی خود به زیرگروههای :
الف - باتریهای با سرعت تخلیه کم . ب - باتریهای با سرعت تخلیه متوسط . پ - باتریهای با سرعت تخلیه زیاد . ج - باتریهای با طول عمر زیاد ، تقسیم میشود .
باتریهای الکترو د زینتر شده :
شامل دو گروه باتریهای هواپیمائی و باتریهای تجاری میشوند .

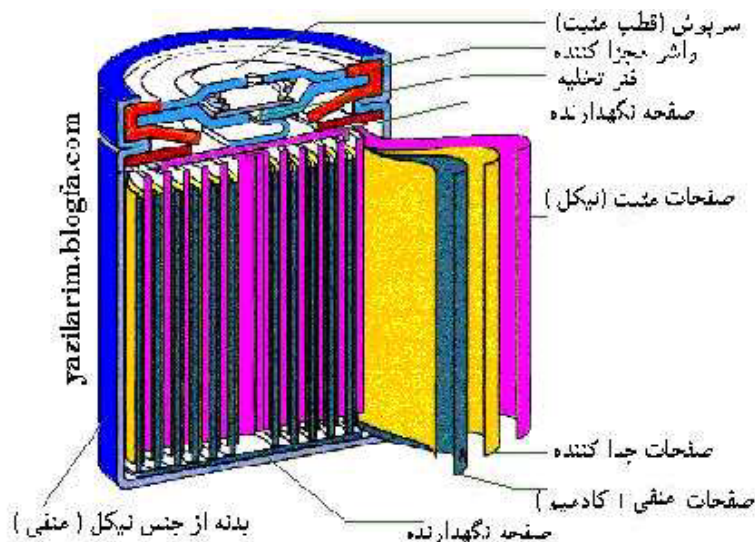
۲- نوع بدون منفذ با الکترو د های زینتر شده :

این نوع باتریهای نیکل کادمیم نیز به دسته کلی : سیلندری ، دگمه ایی ، مکعب مستطیل تقسیم بندی میشوند که خود به زیر گروههای :
سیلندری شامل : باتری درجه حرارت بالا ، باتری با شارژ سریع ، باتری انرژی زیاد ، باتریهای با مصارف عمومی ، دسته بندی میشوند .
باتریهای دگمه ایی شامل : باتریهای با مصارف عمومی و باتریهای حافظه هستند .
و باتریهای مکعب مستطیل شامل باتریهای با مصارف ویژه میشوند .

باتریهای نیکل کادمیم از : نیدرواکسید نیکل ، نیدرواکسید کبالت ، و گرافیت برای الکترو د های مثبت و از : اکسید کادمیم ، آهن ، نیکل و گرافیت به عنوان الکترو د های منفی ساخته میشوند . پوشش باتریها از ورقهای فولادی (با لایه ایی از اپوکسی و یا پلی اتیلن) و جلدهای پلاستیکی است .

ساختمان کلی :

سلولهای " نیکل کادمیم " (nickel - cadmium) یا به عبارتی ساده تر (Ni-Cad) به دو گونه ساخته میشوند : نوع استوانه ایی و نوع دگمه ایی و این دو نوع تفاوتی دارند که به اختصار به آنها اشاره میکنم : سلولهای دگمه ایی همواره از یک یا دو جفت صفحه گرد که توسط ماده خلل و فرج داری عایق شده اند تشکیل می شود . خود این صفحات با فشردن ماده ایی خمیری فعال در یک فلز مشبک تهیه میشوند . در باتریهای نوع استوانه ایی از ورقه های نرمی استفاده شده که میتوان آنها را به دور هم پیچید . این ورقه ها از " زینتر کردن " پودر نیکل بر روی پایه ایی از جنس نیکل ساخته میشوند ، عایق بین صفحه ها از نوعی ماده متخلخل است . توصیح اینکه " زینتر کردن " روشی در عملیات حرارتی در متالورژی فلزات میباشد . در هر دو گونه ، باتریها کلاً توسط ورقه ایی از جنس نایلون پوشیده و نفوذ ناپذیر شده اند .



باتریهای استوانه ایی مجهز به نوعی سامانه ی سوپاپ فوری برای جلوگیری از افزایش فشار گازهای درونی ، در هنگام شارژ بیش از حد یا تخلیه بیش از اندازه عمل میکند . این فشار شکن

در فشار ۱۴ درجه جو باز شده و در ۱۱ درجه جوی بسته میشود (شکل بالا ساختار یک باطری " نیکل - کادمیم " استوانه ایی را نشان میدهد . برای دستیابی به ولتاژ بیشتر میتوان از اتصال چند سلول استفاده کرد که در این صورت ولتاژ آن ، مجموع ولتاژ یکا یک باطریهاست .

مشخصات برخی از باطریهای نیکل- کادمیم :

باطریهای نیکل کادمیم پاکتی : بیشتر در هواپیماهای مدل نظامی به کار میروند که معمولاً اندازه بزرگتری نسبت به انواع تفریحی دارند ، ظرفیت این سلها بین ۵ تا ۱۲۰۰ آمپر ساعت میباشد و در شکلها و اندازه های متفاوتی به بازار عرضه میشوند . از معایب آن میتوان به : مقدار انرژی پائین نسبت به وزن و حجم باطری ، وابستگی ظرفیت آنها به میزان سرعت تخلیه ، تخلیه شدن در درجه حرارت های کم و سرعت های زیاد اشاره کرد . برخی مزیت های این نوع باطریها : در مقایسه با سایر باطریهای ، هزینه ساخت کمی داشته و به تعمیرات کمی نیاز دارند .

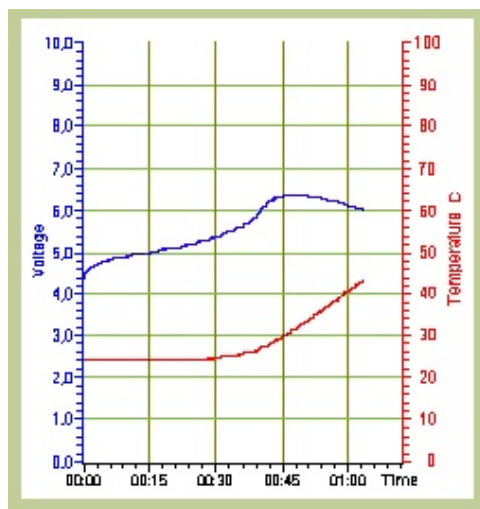
باطریهای نیکل کادمیم تهویه ایی با الکترودهای زینتر شده : زینترینگ نوعی عملیات حرارتی است که در آن خمیری شل ، شامل ذرات فلزی ، قبل از رسیدن ذرات آن به نقطه ذوب ، به جسم محکمی تبدیل میشود و برای تولید این نوع الکترودها از روشهای مختلفی استفاده میکنند . در حال حاضر این نوع باطریها در ظرفیتهای ۰/۶ تا ۳۶۰ آمپر ساعت تولید میشوند . بیشتر آنها دارای سرعت تخلیه بالائی هستند و کاربرد نظامی دارند . درجه حرارت کم و سرعت تخلیه بالا بر ظرفیت آنها تاثیر گذار نیست و دانسیته انرژی آنها از انواع پاکتی بیشتر است .

باطریهای نیکل کادمیم بدون منفذ با الکترودهای زینتر شده : از مهمترین مزایای آنها میتوان به نفوذ ناپذیر بودنشان اشاره کرد . این باطریها به تعمیر و یا افزودن آب نیاز نداشته و نیازی به جایگزینی الکترولیت ندارند . در اتاقک باطری گاز ایجاد نمی شود و در وضعیت های گوناگون خطر نشست الکترولیت وجود ندارد . این باطریها در درجه حرارت پائین خوب کار میکنند و سرعت تخلیه آنها زیاد است . طول عمر سیکلی آنها زیاد بوده ، در مقابل ارتعاش ، شوک و شتاب بسیار مقاومند و به این علت در هواپیماهای مدل از انواع پر کاربرد هستند . معایب این باطریها به قرار زیر است :

الف - شارژ آنها باید طبق دستورالعمل سازنده انجام شود . (هیچگاه نباید با سرعتی بیش از ۱۰ C (آمپر شارژ شوند) . ب- در درجه حرارت های کم خوب شارژ نمیشوند (مثلاً فصل سرما) ج - در پتانسیل ثابت ، به علت خط rumoway حرارتی شارژ نمیشوند . ح - کیفیت شارژ آنها ضعیف تر از سایر باطریهای نیکل کادمیم است چ - هزینه ساخت آنها بالاتر است . این نوع سل در شکلهای استوانه ایی ، کتابی ، و دگمه ایی تولد میشوند .

باطریهای نیکل - کادمیم بدون منفذ با الکترودهای پاکتی : ظرفیت سل های دگمه ایی بین ۵ میلی آمپر ساعت تا ۳ آمپر ساعت ، سل های استوانه ایی شکل بین ۰/۱۵ تا ۴/۸ آمپر ساعت و ظرفیت سل های کتابی بین ۲ تا ۷ آمپر ساعت است . این سل ها در جلد های فولادی بدون پیچ تهویه ساخته میشوند .

مشخصات کلی باطریهای نیکل- کادمیم :



مقاومت داخلی این نوع باطریها فوق العاده کم است و به این ترتیب میتوان از آنها در مواردی که نیاز به جریان زیاد مقطعی داریم استفاده کرد . میزان پر ماندن باطریها در هنگام انبار شدن آن بستگی درجه حرارت محیط دارد . و میزان شارژ هم به درجه حرارت مربوط میشود بطوری که در درجه حرارت بالای ۴۵ و در حرارت های پائین شارژ آنها بسیار مشکل می شود . درجه حرارت مناسب برای شارژ این نوع باطریها ۱۰ تا ۳۵ درجه سانتیگراد است . مقاومت داخلی هم با درجه حرارت تغییر میکند هر چه هوا سردتر باشد مقاومت داخلی بیشتر می شود . در نمودار روبرو رابطه بین حرارت (temperature) و شارژ این نوع باطریها مقایسه شده است .

سیستم باتری	آند	کاتد	ولتاژ نامی	wh/kg	wh/lit
Lead - acid	Pb	PbO ₂	۲/۰	۳۵	۷۰
Edison	Fe	Ni oxide	۱/۲	۳۰	۵۵
Nickel - Cadmium	Cd	Ni oxide	۱/۲	۳۵	۸۰
Nickel-Metal hydride	(MH)	Ni oxide	۱/۲	۵۰	۱۷۵
Silver - Zinc	Zn	AgO	۱/۵	۹۰	۱۸۰
Nickel - Zinc	Zn	Ni oxide	۱/۶	۶۰	۱۲۰
Nickel - Hydrogen	H ₂	Ni oxide	۱/۲	۵۵	۶۰
Silver - Cadmium	Cd	AgO	۱/۱	۵۵	۱۰۰
Zinc - air	Zn	O ₂ (air)	۱/۵	۱۵۰	۱۶۰
Zinc/ Bromine	Zn	Br ₂	۱/۶	۷۰	۶۰
Lithium - Ion	C	Li ₂ CoO ₂	۴/۰	۹۰	۲۰۰
Lithium - Organic	Li	MnO ₂	۳/۰	۱۲۰	۲۶۵
Lithium - Polymer	Li	V ₂ O ₅	۳/۰	۲۰۰	۳۵۰
High temperature	Li	FeS ₂	۱/۷	۱۸۰	۳۵۰
High temperature	Na	S	۲/۰	۱۷۰	۲۵۰

جدول باتریهای متداول لیتیم و نیکل با کاتد و آندهای مختلف . دو نوعی که با فلش مشخص شده از انواع کاربردی در هواپیماهای الکتریکی هستند که در ادامه فرگرد با آنها آشنا میشوید .

باتریهای نیکل – آهن تهویه ایی :

الکترودهای مثبت نیکل – آهن ، مشابه ترکیبات سل های نیکل – کادمیم ، و برای الکترودهای لوله ایی شکل از مخلوط نیدرواکسید نیکل با براده های نیکل میباشد . در مورد الکترودهای منفی ، مخلوط آهن خالص و اکسید آهن Fe₃O₄ بکار میرود . در حال حاضر از روشهای ساخت الکترو لوله ایی و پاکتی و زینتر شده برای ساخت الکترو لیت مثبت و منفی این نوع باتریها استفاده میکنند .

ویژگی باتریهای نیکل – آهن تهویه ایی :

ظرفیت این سلها بین ۵ تا ۱۲۵ آمپر ساعت بوده و مزیت اصلی انوعی که از الکترودهای لوله ایی استفاده میکنند ، استحکام و طول عمر زیاد آنهاست . طول عمر باتریهای نیکل – آهن در کاربردهای سنگین ۷ سال و در کاربردهای معمولی ۲۵ سال است . دانسیته انرژی متوسط بوده و طی ۱ تا ۸ ساعت تخلیه میشود . از معایب این باتریها میتوان به عملکرد ضعیف در درجه حرارتهای کم ، تولید گاز و شارژ پذیری ضعیف نام برد .

باتریهای ، روی – نقره تهویه ایی :

از باتریهای پر کاربرد در صنایع نظامی و فضائی بشمار میروند . برای ساخت الکترودهای نقره سه روش : خمیر مالی لجنی ، پرس کردن پودر خشک و زینتر کردن مخلوط پلاستیکی پودر نقره ، کاربرد دارد . برای ساخت الکترودهای روی از روش پرس کردن پودر خشک روی و خمیر مالی (برای سل های شارژ شده) ، روش الکتروشیمی ، و زینتر کردن استفاده میشود .
ویژگیهای کلی : ظرفیت این باتریها ۰/۱ تا ۳۰۰ Ah و سرعت تخلیه آنها اکثرا زیاد است ، این باتریها در انواع زیر تولید میشوند : شارژ نشده تر ، شارژ شده خشک ، شارژ نشده خشک .
 دانسیته انرژی باتریهای روی – نقره از انواع نیکل – آهن یا نیکل – کادمیم بیشتر است . همچنین تخلیه خودبخودی کم ، عملکرد مناسب در سرعتهای بالا ، ویژگی های مکانیکی خوب و طول عمر زیاد در حالت خشک از مزایای این نوع باتریهاست . از معایب آنها میتوان به تعداد سیکل پائین شارژ و دشارژ ، عملکرد ضعیف در درجه حرارتهای کم ، اشاره کرد .

باتریهای نقره - کادمیم تهویه ایی :

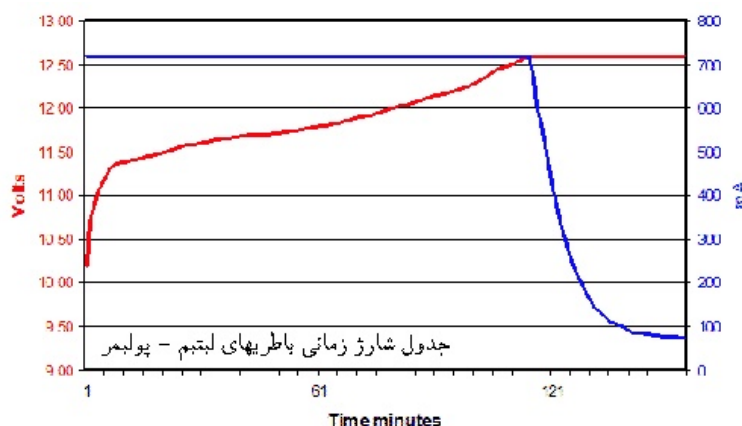
ویژگی های کلی : این نوع باتریها از انواع گرانتقیمت هستند . و در انواع آبندی شده دگمه ایی ، سیلندری ، و منشوری شکل تولید میشوند . از ویژگیهای خوب آنها میتوان به سرعت تخلیه زیاد ، دانسیته انرژی بالا و عمر طولانی ، اشاره کرد . از انواع کاربردی در هواپیماهای مدل نظامی و ریز مدلهای و همچنین رادارها و دستگاه های اندازه گیری هستند . دانسیته انرژی آنها ۲ تا ۳ برابر بیشتر از باتریهای نیکل - کادمیم ، نیکل - آهن است . دارای طول عمر زیاد و مقاومت مکانیکی خوبی هستند . البته در دمای منفی ۳۰ درجه سرعت تخلیه ضعیفی دارند . (با توجه به شرایط عملیاتی هواپیماهای مدل ، این موضوع حائز اهمیت نیست) .

باتریهای جیوه - کادمیم :

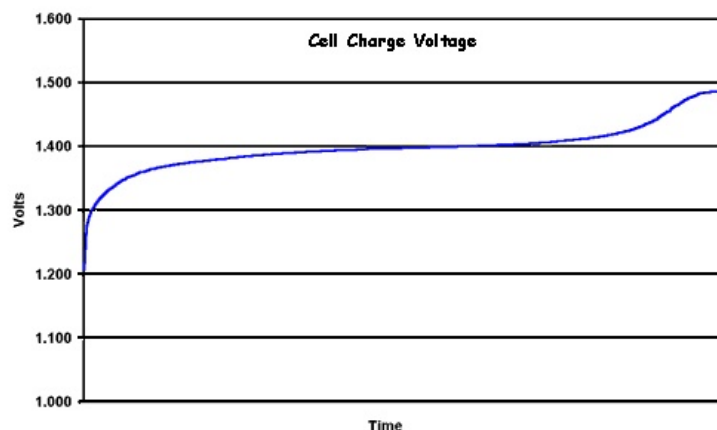
این سلها با ولتاژهای کم ۰/۹ ولت در درجه حرارتهای زیاد دارای عمر انبار داری طولانی هستند . ساختمان آنها شبیه سل های نیکل - کادمیم و به ویژه نوع دگمه ایی آنهاست . سل های جیوه - کادمیم بیشتر در درجه حرارتهای بالا و ضریب اطمینان زیاد مورد استفاده هستند .

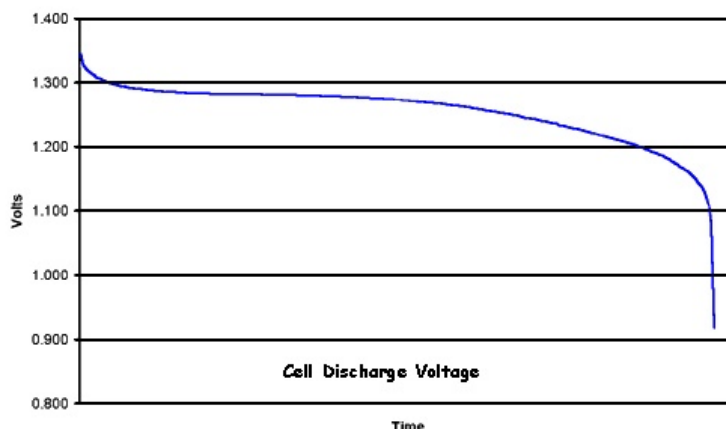
باتریهای پلیمری :

باتری لیتیم _ پولیمر : از جمله جدیدترین فن آوریهای مورد استفاده در باتریهای لیتیم است . این باتریها نسبت به وزن خودشان انرژی زیادی تحویل میدهند باتریهای لیتیم پولیمر امروزی دست کم توانایی تحویل دهی جریانی بیش از 40A را دارند . در حالت استاندارد با ولتاژ اسمی 3.7V عرضه میشوند . پلیمرهای هادی قادرند برق را به صورت یونی و یا الکترونی هدایت کنند . ترکیباتی که در حالت یونی ، هادی جریان هستند شبیه الکترولیت مایع عمل میکنند . برای ساخت این نوع باتریها از پلیمرهایی همچون : پلی انیلین ، پلی استیلن ، پلی فنیلن وینیلن ، استفاده میکنند



شارژ باتریهای Lithium Polymer (نسبت زمان به شارژ)





جدول دشارژر باتریهای Nickel Hydride

علائم و استانداردها :

سیستم بین المللی IEC در مورد باتریهای اولیه بر اساس سه سری سل های واحد پایه گذاری شده است . هر سری بر حسب ویژگیهای شکلی خود با یک حرف مشخص میشوند . سل های استوانه ایی شکل با حرف R (Roundcells) ، سل های کتابی با حرف S (Square) و سل های مسطح با حرف F (Flat) شناسانده میشوند . هر سری شامل اندازه های متفاوتی که برای مشخص کردن اندازه هر سل ، عددی به دنبال حرف مربوطه اضافه میشود . در باتریهای نیکل کادمیم حرف M به عنوان متوسط شدت جریان تخلیه و در باتریهای اولیه دیگر برای سل هایی که اکسید جیوه دارند کاربرد دارد . حرف N برای باتریهایی است که در آنها دی اکسید منگنز با اکسید جیوه مخلوط میشود . برای باتریهای " لکلانشه " از علامت S استفاده میکنند . در باتریهایی که چندین سل واحد دارند ، سل ها بصورت سری یا موازی و یا هر دو با هم وصل میشوند . آنهایی که به صورت سری وصل شده اند با اضافه کردن یک عدد در ادامه علامت مشخصه باطری ، نشان داده میشوند . برای مشخص کردن نحوه تخلیه سل ها از حروف زیر استفاده میشود :

- L** : برای شدت جریان تخلیه کم
- M** : برای شدت جریان تخلیه متوسط
- H** : برای شدت جریان تخلیه زیاد
- X** : برای شدت جریان تخلیه زیاد
- KB** : سل های دگمه ایی نیکل کادمیم
- KR** : سل های سیلندری نیکل - کادمیم .



TRITON Charger, Discharger
Handles 1-24 NiCd or NiMH cells, 1-4 Li-Ion cells
or 6,12, and 24V Lead Acid batteries.



GWS-MC-2002 Charger
Input Voltage range: 9-15V DC
4-12 cells of 50mAh - 3000mAh
NiCad or NiMH pack can be charged.

تصویر دو نوع شارژر

انتخاب باطریها :

برای انتخاب باطری باید عوامل زیر را در نظر داشت :

- ۱- کاربرد : شامل اندازه ، وزن ، وضعیت ، طول عمر و حدود هزینه
- ۲- نوع مصرف : اینکه باطریها به تنهایی مورد استفاده قرار میگیرند و یا همراه با وسائل دیگری بکار میروند .
- ۳- شدت جریان تخلیه : که آن را ترجیحا با حدود بارهایی که اعمال میشود میسنجند .
- ۴- پریود تخلیه مورد نیاز ، بازاء شارژ : اگر در حین کار ، مصرف به تناوب صورت گیرد ، زمان برقراری و قطع جریان مشخص شده و در صورت لزوم منحنی مربوطه آماده میشود .
- ۵- میزان ولتاژ متوسط در هنگام تخلیه
- ۶- درجه حرارت در حین کار و یا انبارداری
- ۷- روش شارژ
- ۸- سرویس دهی و تعمیرات (در هواپیماهای مدل شامل نوع شارژر میشود)

معرفی کتاب :

برای آشنایی بهتر و مطالعه جامعتر در مورد باطریها ، میتوانید به کتاب " ذخیره انرژی " تالیف آقای علی اسداللهی مراجعه کنید . این کتاب از سوی نشر گستره (تهران) منتشر شده است .

انتقاد از کتاب : برخی

مطالب و تصاویر مورد استفاده مؤلف قدیمی و گاه دارای کیفیت پائینی هستند ، کتاب فاقد واژه نامه و پاورقی است که وجود آن به شدت احساس میشود . صفحه بندی و تقسیم مطالب بدرستی انجام نشده !



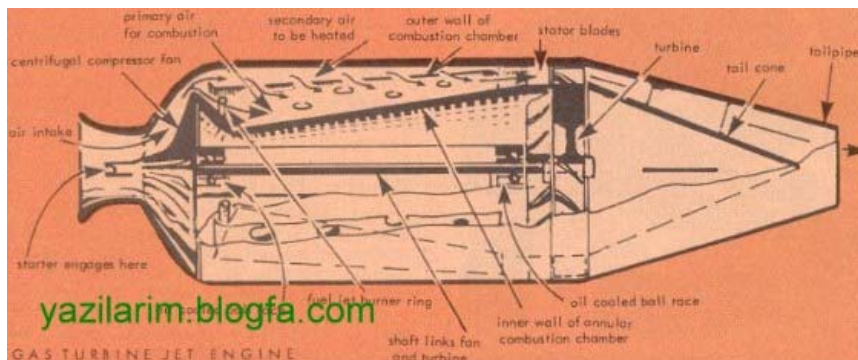
موتورهای جت مدل





تاریخچه :

در سال ۱۹۷۵ آقای "جری جک من" (Jerry Jackman) توانست اولین نمونه یک موتور جت مدل را بسازد . این موتور جت هر چند به خوبی کار میکرد اما قادر به تولید نیروی زیادی نبود . هشت سال پس از این کار ، او با همکاری چهار نفر دیگر به نامهای : Chris White (مهندس ماشین آلات که طراحی بخش کمپرسور و تیغه های توربین را انجام داد) و David Stich (طراح بدنه و پوشش موتور) و Ray Carter (روی اجزاء مکانیکی کار میکرد) و Barry Belcher (طراح هواپیمای مدل Barjay که موتور بعد از ساخت بر روی آن نصب شد) توانست موتور دیگری را تکمیل کند که به مراتب بهتر و کارآمدتر از نمونه اولیه آن بود . در ۲۰ مارس ۱۹۸۳ تیم طراحی ، موتور ساخته شده را به مدت ۳ دقیقه با موفقیت آزمایش کرد .



موتور طراحی شده توسط " جری جک من "



شکل کلی موتور جت جری جک من و همکاران

موتور ساخته شده توسط جک من و همکارانشان ، سه اینچ قطر و ۱۳ اینچ طول و تقریباً ۳ پوند وزن داشت . موتور در دور ۸۵۰۰۰ توانست نیروی رانشی برابر با ۹ پوند تولید کند و توانایی رسیدن به سرعت ۹۷۰۰۰ پوند را هم داشت . نزدیک به بیست سال بعد موتورهای تجاری با وزن و اندازه مشابه و گاه بزرگتر می توانستند به سرعتی بالغ بر ۱۲۰۰۰۰ دور در دقیقه برسند .



هواپیمای Barjay ، هواپیمایی که اولین موتور مدل جت بر روی آن نصب و آزمایش شد

از دیگر پیشگامان موتورهای جت مدل ، میتوان به آقای Bryan Seegers آمریکایی ، که به همراه تیم خود و تقریباً همزمان با "جری جک من " انگلیسی به کار بر روی میکرو جت ها مشغول بودند نام برد . به خاطر هم زمانی این فعالیتها بر سر تعیین اینکه چه کسی اولین تجربه موفق در زمینه میکروجت ها را به انجام رسانیده اختلاف نظر وجود دارد . با این وجود از شواهد و قراین اینگونه برداشت میشود (و البته با زرنگی معمول انگلیسیها !!) که این افتخار نصیب آنگولاساکسونها شده است !



هر چند آقای Seegers ادعا میکند که در سال ۱۹۸۱ موتور جت خود را عملاً آزمایش کرده . ما در این جا بدون پرداختن به این مباحث حقوقی و حواشی آن به کار خود آقای Seegers خواهیم پرداخت . ایشان در سال ۱۹۷۸ کار بر روی میکروجت ها را آغاز کرد و تقریباً در سال ۱۹۸۸ موفق شد کار خود را تکمیل کند .

در این دوره نسبتاً طولانی او موتور خود را بر روی یک هواپیمای مدل مقایسی که به آن (Dragonfly) یا سنجاقک میگفتند آزمایش کرد . تیم آقای Seegers متشکل از افراد باتجربه ایی از قبیل باب وال (Bob Wahl) که نقش عمده ایی در گسترش و تکمیل کنترل کننده الکترونیک موتورهای جت مدل داشت ، جک اروین (Jack Erwin) که زمانی کارشناس آیرودینامیک سازمان ناسا بود و بر روی پخش کننده (diffuser) موتور S-100 کار کرد ، و بیل کن (Bill Caan) که خود یک مهندس حرارت بود و کار طراحی محفظه احتراق موتور را به عهده داشت . و در نهایت باید از جیم آلن (Jim Allen) که کار ساخت هواپیمای آقای Seegers را انجام داده و آن را به پرواز در آورد ، نام برد که همگی با تلاش گروهی موفق به انجام این کار شدند .

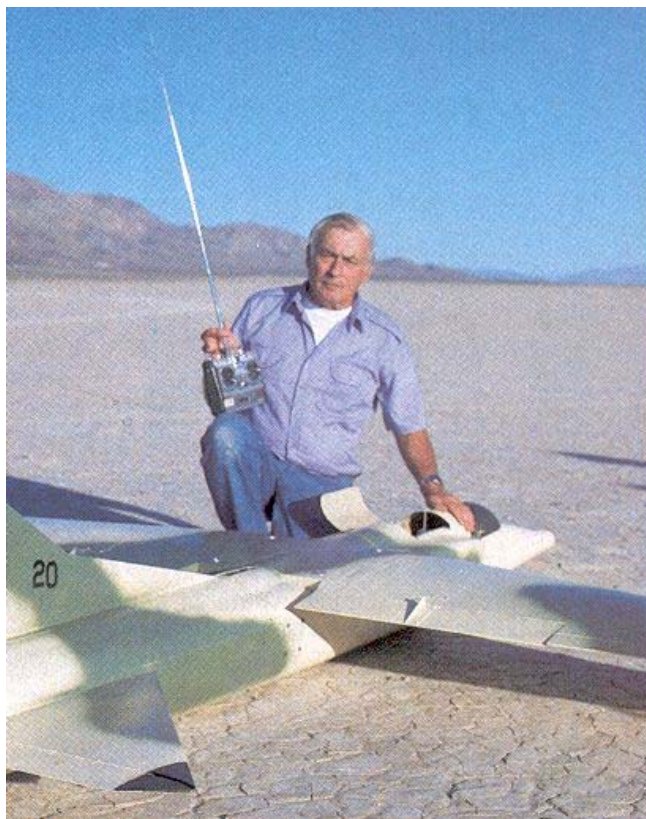


آقای Bryan Seegers و دوستان در حال آماده شدن برای آزمایش هواپیمای Dragonfly

از دیگر افراد شاخصی که در زمینه میکروجتها کار کرده و باعث پیشرفت هر چه بیشتر این موتور ها شدند میتوان به Norm Goyer اشاره کرد که خود سردبیر یک مجله هواپیماهای مدل

کتاب " آشنایی با هواپیمای مدل " جلد دوم . ترجمه و تالیف " عرفان آقایی "
<http://yazilarim.blogfa.com>

بود . (تصویر زیر) و یا میتوان به آقای Ewald Schuster اشاره کرد که توانست یک موتور
توربوفن برای هواپیماهای موسوم به VTOL بسازد (هواپیماهای عمود پرواز ، مثل " هرپیر ")



هواپیمای Dragonfly مجهز به موتور S-100 آقای Seegers در Museum, Mesa, Arizona

توربین های گازی (موتورهای جت) :

از دیگر پیشرانه های متداول و پر کاربرد در هواپیماهای مدل هستند ، که به آنها توربین های گازی و یا موتور جت میگویند . این موتور ها معمولا به شکل استوانه ایی ساخته میشوند که بخش های متحرک موتور داخل آن و حول محور شفت قرار میگیرند . برای شروع چرخه احتراق و روشن شدن موتور از یک استارتر برقی استفاده میشود .



یک تصویر تاریخی ، آقای Seegers با موتور S-100

موتورهای توربوجتی که برای پرواز هواپیماهای مدل بکار میرود از همان اصول موتورهای جت استفاده میکنند و تنها تفاوت آنها با برادران بزرگتر خود اندازه و ساختار ساده شده آنها میباشد . عملکرد این موتور ها بر اساس مکش هوا از ورودی موتور به داخل و تحت فشار قرار دادن آن در بخش " کمپرسور " و سپس احتراق آن است . گاز های خروجی با حرارت بالا باعث ایجاد نیروی رانش پر قدرتی میشود که موتور های پیستونی قادر به تولید آن نیستند . اگر به عملکرد این موتور ها دقت کنیم خواهیم دید که در واقع همان چهار عمل : مکش ، تراکم ، احتراق و تخلیه به شکل متفاوتی انجام میشود . برای درک بهتر این فرایند به شرح دقیقتر عملکرد موتور های جت میپردازم :



قانون عمل و عکس العمل

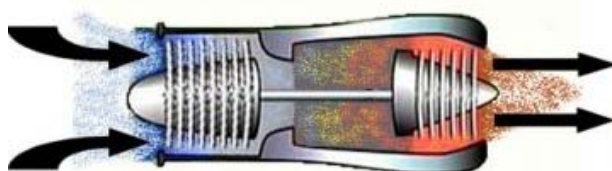
موتور های جت بر اساس قانون سوم نیوتن کار میکنند . طبق این اصل " هر عملی دارای عکس العملی مساوی با آن و در جهت مخالف آن است " . بطور خیلی ساده میتوان گفت که موتور های جت مانند یک لوله هستند که از یک طرف هوا وارد و سپس این هوا با مقداری سوخت ترکیب شده و میسوزد و بالاخره بصورت گاز هایی که دارای سرعت زیادی هستند از طرف دیگر خارج میشود . در حقیقت با این کار به هوای عبوری شتاب داده و چون هوا دارای جرم است ، پس یک نیرو در جهت مخالف حرکت (عقب) آن تولید می شود که طبق قانون سوم نیوتن (قانون عمل و عکس العمل) نیرویی مساوی ولی در جهت مخالف تولید میگردد که این نیرو را طبق تعریف نیروی جلوبرنده یا (Thrust) مینامیم .

اختلافی که موتور های پیستونی هواپیما با موتور های جت دارند این است که ملخ در موتور های پیستونی مقدار خیلی زیادی از هوا را با شتاب کمی به عقب میفرستد و نیروی جلوبرنده تولید میکند ولی موتور های جت مقدار کمی از هوا را گرفته و با شتاب بیشتری به عقب موتور هدایت میکنند .



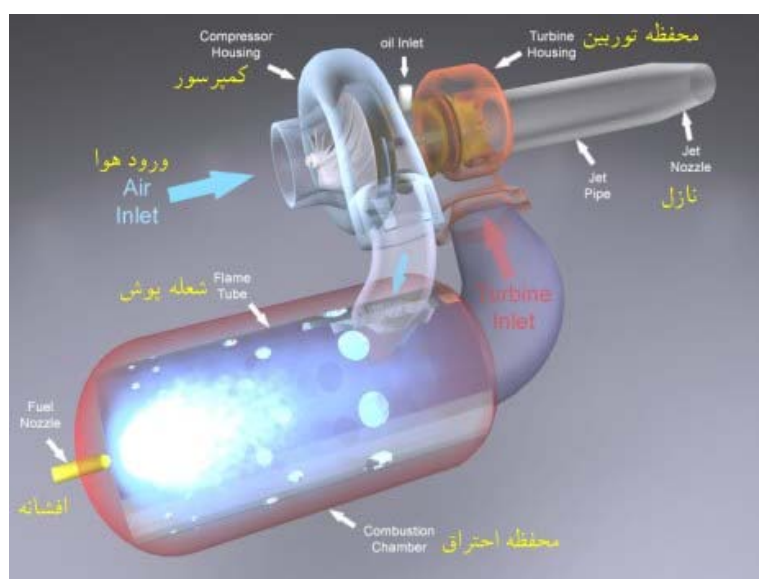
موتورهای جت به دو دسته اصلی تقسیم میشوند : ۱- موتورهای جت با قطعات گردان ۲- موتورهای جت بدون قطعات گردان . نوع اول خود دارای انواع مختلفی از جمله : توربوجت و توربوپراپ و توربوشفت میشود . رم جت و پالس جت و موتورهای موشک را میتوان از انواع نوع دوم موتورهای جت بدون قطعه های گردان نامید .

سیکل کاری موتورهای جت :



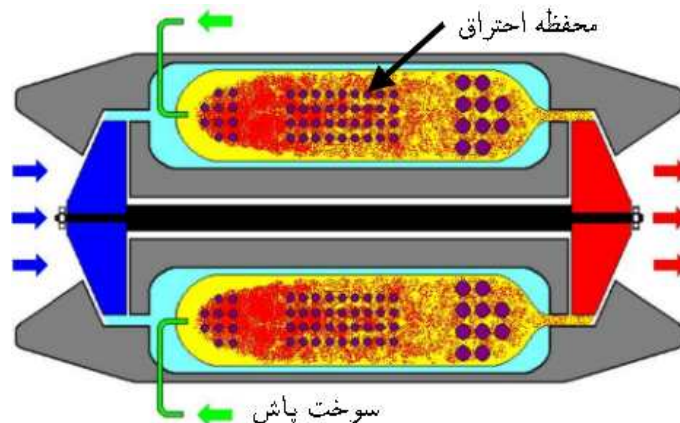
همانگونه که در ابتدای این گفتار آمد ، سیکل کاری موتورهای جت توربین دار شبیه موتورهای پیستونی چهار زمانه است . با این تفاوت که در موتورهای جت ، عمل احتراق در فشار ثابت ولی

در موتورهای پیستونی در حجم ثابت انجام میشود . هر دو موتور شامل مراحل مکش ، تراکم ، احتراق و تخلیه هستند . در موتورهای پیستونی این مراحل به نوبت انجام می شود اما در موتورهای جت بطور دائم اتفاق می افتد . عمل احتراق در موتورهای جت در فشار ثابت و با زیاد شدن حجم انجام میشود ، بنابراین به فشار ماکزیمم که در موتورهای پیستونی ، در مرحله تراکم ایجاد میشود دست نمی یابد . چون موتور جت یک موتور حرارتی است پس هرچقدر درجه حرارت تولیدی در عمل احتراق بیشتر باشد انبساط گازها بیشتر بوده و در نتیجه قدرت موتور بیشتر است اما این حرارت نباید آنقدرها زیاد باشد که به تیغه های توربین آسیب برساند . در تصویر زیر نمونه ساده ایی از یک توربین گازی را میبینید .



این تصویر مکانیزم ابتدائی ترین و ساده ترین نوع توربین های گازی را نشان میدهد اما در عمل تمامی موتورهای جت کم و بیش همین مشخصات را دارند . هوا از بخش آبی به وسیله پره های

توربین به داخل موتور وارد شده و در محفظه احتراق با سوختی که به درون موتور تزریق میشود مخلوط و در سیکلی پیوسته مشتعل میشود . شمع که در تصویر میبینید تنها یک بار عمل کرده و در جریان کار موتور دخالتی ندارد (هنگام روشن کردن موتور استفاده میشود) گازهای داغ به وسیله توربین دومی که در انتهای موتور و در بخش خروجی قرار دارد با قدرت و شتاب بیشتری به بیرون هدایت میشود (قسمت قرمز رنگ موتور) لازم به ذکر است شکل و ساختار آگزوز در مقدار نیروی تولید شده آن تاثیر میگذارد
اختلاف بین سرعت گازورودی (هوا) به توربین و گازهای خروجی ، نیروی کشش لازم جهت به حرکت در آوردن هواپیما را تولید میکنند . واحد تولید توان ، میتواند مجموعه ایی از کمپرسور ، محفظه احتراق ، و توربین باشد . حالا شکل موتور توربینی ساده شده بالا را با تصویر یک نوع موتور جت مورد استفاده در هواپیماهای مدل مقایسه کنید .



همانگونه که دیده میشود موتور دارای دو قطعه اصلی است که کمپرسور (compressor) و دیگری توربین (turbine) میباشد . جهت ترکیب سوخت و هوا از یک یا چند محفظه احتراق (در بخشهای بعدی مورد بررسی قرار خواهند گرفت) استفاده میشود . در واقع علت اینکه اینگونه موتورها را (Gas turbine engine) مینامند از آن جهت است که دارای توربین بوده و از انرژی حرارتی گازها برای چرخاندن توربین آن استفاده میکنند . نکته ایی که در مورد آگزوز و یا به عبارتی (نازل nozzle) موتورهای جت ، لازم به یادآوری است شکل و طول آن است که باید به دقت محاسبه شود . این مجرا بخاطر شکل " واگرای " که دارد باعث بالارفتن فشار گازهای خروجی شده ، سرعت و توان موتور را افزایش میدهد .



اجزاء یک موتور مدل جت که در ادامه به شرح آنها میپردازیم .

قسمتهای اصلی موتورهای جت :

۱- مجرای ورود هوا : (Air inlet Duct) برای موتورهای جت توربین دار از مهمترین فاکتورهای کارایی محسوب میشود . معمولاً مجراهای ورود هوا بشکل یک مجرای ساده نبوده و اغلب بصورت واگرا (Divergent) ساخته میشوند که ضمن کاستن از سرعت هوای ورودی ، فشار آن را افزایش میدهد . لازم به توضیح است که این شکل از مجراها برای هواپیماهایی بکار میرود که سرعت آنها کمتر از صوت باشد . مقدار هوایی که موتور قادر به مکیدن آن است به سه عامل بستگی دارد : سرعت چرخش کمپرسور ، سرعت هواپیمای مدل ، و غلظت هوا .



۲- کمپرسور : (compressor) انرژی بدست آمده توسط عمل احتراق در موتورها بستگی مستقیمی به مقدار هوا و میزان فشاری دارد که در موقع سوختن از سوی کمپرسور تامین میشود . کمپرسورها از نظر ساختمان و چگونگی تراکم هوای عبوری به دودسته تقسیم میشوند :

۱- کمپرسورهای دیسکی (Centrifugal flow Compressors)

۲- کمپرسورهای تیغه ایی (Axial flow Compressors)

الف - کمپرسورهای دیسکی : نود و پنج درصد موتورهای جت مدل با استفاده از این نوع کمپرسورها ساخته میشوند . هزینه ساخت آنها پائین است ، محاسبات طراحی کمتری دارند ، ساخت آنها ساده تر است ، سبک تر هستند ، و با توجه به ویژگیهایی که دارند وزن و حجم موتور ساخته شده را کم میکنند ، همچنین نگهداری و تعمیر آنها ساده تر است .



کمپرسور دارای دیسکی است که بر روی آن تیغه هایی تراشیده شده است . زاویه بین تیغه ها بصورت واگراست و اصطلاح (Centrifugal flow) به این دلیل برای کمپرسور در نظر گرفته شده که جریان هوا در امتداد شعاع دیسک و در جهت نیروی گریز از مرکز میباشد . این دیسک

که (Impeller) نامیده میشود توسط یک محور (Shaft) به توربین متصل بوده و با آن میچرخد در اثر چرخش دیسک ، هوا از طریق مرکز آن بداخل تیغه ها مکیده میشود . چون مجرای موجود بین دو تیغه مجاور هم ، بصورت واگراست هوا در حین عبور از بین آنها فشارش زیاد و سرعتش کم میشود اما با توجه به اینکه خود دیسک در حال چرخش است به این هوا انرژی جنبشی داده و سرعت آن را نیز افزایش میدهد در نتیجه میتوان گفت وقتی هوا به نوک (Impeller) برسد ، فشار و سرعتش نسبت به هوای ورودی افزایش می یابد .

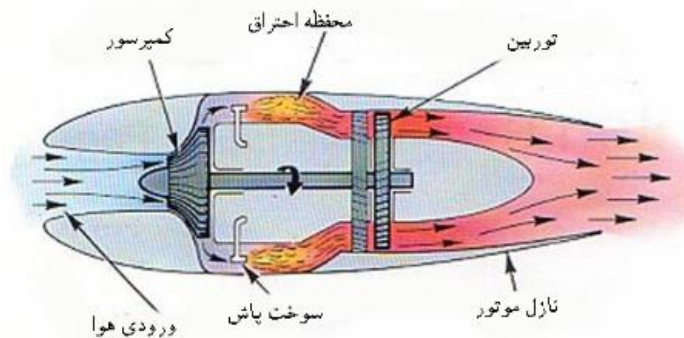


کمپرسور موتورهای جت مدل

هوای فشرده شده پس از این مرحله وارد مجرای به نام (Diffuser یا پخش کننده) میشود ، این مجرا هوا را به **محفظه احتراق هدایت میکند** . موتورهای مدل اکثرا از یک دیسک استفاده میکنند که به (Single Stage Engine) معروفند . (لازم به یاد آوری است که به این نوع کمپرسورها نوع سانتریفوژ هم گفته میشود) . در دو تصویر زیر چگونگی عملکرد یک کمپرسور تیغه ای به خوبی نمایش داده شده است و بخش های دیگر موتور نیز در آن دیده میشود . این تصویر تمام فرایندی است که در موتورهای جت مدل انجام می شود . بخش توربین این موتور از دو دیسک تشکیل شده .



Diffuser- پخش کننده



ب - کمپرسورهای تیغه ایی :

هرگاه جهت جریان هوای عبوری از کمپرسور موازی شفت موتور باشد آن کمپرسور جریانی محوری (Axial flow) به هوا داده و به کمپرسور تیغه ایی معروف است. این کمپرسورها تشکیل شده اند از چند ردیف تیغه های ثابت و چرخان که اولین ردیف آن مربوط به تیغه های گردنده یا (Rotor Blades) میباشد که معمولاً بر روی محیط خارجی یک دیسک سوار شده اند و ردیف دوم شامل تیغه های ثابتی است به نام (Stator blades) که از داخل بر روی پوسته موتور نصب شده اند و همینطور ردیف بعد.

دیسکهایی که مربوط به تیغه های (Rotor) هستند تماماً بر روی یک شفت که همان شفت موتور است نصب شده اند و چون این شفت از طرف دیگر به توربین متصل است پس این دیسکها با توربین موتور می چرخند.

اصطلاحاً یک ردیف تیغه های (Rotor) و یک ردیف تیغه های (Stator) را باهم یک (Stage) کمپرسور میگویند. هر چه تعداد (Stage) یک کمپرسور بیشتر باشد آن کمپرسور هوا را بیشتر متراکم میکند. (یعنی دارای نسبت تراکم بیشتری است) موتورهایی که از این نوع کمپرسورها استفاده میکنند پرقدرتر هستند و بازده بیشتری دارند اما به علت سنگین بودن و پیچیدگیهای ساخت، از آنها در موتورهای جت مدل به ندرت و تنها در طرحهای خاص نظامی (همانند مینی جت طلوع ۴ - طراحی و ساخت ایران) استفاده میشود.



موتور مینی جت طلوع - ۴ از کمپرسور تیغه ایی استفاده میکند. این موتور در وزارت دفاع ایران طراحی و برای کاربردهای نظامی تولید میشود.

۳- محفظه احتراق :

هوای فشرده پس از خروج از کمپرسور و سپس (Diffuser) وارد قسمت دیگری میشود که در آنجا با مقداری سوخت متناسب با آن ترکیب شده و مخلوط قابل اشتعالی ایجاد میکند. در داخل محفظه های احتراق عمل اشتعال سبب ایجاد انرژی حرارتی میشود. بدین صورت انرژی موجود در مخلوط هوا و سوخت به انرژی حرارتی تبدیل شده و حرارت بدست آمده، نیروی جنبشی هوای عبوری از موتور را افزایش میدهد. مقدار زیادی از این توان صرف چرخاندن توربین یا بعبارت دیگر چرخاندن کمپرسور شده و مابقی آن باعث ایجاد نیروی محرکه در موتور میشود و گازها با سرعت زیادی از دهانه خروجی نازل (یا اگزوز) به بیرون فرستاده میشود.

در حقیقت کار اصلی محفظه های احتراق مخلوط کردن هوا و سوخت، سوزاندن این مخلوط و بدان وسیله افزودن انرژی حرارتی به هوای عبوری از موتور است. برای انجام این کار محفظه احتراق باید دارای ویژگیهای زیر باشد :

۱- داشتن محلي براي مخلوط کردن هوا و سوخت (با نسبت های معين) جهت اطمینان از خوب سوختن آن . ۲- سوزاندن مخلوط به طور موثر ۳- پائين آوردن درجه حرارت گازهای توليدي تا حدی که برای تماس با تیغه های توربین مناسب باشد . ۴- انتقال گازها به قسمت توربین . با درجه حرارت و سرعت مناسب .



هوای خروجی از کمپرسور وارد بخش (Diffuser) شده و سرعت آن کاهش یافته و در عوض فشار آن بالا میرود . پس از کاهش سرعت و رساندن آن به حدود ۸۰ فوت در ثانیه هوا وارد محفظه احتراق میشود . سوختی که مورد استفاده موتورهای جت است معمولاً از نوع سوخت سنگین و چیزی شبیه به نفت یا (Kerosine) است . بطور نرمال نسبت کلی مخلوط هوا و سوخت در محفظه های احتراق از ۴۵ تا ۱۳۰ قابل تغییر است . چون نفت (Kerosine) با نسبت ۱ یا نزدیک به آن بطور موثر میسوزد بنابراین فقط قسمتی از هوای ورودی به محفظه احتراق با سوخت مخلوط شده و ماده قابل اشتعال تولید می کند . در موتورهای جت تنها یک چهارم هوای ورودی به محفظه احتراق میسوزد و بقیه (یعنی سه چهارم) هوا به منظور خنک کردن محفظه و پائین آوردن درجه حرارت گازها استفاده میشود .

ذکر این نکته ضروریست که در موقع روشن کردن موتور ، که توسط شمع موتور جت انجام میشود عمل احتراق اولیه صورت گرفته و موتور به کار میافتد . طرح محفظه های احتراق در انواع مختلف آن و نحوه افزودن سوخت به آنها ممکنست بطور قابل توجهی تغییر کند ولی تمام آنها از نظر تقسیم جریان هوای ورودی یکسان هستند .

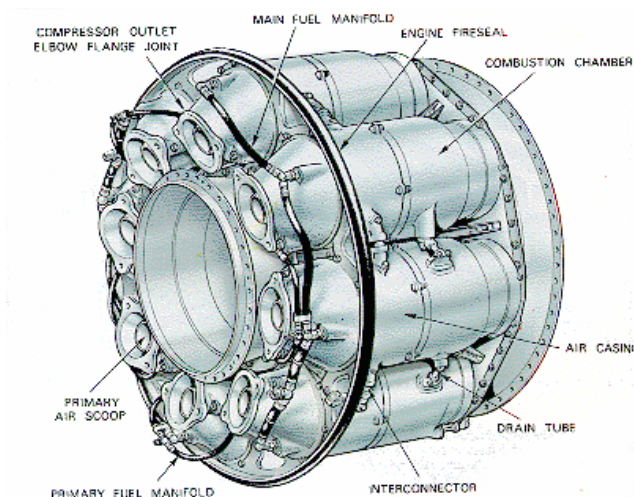


انواع محفظه های احتراق : اصولاً سه نوع محفظه احتراق در موتورهای جت توربین دار مورد استفاده است :

- ۱- محفظه احتراق چندتائی (Multiple Combustion Chamber)
- ۲- محفظه احتراق یک تکه (Annular Combustion Chamber)
- ۳- محفظه احتراق نوع تلفیقی یا (Cannular)

۱- محفظه احتراق چندتایی :

این نوع محفظه در موتور هایی با کمپرسور دیسکی و انواع ابتدائی موتور هایی با کمپرسور تیغه ایی بکار میرود . محفظه ها بطور منظمی دور تا دور محور موتور چیده شده اند و هوای خروجی از کمپرسور توسط مجراهایی بطور یکسان وارد تک تک آنها میشود . محفظه دارای یک لوله داخلی است بنام لوله شعله یا (Flame tube) که با لوله هوا یا (Air Casing) پوشیده شده است . لوله شعله را بخاطر مقاومت در مقابل درجه



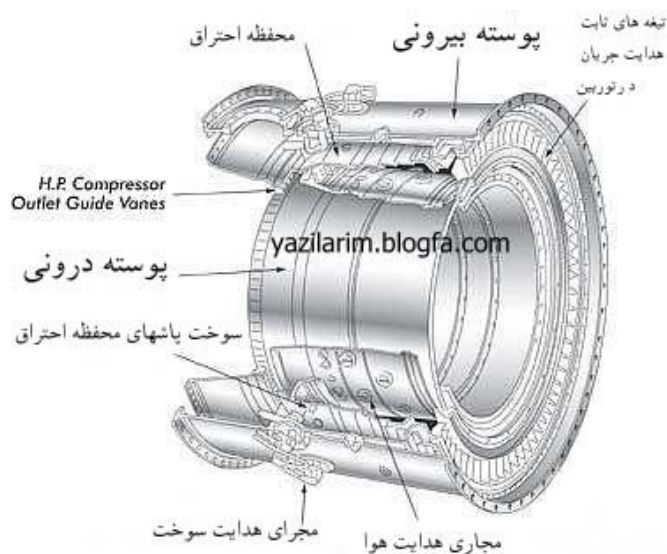
حرارت زیاد از جنس فولاد نوع (Stainless steel) میسازند . نحوه توزیع هوای ورودی به هر محفظه درست همان است که شرح داده شد . در موتور های جت مدل از این نوع محفظه ها استفاده نمیشود زیرا وزن موتور را افزایش میدهند و از طرفی ساخت آنها دشوار است و سامانه موتور ها را پیچیده تر میکنند .

۲- محفظه ی احتراق یک تکه : از جمله متداولترین محفظه ی احتراق رایج در موتور های مدل محسوب میشود . سبک بودن و حداقل قطعات و همچنین سادگی ساخت باعث شده تا بیشتر سازندگان و طراحان موتور های جت مدل از این نوع محفظه ی احتراق استفاده کنند . این محفظه اساساً از یک لوله شعله ی بزرگ ، بصورت حلقه ایی تشکیل شده و دارای دو پوشش است که یکی داخلی بنام (Inner Casing) و دیگری پوشش خارجی یا (Casing outer) است . این دو پوشش طوری لوله شعله را در بر میگیرند که فاصله ایی بین آنها بوجود آید . از طریق این فاصله و سوراخهایی که بر روی بدنه لوله ایجاد شده هوا بداخل آن راه می یابد . این هوا بمنظور پائین آوردن درجه حرارت شعله ، در وسط نگه داشتن آن و خنک کردن بدنه لوله شعله بکار میرود . نحوه توزیع هوای ورودی به محفظه ی احتراق بهمان طریقی است که در مورد محفظه احتراق چندتایی گفته شد . در دهانه ورودی لوله تعدادی سوخت پاش با فاصله معینی نصب شده است . در روی بدنه لوله شعله و در دو نقطه قرینه هم دو عدد شمع نصب شده است (در موتور های مدل تنها یک عد شمع نصب میشود)

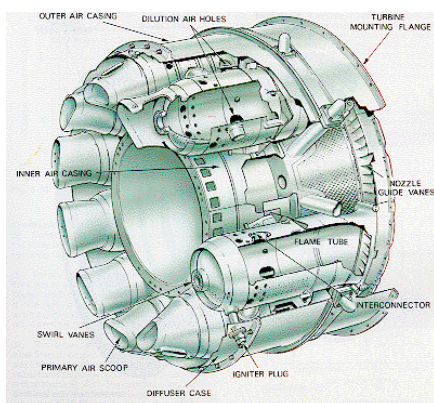


محفظة احتراق یک تکه موتور های مدل جت

البته این امر به نوع طراحی و مدل موتوری که استفاده میکنیم نیز بستگی دارد ، اما در کل درمدهای جت از یک عدد شمع استفاده میشود که بمنظور ایجاد احتراق اولیه در موقع روشن کردن موتور و همچنین پایدار نگهداشتن شعله در شرایط اضطراری بکار میرود .



مقایسه محفظه احتراق یک تکه و محفظه ی احتراق چندتائی : هر چند نوع اول (چندتائی) از نظر تعمیر و نگهداری خیلی راحتتر است (البته در انواع بزرگتر) اما همانگونه که در متن به آن اشاره کردم سنگین بوده و پیچیدگیهای بیشتری دارد در حالی که محفظه ی احتراق یک تکه (تصویر) از نظر وزن سبکتر بوده و دارای راندمان بیشتری است .



۳- محفظه احتراق نوع تلفیقی یا (Cannular) : این محفظه ی احتراق ، ترکیبی است از دو نوع قبلی . بدین صورت که متشکل از تعدادی لوله شعله بوده که دور تا دور تمام آنها توسط دو پوشش حلقوی یکی داخلی بنام (Inner Casing) و دیگری خارجی بنام (Outer Casing) احاطه شده است . از این نوع محفظه ها به هیچ عنوان در موتورهای مدل استفاده نمیشود زیرا سنگین ، هزینه بر ، و پیچیده هستند . در حالی که عامل وزن در هواپیماهای مدل نقش مهمی بازی میکند و از طرفی هر چه سامانه ساده تر باشد کاربری آسان و تعمیر آن نیز راحتتر خواهد بود .

کارایی محفظه احتراق :

یک محفظه احتراق در تمام شرایط کاری موتور باید قادر باشد سوخت را بطور موثری سوزانده و کمترین افت را داشته باشد . چون سیکل کاری موتورهای جت توربین دار با فشار ثابت انجام میشود پس افت فشار در محفظه احتراق تاثیر زیادی روی انرژی حرارتی تولیدی در این محفظه داشته و بدان دلیل نیروی جلو برنده موتور کاهش می یابد . در نتیجه هر افت فشار در حین انجام عمل احتراق میبایست کمترین مقدار را داشته باشد . معمولا در موقع ایجاد حرکت پیشی برای مخلوط کردن آن با سوخت در منطقه احتراق (Combustion Zone) حدود ۵ تا ۱۰ درصد فشار هوای ورودی به محفظه افت میکند که غیر قابل اجتناب است .

راندمان احتراق (Combustion Efficiency) اغلب موتورهای توربین دار درحالت (Take - off) در سطح دریا برابر با ۱۰۰% بوده که با زیاد شدن ارتفاع در حالت پرواز افقی یا (Cruise) به ۹۸% میرسد . البته اگر (نازل) موتورهایی با نسبت تراکم بالا در حالت (Take - off) دوده زیادی تولید میکند که این بخاطر غلیظ بودن مخلوط در منطقه احتراق و درجه حرارت و فشار زیاد است .

۴- توربین (Turbine):



گازهای خروجی از محفظه احتراق که دارای انرژی زیادی است به قطه ای بنام توربین برخورد کرده و آن را میچرخاند. توربین که انرژی چرخشی خود را از گازهای داغ خروجی محفظه احتراق میگیرد، کمپرسور و بقیه قطعات متحرک موتور را میچرخاند. البته در موتورهای توربو پراپ (Turbo-Prop)، توربین علاوه بر چرخاندن کمپرسور ملخ را نیز میچرخاند. بدون توجه به نوع کمپرسور در تمام موتورها، توربین از نوع تیغه ای است. در موتورهای مدل بخاطر رعایت محدودیتهای وزن تنها از یک ردیف توربین استفاده میشود. در بعضی از موتورهای جت مدل توربو پراپ (Turbo-Prop) که دارای دو شفت هستند یکی از شفت ها توربین را به کمپرسور و شفت دیگر توربین دیگر را مستقیماً به ملخ وصل میکند یعنی موتور دارای یک کمپرسور و دو توربین است.



توربینی که ملخ را میچرخاند توربین آزاد و یا (free turbine) نامیده میشود. اگر توربین دارای یک (Stage) باشد آن را (Single Stage Turbine) میگویند و اگر (Stage) های توربین بیشتر از یکی باشد به تعداد آنها نامگذاری و یا آن را (Multi-Stage Turbine) مینامند. برای ساخت توربین در موتورهای جت روشهای زیادی وجود دارد اما در موتورهای جت مدل، دیسک های توربین را به وسیله دستگاههای تراش ساخته و پره ها را بر روی آن جوش میدهند و یا اینکه این مجموعه به طور کامل به روش ریخته گری و یا فرز بصورت یکپارچه درست میشود. این کار به خاطر این است که استفاده از روشهای معمول در سامانه توربین های جت مدل وزن نهایی موتور را افزایش میدهد و هزینه نگهداری و تعمیر آن را بالا میبرد.

هر چند در موتورهای مدل پس از پایان عمر کاری توربین میبایست بطور کامل آن را عوض کرد و امکان تعمیر و یا عوض کردن پره ها وجود ندارد اما نوع کاربری و همچنین شرایط کاری این موتورها با انواع اصلی خود متفاوت است. در موتورهای جت پره های توربین قابل تعمیر و

تعويض است و همچنين از بخشهاي مختلفي تشكيل ميشود . نکته ايي كه اشاره به آن را لازم ميدانم اين است كه اندازه و فاصله پره هاي توربين به دقت محاسبه ميشود تا از بروز " واماندگي " و " خفگي " (به علت فاصله زياد پره هاي توربين) در آنها جلوگیری شود .
همچنين بالانس بودن توربين نيز اهميت زيادي دارد ، زيرا بخاطر سرعت دوراني زيادي كه اجزاء توربين دارد بالانس نبودن توربين باعث بروز لرزش شده و اثرات نامطلوبي در عملکرد ياتاقانها ميگذارد . (توربين داخل محفظه ايي به نام NGV (Nozzle Guide Vane) ميچرخد .
اين مجرا همچنين به عنوان نگهدارنده مخروطي بخش نازل است و به آن پيچ ميشود .



خنک کردن توربين :

تيغه هاي توربين همواره در معرض درجه حرارت زيادي قرار ميگيرند . و اين حرارت را به ديسک توربين منتقل ميکنند . اين حرارت رفته رفته بر روي قطعه هاي نامبرده اثر کرده و عمر آنها را کاهش ميدهد . بمنظور جذب حرارت از روي قطعات و پراکندن آن ، هواي نسبتا خنكي را از روي آنها عبور ميدهند . هواي کمپرسور براي توربين خنک بوده و جهت پائين آوردن درجه حرارت قطعات آن مناسب است .

هواي کمپرسور پس از خنک کردن به بيرون از موتور فرستاده ميشود . در موتورهاي جت براي خنک کردن توربين مجراهايي در داخل اين تيغه ها در نظر ميگيرند . هوا با عبور از اين مجراها باعث خنک شدن توربين ميشود . در موتورهاي مدل از اين مجراها استفاده نميشود زيرا ساخت آن دشوار است و از طرفي با توجه به آنکه توربين ها براي يک دوره کاري مخصوص طراحي ميشوند به اين کار نيازي نيست . با فرستادن بخشي از هواي کمپرسور دماي توربين را در حد متعادلي نگه ميدارند .

۵- مجرای خروجی گازها (Exhaust Duct or Jet Pipe) :

موتورهاي جت داراي يک مجرای خروجی گاز هستند كه بعد از توربين نصب شده و كارش به بيرون فرستادن گازها با سرعت و در جهت مخالف حركت هواپيماست . شكل اين مجرا و تغييراتي كه در گازهاي خروجی توربين ايجاد ميكند بطور قابل توجهي در كارايی موتور موثر است . گازهائي كه از توربين خارج ميشود داراي حركت دوراني بوده و احتياج به مستقيم شدن دارد كه مجرای خروجی اين كار را انجام ميدهد . در دهانه خروجی مجرا يک قطعه مخروطي شكل قرار دارد كه توسط ستونهايي به بدنه و يا بوسيله پيچهايي به ريشه ديسک تيغه ها متصل شده است . اين قطعه با جدار داخلي مجرا باعث ايجاد يک مجرای " واگرا " ميشود . بدین ترتيب گازها بلافاصله پس از خروج از توربين وارد مجرای واگرا شده و اين ويژگي باعث بالا رفتن سرعت و آرام کردن جريان خروجی گازها ميشود . (تصوير پائين)



خوردگی حرارتی در توربین :

طراحی موتورهای جت مدل کار ساده ایی نیست (هر چند اینگونه به نظر نمیرسد) طراحی کمپرسور و طراحی توربین میبایست به دقت و با توجه به شرایط کاری موتور انجام شود . در این بین ، طراحی بخش توربین با توجه به اینکه در شرایط کاری دشوار و حرارت بالا کار میکند اهمیت ویژه ایی دارد . توربین موتورهای جت برای عمر ویژه و یا ساعت کاری مشخصی ساخته میشوند (منظورم حد خستگی یا Endurance Limit میباشد) و در یک دوره زمانی اجباری میبایست با توربین های تازه جایگزین شوند . حرارت ناشی از احتراق سوخت ، در محفظه احتراق به شکل مستقیم به پره های توربین برخورد کرده و باعث بروز پدیده ایی به نام " خوردگی ناشی از حرارت " در توربین میشوند .



" توربینی که دچار خوردگی شده است "

خوردگی یا (Corrosion) عاملی شناخته شده برای مهندسين به شمار می آید . با توجه به این مسائل توربین ها را از مواد " دیرگداز " یا Refractory Metals میسازند .



مقایسه یک توربین نو و توربینی که دچار خوردگی شده .

مهمترین تغییرات متالورژیکی توربین عبارتند از : گرافیتی شدن Graphitization ، خوردگی توام با تنش Stres Corrosion ، لایه لایه شدن یا Spalling که موقع سرد شدن توربین ایجاد میشود ، همگی عواملی هستند که طراحان را برای کاهش زیان به تکاپو واداشته اند . البته با راهکارهایی همچون روکش کردن توربین ها میتوان تا حدود زیادی عمر کاری آنها را افزایش داد اما مسئله اینجاست که این کار هزینه و قیمت تمام شده موتور را افزایش میدهد . تولید کنندگان معتقدند که هر چند در این صورت قیمت تمام شده محصولشان افزایش می یابد ، اما بالا رفتن عمر توربین هزینه های آن را جبران میکند ! . به هر روی قصد ما در اینجا پرداختن کامل به پدیده " خوردگی " در توربین های گازی نیست و تنها برای آگاهی شما به این مسئله اشاره ایی کوتاه داشتیم .

معرفی کتاب :

در صورتی که به مطالعه در زمینه " خوردگی " علاقمند هستید میتوانید به کتاب خوب و جامعی همچون :
" مهندسی خوردگی "

نوشته : Fontana . Mars . G

با ترجمه ایی از آقای : دکتر احمد

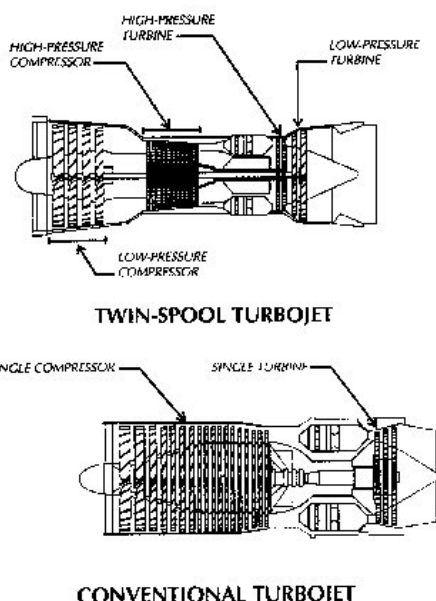
ساعتچی مراجعه کنید

(نشر جهاد دانشگاهی اصفهان)

انتقاد از کتاب : برخی از تصاویر حتما باید به شکل رنگی ارائه میشد ، کیفیت چاپ تصاویر خیلی پائین است .



انواع موتورهای جت مدل : هر چند تنوع موتورهای مدل همانند موتورهای جت نیست اما طراحان در تلاش برای غلبه بر محدودیت و هزینه های جاری بی وقفه کار میکنند و امروزه میتوان به جرات ادعا کرد که موتورهای جت مدل به مرحله قابل اطمینانی از کارائی و کیفیت رسیده اند . گرچه عمر برخی قطعه ها کم است و نگهداری و استفاده از این نوع موتورها نسبت به انواع موتورهای دیزل و شمعی هزینه و مهارت بیشتری را میطلبد ، اما قدرت و ویژگیهای جالب توجه این نوع موتورها باعث جلب توجه علاقمندان زیادی شده است . موتورهای جت مدل در طرحها و شکلهای مختلفی ساخته و ارائه میشوند و همانند نمونه های واقعی آن ، دارای انواع مختلف و پر کاربردی همچون : توربوپراپ و توربوشفت میباشند . البته نوع توربوجت را نباید از قلم ببندازیم ، زیرا تا به اینجا تمام مطالب کتاب در مورد این نوع موتور بوده و هست . اما نگاه کوتاهی به عملکرد سایر انواع متداول در صنعت موتورهای جت مدل خواهیم انداخت . بخش اول این فرگرد نگاهی خواهد بود به مطالب ارائه شده .

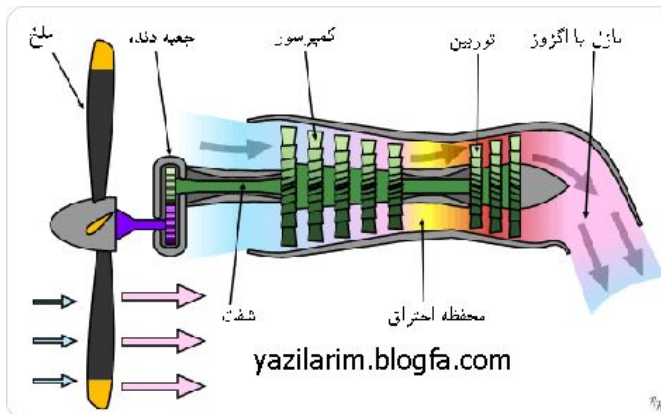


موتورهای توربوجت : گفتیم که این

موتورها دارای قسمتهای اصلی مجرای ورودی هوا ، کمپرسور ، محفظه احتراق ، توربین و مجرای خروجی گازها میباشد . کمپرسور با عمل مکش ، هوا را از طریق محرای ورودی بداخل خود میکشد و در حین عبور از خود آن را فشرده کرده و بسمت عقب میراند . بدین ترتیب فشار هوا افزایش پیدا میکند . کمپرسور مورد استفاده میتواند تیغه ایی و یا دیسکی باشد که نوع متداول آن در موتورهای مدل دیسکی است . هوای فشرده پس از آن با هدایت بخش دیفوزر وارد بخش احتراق شده و بوسیله شمع مشتعل میشود . بدین ترتیب مقدار زیادی انرژی ایجاد میشود . این انرژی بوسیله توربین به نیروی مکانیکی تبدیل می شود .

گازها پس از خروج توربین وارد نازل و یا مجرای خروجی میشوند که به ویژگیها و انواع اشاره کردیم . این توضیحات و مرور دوباره را با اشاره به این مطلب به پایان میبرم و آن اینکه اگر یک موتور توربو جت دارای یک کمپرسور باشد آن را (Single Spool) مینامند و اگر دارای دو کمپرسور باشد آن را آن را (Twin Spool Engine) میگویند .

موتورهای توربوپراپ یا جت ملخدار (Turbo-prop. Engines) :



موتورهای جت ملخدار ترکیبی از موتور توربو جت و ملخ هستند . بدین ترتیب که این موتور علاوه بر قطعاتی که در موتورهای توربو جت وجود دارد دارای قطعه ایست که در بیرون از موتور نصب شده و بنام ملخ معروف است . توربین این موتورها معمولاً دارای تعداد بیشتری (Stage) نسبت به موتور توربو جت است .

به دلیل آنکه توربین علاوه بر چرخاندن کمپرسور بایستی ملخ را نیز بچرخاند در نتیجه احتیاج به قدرت بیشتری دارد . توربین توسط یک محور به کمپرسور متصل شده است . در این نوع موتورها چون دور زیاد است وبخاطر آنکه نوک تیغه ها به سرعت صوت نرسد بین کمپرسور و ملخ جعبه دنده کاهنده دور با (Reduction Gear) قرار میگیرد که دور شفتی که از کمپرسور می آید کم ، و به ملخ منتقل شود . چون ملخ در ارتفاعات کمتر بدلیل زیاد بودن فشار هوا راندمان بیشتری دارد ، لذا موتورهای جت ملخدار برای هواپیماهایی مناسب است که در ارتفاع کم و با سرعت کمتری پرواز میکنند . این گونه موتورها در این شرایط نیروی جلوبرنده خوبی تولید میکنند . در برخی از هواپیماهای مدل از این نوع موتورها استفاده میشود .



موتورهای توربو فن (Turbo – fan Engine) :

این نوع موتورها شبیه نوع توربوجت هستند با این تفاوت که تیغه های فن کوچکتر بوده و داخل مجرای بسته و محدودی میچرخد . بدین ترتیب که یک یا چند (Stage) از تیغه های جلوی کمپرسور قدری بلندتر از تیغه های (Stage) های دیگر ساخته می شود . از این نوع موتورها نیز در مدل های جت استفاده نمی شود مگر اینکه طراح هواپیما به سرش زده ، یا شب را راحت نخواهیده باشد ! البته منظورم آن نیست که اصلا ساخته نشده و استفاده از این نوع موتورها معمول نیست ، بلکه عمومیت ندارد و به ندرت انجام میشود. (تصویر پائین)

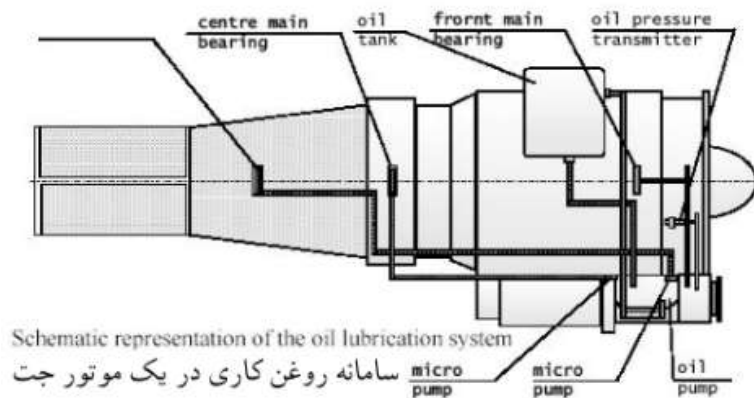


موتورهای توربوشفت (Turbo Shaft Engine) : این موتورها نیز شبیه به دو نوع قبلی هستند . با این تفاوت که شفت موتور به جای چرخاندن ملخ کارهای دیگری انجام میدهد . مثل چرخاندن ملخ بالگردهای مدل ، چرخاندن توربین کشتی های مدل ، چرخاندن چرخهای قطارهای مدل ، و ...



روغن کاری موتورهای جت (Lubrication):

در موتورهای جت توربین دار نیز مانند موتورهای پیستونی قطعات متحرکی وجود دارد که در اثر حرکت و تماس با یکدیگر تولید اصطکاک میکنند . اصطکاک موجود بین قطعات و گرمای حاصل از آن سبب خوردگی و از بین رفتن آنها میشود . در موتورهای جت عادی (یعنی موتورهای جتی با ابعاد بزرگ) برای روغن کاری و خنک کردن قطعات متحرک ، همانند موتورهای پیستونی از سامانه ایی استفاده میشود بنام " سامانه روغن کاری " که با فرستادن روغن بین قطعه ها ، اصطکاک آنها را کاهش داده و در ضمن باعث خنک شدن آنها میشود .



سامانه روغن کاری پیچیده یک موتور جت نظامی

در موتورهای جت مدل امکان استفاده از چنین سامانه ایی وجود ندارد ، زیرا وزن و عملکرد سامانه پیچیده است و این کار هزینه ساخت موتور را بالا برده و دیگر امکان استفاده از چنین موتورهایی در هواپیماهای مدل غیر اقتصادی میشود . بطور کلی برای روغن کاری بلبرینگهای موتور و جعبه دنده (در نمونه های مورد استفاده بالگردهای مدل) از چهار روش زیر استفاده میشود (بدون در نظر گرفتن اولویت آنها) :

- ۱- سامانه روغن کاری مدار بسته یا Recirculatory System
- ۲- سامانه روغن کاری تلف کننده Expendable Oil System (یا قطره ایی)
- ۳- روغن کاری آزد
- ۴- روغن کاری با هوای پر فشار
- ۵- گریس کاری جعبه دنده

هر یک از این روشها ، مزایا و معایبی دارند که در عملکرد و قیمت موتور ساخته شده تاثیر میگذارد . در سامانه روغن کاری " مدار بسته " بر خلاف موتورهای جت عادی به جای استفاده از روغن ، از سوخت موتور استفاده میشود . به این ترتیب مکانیزم موتور ساده شده و نیازی به پمپ روغن و سامانه خنک کننده روغن نیست . سوخت موتورهای جت مدل حاوی پنج درصد روغن است . برای روغن کاری بلبرینگهای موتور ، مقداری از این سوخت را به سمت شفت

انتقال میدهند . سوخت حاوی روغن پس از روانکاری بلبرینگها از مجرای دیگری به داخل باکها بازگردانده شده و یا اینکه به سمت " افشانه ها " هدایت میشود . اشکال اساسی این روش هزینه بر بودن آب بندی موتور است و از سویی سرویس دهی و نگهداری آن را نیز دشوارتر میکند ، همچنین وزن موتور نیز بیشتر میشود . (تصویر زیر)



یک نمونه از موتورهای مدل مجهز به مجرای روغن کاری مدار بسته . در این موتور روغن از یک مجرا وارد آن شده و پس از روغن کاری بلبرینگهای توربین ، از مجرای دیگر خارج میشود .

در نوع دوم باز هم از سوخت موتور برای روغن کاری استفاده میکنند اما این بار در یک چرخه منظم مقداری از سوخت به سمت بلبرینگها هدایت و به صورت قطره ای بر روی بلبرینگها پاشیده میشود . پس از روغن کاری ، سوخت به وسیله جریان هوای وارد شده از بخش کمپرسور ، وارد بخش توربین شده و به همراه گازهای موتور از آن خارج میشود . این چرخه زمانی و مقدار پاشش سوخت حاوی روغن ، توسط سازنده تعیین میگردد اما همواره درصدی از ساعت کاری موتور و سرعت آن است که باید محاسبه و اعمال شود . این روش از متدهای متداول روغن کاری موتورهای جت مدل بشمار می آید ، زیرا نیازی به سامانه روغن کاری مستقل نیست و از سویی وزن موتور و سرویس دهی آن را با مشکلی مواجه نمیکند و البته ارزان تمام میشود . برای فرستادن سوخت به سمت بلبرینگها از یک شیر سوزنی قابل تنظیم و یک سه راهی استفاده میشود .

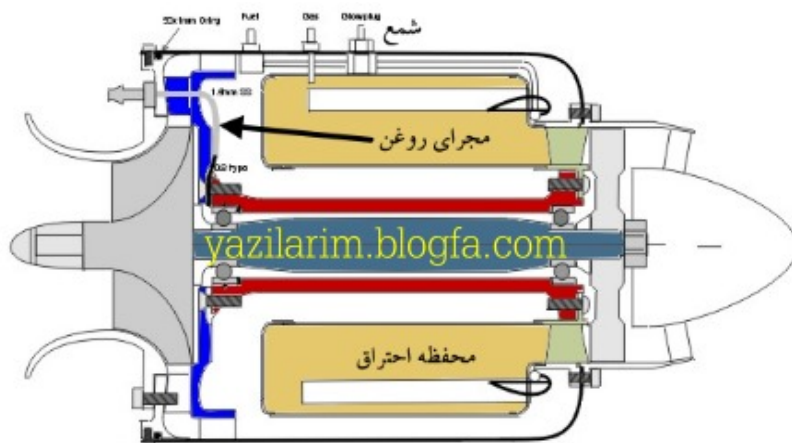
و اما در روش سوم ، " روغن کاری به وسیله هوای فشرده " از جمله روشهایی است که کمتر مورد استفاده قرار میگیرد ! در این تکنیک از یک "روغن زن" استفاده میشود ، روغن ، داخل محفظه " روغن زن " ریخته شده و سپس با عبور دادن هوا از مجرای "برنولی" روغن زن موجب مخلوط شده آن با هوا میشوند (شبیه کاربراتور) ذرات ریز روغن معلق در هوا به سمت بلبرینگها هدایت شده و آنها را روغن کاری میکند ، سپس به کمک جریان هوا وارد بخش توربین شده و با گازهای موتور از آن خارج می شود . روش چهارم که از آن با عنوان " روغن کاری آزاد " نام بردم ، به جای استفاده از سوخت حاوی روغن ، با توصیه سازنده پیش از پرواز مقداری روغن را به فضای خالی محافظ شفت تزریق میکنند . در این روش مدت زمان و سرعت کاری موتور محدود شده و نباید از تایم مخصوص بیشتر شود .



پس از پرواز نیز روغن موجود تخلیه و پس از تمیز کردن مجرای آن ، عمل روغن کاری تجدید میشود . روش پنجم نیز برای جعبه دنده برخی از بالگردهای مدل استفاده میشود . روغن های مورد استفاده در موتورهای مدل

بیشتر از سری موسوم به 560, 500 Aeroshell , 2380 EXXON , 2 MOBIL JET

روغن و یا گریس از طریق مجاری خاص به فضای خالی بین محافظ شفت هدایت میشود . بسته به نوع طراحی ، محل این مجاری در موتورهای مدل متفاوت است . در برخی نمونه ها این مجرا درست در میانه محافظ شفت و در برخی دیگر این مجرا درست پس از کمپرسور قرار دارد . در تصویر بالا میتوانید نمونه اول (با فلش و به نام مجرای روغن نام گذاری شده) و در تصویر زیر ، نمونه دوم این نوع مجاری به همراه روغن ۵۰۰ (یا EXXON 2380) دیده میشود . (نوع اول بهتر است) . آزمایشها نشان داده اند که بلبرینگها بیشتر از صد ساعت پرواز و بیش از ۶۰۰ بار استارت را تحمل میکنند .



مجرای تزریق روغن

Typical Properties of AeroShell Oil Turbine 560		
Product Code		60074
Property	REQUIREMENTS	TYPICALS
Oil Type	Synthetic ester	Synthetic ester
Viscosity		
@ 100 °C, cSt	4.9-5.4	5.26
@ 40 °C, cSt	23.0 min	28.3
@ -40.0 °C, cSt	13,000 max	10,060
Flash Point, °C	246 min	260
Pour Point, °C	-54 max	<-54
Total Acidity – Mg KOH/g	1 max	0.14
Evaporation Loss 6.5 hrs @ 204°C, %m	10.0 max	2.4
Foaming	Must pass	Pass
Swelling of		
Standard Synthetic Rubber		
SAE-AMS 3217/1		
72 hrs @ 70 °C swell-%	5 to 25	13.8
SAE-AMS 3217/4,		
72 hrs @ 204 °C swell-%	5 to 25	12
Standard Silicone Rubber		
96 hrs @ 121 °C swell-%	5 to 25	7.5
Terminal Stability/Corrosivity		
90 hrs @ 274 °C		
Metal weight change –mg/cm ²	4 max	-3.5
Viscosity change - %	5 max	2.9
Total Acid Number Change – mg KOH/g	6 max	-0.8
Corrosion and Oxidation Stability		
72 hrs @ 175 °C	Must pass	Pass
72 hrs @ 204 °C	Must pass	Pass
72 hrs @ 218 °C	Must pass	Pass
Ryder Gear Test, Relative Rating- Hercolube A	102 min	126
Bearing Test Rig Type 1 1/2 Conditions		
Overall deposit deterrent rating	80 max	6
Viscosity changer @ 37.8 °C -%	-5 to +30	20.9
Total Acid Number Change-mg KOH/g	2 max	1.0
Filter Deposits - g	3 max	0.5
Sonic shear stability		
Viscosity Change @ 40 °C-%	4 max	Nil
Trace Metal Content	Must pass	Pass
Sediment – mg/l	10 max	2.6
Ash – mg/l	1 max	0.05

جدول مشخصات روغن موتور ۵۶۰ مورد استفاده در موتورهای مدل جت

سوخت (Fuel):

انواع سوخت هایی که در موتورهای جت توربین دار استفاده میشود باید دارای الزاماتی بوده و بتوانند موتور را بعد شرایط مطلوب رسانده و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشند . سوختهایی که استفاده میشود از انواع هیدروکربونهایی هستند که در پالایشگاه از تصفیه نفت خام بدست آمده اند و بیشتر بر دو نوع هیدروکربونهای سنگین (با کربن زیاد) مانند انواع نفت (Kerosine Types) و دیگری هیدروکربونهای سبک (با کربن کم) مانند بنزین (Gasoline Types) میشوند . معمولاً سوخت یک موتور جت باید دارای ویژگیهای زیر باشد :

- ۱- در تمام شرایط کاری موتور به آسانی پمپاژ شده و در سامانه سوخت جریان یابد .
- ۲- در هر شرایط جوی در روی زمین ، موتور را قادر به روشن شدن ساخته و در پرواز نیز به سادگی خاموش نشود .
- ۳- عمل احتراق بطور موثری انجام شود
- ۴- بیشترین ارزش حرارتی را داشته باشد
- ۵- کمترین تاثیر مخرب را بر روی قطعه های سامانه سوخت و محفظه احتراق و تیغه های توربین داشته باشد .
- ۶- خطر آتش سوزی را به کمترین مقدار برساند .

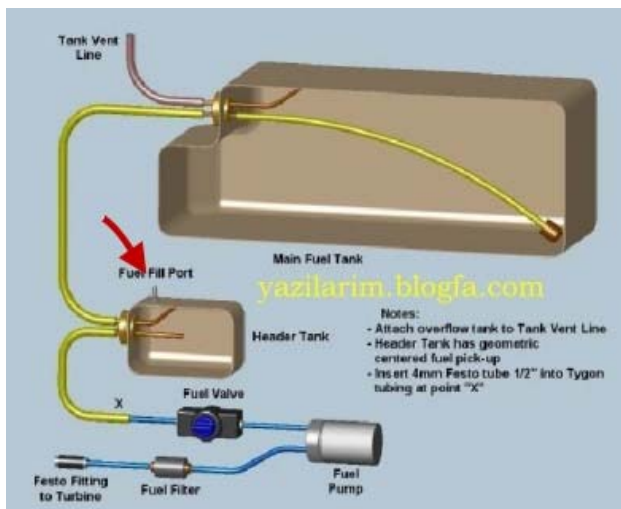
خاصیت پمپاژ کردن بستگی به میزان چسبندگی یا غلظت سوخت دارد که با درجه حرارت آن متناسب است . به منظور راحت روشن شدن موتور ، سوخت بشکل افشانه (اسپری) به درون محفظه احتراق پاشیده میشود . عمل احتراق موثر سوخت به دو عامل بستگی دارد :

- الف - قابلیت تبخیر سوخت : یعنی اینکه در هر شرایطی مخصوصاً در درجه حرارت های کم به آسانی تبخیر شود .
- ب - میزان ذره ذره شدن سوخت : که بستگی به غلظت سوخت ، فشار وارده ، و طرح افشانه بستگی دارد .
- Kerosine که به JP-1 نیز مشهور است نسبت به سوختهای دیگر دارای مزایایی است از جمله : الف - چون قابلیت تبخیر کمتری نسبت به بنزین دارد با مشکل (Vapour lock) مواجه نمیشود . توضیح آنکه اگر سوخت قابلیت تبخیر زیادی داشته باشد به آسانی تبخیر می شود و به ویژه در هوای گرم بخار تولید شده ، افزایش یافته و سوخت رقیق می شود . ایجاد این مسئله را اصطلاحاً (Vapour lock) میگویند که موجب اشکال در سامانه سوخت رسانی و در نتیجه تولید انرژی کمتر در محفظه احتراق میگردد .
- ب - بعلت قابلیت تبخیر کمتر خطر آتش سوزی کمتری نسبت به بنزین وجود دارد .
- ج - خاصیت روغن کار بهتری برای موتورهایی که از سامانه سوخت رسانی استفاده میکنند دارد .
- د - مقدار حرارتی که در واحد "حجم" تولید میکند حدود ۱۰ درصد بیشتر از بنزین است . و مهمترین عیوب نفت (Kerosine) نسبت به بنزین از این قرار است :
- الف : چون کمتر از بنزین تبخیر میشود روشن شدن موتور با این سوخت بسختی انجام میشود .
- ب : احتمال خاموش شدن شعله در ارتفاع بالا وجود دارد (در مورد هواپیماهای مدل که بیشتر در ارتفاع پائین و مسافت های محدود مورد استفاده قرار میگیرند صدق نمیکند)
- ج - مقدار حرارت تولیدی آن در واحد " وزن " کمتر از بنزین است
- د - ترکیبات گوگردی بیشتری نسبت به بنزین دارد . (برای جت های مدل اهمیتی ندارد)
- سوخت موتورهای جت مدل از ۱ - K kerosene یا Jet-A1 میباشد . این سوخت حداقل شامل ۵٪ روغن موتور (Aeroshell 500 turbine oil) میشود .

فرمول پیشنهادی برای مخلوط کردن روغن و سوخت :

یک لیتر روغن موتور را با ۵ گالن سوخت مخلوط کنید . این سوخت را میتوانید به میزان مورد نیاز برای هواپیمای مدلتان استفاده نمایید . ما توصیه میکنیم که فقط از سوخت Jet A یا Jet K1 استفاده کنید . یا در صورتی که به آنها دسترسی نداشتید K1 Kerosene بکار بگیرید . سوخت دست کم باید دارای ۵٪ روغن نوع ۵۰۰ باشد . (Aeroshell 500) یا از روغن توربین استفاده کنید . (روغن موتورهای عادی توصیه نمیشود) .

سوخت رسانی (Fuel system):



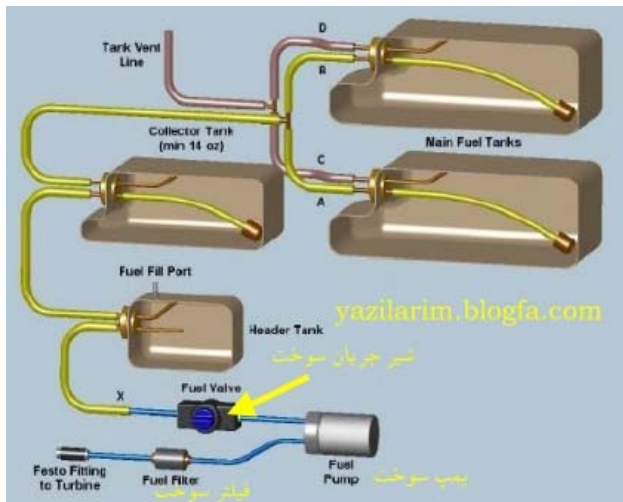
سامانه سوخت رسانی در موتورهای جت مدل ، مجموعه ایی است شامل سوخت ، مخزن سوخت ، لوله های سوخت رسانی ، پمپ سوخت و افشانه ها . از این مجموعه ، ما ویژگیهای سوخت را مورد بررسی قرار دادیم و اکنون نوبت اجزاء دیگر این سامانه میشود که به عملکرد آنها اشاره خواهد شد . ابتدا از منبع و یا مخزن سوخت (باک) شروع میکنم . برخلاف موتورهای شمعی (پیستونی) در هواپیماهای مدل جت مخزن سوخت میتواند به شکل یکپارچه

و یا متشکل از چند مخزن جداگانه باشد که به وسیله لوله های رابط به یک دیگر متصل بوده و برای توزیع مناسب وزن در قسمتهای مختلف بدنه جاسازی میشود . این امر در هواپیماهای مدل جت اهمیت زیادی دارد ، زیرا این نوع مدلها بیشتر از روی نمونه های واقعی الگو برداری میشوند و میبایست تا آنجایی که ممکن است ویژگیهای آیرودینامیک آن حفظ شود . توجه داشته باشید که این امر عمومیت ندارد و همه مدلهای جت از مخازن سوخت چندگانه استفاده نمیکند بلکه مخازن سوخت را میتوان به دو گروه : **تکی و چندگانه** تقسیم کرد . در مخازن سوخت تکی که تصویر آن را در اینجا مشاهده میکنید :

بر خلاف موتورهای پیستونی که از فشار لوله آگروز برای تامین فشار مورد نیاز منبع سوخت استفاده میشود ، در موتورهای جت مقداری از هوای کمپرسور را به مخزن انتقال میدهند تا فشار مورد نیاز آن را برای انتقال به پمپ سوخت تامین کنند . همانگونه که در تصویر دیده می شود سامانه سوخت رسانی شامل یک مخزن اصلی و یک مخزن کوچک میشود که به اختصار آن را UAT مینامند که از اول کلمه های جمله Ultimate Air Trap گرفته شده است . (یعنی مخزن نهایی سوخت) که این مخزن برای هواگیری سوخت بکار میرود تا عملکرد پمپ سوخت دچار اشکال نشود . برای قطع و وصل جریان سوخت از یک شیر یک طرفه استفاده میکنند که تنها در هنگام کار موتور و توسط کاربر باز میشود . معمولاً برای تضمین کار افشانه ها پس از پمپ سوخت یک فیلتر نیز بکار می رود که در تصویر دیده میشود .

پس از اتمام سوخت از طریق مجرای Fill Line که در محفظه UAT وجود دارد منبع سوخت را پر میکنند . (با فلش قرمز نشان داده شده) یادآوری میکنم که پمپ سوخت توسط سامانه FADEC کنترل میشود که در فصلهای بعد با آن آشنا خواهید شد . در تصویر زیر نمونه ایی از محفظه UAT دیده میشود که دارای یک صافی نیز هست (این نوع صافی عمومیت ندارد)





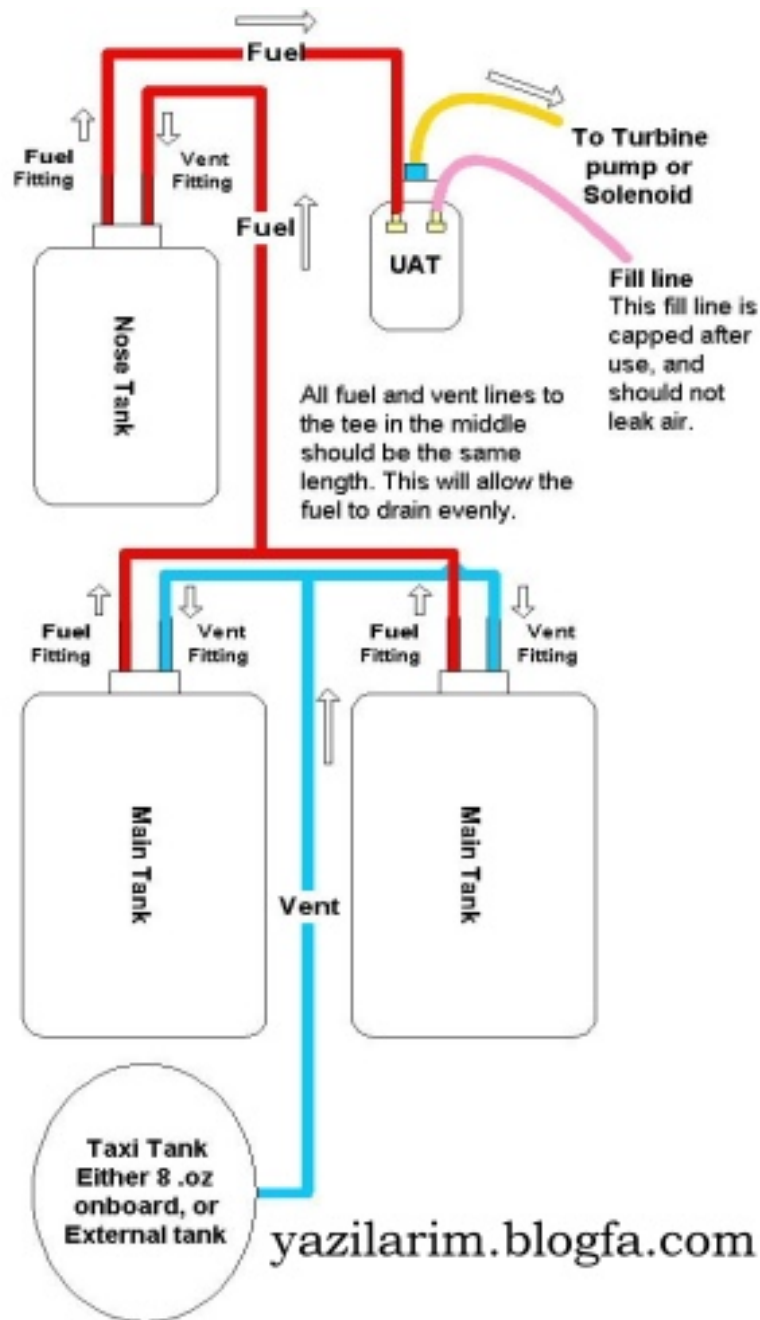
نوع دیگری از سامانه سوخت
رسانی از مخازن چندگانه تشکیل میشود که در بدنه هواپیمای مدل و بر حسب چگونگی توزیع وزن نصب میشوند و با توجه به نوع طراحی و مدلی که بکار میبریم میتواند داخل بدنه، در بالها و یا در مخازنی که در نوک بالها نصب میشوند مورد استفاده قرار بگیرد. در این روش معمولاً مخازن سوخت اصلی به یک مخزن فرعی هدایت میشود تا در آنجا عمل ترکیب و هواگیری بدون اشکال انجام شود (ممکن است میزان سوخت دریافتی از

هر مخزن اصلی به خاطر حرکت‌های هواپیمای مدل حول محورهای خود کم و زیاد باشد، بنابراین این مخزن فرعی در اینجا نقش مهمی ایفا میکند) سوخت پس از وارد شدن به مخزن فرعی به مخزن UAT فرستاده میشود تا در آنجا آخرین عملیات هواگیری تکمیل شود. سپس وارد پمپ شده و تحت فشار معینی که از سوی سامانه FADEC تعیین میگردد به افشانه‌ها انتقال می‌یابد. لازم به توضیح است که مخازن سوخت در هواپیماهای جت مدل از پلاستیک و یا آلومینیم ساخته



میشوند و در آبدی آنها باید دقت کرد تا نشستی نداشته باشند. ورودی و خروجی لوله سوخت باید به شیر الکترونیکی جریان سوخت وصل باشد. سر لوله‌های سوخت را پیش از نصب کردن میتوانید کمی گرم کنید تا راحت‌تر به مجاری خود وصل شوند. سپس میتوانید با کمی مفتول مسی آنها را محکم کنید. برای جدا کردن آنها از یکدیگر پیشنهاد میشود لوله‌ها را از نزدیکترین محل نصب شده ببرید. زیرا پس از مدتی لوله‌های سوخت سفت میگردد و جدا کردن آنها دشوار می‌شود و وارد کردن نیروی زیاد به آنها (کشیدن لوله‌ها) توصیه نمیشود. بعد از بریدن لوله‌ها سیم‌های مفتولی را باز کرده و با یک تیغ موکت‌بری باقی‌مانده لوله‌ها را جدا کنید. پیش از سوار کردن موتور مجاری آن را تمیز نمایید و همچنین توصیه میشود فیلتر سوخت به صورت عمودی نصب شود. به این ترتیب در

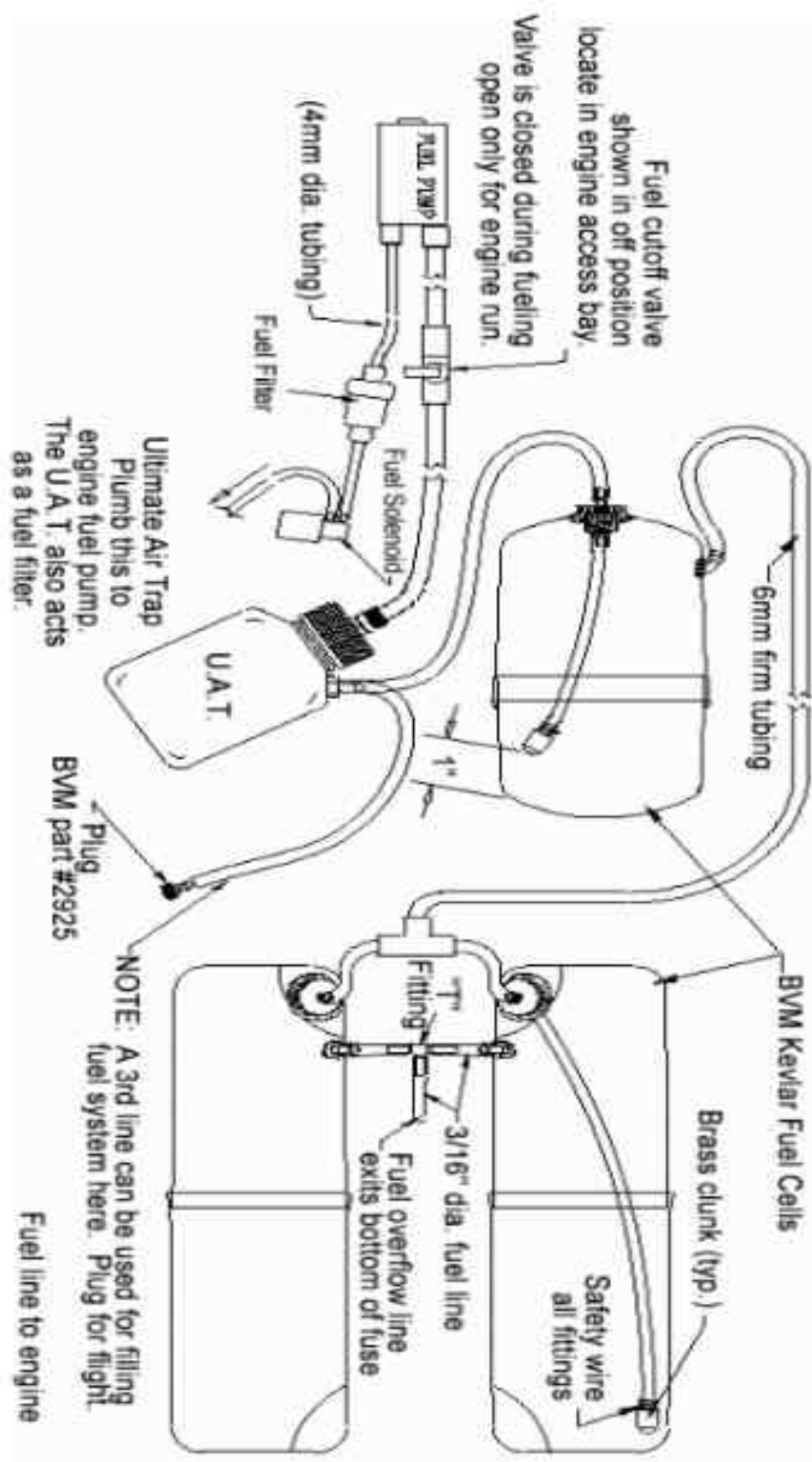
صورت وجود هوا در لوله‌های سوخت از عبور سوخت جلوگیری نمیکند. پیش از روشن کردن موتور لوله‌های سوخت از پمپ به موتور را چک کنید. لوله‌های سوخت نباید دارای هوا باشند در این صورت اشکال از پمپ سوخت بوده و یا اینکه اتصالها به خوبی صورت نگرفته.



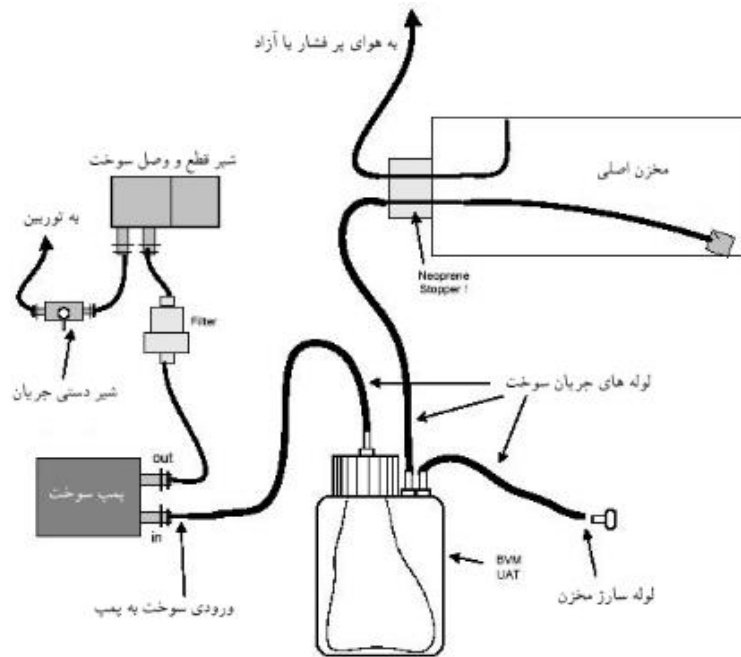
سامانه مخازن چندگانه ، به جهت حرکت سوخت در مخازن توجه کنید . مجرای آبی رنگ ، لوله ی هوای آزاد و یا هوای پر فشاری است که از کمپرسور هدایت میشود .



مخازن چندگانه و چگونگی قرار گرفتن آن در بدنه



نمای دیگری از اتصالات مخازن سوخت



چگونگی اتصال لوله های سوخت به شیر جریان و مخزن UAT



شلنگ و یک نوع فیلتر سوخت



شیر دستی جریان سوخت و شیرهای سنولونیدی



رابط های سریع و چگونگی اتصال شلنگ به تبدیل ها توسط سیم

****برخی از اجزاء سامانه سوخت رسانی****

پمپ سوخت (Fuel Pump) :

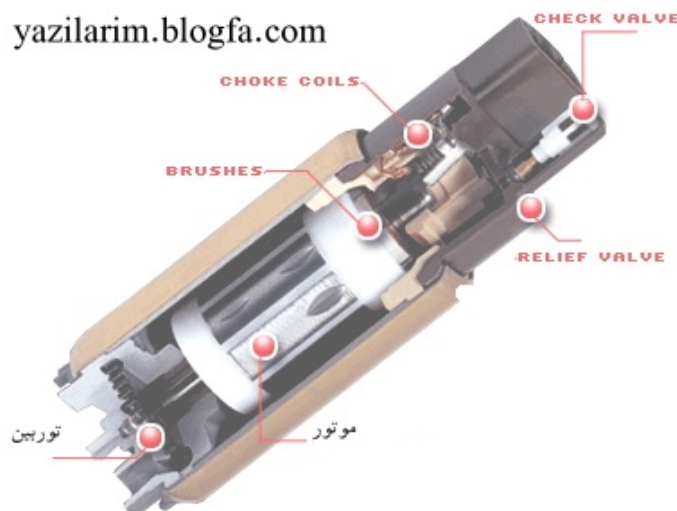
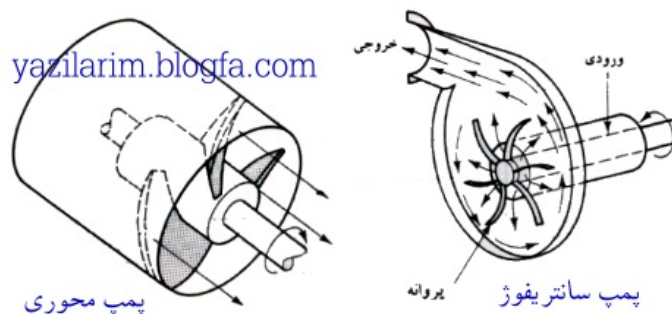


برای انجام عمل احتراق در موتورهای جت مدل ، میبایست سوخت به وسیله افشانه ها به داخل محفظه اسپری شود ، بدین منظور سوخت باید تحت فشار ویژه ایی که از سوی سامانه FADEC کنترل میشود به سوخت پاشها ارسال شود . برای تامین فشار مورد نظر از پمپ سوخت استفاده میکنند که خود بوسیله نیروی الکتریکی به حرکت در آمده و سوخت را به سمت افشانه ها به جریان در می آورد .



مکانیزم و یا سامانه پمپ های سوخت از اصول ساده ایی پیروی میکند ، در واقع سوخت موتور پس وارد شدن به آن به وسیله یک پره به جلو رانده شده و به افشانه ها میرسد . این نوع پمپها در واقع از نوع " جابجایی غیر مثبت " (هیدرودینامیکی) بحساب می آیند در این نوع ، به دلیل وجود لقی زیاد بین پره های دوار و پوسته ثابت ، میزان جریان خروجی به سرعت دوران محور و میزان مقاومت خارجی سامانه (به نوع افشانه ها) وابسته است .

بطور خلاصه میتوان گفت در مواقع حداکثر مصرف ، فشار به حداقل میرسد . این نوع پمپها در دو نوع محوری و سانتریفوژ تولید میشوند که هر یک در موتورهای جت مدل کاربرد دارند (بیشتر سانتریفوژ) . این نوع پمپ ها هزینه تولید پائینی داشته و پره ها توسط یک موتور الکتریکی به حرکت در می آید .



نمای یک پمپ الکتریکی

همواره باید مراقب بود تا پمپ سوخت به نرمی و بدون مشکل کار کند . پمپ های سوخت در مدل های مختلفی عرضه میشوند که هر یک ویژگیهای خود را دارد . پمپ سوختی که خریداری میکنید باید با شرایط مدل و موتور شما هماهنگ باشد .

معمولا پمپ های سوخت در یک سرعت خاص بهترین کارایی را دارند که توسط سازنده بر روی کاتالوگهای آن درج میشود . وقتی قصد آزمایش پمپ سوخت را دارید بهتر است لوله های جریان سوخت را از آن جدا کنید . در غیر این صورت مقداری سوخت به داخل موتور تزریق میشود و هنگامی که شما قصد روشن کردن موتور را دارید سوخت موجود در موتور باعث ایجاد شعله در آن خواهد شد و زبانه های آن از نازل موتور بیرون خواهد زد . بنابراین بهتر است لوله جریان سوخت را از پمپ جدا کنیم .

هنگاهی که موتور به وسیله گاز پروپان روشن شده و به سرعت تقریبی ۵۰۰۰ RPM رسیده است واحد کنترل موتور به صورت خودکار پمپ سوخت را راه اندازی میکند . پمپ سوخت بر اساس ولتاژ تنظیم شده از سوی سازنده به آرامی شروع به کار کرده و به سپس به سرعت پیش فرض میرسد . در صورتی که پمپ سوخت را به هر دلیلی (از جمله خراب شدن آن) با یک مدل دیگر عوض کرده اید میبایست آن را تنظیم کنید . در غیر این صورت ممکن است با راه اندازی آن و عدم هماهنگی موجود بین پمپ و سامانه کنترل ، پمپاژ سوخت بیش از اندازه به موتور ، موجب بروز شعله در آن شود . برای تنظیم ولتاژ شروع پمپ سوخت ، واحد کنترل موتور به روش ویژه ای عمل میکند :

ابتدا جریان سوخت به توربین را قطع کنید در این حالت جریان سوخت باید قطع شود . اگر سوخت همچنان وارد موتور میشد این نشانه آن است که پمپ سوخت بیش از مقدار لازم کار

میکند و خطر ایجاد شعله یا اصطلاحاً Hot Start وجود دارد . برای تنظیم پمپ میبایست سامانه ECU را قطع و سپس با کمک سامانه (Ground support unit) GSU یا واحد کنترل زمینی آن را تنظیم کنیم . برای اینکار با کلید Run پمپ سوخت را به کار می اندازیم و با کمک کلید های   آن را تنظیم میکنیم . اگر جریان سوخت زیاد بود با کمک کلید منفی آن را کم کنید و اگر جریان سوخت کمتر از میزان لازم به نظر می آمد آن را با کلید مثبت زیاد کنید . (معمولاً میزان جریان سوخت در حالت متعادل میبایست کمی بیشتر از چکه کردن باشد) حداکثر ولتاژ نیز چبیزی در حدود ۰,۱۰۰ تا ۰,۳۲۵ ولت میباشد . پس از تنظیم با فشار دادن کلید Manual تنظیمات اعمال میشود . در مجموع دو اشکال عمده میتواند باعث عدم عملکرد سامانه پمپ سوخت شود که عبارتند از :

- ۱- ممکن است ولتاژ پمپ پائینتر از حد معمول باشد . در این حالت با وجود اینکه چراغ مربوط به پمپ روشن شده است اما پمپ سوخت کار نمیکند . در این حالت حداکثر پس از ۱۰ ثانیه سامانه کنترل موتور ، جریان پمپ سوخت را قطع و اقدام به ارسال پیام خطا میکند .
- ۲- ولتاژ کار پمپ سوخت بیشتر از حد مجاز است : در این حالت پمپ با سرعت زیادی شروع به چرخش کرده و سوخت بیشتر از حد معمول به موتور تزریق میشود ، همانگونه که گفته شد موجب بروز شعله و یا Hot Start خواهد شد .

سوخت رسانی به هواپیمای مدل :

برای سوخت رسانی به هواپیمای مدل از مخازن خارجی مجهز به پمپ استفاده میکنند . این مخازن خود به یک پمپ سوخت مجهز هستند که با راه اندازی آن عمل انتقال سوخت به باک های هواپیما آغاز میشود . برای پُر شدن مخزنهای هواپیما باید ، سوخت تحت فشار معینی به آنها ارسال شود . بدین منظور آگاهی از میزان گنجایش باکها الزامی است و از سویی میزان سوخت باید متناسب با مدت زمان پرواز تعیین شود بنابراین از پُر کردن کامل مخازن خوداری کنید و در صورتی که پس از پرواز ، باکها دارای سوخت اضافی بودند آن را توسط عمل معکوس پمپ تخلیه کنید . (مخازن سوخت رسان باید امکان معکوس کردن مکش را داشته باشند) . همچنین از قرار دادن مخزن سوخت در برابر تابش مستقیم آفتاب خوداری کنید و آن را از مواد آتش زا دور نگه دارید . موقعی که میخواهید موتور را روشن کنید مخازن سوخت رسان را از هواپیمای خودتان دور کنید . برخی از هواپیماهای مدل از حساسه های (سنسور) مخازن سوخت بهره میبرند . این حساسه ها به محض پُر شدن مخازن کاربر را از این امر آگاه میکنند و یا به وسیله سوخت سنجهای الکترونیکی (که وزن زیادی هم ندارند) باکها را تحت نظر میگیرند . این سامانه ها در مخازن آلومینیمی که امکان کنترل چشمی سطح سوخت وجود ندارد لازم است .





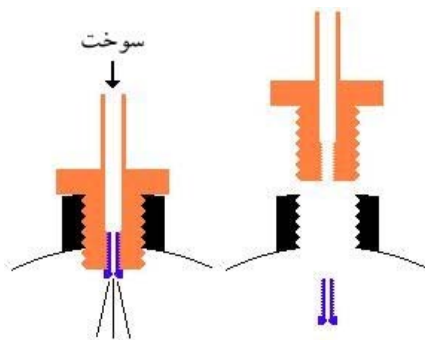
در پایان به این نکته هم اشاره میکنم که پمپ های سوخت محدود به نوع الکتریکی آن نمیشود و انواع دستی (Hand Pump) نیز وجود دارد که میتوان با چرخاندن اهرم آن ، سوخت را به باکها انتقال داد . این نوع پمپ ها بیشتر در انواع مدل های مجهز به موتور های پیستونی کاربرد دارند که از باک های کوچتری استفاده میکنند و پر کردن مخازن سوخت مدل های جت با آنها کار خسته کننده ایی است (البته این موضوع شامل ما ایرانیها نمیشود !!)



این نشانی را بخاطر بسپارید :

yazilarim.ir

سوخت پاشها (Fuel Nozzles):

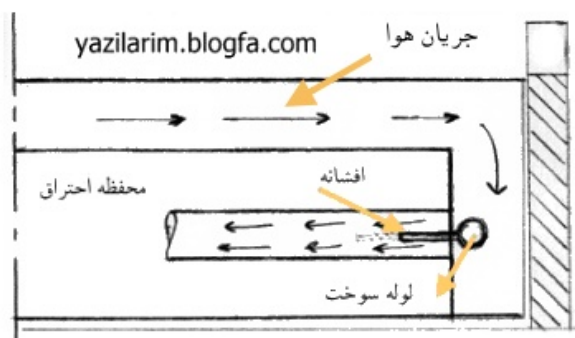


اين قطعه كه در انتهاي هر سامانه سوخت رسانی بكار ميرود ، سوخت را بصورت ذرات ریزی بداخل محفظه های احتراق اسپري ميکند . ساختمان اسپري (افشانه) کردن ذرات سوخت كه در جلوی دهانه سوخت پاش تشكيل می شود چگونگی اسپري کردن سوخت را تعيين ميکند. هر گاه سوخت با فشارهای مختلف از يك دهانه ثابت اسپري شود نسبت به مقدار فشار ، شكل اسپري تغيير ميکند . هر چقدر فشار بیشتر باشد شكل اسپري به شكل مخروطی شده و بهتر اسپري می شود . و هر چقدر سوخت بصورت ذرات ریز در آمده و افشانه شود

عمل احتراق بهتر صورت گرفته و انرژی حرارتی بیشتری تولید میشود . بر حسب نوع موتور و سامانه سوخت رسانی ، سوخت پاشهای (افشانه) گوناگونی بكار گرفته میشود . در موتورهای مدل از نوع ساده آن استفاده ميکنند كه شكل شماتيك چنین افشانه هایی را در اینجا ميبينيد (البته بسته به نوع طراحی موتور ! ، شاید شرکت سازنده برای موتورهای خود از افشانه مخصوصی استفاده بکند . تعداد افشانه ها ۱۲ الی ۱۴ عدد است) .



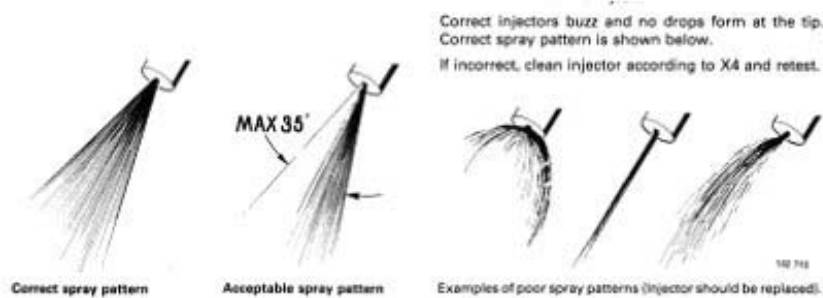
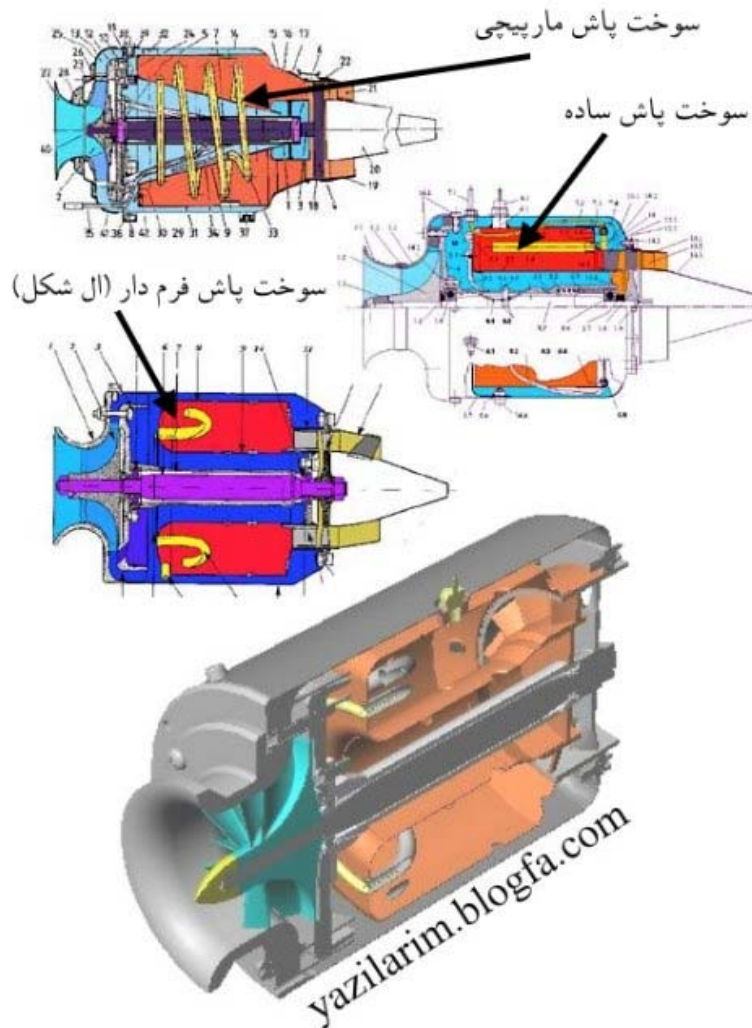
ممکن است برخی از موتورهای مدل از افشانه ها به شكل متداول آن استفاده نکنند . برای نمونه در تصویر بالا آنچه دیده میشود نوع بسیار ابتدایی يك افشانه است . در واقع اين بخش نهایی سامانه سوخت رسانی به يك مجرای کوچک داخل ، و چون نوک اين بخش تنگ شده ، وقتی سوخت به آن تزریق میگردد ، اسپري شده و وارد بخش احتراق میشود . به هرحال روشهای ساخت با توجه به نوع موتورها متفاوت است .



برای آنكه محفظه احتراق بر اثر ورود هوای زیاد و پر فشار خاموش نشود بخش افشانه ها را داخل يك لوله مشبك (لوله شعله) (در برخی مدلها غير مشبك) قرار میدهند . اين كار از برخورد مستقيم هوای تحت فشار با افشانه ها جلوگیری کرده و عملکرد آنها را تضمين ميکند . از طرفی اين لوله ها با تركيب افشانه و مجرای

سوخت سامانه ای شبیه به کاربراتور را ايجاد ميکنند . بدین شكل كه هوای وارد شده از دیفوزر وارد مجرای اين لوله ها شده و باعث مخلوط شدن هوا و سوخت میشوند . اين لوله های مشبك ممكن است به شكل مستقيم و یا خمیده باشند . (در جهت چرخش توربین) (تصاویر زیر)

*** توجه *** در این فرگرد من افشانه و محافظ (لوله شعله) آن را بخشی از يك سامانه در نظر گرفته ام و گمان نميکنم كار اشتباهی باشد *



چگونگی پاشش سوخت در سرعت‌های مختلف (توسط افشانه)

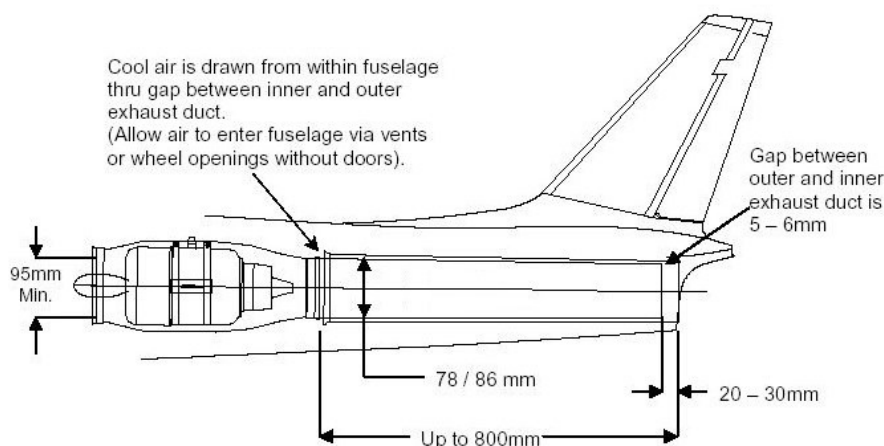
روشهای نصب موتور:

موتور میتواند داخل بدنه و یا بیرون آن نصب شود (این امر به شکل بدنه و نوع طراحی هواپیما بستگی دارد). هر چند نصب موتور در خارج از بدنه کار سرویس دهی و یا احتمالا بررسی های فنی پیش از پرواز را آسانتر میکند ، اما موتورهایی که در داخل بدنه نصب میشوند معمولا درمدلهایی بکار میرود که نمونه واقعی دارند ، یعنی شبیه سازی یک هواپیمای جت هستند . در این نوع مدلها موتور به وسیله یک نگهدارنده به بدنه پیچ میشود . و برای خروج گازهای توربین از نازلهای فلزی استفاده میکنند .



نصب موتور در خارج از بدنه ، کار سرویس دهی آن را آسان میکند

برای نصب موتور در داخل بدنه با توجه به نوع طراحی انجام شده میتوان آن را به شکل مستقیم به بدنه و یا به نگهدارنده ایی فلزی (گذرگاه bypass) پیچ کرد . نگهدارنده میتواند از جنس آلومینیم و یا فیبر کربن باشد . همچنین رعایت فاصله بین نازل و اسکلت هواپیمای مدل الزامی است و این امر (انتقال حرارت) توسط طراحان محاسبه میشود . نگهدارنده موتور به ویژه برای مدل‌های که از دو مجرای ورودی هوا بهره میبرند الزامی است زیرا هوای مکیده شده به این مجراها به گذرگاه bypass رسیده و با هم مخلوط میشوند . ذکر این نکته الزامی است که اطراف موتور در داخل گذرگاه باز بوده و هوا میتواند با عبور از کنار موتور ، بدنه آن را خنک کند . موتور باید در جایگاه خود محکم باشد در غیر این صورت موجب بروز ارتعاشهای ناخواسته شده و بلبرینگهای محور آن آسیب خواهد دید.



yazilarim.blogfa.com

bypass

مجاری ورودی هوا از پلاستیک و یا آلومینیم ساخته میشوند و در مدل‌های که از مجاری تکی استفاده میکنند ، آنها بخشی از اسکلت بدنه را تشکیل میدهند . نکته دیگر آنکه مدل‌هایی که از دو نازل (خروجی) استفاده میبرند (مثل مدل‌های F4 و یا F15 و ...) در اصل در نمونه های واقعی از دو موتور استفاده میشود و هواپیما دارای دو خروجی مجزا است . اما مدل‌هایی که این

نوع هواپیماها را شبیه سازی میکنند معمولا از یک موتور مدل جت قوی استفاده کرده و تنها به انشعاب خروجی اکتفا میشود زیرا کنترل دو موتورجت کار دشواری است ، البته این گفته ، به معنی آن نیست که مدلهای جت دو موتوره استفاده نمیشوند .



چگونگی نصب موتور در داخل bypass



وردی و خروجی دوپل



نازلهای تکی



نازلهای دوپل

خروجی های تکی و دوپل



نمونه هایی از بست های موتور جت مدل



نمونه ایی از نصب موتور در انتهای بدنه



نمونه ایی از نصب موتور در داخل بدنه هواپیمای مدل

سامانه کنترل سرعت و جریان سوخت (FADEC):

در موتورهای جت عادی ، کنترل سرعت و سوخت از مکانیزم پیچیده ایی پیروی میکند ، اصولاً کنترل جریان سوخت و سرعت دو مقوله وابسته یه یکدیگر هستند . در موتورهای جت عادی کنترل جریان سوخت با روشهای زیادی امکان پذیر است که شامل بخشهای مکانیکی و الکترونیکی می شود . در موتورهای جت مدل ، بخاطر محدودیت وزن قادر به استفاده از این سامانه سنگین و پیچیده نیستیم و اصولاً با اهداف هواپیماهای مدل همخوانی ندارد . یک هواپیمای مدل باید دارای کاربری و نگهداری آسان باشد تا بتوان از آن استفاده کرد و هزینه های آن را نیز در حد معقولی نگه داشت . خوشبختانه پیشرفت فن آوری و ساخت تراشه های مدرن در اینجا نیز به کمک ما آمده و کارها را بسیار راحت میکند . امروزه کنترل سرعت و جریان سوخت را با استفاده از واحد الکترونیکی به بنام :

(Fully Automated Digital Electronic Control)

انجام میدهند که به اختصار آن را (FADEC) مینامیم . (در برخی مدلها با توجه به آنکه سامانه FADEC تنها بخشی از کل سامانه کنترل هواپیمای مدل محسوب میشود و کنترل سایر بخشها مثل چراغها و دوربین عکسبرداری و را سامانه های دیگری انجام میدهد ، برخی از سازندگان همه این سامانه ها را در مجموعه ایی به نام ECU (Electronic Control Unit) تولید میکنند که به معنی " واحد کنترل الکترونیکی " است .



واحد کنترل سوخت موتورهای جت مدل در شکل استاندارد و بدون لوازم جانبی

ویژگی اساسی یک سامانه (FADEC) کارآمد :

- ۱- سرعت موتور را بسنجد
- ۲- حرارت توربین و گازهای خروجی را کنترل کند
- ۳- به بهترین شکل ممکن قادر به راه اندازی موتور باشد .
- ۴- قیمت مناسب و در عین حال کنترل کامل خلبان را بر روی موتور امکانپذیر کند
- ۵- کم مصرف بوده و انرژی زیادی لازم نداشته باشد .
- ۶- برای روشن کردن موتور به وسایل جانبی و کمک دهنده نیازی نداشته باشد
- ۷- امکان برنامه ریزی داشته باشد

توصیف :

- ۱- توضیح کارکرد سامانه (FADEC)
- ۲- توضیح ترمینال ورود اطلاعات به روش دستی
- ۳- امکانات شامل : باطری ، پمپ سوخت ، گیرنده رادیویی ، حرارت سنج ، فشار سنج .
- ۴- ترمینال خروجی و ترمینال ورود اطلاعات از طریق رایانه
- ۵- بخش راه اندازی موتور شامل : تعدیل دهنده شتاب ، کاهش سرعت ، تثبیت کننده .

ویژگیهای کلی سامانه FADEC :

این سامانه کار خلبان هواپیما را آسان میکند و در عین حال کنترل کامل بر روی موتور را امکان پذیر میسازد . مصرف معمول آنها از ۶ الی ۹ ولت فراتر نمیرود . با سامانه (FADEC) کنترل هواپیماهای چند موتوره امکان پذیر میگردد . با این سامانه ثبات کاری موتور به ویژه در جریان انجام " نشست " تضمین می شود . کنترل جریان سوخت در موتورهای جت مدل از اهمیت زیادی برخوردار است به ویژه این سامانه باید قادر به اندازه گیری دمای توربین و کنترل میزان سوخت باشد . مدت زمان شتابگیری وابسته به دمای توربین است ، پس این میزان حرارت میبایست بر اساس توصیه سازنده موتور تنظیم شود . البته سازندگان ، از پیش سامانه (FADEC) را برای موتورهای ساخت خود تنظیم میکنند و جای نگرانی نیست . مشخصات سخت افزاری واحد کنترل موتور چنین است :

- ۱- پردازنده ایی با سرعت ۴۰ مگاهرتز و حداکثر ۶۴ کیلوبایت حافظه .
- ۲- درگاه نصب کارت ریج حافظه
- ۳- مبدل آنالوگ به دیجیتال ۸ کاناله
- ۴- سوئیچ جریان
- ۵- کانکتور سروها
- ۶- تایمر داخلی با باتری پشتیبان

امروزه سامانه های (FADEC) دارای کنترلهای ایمنی نیز هستند ، مثلاً در صورتی که در کار موتور اشکالی وجود داشته باشد آن را خاموش میکنند . در هنگام استارت (شروع) موتور ، به حرارت چندان بالائی نیاز نداریم . سامانه (FADEC) حرارت توربین را در هنگام شروع کار موتور زیر نظر میگیرد . در مجموع سامانه (FADEC) یک واحد کنترل دیجیتالی برای موتورهای جت مدل است و یکی از کارهای اصلی آن کنترل پمپ سوخت ، کنترل حرارت گازهای خروجی ، کنترل فشار در بخش توربین ، و نظارت بر اهرم کنترل سوخت است . همچنین این سامانه عملکرد موتور را تحت کنترل خود میگیرد تا بر اساس پارامترهای تعیین شده کار کرده و در صورتی که اشکالی وجود داشته باشد از کار آن جلوگیری میکند . برای این منظور این سامانه مجهز به ترموکوپل و یک فشار سنج بوده و همچنین دارای یک سرو کنترل کننده جریان سوخت ، یک ورودی اطلاعات ، کنترل پمپ سوخت و کنترل باطریهاست . هر سامانه (FADEC) باید قابل برنامه ریزی باشد تا بر اساس برنامه پروازی و شرایط آن موتور را تحت کنترل بگیرد . بر این اساس برخی از (FADEC)ها با استفاده از یک ترمینال ورودی به رایانه های شخصی متصل میشوند و کاربر میتواند بر اساس یک نرم افزار سامانه (FADEC) را برنامه ریزی کند یا اینکه میتوان از طریق یک پتل دستی آنرا برنامه ریزی کرد . اطلاعات ورودی و خروجی سامانه شامل موارد زیر است :

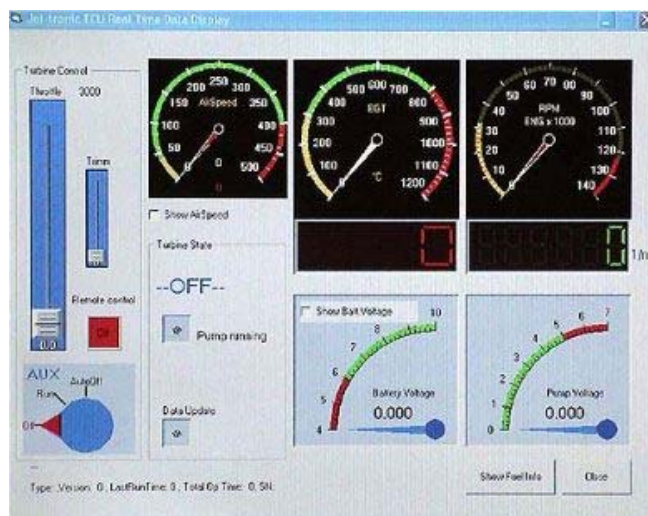
ابزارهای دریافت (Inputs) :

- ۱- سنسور سنجش دور rpm
- ۲- حرارت سنج نوع "K"
- ۳- دور سنج پمپ سوخت
- ۴- ولت سنج پمپ ها
- ۵- کانالهای کنترل : استارت ، خاموش کردن موتور ، سامانه دود زا
- ۶- سرعت سنج هوا و فشار سنج

خروجی (Outputs) :

- ۱- PWM (Pulse Width Modulation) کنترل پمپ سوخت
- ۲- PWM کنترل پمپ سامانه دود زا
- ۳- خروجی استارت
- ۴- کنترل شمع
- ۵- کنترل شیر جریان سوخت
- ۶- کنترل انژکتور (افشانه)

۷- کانکتورهای نوع RJ45 و RS232 برای ارتباط با سامانه موتور و یا واحد کنترل زمینی .



نمونه ایی از نرم افزار برنامه ریزی و کنترل موتورهای جت مدل

پارامترهای قابل برنامه ریزی از این قرار است :

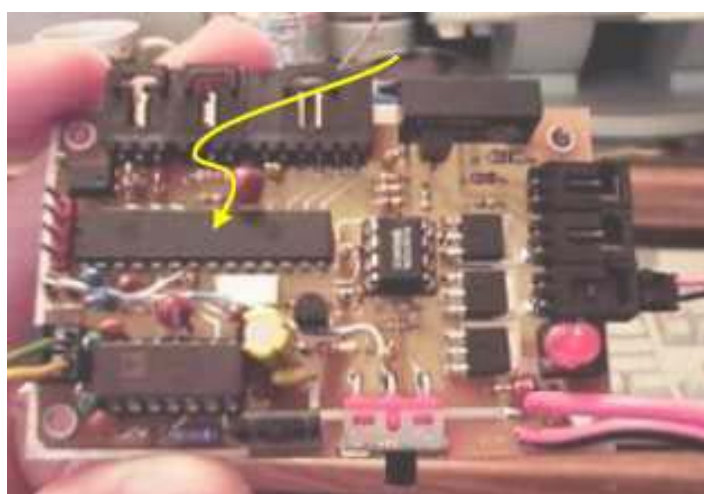
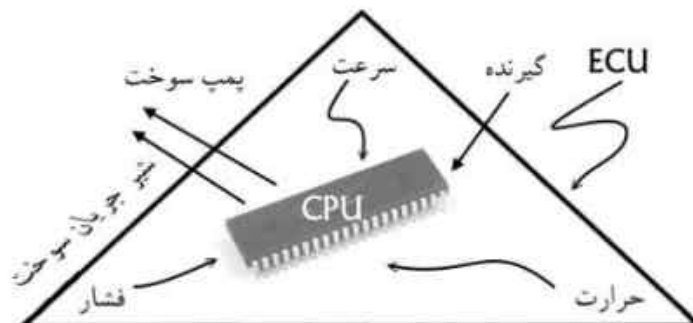
- ۱- فشار نهایی سوخت
- ۲- مینیمم فشار
- ۳- بیشترین حرارت
- ۴- درجه حرارت آغازین
- ۵- کنترل مقدار سوخت برای قدرت نهایی
- ۶- کنترل جریان سوخت
- ۷- قطع سوخت رسانی
- ۸- کاهش و افزایش شتاب و سرعت
- ۹- شروع بکار و سرعت پمپ
- ۱۰- میزان گاز موتور
- ۱۱- سوئیچ اعمال تنظیمات
- ۱۲- تنظیم شمع
- ۱۳- شارژ سریع
- ۱۴- شارژ عادی
- ۱۵- تنظیم سرعت سنج
- ۱۶- تنظیم سامانه دود زا
- ۱۷- تایمر و تاریخ
- ۱۸- تنظیم خنک کننده (پس از خاموش کردن)
- ۱۹- برگشت به حالت پیش فرض

از همه پارامترهای قابل کنترل و برنامه ریزی دو مؤلفه جریان سوخت و پمپ سوخت جایگاه ویژه ایی دارند . و موارد یاد شده با اندکی اختلاف در بیشتر موتورهای جت مدل به همین شکل است . مگر آنکه موتور برای شرایط خاص (مثلاً برای مدل‌های نظامی) طراحی شده باشد .

عملکرد کلی سامانه (FADEC) :

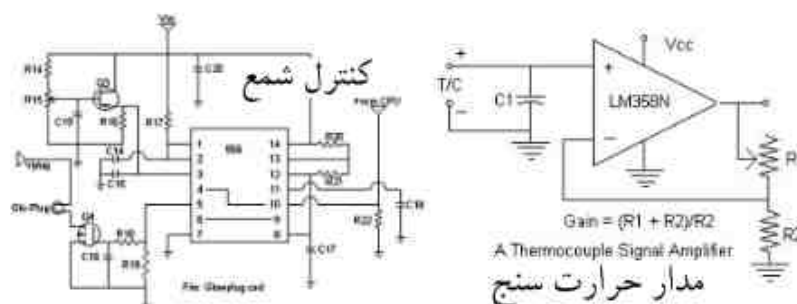
یک میکروکنترلر ، هسته اصلی سامانه کنترل را تشکیل میدهد . با نگاهی دوباره به بخش ابزارهای دریافت (Inputs) متوجه خواهید شد که این اجزاء نقش اصلی را در کنترل فرایند کار موتورهای جت مدل به عهده دارند . در واقع هر واحد کنترل یک موتور جت ، تشکیل شده است از مدارهای الکترونیکی : سنسور سنجش دور ، حرارت سنج ، دور سنج پمپ سوخت ، ولت

سنج ، و سرعت سنج و تمامی این واحدها با کنترل بخشی از فرایند کار موتور ، اطلاعات دریافتی را به واحد پردازنده می فرستند و این واحد بر حسب برنامه ریزی انجام شده آنها را بر یکدیگر منطبق و یا کم و زیاد میکند . از تمامی پارمترها، سه واحد کنترل : سرعت سنج ، فشار سنج ، و حرارت سنج ، از اهمیت زیادی برخوردارند و هر یک از آنها تاثیر اصلی را در عملکرد موتور دارد . تصویر زیر میتواند شمای کلی کار یک واحد کنترل باشد :



ابتدا سامانه (FADEC) فرامین صادر شده از فرستنده را تائید میکند تا در چهارچوب پارامترهای موتور باشند. اگر این فرامین نادرست و بر خلاف برنامه ریزی انجام شده برای موتور عمل کنند سامانه ، این فرامین را تصحیح و یا موتور را خاموش میکند و یا اینکه توان موتور را به حالت پیش فرض قرار میدهد . مثلاً اگر ما ماکزیم فشار را ۵۵٪ تعریف کرده باشیم در صورتی که از طرف خلبان فشاری بیش از این به موتور اعمال شود سامانه از انتقال آن به موتور جلوگیری میکند . یا اگر دمای توربین از حد مجاز فراتر برود سامانه با کم کردن شدت جریان سوخت به آن عکس العمل نشان خواهد داد و بر عکس .

از آنجایی که رابطه فشار و نیرو کاملاً خطی است ، سامانه ، فشار را با کنترل خطی جریان سوخت هدایت میکند و هدایت پمپ سوخت و باطریها را بشکل مستقیم انجام میدهد . این ویژگی در هواپیماهای دو موتورها بسیار سودمند است و کنترل نیروی موتورها را آسانتر میکند .



نمونه هایی از مدارهای کنترل الکترونیکی که بخشی از FADEC محسوب میشوند



صرفنظر از کنترل فشار و گیرنده رادیویی ، سامانه ، کنترل دو پارامتر مهم دیگر را امکان پذیر میکند : زمانی که فشار محفظه احتراق پائینتر از حد معمول است جریان سوخت را قطع و یا کم میکند تا از انباشته شدن سوخت در محفظه احتراق جلوگیری شود . یا زمانی که فشار کمپرسور به حداکثر ممکن میرسد سامانه فشار جریان سوخت را متعادل میکند تا توربین ها به حالت واماندگی و یا افزایش حرارت وارد نشود .

سامانه (FADEC) دارای یک سیستم استارت نیمه خودکار است . بدین ترتیب که کاربر بعد از فعال کردن سامانه و اطمینان از سیستم ، استارت میزند ، سامانه در این حالت شیر گاز استارت را باز میکند (گاز پروپان) و به طور خودکار ولتاژ

مورد نیاز شمع تامین میشود تا عمل احتراق صورت بگیرد .

پس از رسیدن دمای محفظه احتراق بحالت پیش فرز سامانه جریان سوخت را متعادل میکند ، پس از این مرحله خلبان هواپیما میتواند با کنترل میزان جریان ، شتاب و سرعت مورد نظر خود را به هواپیما بدهد ، سامانه در تمامی مراحل عملکرد موتور را زیر نظر داشته و آن را طبق برنامه ریزی انجام شده کنترل میکند . برخی از هواپیماهای مدل پیشرفته اطلاعات دریافتی از موتور را در اختیار کاربر قرار میدهند .

بررسی اجزا سامانه :

سامانه (HDT) یا (Hand data terminal) :

بخشی از (FADEC) محسوب شده و همانگونه که پیش از این توضیح داده شد برای برنامه ریزی و راه اندازی پارامترهای موتور استفاده می شود . این سامانه علاوه بر برنامه ریزی موتور با نمایش پیامهایی عملکرد آن را به کاربر گزارش میدهد .



نصب سامانه (FADEC) : نصب سامانه بر اساس الگوی نصب گیرنده انجام میشود .
(FADEC) ها باید دور از گرمای موتور و لرزش و ارتعاش باشند (لرزشهایی در حد متعادل)

کنترل باطریهای پمپ سوخت : سامانه برای کار به چند منبع تامین قدرت نیاز دارد . یکی برای کار گیرنده و خود (FADEC) و دیگری برای موتور استارت .



سمت چپ نوعی از سامانه (HDT) و سمت راست نمایشگر این مجموعه را میبینید .

سامانه (FADEC) میتواند با ولتاژی بین ۱/۵ الی ۱۵ ولت کار کند . تعداد باطریها بستگی به نوع موتور و شرایط پرواز دارد . میبایست در انتخاب تعداد باطریهای پمپ سوخت این مسئله را در نظر داشت که پمپ باید بتواند با ماکزیمم قدرت به موتور سوخت برساند . اما نباید فراموش کرد که معمولاً هواپیمای مدل در همه شرایط به ماکزیمم قدرت نیاز ندارد و پمپ سوخت نیز در بیشتر اوقات در حد متوسط توان خود عمل میکند . از طرفی باید مدت زمان پرواز را در نظر داشت . اگر پرواز طولانی برنامه ریزی شده ، باطریها باید ظرفیت لازم را داشته باشند در غیر این صورت ظرفیت متوسط توصیه می شود . البته بهترین گزینه ممکن توصیه خود سازنده میباشد .

گیرنده رادیویی (Receiver of radio):

گیرنده های رادیویی مورد استفاده در هواپیماهای مدل جت حداقل دارای ۸ کانال مجزا با توانایی کنترل ۱۲ سرو هستند و حداکثر با ۱۰ کانال و توانایی کنترل ۲۰ سرو ارائه میشوند . مدولاسیون مورد استفاده متنوع است اما از روشهای متداول میتوان به PCM و PPM اشاره کرد (رجوع کنید



به جلد اول) . برخی از نمونه ها مجهز به ژيروسکوپ و سامانه GPS و ترکیب کننده فرامین هستند که به این ترتیب میتوان پروازهای برنامه ریزی شده و خارج از دید را انجام داد . سامانه (FADEC) به گیرنده رادیویی و یک سرو استاندارد ، به کانال شیر سوخت متصل میشود .

سنجش دور موتور (Rpm) :

برای مشخص کردن دور موتور میتوان از سنسورهای (حساسه) ماوراء بنفش و مادون قرمز استفاده کرد که سامانه (FADEC) به کمک آنها میتواند دور یا " آر پی ام " موتور را محاسبه کند . در برخی از موتورهای جت از



استارتر موتور به عنوان ابزاری برای تشخیص سرعت استفاده می شود . بدین شکل که با توجه به متصل بودن استارتر به شفت موتور ، پس از روشن شدن ، سامانه (FADEC) میتواند با کنترل مقدار انرژی تولید شده توسط موتور استارتر به دور موتور جت مدل پی ببرد . باز هم یاد آوری میکنم که هر سازنده از روشهای متفاوتی استفاده میکند . سنسورها در کنار کمپرسور نصب میشوند و با عبور هر تیغه آن یک پالس به سامانه ارسال میشود ، سامانه با محاسبه تعداد این پالسها سرعت کمپرسور را میسنجد .

ترموکوپلها (Thermocouple): سامانه (FADEC) با یک ترموکوپل نوع "K" کار میکند که میتواند درجه حرارتی تا حدود ۱۰۰۰ درجه سانتی گراد را اندازه بگیرد. این ترموکوپل از یک تکه سیمی به جنس (Inconel) میباشد که داری ۱/۵ میلیمتر قطر و ۵ سانتی متر است که بوسیله یک سیم به سامانه (FADEC) متصل می شود. ترموکوپل در دهانه لوله آگزوز موتور نصب میشود و توصیه شده حداقل دو میلیمتر از طول آن در جریان گازهای خروجی باشد. همچنین محل نصب آن باید در جایی باشد که دما در حد متوسط آن قرار دارد. ترموکوپل را زیاد انحناء ندهد و یا کج نکنید. میتوان از انواع ترموکوپلها استفاده کرد اما نوع "K" توصیه میشود. فراموش نکنید حرارت در توربین ها عامل مهمی محسوب شده و باید بدقت اندازه گیری شود تا سامانه (FADEC) بتواند کار خود را بخوبی انجام دهد.



ترموکوپل و واحد تشخیص دور موتور که به حساسه های مادون قرمز متصل است.

استارت موتورجت :



ویژگی کلی : موتورهای جت مدل برای شروع بکار از یک موتور الکتریکی متصل به شفت استفاده میکنند. این موتور الکتریکی میبایست توانایی کافی برای چرخاندن کمپرسور را داشته باشد. معمولاً موتورهای استارت از باتریهای جداگانه استفاده میکنند. دربرخی از مدلها به کمک موتور استارتر " ار پی ام " موتور را میسجند. موتور استارتر با به گردش در آوردن کمپرسور هوای مورد نیاز برای احتراق

را فراهم میکند. با به حرکت در آمدن استارتر و شروع بکار کمپرسور موتور، پس از آنکه دور آن به حد لازم رسید واحد کنترل موتور با راه اندازی پمپ سوخت و شمع موتور جت مدل را روشن میکند. البته با توجه به آنکه معمولاً موتورهای استارت جریان زیادی مصرف میکنند و مدلها حال و حوصله تعویض و شارژ آنها را ندارند از روش ترکیبی و مستقل استفاده میکنند! بدین معنی که برای عمل احتراق و تامین هوای موتور به همراه گاز استارت از کیسول هوا پر فشار نیز استفاده میشود. در این حالت میتوان استارت را از مدار جدا و یا اینکه در کل کار آن را ساده تر کرد. این روش معایبی هم دارد که از جمله مهمترین آن میتوان به پیچیده تر شدن واحد کنترل موتور اشاره کرد، زیرا سامانه میبایست کنترل جریان هوای پر فشار و گاز را به صورت مشترک به عهده بگیرد.



واحد استارت موتور که معمولاً روی دهانه ورودی قرار دارد.

گاز استارت :

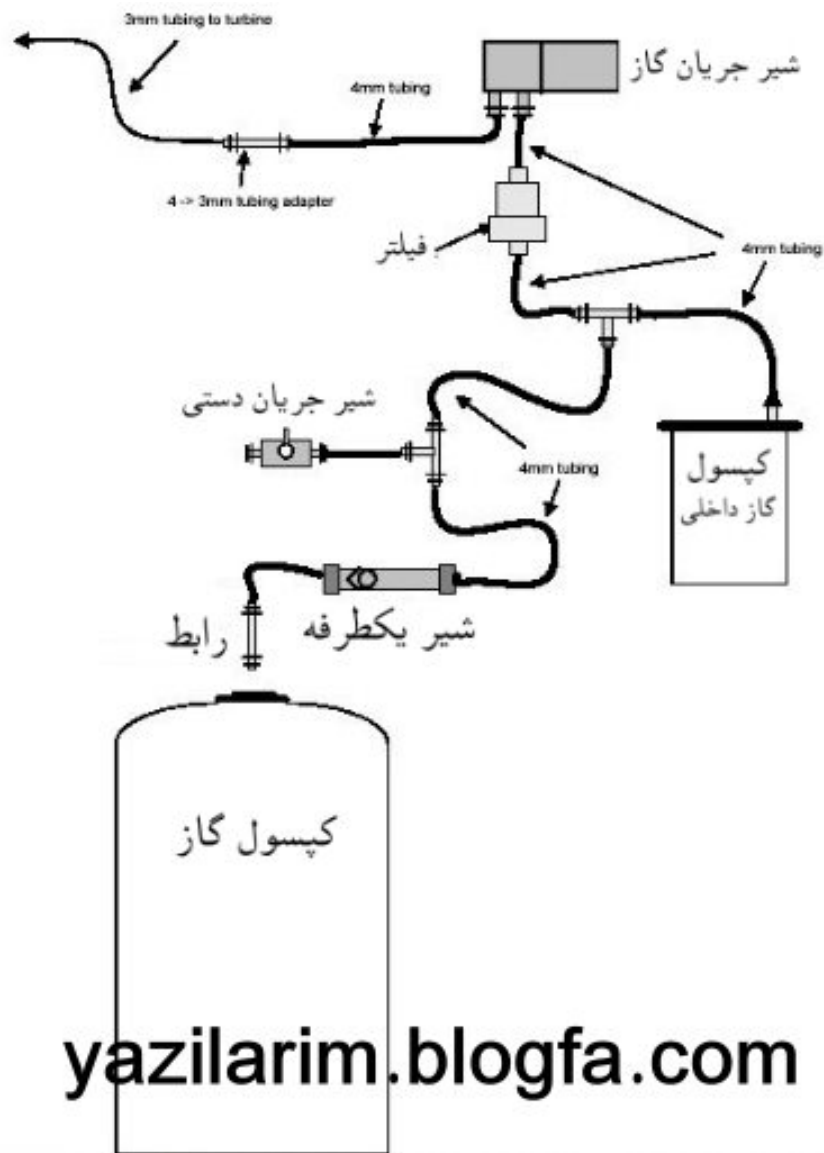
برای تنظیم و آزمایش گاز استارت بهتر است آنر را بر روی یک نگهدارنده خارجی نصب کنید . در غیر این صورت درپوش نگهدارنده bypass را باز کرده گاز استارت را تنظیم کنید . یک تنظیم مناسب و بهینه میبایست به خوبی موجب راه اندازی موتور شود (با حداقل صدا و شعله) اگر صدای موتور در این حالت زیاد است (صدایی شبیه بنگ که ناشی از حالت انفجاری گاز داخل موتور است) و موجب بروز شعله زیاد در نازل میشود باید شیر جریان گاز را قطع کنید و به روش زیر آن را تنظیم نمائید .

(**توصیه مهم :** برای تنظیم جریان گاز همیشه از مقدار خیلی کم شروع کنید . فراموش نکنید کار کردن با گاز خطرناک است و میتواند موجب انفجار و بوجود آمدن شعله زیاد (گاه تا چند متر) در نازل موتور شود)

بنابراین از میزان خیلی کم شروع کنید . به آهستگی و به میزانی که فکر میکنید محفظه احتراق موتور را پر میکند شیر جریان گاز را باز کنید (منظور شیر الکترونیکی یا سنلوییدی است) در صورتی که جریان گاز موجود قادر به راه اندازی موتور نباشد به میزان ده درصد مقدار آن را زیاد کنید (ابتدا باید موتور را خاموش کنید . فهمیدن این موضوع نباید دشوار باشد !) و این کار را تا رسیدن به نقطه قابل اطمینان ادامه دهید . در صورتی که میزان گاز زیاد بود این عمل را به شکل معکوس انجام دهید .



چگونگی اتصال سیلندر گاز داخلی و خارجی به موتور :



yazilarim.blogfa.com

لازم است به این نکته اشاره کنم که " سیلندر گاز داخلی " نیز دارای شیر جریان مستقل است . البته در تصویر بالا چنین چیزی دیده نمی شود .



پر کردن کپسول گاز پروپان یا بوتان :

هرگز نباید برای روشن کردن موتور از فشار نهایی گاز پروپان به تنهایی استفاده شود زیرا موجب آسیب رسیدن به لوله های رابط میشود . یک سیلندر گاز متوسط ۶ یا ۱۰ اینچی برای چندین بار روشن کردن موتور کافی است اما توصیه میشود بعد از دو بار انجام پرواز آن را شارژ نمایید . وقتی احساس میکنید جریان گاز کم شده است ، از ریسک کردن خوداری کنید و سیلندر استارت را پر کنید .

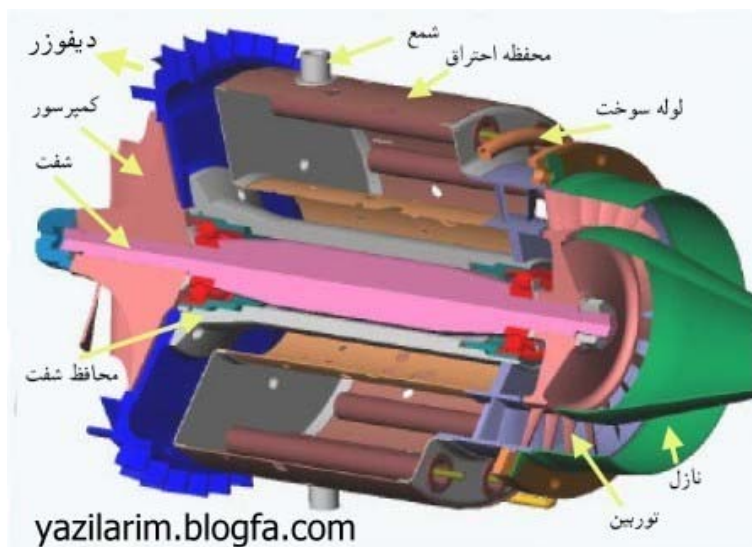
برای این منظور بهتر است سیلندر استارت " آن بُرد " را از روی هواپیمای مدل باز کرده و آن را امتحان کنید . اگر به فشار سنج دسترسی دارید به راحتی میتوانید فشار گاز موجود در آن را اندازه بگیرید در غیر این صورت باید با خارج کردن مقداری گاز فشار آن را



به شکل چشمی کنترل کنید . یعنی در این حالت فشار گازی که از سیلندر خارج میشود کم بوده و به راحتی احساس میشود . (توجه : برخی از سازندگان از سیلندرهایی گاز مخلوط استفاده میکنند ترکیب کلی آن شامل ۶۰ درصد پروپان و ۴۰ درصد بوتان میشود)

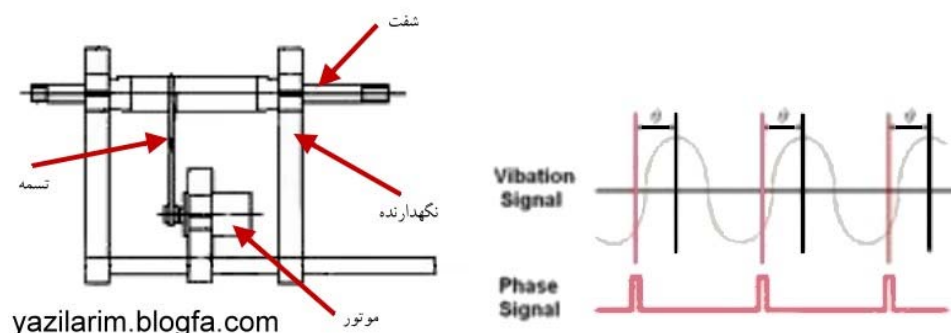
شفقت و بلبرینگها :

شفقت موتورهای جت مدل وظیفه چرخاندن توربین و کمپرسور را به عهده دارد و برای دور ماندن از حرارت مستقیم محفظه احتراق ، داخل یک پوشش فلزی قرار میگیرد . در دو سمت این شفقت دو بلبرینگ پرس میشود تا عمل چرخش محور با کمترین اصطکاک ممکن انجام شود . انتخاب نوع بلبرینگها در موتورهای جت اهمیت زیادی دارد زیرا باید شتاب و حرارت زیادی را تحمل کنند . برای خنک کاری شفقت و بلبرینگها مقداری از هوای کمپرسور را داخل پوشش مجرای محافظ شفقت انتقال میدهند تا عمل خنک کاری انجام شود . از دیگر مسائل مهم در این بخش قرار گرفتن مناسب و بالانس بودن شفقت و بلبرینگها میباشد . در صورتی که بلبرینگها درست پرس نشوند باعث ایجاد لرزش و سائیدگی در آنها شده و عمرشان را کاهش میدهد .





برای تشخیص تعادل و بالانس بودن توربین و شفت ، آن را بر روی دستگاه ساده ایی که در تصویر زیر دیده میشود آزمایش میکنند . هرچند مُدلهای با تجربه حتی بدون این دستگاه و تنها با چرخاندن و بررسی شفت میتوانند عدم بالانس بودن آن را تشخیص میدهند .

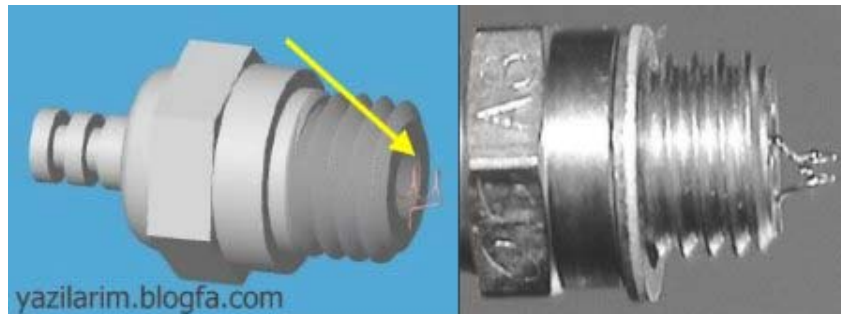


همانگونه که میبینید شفت بر روی یک تکیه گاه آزاد (یعنی اینکه میتواند حرکت کند) به وسیله یک تسمه و با کمک یک موتور الکتریکی به چرخش درآمده و با استفاده از یک گیرنده الکترواپتیکی که به سنسورهای اپتیکی (مثل مادون قرمز) مجهز است چرخش توربین را زیر نظر میگیرند . در یک چرخش متعادل و بالانس ، طول موج امواج دریافتی از گیرنده باید یکسان باشد در غیر این صورت توربین بالانس نیست و به درستی نصب و یا تولید نشده . نکته آنکه در این آزمایش خود دستگاه آزمایشگر نیز از اهمیت خاصی برخوردار است و هیچگونه انحراف و یا لرزشهای ناخواسته جایز نیست . بنابراین پایه های آن میبایست محکم و طراز بوده و نباید بایکدیگر اختلاف سطح نداشته باشند .



شمع موتورهای جت :

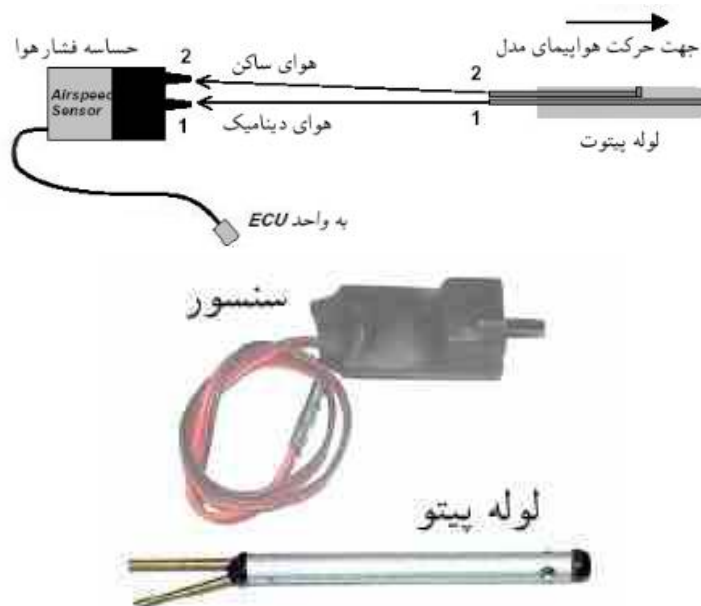
شمع این نوع موتورها همانند موتورهای پیستونی است . با این تفاوت که برای تماس و ارتباط بهتر المان شمع با گازهای محفظه احتراق ، سیم پیچ پلاتینی اندکی از محفظه داخل بدنه بالاتر است تا عمل احتراق سریعتر انجام شود . شمع موتورهای جت میتواند یک یا دو عدد باشد . یاد آوری میکنم که شمعها در جریان کار موتور دخالتی ندارند و تنها برای شروع پروسه احتراق و روشن کردن آن بکار می روند . شمع موتور نیز توسط سامانه (ECU) کنترل می شود و به محض روشن شدن موتور جت از مدار خارج می شوند .



شمع را با استفاده از یک واشر مسی بر روی موتور نصب میکنند . لازم نیست شمع را خیلی سفت کنید ! این کار ممکن است به رزوه های موتور آسیب برساند . بهتر است پیش از نصب کامل ، آن را امتحان کنید . بدین طریق که شمع را به باطری وصل کرده و از سرخ شدن المنت آن اطمینان حاصل نمائید . بسته به نوع شمع مورد استفاده ، ولتاژ دریافتی از ۲ تا ۷ ولت متغییر است . در صورتی که موتور جت شما (با وجود اینکه از سالم بودن همه سامانه های آن اطمینان دارید) روشن نمیشود ، شمع آن را بازرسی کنید . زیرا ممکن است به خاطر همجواری با حرارت و گازهای موتور آسیب دیده باشد .

سرعت سنج :

در این کتاب مجال پرداختن به مباحث ایونیک هواپیما را ندارم اما بد نیست که با سامانه سنجش سرعت در هواپیمای مدل آشنا شوید . برای سنجش سرعت هوا در هواپیمای مدل از لوله " پیتو " استفاده میکنند . این لوله را در مسیر جریان هوا قرار میدهند و با هدایت جریان هوا به یک " حساسه " (سنسور) سرعت را میسنجند . (اختلاف فشار هوای ساکن و هوای دینامیک توسط سامانه کنترل مقایسه و بدین ترتیب سرعت هوا مشخص میشود)



بُرد " ال ای دی " :

این برد نمایشگر وضعیت موتور و ترمینال ورودی و خروجی اطلاعات محسوب میشود . این برد باید جایی نصب باشد که به راحتی توسط کاربر قابل دسترسی و دیدن باشد . (معمولا داخل آسمانه نصب میشود) بر روی این برد سوئیچی وجود دارد که کنترل زمینی و یا رادیویی را امکان پذیر میکند . همچنین با استفاده از یک کلید دیگر میتوان همه پارمترهای قابل برنامه ریزی را به حالت پیش فرض بازگرداند .



چگونگی اتصال برد " ال ای دی " به سامانه کنترل

در مجموع بُرد "ال ای دی" دارای سه " ال ای دی " است که سامانه کنترل با روشن و خاموش کردن آنها وضعیت موتور را مشخص میکند . در جدول زیر رنگ هر " ال ای دی " و عملکرد آن دیده میشود .

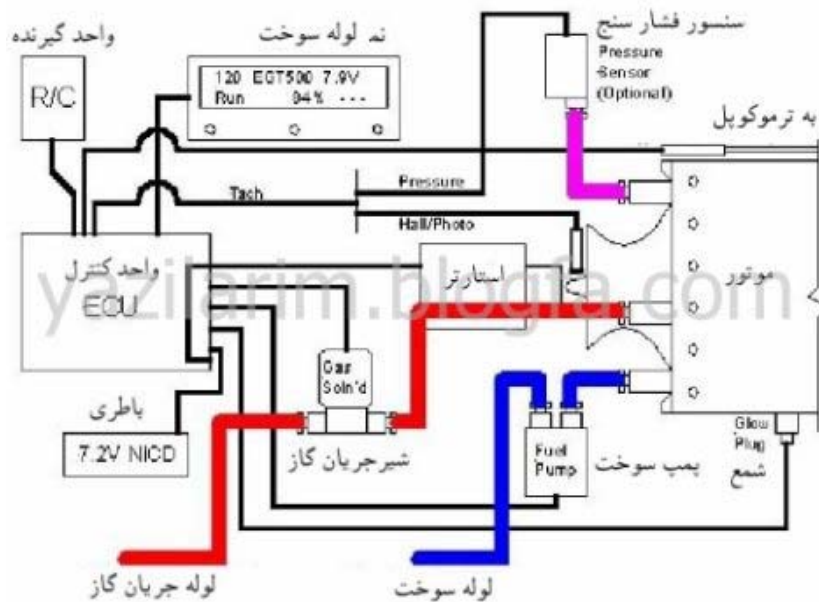
فعال	روشن	نام	رنگ
Starter Motor engaged	Standby	Standby	زرد
Fuel pump is on	Pump Running	Pump Running	قرمز
Turbine running; throttle control active	OK / Reset...	OK / Reset...	سبز
1. If the turbine is running, the EGT is exceeding the maximum temperature. 2. If the turbine is off, SlowDown mode active			



سامانه کلی موتور:

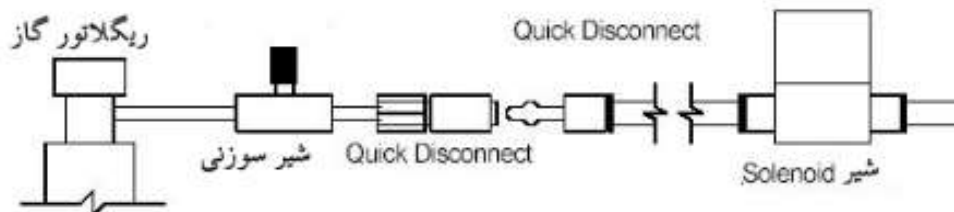


مروری بر آنچه گفته شد ، تقریبا نمایی از اجزاء کلی یک هواپیمای مدل را ترسیم میکند . به جزء اختلافهای جزئی که بیشتر شامل مراحل روشن کردن موتور میشود (با توجه به روش آن) سامانه های مورد استفاده شبیه به یکدیگر هستند . اجزاء یک هواپیمای مدل را میتوان این گونه فهرست کرد : موتور ، سامانه سوخت رسانی ، گیرنده و سرووا . هر یک از این سه بخش ، خود به اجزاء دیگری تقسیم بندی میشوند که ما آنها را در فرگردهای قبل توضیح دادیم و با برخی دیگر از بخشهای آن در قسمتهای بعدی آشنا خواهید شد . اما آنچه که در این مختصر مورد نظر ماست چگونگی عملکرد کلی سامانه است . یعنی پیکر بندی این اجزاء را مورد بررسی قرار میدهیم .



در تصویر بالا ، نمای کلی اجزاء موتور و چگونگی اتصالهای آن را میبینید . در این تصویر جای فیلتر سوخت خالی است که وجود آن برای سامانه ضروری است . برای شروع کار موتور گاز پروپان یا متان به وسیله " شیر جریان " گاز به محفظه احتراق هدایت میشود . گاز میتواند به وسیله "سیلندر داخلی" و یا " خارجی " (مجموعه کاری GSU) تامین شود . هنگامی که از سیلندر خارجی استفاده میکنید صد در صد باید از یک (Quick Disconnect) " شیرقطع جریان سریع " استفاده شود حداکثر فشار مجاز گاز ۱۰۰ PSI میباشد . برخی تولید کننده ها از

یک شیر سوزنی بین سیلندر گاز و " شیر الکتریکی کنترل جریان " استفاده میکنند تا نظارت بهتری بر روی جریان گاز اعمال شود . در چنین حالتی شیر کنترل جریان تنها مسیر گاز را برقرار میکند و تنظیم آن به عهده " شیر سوزنی " است . نکته آنکه برای شروع بکار موتورهای جت مدل همانگونه که در بخش " استارتر " موتورهای جت مدل گفته شد از دو روش استفاده میشود : استارت به کمک گاز و سیلندرها (Air start) و دیگری استفاده از استارت الکتریکی و جریان گاز است . با تجربه های این کار ، روش اول را به تازه کارها توصیه میکنند . این به آن دلیل است که جریان هوا به راه اندازی موتور کمک میکند .

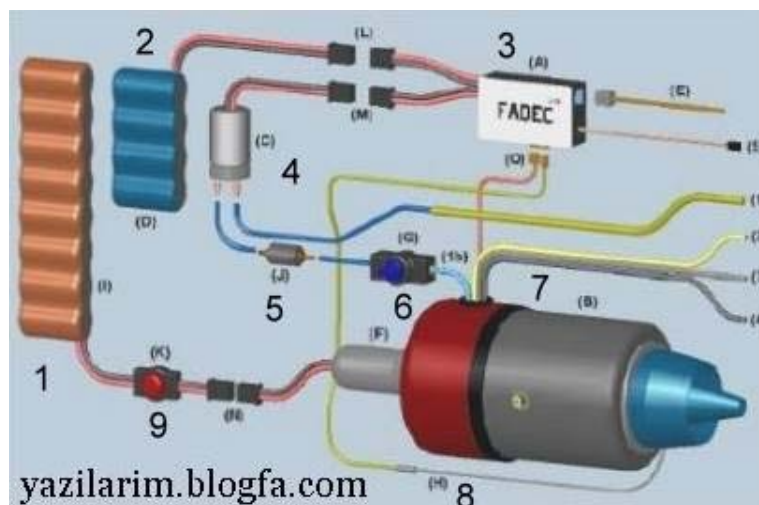


واحد کنترل (ECU) از باتریهای نیکل کادمیمی با ظرفیت ۷ الی ۹ ولت نیرو میگیرد . پردازنده " سامانه کنترل " ، پمپ سوخت را بر اساس تکنیک (Pulse Width Modulation) PWM کنترل میکند . بدین وسیله برای کنترل دیجیتالی ، سرعت موتور پمپ بر اساس هر بیت که از " سامانه کنترل " (ECU) ارسال میگردد تنظیم میشود . برای نمونه ۸ بیت PWM ارسالی از سامانه کنترل برای پمپ سوخت سرعتی برابر با ۰ الی ۲۵۵ rpm محسوب میشود . PWM از تکنیکهای رایج در سامانه های کنترل از راه دور بحساب می آید .



حساسه های دما ، فشار و دور سنج موتور نقش مهمی در کنترل آن دارند . پرسش اینجاست که سامانه چگونه موتور را بر حسب تنظیمات پیش فرض هدایت میکند . برای توضیح بهتر ، باید عملکرد کلی موتور را در نظر داشت . مثلاً حرارت موتور بستگی مستقیمی به میزان سوخت و هوای وارد شده به آن و فشار هوا رابطه مستقیمی با میزان هوای مکیده شده و سرعت گردش کمپرسور دارد . خود این عوامل از سرعت گردش استارتر و یا پمپ سوخت نیز تاثیر میگیرند . سامانه ECU بر حسب پارامترهای دریافت شده از حساسه ها ، میزان سوخت و سرعت گردش پمپ سوخت را تنظیم میکند . سامانه با کمک نرم افزار رایانه ایی عمل مقایسه را انجام داده و موتور را هدایت مینماید . برای نمونه اگر حساسه فشار ، فشار هوای کمپرسور را کمتر از میزان لازم تشخیص دهد سامانه توان راه اندازی موتور را نخواهد داشت و یا اینکه میزان سوخت ارسال شده را بر حسب میزان فشار تنظیم میکند . یا اگر میزان حرارت گازهای خروجی زیادتر از دمای تنظیم شده باشد سامانه بلافاصله سرعت گردش پمپ سوخت را کاهش داده و یا حتی با بستن شیر الکترونیکی سوخت موتور را متوقف میکند . ناگفته پیداست که عملکرد سامانه استارتر نقش مهمی در راه اندازی موتور دارد . زیرا مایبایست هوای مورد نیاز به کمپرسور وارد شود تا

فشار آن به درجه پیش فرض نزدیک شود . به این دلیل است که برای روشن کردن موتور برخی از مدلرها ترجیح میدهند به همراه گاز استارت از سیلندر هوای پر فشار نیز استفاده کنند . به این ترتیب روشن کردن موتور آسانتر میشود . در تصویر زیر نمونه ایی از این پیکربندی را مشاهده میکنید .

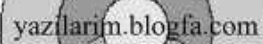
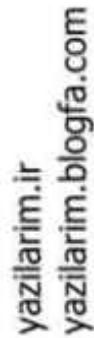


در این تصویر :

- ۱- باتریهای نیکل کادمیم استارتر
- ۲- باتریهای واحد کنترل
- ۳- واحد کنترل
- ۴- پمپ سوخت
- ۵- فیلتر سوخت
- ۶- شیر جریان سوخت
- ۷- از بالا به پائین : الف - لوله ی جریان سوخت (از باکها) ب - لوله انتقال هوای پر فشار از کمپرسور به باکها . پ - لوله جریان گاز استارت . ج - لوله انتقال هوای پر فشار .
- ۸- حرارت سنج (ترموکوپل)
- ۹- سوئیچ استارت

حساسه ها نیز توسط رابط ها به سامانه کنترل جریان سوخت موتور متصل میگرددند . همانگونه که دیده میشود سامانه از باتریهای جداگانه ایی برای استارت و واحد کنترل استفاده میکند که علت آن را پیشتر بازگو کرده ام . (چون مصرف انرژی استارت زیاد است) عملکرد این نوع پیکربندی نیز همانند نمونه قبلی است و تنها تفاوت آن وجود لوله ی هوای پر فشار است . توضیح آنکه سیلندر هوا و گاز بخشی از مجموعه کنترل زمینی GSU محسوب میشوند و تنها برای تضمین عملکرد موتور در جریان پرواز از یک سیلندر گاز پر فشار کوچک (موسوم به سیلندر گاز " آن بُرد ") استفاده میشود تا در صورتی که در طول پرواز ، موتور هواپیمای مدل به هر دلیلی از حرکت ایستاد ، بتوان به کمک آن موتور جت را روشن کرد . دیگر آنکه وقتی از سیلندر هوای پر فشار استفاده میشود استارتر الکتریکی از مدار خارج میشود .

در این تصویر لوله جریان سوخت سامانه دود را دیده نمیشود ! زیرا بسته به نوع طراحی ، هواپیمای مدل ، از سامانه دود زائی متفاوتی استفاده میشود که ممکن است از سوخت " گازوئیل " (با باکهای جداگانه) و یا از سوخت خود موتور استفاده شود . در این صورت موتور دارای انشعابی برای رساندن سوخت به سامانه "دود ز" نیز خواهد بود . در تصاویر صفحه بعد چگونگی اتصال کلی سامانه کنترل موتور به مجموعه پروازی و از سویی به رایانه و برنامه ریز دستی و سرعت سنج هوا دیده میشود . اتصال به رایانه توسط یک کانکتور مخصوص و تنها زمانی صورت میگیرد که بخواهیم برنامه ریزی شخصی انجام دهیم . در تصویر بعدی نیز میتوان دید چگونگی اتصال سامانه کنترل به موتور جت مدل را ببینید .



مجموعه GSU (واحد کنترل زمینی):



برای سهولت پروسه روشن کردن موتورهای جت مدل از " واحد کنترل زمینی " یا Ground support unit استفاده میکنند . استاندارد جامعی برای این مجموعه وجود ندارد و شرکت‌های سازنده طرح‌های مختلفی با ویژگی‌ها و توانایی‌های گوناگون ارائه کرده اند ، اما به طور کلی یک سامانه GSU میبایست دارای حداقل امکانات زیر باشد :

- ۱- نمایشگر LCD
- ۲- کلید استارتر ، و خاموش کردن موتور
- ۳- کلید ایمنی استارتر (کلیدی است که سوئیچ استارتر را از مدار خارج میکند تا در صورتی که به شکل اتفاقی فشار داده شد تاثیری در کار موتور نداشته باشد)
- ۴- صفحه کلید دستی و یا آن بورد برای برنامه ریزی موتور
- ۵- آداپتور شارژر برای باتریهای واحد استارتر و گیرنده
- ۶- پردازنده ایی حداکثر با سرعت ۲۰ مگاهرتز و حافظه ۲۰ کیلوبایت
- ۷- مبدل ۸ کاناله آنالوگ به دیجیتال
- ۸- نمایشگر شارژر
- ۹- ترمینال نصب و بروزرسانی نرم افزار
- ۱۰- خروجی های جداگانه ولتاژهای ۳ الی ۱۸ ولت و با آداپتور متغییری با ولتاژ پایه ۱۲ ولت
- ۱۱- کانکتور نوع RJ45
- ۱۲- ریگولاتور گاز



با توجه به آنکه اکنون قسمتهای مختلف یک موتور جت مدل را میشناسید ، میتوانید کاربرد هر یک از این ۱۲ قسمت را تشخیص بدهید . تنها توضیحی که وجود آن را لازم میدانم در مورد مبدل آنالوگ به دیجیتال است که برای تبدیل فرکانسهای آنالوگ دریافتی از حساسه ها و سایر تجهیزات الکترونیک به فرکانسهای دیجیتال در هواپیماهای مدل مورد استفاده قرار میگیرد تا سامانه واحد کنترل بتواند موتور را تحت نظارت داشته باشد . میدانید که فرکانسهای دیجیتال بر خلاف امواج آنالوگ به شکل موج نیست و

از فرکانسهای صفرو یک تشکیل شده است . سامانه هایی همانند فشار سنج ها اغلب به صورت "خطی" کار میکنند و اندازه گیری آنها به شکل اموج سینوسی به واحد کنترل انتقال می یابد .

چون سامانه های کنترل از تکنیک PWM استفاده میکنند ، پس وجود این مبدلها از ملزومات یک واحد GSU بشمار می آید . امواج آنالوگ دریافت شده از تجهیزات اندازه گیری ابتدا وارد این بخش شده و پس از تبدیل به فرکانسهای دیجیتال ، روانه سامانه کنترل میشوند . همچنین برای پروازهای گروهی (مثل کلوبها ، و هواپیماهای مدل جتی که از یک نوع موتور استفاده میکنند) میتوان از یک واحد کنترل GSU ویژه استفاده کرد . این نوع GSU ها توانایی سرویس دهی همزمان به چندین هواپیمای مدل جت و یا هواپیماهای مجهز به دو موتور را دارند و کمک بزرگی برای رعایت نظم و انضباط محل پرواز محسوب میشوند (بدین ترتیب برای روشن کردن موتور ها نیازی به دو واحد GSU نیست) . برخی از این GSU ها مجهز به سلولهای خورشیدی هستند تا امکان شارژ کردن باتریها و تامین نیروی مورد نیاز سامانه GSU بدون وابستگی به برق شهری و یا هر منبع دیگری امکان پذیر باشد . بدین ترتیب میتوان در هر جایی که دلتان میخواد عملیات پرواز را بدون پشتیبانی انجام دهید .



مولتی GSU ، با امکان سرویس دهی به سه هواپیمای مدل جت



واحد GSU خود اتکا ، مجهز به سلولهای خورشیدی

استفاده از موتور :

ابتدا با تمام اجزاء موتور و عملکرد آن آشنا شوید . پیشنهاد میکنم اولین تجربه روشن کردن موتور را بدون هواپیمای مدل (جدا از مدل) انجام دهید . آن را بر روی نگهدارنده نصب کرده و طبق دستور العمل سازنده مداربندی کنید . سپس با کمک یک دستیار (توجه : وجود یک دستیار الزامی است) آن را امتحان کنید . فرد دوم میبایست اصول کار کردن با کیسول آشنشانی را بداند و همچنین به عملکرد موتور جت آشنا باشد . نکته دیگر آنکه همیشه از واحدهای کوچکتر شروع کنید ، برای نمونه برای انتقال سوخت از واحدهای بزرگ استفاده نکنید و اندک اندک آن را افزایش دهید تا به پارامترهای سازنده نزدیک شود . از رفت و آمد کودکان در اطراف محل آزمایش جلوگیری کنید . مواقب باشید بر اثر بی دقتی ، کسی نزدیک نازل موتور نباشد . موتورتان را در هوای آزاد آزمایش کنید . افرادی که در پرواز هواپیمای مدل دخالتی ندارند را از اطراف مدلتان دور کنید . حداقل دو کیسول آشنشانی را به صورت آماده در دسترس خودتان داشته باشید . پس از خاموش کردن موتور ، برای خنک شدن آن اجازه بدهید تا مدتی استارت آن کار کند و یا اینکه پس از قطع جریان سوخت و در صورت استفاده از کیسول هوا برای استارت مقدار هوای آن را به داخل موتور تزریق کنید تا خنک شود . (به آرامی) هرگز موتور را به شکل " تر " روشن نکنید (تر بودن موتور یعنی اینکه مقداری سوخت از قبل به داخل محفظه احتراق تزریق شده . برای خشک کردن موتور اجازه بدهید تا استارت موتور تا زمان خشک شدن محفظه احتراق ، کمپرسور را به حرکت در آورد) در غیر این صورت این امر موجب بروز پدیده " شعله " در موتور میشود . در استفاده از گاز استارت جنتلمن باشید . در صورت شروع داغ و یا بروز آتش سوزی ابتدا استارت را خاموش کنید . شیر سوخت را ببندید و با استفاده از جریان معکوس سوخت را به داخل باکها باز گردانید . سه متصل کننده (FESTO) موتور معمولاً با رنگهای متفاوت (برای تشخیص آنها از یکدیگر) دیده میشود که عبارتند از : متصل کننده سیاه رنگ برای " هوای پر فشار " و متصل کننده " آبی " برای جریان سوخت و متصل کننده " زرد " برای گاز استارت محسوب میشوند . (این روش استاندارد نیست و از سوی همه شرکتهای سازنده رعایت نمیشود)

چک لیست پیش از پرواز :

- ۱- شارژ باتری سامانه ECU
- ۲- وسایل اطفاع حریق
- ۳- بررسی لوله های سوخت رسانی و فیلتر سوخت
- ۴- بررسی مخازن سوخت
- ۵- سوخت با ۵٪ روغن (یک لیتر روغن برای پنج گالن سوخت کروزین)
- ۶- چک کردن شیر گاز استارت (پیش از شروع استارت موتور باید بسته باشد)
- ۷- عملکرد گیرنده
- ۸- بررسی کلی مدل و قرار دادن آن در برابر باد
- ۹- بررسی ترمزهای مدل

رعایت ایمنی (پیش نیازها) :

- ۱- بهتر است یک نفر مسئول کیسول آتش نشانی باشد
- ۲- می بایست امکان شنوایی بین خلبان و مسئول اطفاع حریق برقرار باشد (یعنی محیط شلوغ و پر از دهم نباشد)
- ۳- سایر مواد آتش زا از محل پرواز دور نگه دارید (حداقل ۱۰ متر)
- ۴- بر روی فرستنده و پمپ سوخت خودتان تسلط داشته باشید
- ۵- تمیز بودن فیلتر سوخت
- ۶- پاک بودن اطراف دهانه ورودی موتور و بخش آگزوز
- ۷- شارژر کامل باتریهای پمپ و گیرنده
- ۸- شارژر بودن سیلندر گاز و هوای استارت

مراحل روشن کردن موتور :

- ۱- مطمئن شوید که دسته گاز پائین است ، سپس فرستنده را روشن کنید .
- ۲- رابط ها را متصل کنید (مطمئن شوید اتصالات درست است) سپس گیرنده را روشن کنید . اجازه بدهید تا سامانه کنترل ، ارتباط را تأیید کند .
- ۳- شیر جریان سوخت را باز کنید
- ۴- پس از تأیید ارتباط دسته گاز را به جلو ببرید . در این حالت پمپ سوخت نیز باید شروع بکار کند و LED آن روشن شود .
- ۵- استارت بزنید ، اکنون میبایست LED آن روشن باشد.
- ۶- استارت موتور باید دستکم با سرعت ۵۰۰ RPM برسد .
- ۷- حالا شیر جریان گاز را باز کنید . (با احتیاط)
- ۸- بی درنگ جریان گاز را به آرامی به داخل موتور هدایت کنید . حالا باید صدای روشن شدن موتور به گوش برسد ، با احتیاط جریان گاز را کمی بیشتر کنید . اکنون شعله های آبی رنگ و زیبایی موتور به خوبی دیده می شود .
- ۹- وقتی LED سبز رنگ شروع به چشمک زدن کرد میتوانید استارت را خاموش کرده و جریان گاز را نیز قطع کنید . (صدای موتور مُعرف کیفیت کار آن است ، هنگامیکه موتور به خوبی راه اندازی شود صدای آن از " بوم " (در لحظه استارت) به صدای غرشمانندی تغییر میکند) ، پس از خاموش شدن ال ای دی سبز رنگ سامانه کنترل ، سرعت آن را متعادل کرده و هدایت آن را بوسیله فرستنده بدست بگیرید .

*راهنمای موتور خودتان را مطالعه کنید *

```
"EGT PROBE FAIL! CHECK PROBE...."  
"GLOWPLUG FAILED!CHECK PLUG...."  
"PUMP OVERSPEED! CHECK PUMP...."  
"PUMP UNDERSPEED!CHECK PUMP...."  
"STARTER FAILURE!CHECK STARTER..  
"START RPM FAIL! CHARGE BATTERY?  
"START BATT LOW! CHARGE BATTERY  
"TURBINE TOO HOT!RETRY START...."  
"RPM RUNDOWN ERR!LUBE BEARINGS?  
"NO IGNITION! CHECK INJECTOR  
"POST IGNITION TIMEOUT ERROR!"
```



توجه : برای کارکردن با واحد کنترل با مطالعه راهنمای سازنده با نرم افزار آن بخوبی آشنا شوید . واحد کنترل با نمایش پیامهایی شما را از چگونگی عملکرد موتور آگاه کرده و در صورت بروز اشکال همانند هر نرم افزار دیگری پیامهای " خطا " ارسال میکند . هر پیام مفهوم خاصی دارد که باید برای رفع آن طبق دستورالعمل سازنده و پیام ارسال شده عمل نمایید

برای پروازهای اولتان شما توانایی برنامه ریزی را نخواهید داشت . وقتی سامانه کنترل بر روی موتور نصب میشود ، سامانه کنترل با توجه به آخرین برنامه ریزی انجام شده ، خود را با عملکرد موتور وفق میدهد . بنابراین توصیه میشود حداقل سه بار سامانه کنترل بر روی موتور به همان شکل پیش فرض مورد استفاده قرار بگیرد ، به این کار اصطلاحاً **انطباق دادن موتور** میگویند که به شکل زیر انجام میشود :

انطباق سامانه کنترل :

- ۱- موتور را روشن کنید
- ۲- به تدریج موتور را به سرعت نهایی برسانید (۱۰ الی ۱۵ ثانیه)
- ۳- ده ثانیه صبر کنید
- ۴- حالا دسته گاز را به حالت قبل بازگردانید (۱۰ الی ۱۵ ثانیه ، به آرامی و به همان ترتیبی که آن را زیاد کردید)
- ۵- ۱۰ ثانیه صبر کنید . (موتور خاموش نیست ، بلکه با مینیمم توان خود کار میکند)

مراقب باشید ! مراقب باشید ! هرگز دستتان را در هنگام کار موتور به دهانه آن نزدیک نکنید ! یکی از مشکلاتی که هنگام کار با موتورهای جت مدل وجود دارد این است که کاربران ، آنها (موتورهای جت مدل) را دست کم میگیرند ! در حالی که این کار میتواند عواقب جبران ناپذیری مثل قطع انگشتان دست را در پی داشته باشد . بنابراین هرگز دست و یا اشیاء دیگر خودتان را هنگام روشن بودن موتور به آن نزدیک نکنید .

همچنین مراقب حرارت بالای محفظه احتراق و نازل باشید تا موجب سوختگی نشود . از نگاه کردن مستقیم به بخش نازل خوداری کنید . زیرا گازهای داغ خروجی ممکن است به چشمان شما آسیب برساند . در کارتان جدی باشید (حتی اگر لازم شد عصبانی شوید !) و به کسی اجازه شوخی کردن ندهید . بیشتر وقتها حبابهای موجود در شلنگهای سوخت علت اصلی خاموش شدن موتور در جریان پرواز محسوب میشوند . برای خاموش کردن موتور در حالت اضطراری شیر جریان سوخت را ببندید . به سرعت جریان سیلندر هوای استارت را قطع کنید . در صورتی که شعله های آتش همچنان پابرجا بود از کپسول CO2 استفاده نمایید و فراموش نکنید :

Please be safe and sensible !

همه مراحل روشن کردن موتور باید بلافاصله پشت سر هم انجام شود . در صورتی که یکبار موفق به راه اندازی موتور نشدید ، مراقب " تر " شدن موتور باشید و ابتدا آن را " خشک " کنید . بهترین کار ممکن آن است که این عمل با همراهی یک مربی انجام شود . وضعیت های مختلف برد " ال ای دی " کمک بزرگی برای شماست ، برای آشنایی بهتر ، بخش مربوط به برد ال ای دی را دوباره بخوانید . (رنگهای آن استاندارد نیست)

پس از فرود هواپیمای مدل :

- ۱- مدل را از برابر باد دور نگهدارید (نیروی باد را دست کم نگیرید . وزش باد موجب تولید نیروی برا در بالها شده و میتواند موجب پرتاب شدن هواپیمای مدل و آسیب رسیدن به آن شود)
- ۲- بعد از خنک شدن موتور (تقریباً دو دقیقه بعد) گیرنده را خاموش کنید .
- ۳- بعد از پرواز و پیش از آنکه مدلتان را جمع کنید . شیر گاز استارت را باز کنید تا خالی شود . این کار برای ایمنی بیشتر انجام میشود .

پروسه خاموش کردن موتور :

در حالت عادی :

برای خاموش کردن ، دسته گاز را به کمترین میزان خود رسانده و کلید قطع جریان سوخت را میزنیم ، سامانه (FADEC) از طریق گیرنده فرمان را دریافت و شیر جریان سوخت را از مدار خارج میکند . در برخی از موتورها پس از خاموش شدن اسمی ، سامانه استارت تا خنک شدن موتور آن را به حرکت در می آورد . (در اینجا این مراحل از طریق فرستنده عمل میکند)

در شرایط اضطراری :

ممکن است موتور جت به هر دلیلی دچار آتش سوزی شده و یا با بروز نقص فنی به درستی کار نکند . در چنین شرایطی که امکان متوقف کردن کار موتور به شکل عادی وجود ندارد میبایست خودتان وارد عمل شوید . ابتدا شیر جریان سوخت را ببندید ، سپس راه ورودی جریان هوا را مسدود کنید (منظور کمپرسور موتور است) ، در این شرایط میبایست به خاطر نرسیدن هوا به سوخت آتش سوزی متوقف شود ، در صورتی که آتش سوزی مهار نشد بهترین کار ممکن استفاده از وسایل اطفاع حریق است (کپسول آتش نشانی)

هنگام پرواز :

این مشکل بندرت پیش می آید اما در صورتی که چنین حالتی بروز کرد ، مراحل روشن شدن موتور را دوباره تکرار کنید ، معمولاً در شرایط سرد ، موتور دشوارتر از حالت عادی روشن می شود ، پس شما میبایست مقدار سوخت بیشتری به موتور برسانید . خونسرد باشید و دستور العملهای سازنده را انجام دهید . در چنین شرایطی تسلط شما بر فرستنده میتواند کمک شایانی به شما بکند ، در صورتی که مبتدی هستید بهتر است هدایت آن را به معلم خلبانی خودتان بسپارید .

با همه پیشرفتهای صورت گرفته در صنعت موتورهای جت مدل ، متأسفانه همچنان امکان بروز آتش سوزی در این نوع موتورها وجود دارد . بنابر این توصیه میشود همواره یک کیپسول آتش نشانی کوچک بهمراه خودتان داشته باشید و مهمتر آنکه به دستورالعملهای سازنده موتور توجه داشته و آنها را رعایت کنید . هر موتور ، ویژگیها و محدودیتهای خاص خود را دارد و میبایست به درستی از آنها استفاده کرد . سعی کنید برنامه ریزی انجام شده از سوی شرکت سازنده را برای سامانه (FADEC) حفظ کنید و تا بدست آوردن مهارت کافی از برنامه ریزی شخصی خوداری کنید . همواره موتورهای جت بهمراه بروشورها و راهنمای استفاده و آماده سازی به بازار ارائه میشوند ، پس پیش از آنکه موتور خریداری شده را بکار بیندازید ، راهنمای آن را مطالعه کنید .



یازیلاریم

yazilarim.blogfa.com



yazilarim.blogfa.com



سامانه نیوماتیک مدل‌های جت :



مقدمه و تعاریف :

بی شک خودتان متوجه این موضوع شده اید که هواپیماهای مدل جت به مراتب پیچیده تر از مدل‌های پیستونی هستند (و البته بسیار گرانتر !) و استفاده از آنها به دانش و مهارت بالاتری نیاز دارد . از جمله تفاوت‌های عمده مدل‌های جت با سایر مدل‌هایی که تا اینجا به بررسی آنها پرداختیم ، وجود سامانه نیوماتیک (و به زبانی دیگر پنوماتیک) در این هواپیماهاست . این سامانه یکی از الزامات کار در چنین مدل‌هایی محسوب می شود زیرا برای باز و بسته کردن چرخ‌های هواپیمای مدل جت به آن نیاز داریم . هر چند در نمونه های واقعی بیشتر هواپیماها از سامانه "هیدرولیک" استفاده میکنند ، اما با توجه به سنگین بودن این روش و البته هزینه بر بودن آن نسبت به سامانه نیوماتیک ، طراحان روش دوم را ترجیح میدهند تا هزینه کار بالا نرود و سادگی هواپیمای مدل حفظ شود . برای این منظور نگاهی کلی و گذرا (بدون در نظر گرفتن پیش نیازهای طراحی که در حوصله این کتاب نمی گنجد) به آن خواهیم انداخت .

البته برای کسانی که کاری به مفاهیم طراحی نداشته و تنها کاربر چنین مدل‌هایی هستند نیازی به اطلاعات بیشتر نیست مگر آنکه حس کنج‌کاوی شما زیاد باشد که بدین منظور در پایان این بخش کتابی را در زمینه آشنایی با سامانه های نیوماتیک معرفی کرده ام که میتوانید برای دریافت اطلاعات جامعتر به آن مراجعه کنید .



در تصویر زیر (ص ۱۲۹) شمای کلی سامانه نیوماتیک یک هواپیمای مدل جت را میبینید . که متشکل از یک کپسول هوای فشرده ، یک شیر چهار راهه ، یک شیر یکطرفه برای شارژ دوباره کپسول ، یک شیر کنترل جریان و سه سیلندر نیوماتیک (مخصوص عملگر Actuator و یا جمع کننده است که در اینجا و در ادامه بحث منظور کلی ما سیلندر آن است) برای باز کردن محور چرخ‌های هواپیما و تعدادی سه راهی برای متصل کردن شلنگ‌های رابط . در ادامه بحث وارد جزئیات این سامانه خواهیم شد . اما ابتدا به اصول پایه یک سامانه نیوماتیک خواهیم پرداخت . نیوماتیک یا پنوماتیک (Pneumatic) از کلمه یونانی Pneuma گرفته شده که به معنی دمیدن هواست . در کتاب " طراحی و کاربردهای نیوماتیک " میخوانیم :

یک سامانه کنترل نیوماتیک ، با ورود و توزیع هوای فشرده به قطعات مختلف آن کار میکند . این هوای فشرده باید از نظر مقدار و فشار کافی ، متناسب با ظرفیت سامانه باشد . در هواپیمای مدل برای تامین هوای فشرده از یک کپسول هوا ، به عنوان انباره استفاده میکنند ، که پس از تخلیه و یا کاهش فشار از طریق یک شیر یک طرفه یا Fill Valve قابل شارژ است و اصطلاحاً میتوان آن را پُر کرد . برای ارتباط سامانه با یکدیگر از شلنگهای پلاستیکی استفاده میشود . شیر یک طرفه Fill Valve نوعی شیر یک جهته محسوب میشود که اجازه عبور هوا در یک جهت (به سمت سامانه) را میدهد و از خروج هوا جلوگیری میکند .



این شیرها در واقع با مکانیزم فنری کار میکنند . برای انتقال هوا به سیلندرها از یک شیر چهار راهه استفاده میشود که به وسیله یک سرو کنترل شده و هوا را به لوله های رابط انتقال میدهد . برای تغییر جهت هوا در لوله های فرعی از اتصال دهنده های " سه راهی " استفاده میشود که اغلب از جنس پلاستیک بوده و دارای یک ورودی و دو خروجی هستند . سیلندرها آخرین بخش یک سامانه نیوماتیک محسوب میشوند که با وارد شدن هوای پر فشار به داخل آن موجب حرکت پیستون شده و میله متصل به آن باعث تبدیل حرکت میشود که برای باز و بسته کردن چرخهای هواپیمای مدل مورد استفاده قرار میگیرد . همچنین در سامانه های نیوماتیک از شیرهای اطمینان نیز استفاده میکنند که در ادامه جزئیات آن را مورد بررسی قرار میدهیم .



سیلندرهای هوای فشرده

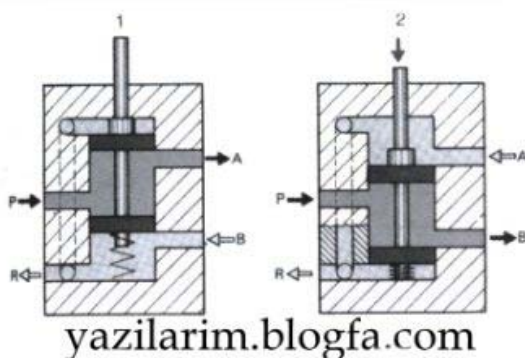
شیر چهار راهه (4way valve) و سه راهه (3way valve) : برای کنترل چرخها در حالتی که هواپیمای از ارباب فرود سه چرخ (یک چرخ در جلو و دو چرخ در عقب) از شیرهای چهار راهه مطابق با سامانه نمایش داده شده در ابتدای این بخش استفاده میکنند . در هواپیماهای مدلی که از چرخ دم استفاده میشود ، میتوان از یک شیر سه راهه نیز استفاده کرد . (مدار آن در ادامه مبحث تقدیمتان میشود) در کتاب " طراحی و کاربردهای نیوماتیک " در مورد شیرها میخوانیم :

همه شیرهای قطع و وصل ، جزو شیرهای دو راهه بحساب می آیند . زیرا همه آنها یک راه ورود (اتصال اول) و یک راه خروج (اتصال دوم) دارند ، هنگامی که در وضعیت باز قرار میگیرند ، هوای فشرده خواهد توانست در هر دو جهت از میان شیر جریان یابد . شیرها از نظر وضعیت اولیه به دو گروه " در حالت عادی باز " و " در حالت عادی بسته " تقسیم میشود . یک شیر در حالت عادی بسته ، فقط هنگامی که تحریک شود راه عبور هوا را باز میکند و برعکس یک شیر " درحالت عادی باز " هنگامی که تحریک شود راه هوا را قطع میکند . شیرهای دو راهه در یک مدار نیوماتیک هنگامی بکار میرود که یک جریان مستقیم در یک جهت خاص مورد نیاز باشد . (مثل شیر Fill Valve که هوا تنها در جهت کپسول هوا جریان می یابد تا بتوان آن را شارژ کرد)



پس از انجام یک حرکت خاص ، هر سیلندر باید قبل از شروع یک حرکت جدید از هوای فشرده تخلیه گردد . این بدین معناست که برای کنترل یک سیلندر یکطرفه ، حداقل از یک شیر سه راهه استفاده می شود .

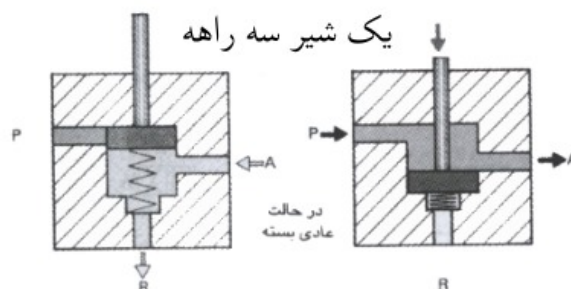
عملکرد یک شیر چهار راهه :



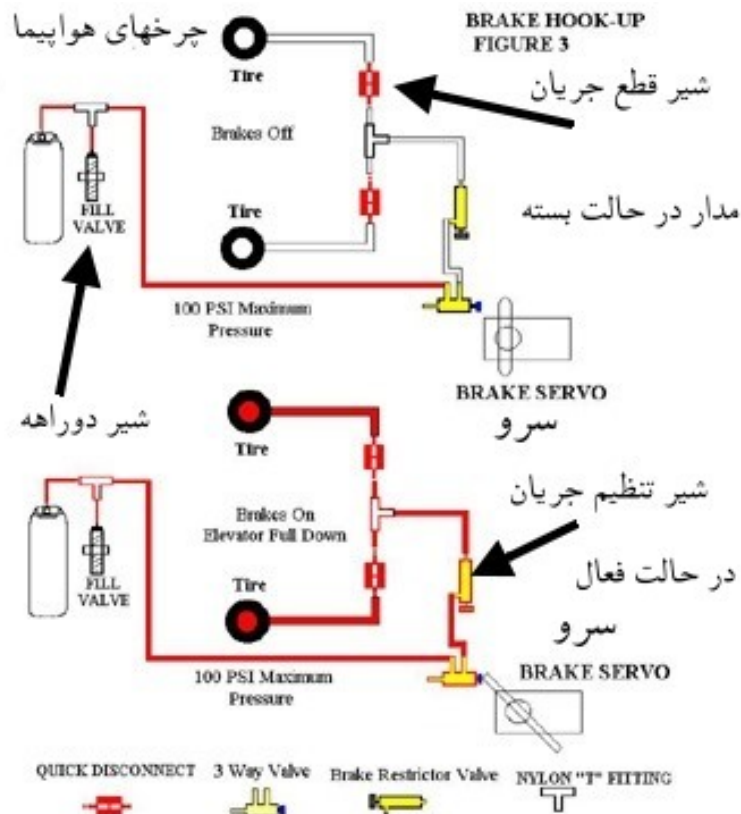
در تصویر زیر دو اتصال خروجی هوا به سیلندر A و B وجود دارد که بصورت نوبتی هوای فشرده را هدایت میکنند . در مقابل این دو خروجی ، دو اتصال دیگر ، یکی برای ورود هوای فشرده P و دیگری برای خروج هوا به اتمسفر S و R وجود دارد که بدین ترتیب این شیر اتصال اصلی دارد . البته ممکن است دو اتصال خروج هوا به اتمسفر وجود داشته باشد اما در حقیقت این دو اتصال یکی محسوب میگردد .

عملکرد یک شیر سه راهه :

شکل زیر نمای برش خورده یک شیر سه راهه است که در وضعیت تخلیه هوا به اتمسفر اتصال ورودی P بسته و اتصال خروجی A از طریق اتصال تخلیه R به هوای آزاد وصل شده است . بنابراین ساده ترین شیر مورد استفاده در کنترل یک سیلندر یک طرفه ، یک شیر سه راهه است



از شیرهای سه راهه میتوان برای کنترل هواپیماهای مدلی که از چرخ دم استفاده میکنند (دو چرخ در جلو و یک چرخ کوچک در عقب) استفاده کرد .

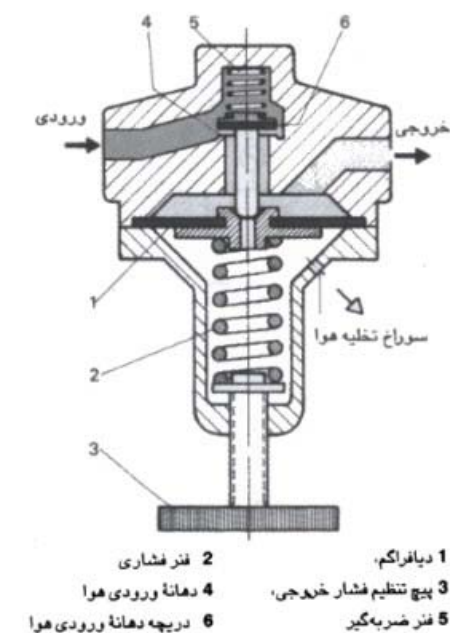


شیرهای تنظیم جریان :

در کتاب " طراحی و کاربردهای نیوماتیک " میخوانیم : نوعی از شیرهای کاهش دهنده فشار است که وظیفه آن نگهداشتن فشار کاری سامانه در یک سطح تقریباً ثابت است ، علیرغم اینکه فشار هوا در خطوط اصلی نوسان داشته باشد و یا مصرف تجهیزات کم و یا زیاد شود .

البته فشار ورودی شیر تنظیم کننده جریان (فشار) باید همواره بیشتر از فشار خروجی آن باشد . فشار خروجی ، از طریق یک دیافراگم کنترل می شود ، یکطرف این دیافراگم به فشار خروجی و طرف دیگر آن یک فنر قرار دارد که نیروی آن را میتوان با تنظیم پیچ متناسب با فشار خروجی مورد نیاز تغییر داد .

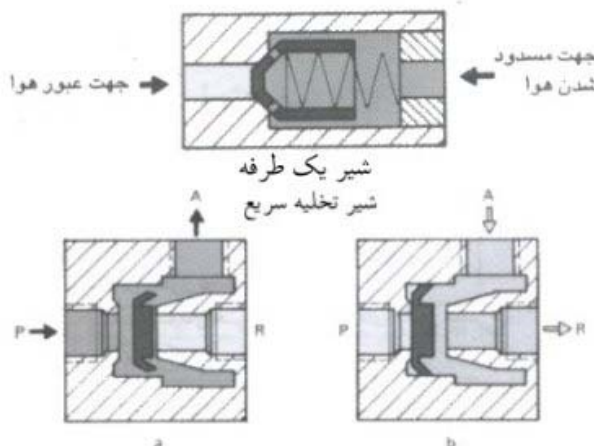
با افزایش فشار در دهانه خروجی ، دیافراگم روی فنر فشرده شده و با این عمل دریچه ورودی هوا کمی بسته تر خواهد شد و حتی ممکن است به صورت لحظه ایی بسته شود . به این ترتیب فشار خروجی از طریق جریان



عبوری از داخل شیر تحت کنترل قرار میگیرد . هنگامی که هوای فشرده مصرف میشود فشار دهانه خروجی افت میکند و با این افت فشار دیافراگم به کمک فنر به طرف بالا حرکت کرده و مسیر عبور هوا را بازتر خواهد کرد .

این عمل باز و بسته شدن مکرر دهانه ورودی ، فشار دهانه خروجی را در یک حد تقریباً ثابت حفظ میکند . برای جلوگیری از لرزش و عملکرد یکنواخت شیر ، یک فنر ضربه گیر در قسمت بالایی دریچه ورودی قرار داده شده است . فشار خروجی را به وسیله یک فشار سنج که در دهانه خروجی نصب میشود میسنجند .

شیرهای یک طرفه و شیرهای تخلیه سریع : در شیرهای یک طرفه یا جهت دهنده (همانند شیر Fill Valve) جریان هوا فقط در یک جهت برقرار میشود و در جهت مخالف شیر کاملاً بسته است . در برخی از طرحها بسته شدن شیر در جهت مخالف با فشار هوا تقویت شده و بدین ترتیب عملکرد شیر در یک جهت خاص تضمین میشود .

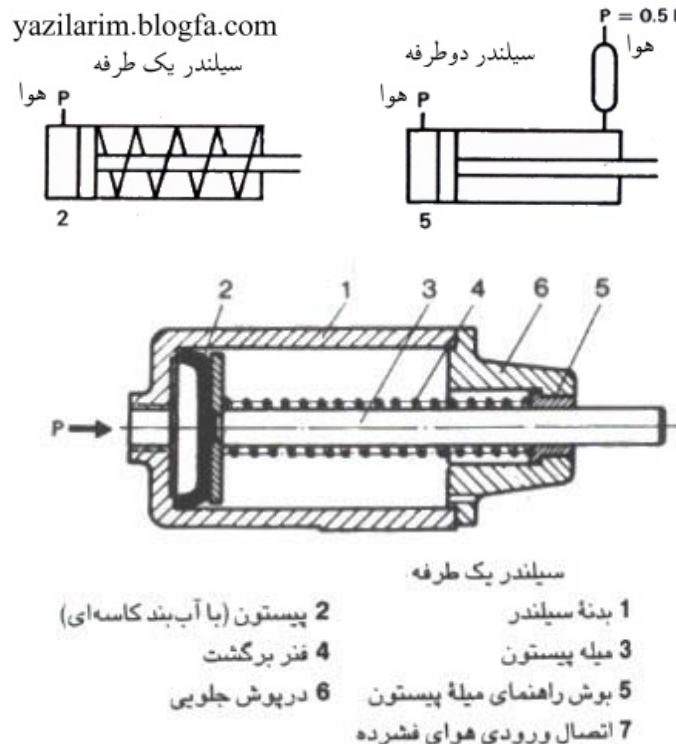


شیرهای تخلیه سریع (Quick Disconnects) به شکلی طراحی میشوند که قادر باشند سرعت حرکت میله پیستون یک سیلندر را در زمان خاصی ناگهان افزایش دهند . با توجه به مکانیزم ارائه شده در تصویر بالا عملکرد این شیرها بدین شکل است که هوای فشرده از طریق اتصال P صفحه آبدی الاستیک را کنار زده و به دهانه اتصال خروجی R می چسباند . با این کار ، هوای فشرده لبه های قابل انعطاف صفحه آبدی را جمع میکند و بدین ترتیب فشار هوا به اتصال A راه خواهد یافت . این وضعیت آنقدر ادامه می یابد تا وقتی که پیستون حرکت رو به عقب خود را حفظ کند . در این حالت ، فشار از اتصال P برداشته شده و هوا از طریق اتصال A وارد شیر میشود و بدین ترتیب لبه های صفحه آبدی باز میشود و از طرف اتصال R به سمت اتصال P حرکت کرده و آن را میبندد . در این وضعیت هوا به راحتی از A به R جریان می یابد . این مسیر برای خروج هوا ، به مراتب بازتر از مسیر خروجی شیر راه دهنده است .

شیرهای راه دهنده : شیرهای راه دهنده جهت و راه عبور هوا را کنترل کرده و برای کنترل زمان کار عملگرها ، کنترل قطع و وصل و تعیین جهت عبور هوا به کار میروند . با توجه به تعداد دریچه های ورود و خروج هوا به شیرهای راه دهنده ، این شیرها میتوانند دو راهه ، سه راهه ، چهار راهه و یا چند راهه باشند .



سیلندرهای نیوماتیک : در کتاب " طراحی و کاربردهای نیوماتیک " میخوانیم : وظیفه یک سیلندر نیوماتیک ، ایجاد حرکتهای خطی رفت و برگشت است . یعنی تبدیل انرژی پتانسیل موجود در هوای فشرده به نیروی مکانیکی . در هواپیمای های مدل از ساده ترین نوع این سیلندر ها استفاده میکنند که میتواند شامل سیلندرهای یک طرفه و یا دو طرفه باشد . در نوع اول سیلندر تنها یک اتصال هوا داشته و عمل پرسینگ از یک جهت انجام میشود اما در نوع دوم سیلندر از دو طرف دارای ورودی هوا است و عمل پرسینگ از هر دو جهت قابل اجرا میباشد .



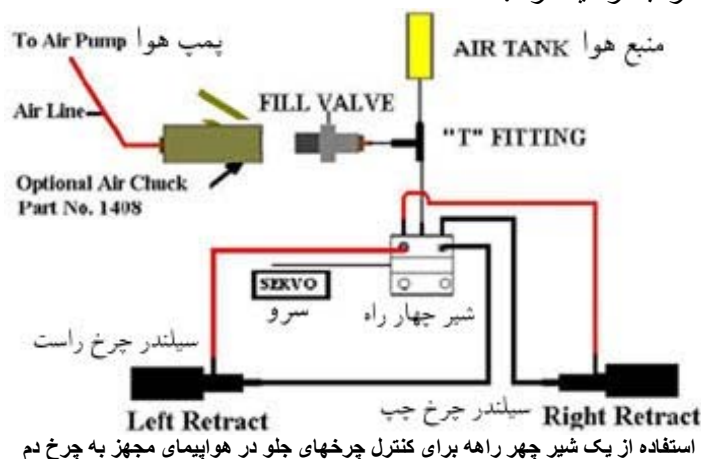
در تصویر بالا نمای برش خورده یک سیلندر یک طرفه را میبینید که با اندکی تغییرات در هواپیمای مدل از آنها استفاده میشود . سیلندرهای دو طرفه نیز همین ساختار را دارند با این تفاوت که برای برگشت پیستون سیلندر به نقطه صفر ، بجای فنر از فشار مستقیم هوا استفاده میشود . بدنه سیلندر ها را از آلومینیم میسازند تا وزن زیادی نداشته باشد (در هواپیمای مدل) سامانه چرخ هواپیمای مدل بسته به نوع طراحی میتواند شامل سیلندرهای یک طرفه و یا دو طرفه باشد .

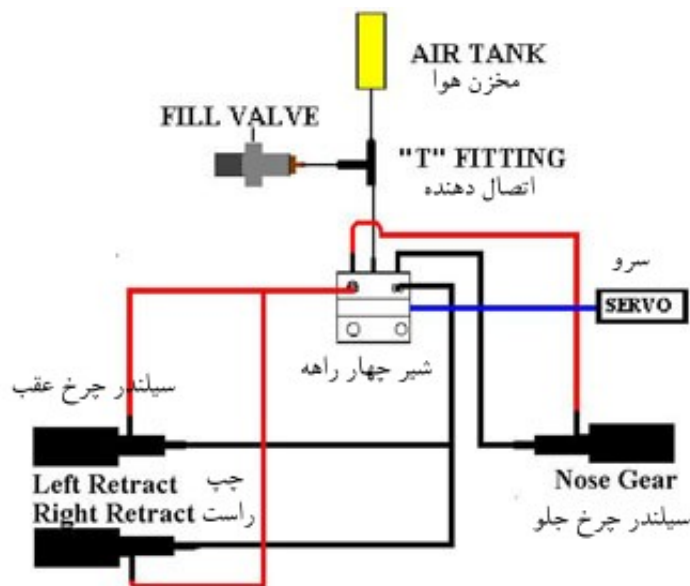




اجزاء یک سامانه نیوماتیک

تجهیزاتی که تا به اینجا به آنها پرداختیم کما بیش با توجه نوع طراحی سامانه نیوماتیک و ویژگیهای اربه فرود در هواپیماهای مدل مورد استفاده قرار میگیرند . ذکر این نکته را لازم میبینم که ممکن است نمونه های ارائه شده در اینجا با تجهیزاتی که شما در هواپیمای مدل خودتان میبینید اندکی تفاوت ظاهری داشته باشد ، زیرا شرکت های زیادی تولید کننده تجهیزات نیوماتیک هستند و طرح های آنها از استاندارد واحدی پیروی نمیکند ، اما اصول کار این ابزارها بدون توجه به شکل آن یکسان است و تنها ممکن است با توجه به تشخیص طراح هواپیما ، نوع خاصی از آنها استفاده شود . برای نمونه در مدارهای نیوماتیک زیر خواهید دید که چگونه از یک شیر چهار راه برای کنترل چرخهای یک هواپیمای سه چرخ و دو چرخ (با چرخ دم) استفاده میشود . توضیح آنکه برای کنترل ترمز چرخها از شیر جداگانه ایی استفاده میکنند که به کمک یک سرو کنترل میشود . خلبان هواپیمای مدل پس از فرود برای متوقف کردن هواپیمای مدل به کمک فرستنده ترمزها را بکار میاندازد .





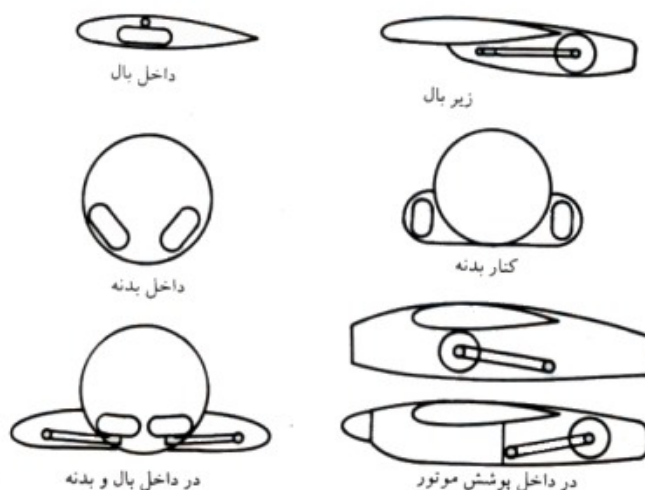
همان ترکیب برای یک هواپیمای سه چرخ

برای کنترل درجه چاهک چرخها (یعنی محلی که چرخها در آن جمع میشوند) از یک سنسور و یا کلید الکترونیک استفاده میشود تا به محض باز و یا بسته شدن درجه ، چرخها را از مدار خارج و یا فعال کند . سامانه نیوماتیک هواپیماهای جت بسته به نوع طراحی آن میتواند شامل چرخها و سرعت گیرها و ترمزها شود . هر چه این سامانه پیچیده تر باشد به سیلندرهایی بیشتری نیاز داریم . اما در ساده ترین نوع آن در اغلب موارد همین ترکیب با اندکی تفاوت رعایت میشود مثلاً در برخی از مدلها ، آسمانه (کانپی) هواپیمای مدل نیز باز و بسته میشود و یا اینکه برای استارت و شروع بکار هواپیمای مدل از سیلندر هوا و گاز پروپان داخلی استفاده میشود که بیشتر مدلرها ترجیح میدهند این کار را نکنند زیرا وزن هواپیمای مدل و پیچیدگی آن افزایش می یابد .

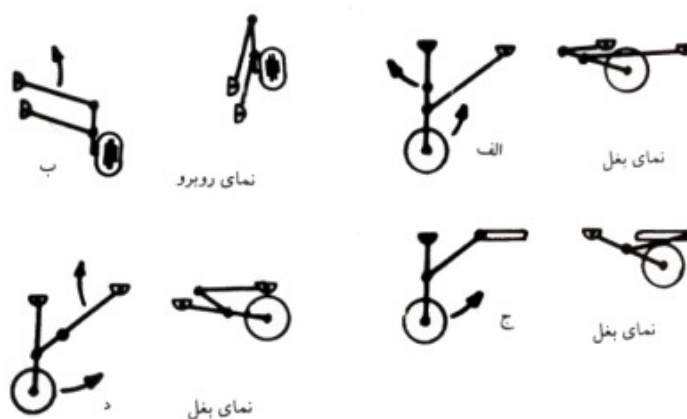


سیلندرهایی هوا برای کاربردهای مختلف

روشها و طرحهای زیادی برای سامانه چرخ فرود هواپیمای مدل ارائه شده و بسته به نوع هواپیما بکار میروند . در مدلهای مقیاسی (یعنی مدلهایی که از روی نمونه اصلی مشابه سازی میشوند) تلاش میشود مشخصه های ارابه فرود حفظ شود و حتی از نظر ظاهری نیز تا آنجایی که امکانپذیر است شبیه نمونه اصلی باشند . چرخ هواپیمای مدل میتواند در زیر بدنه و یا بالها جمع شود . در تصویر زیر روشهای مختلف جمع شدن چرخها به نمایش در آمده است .



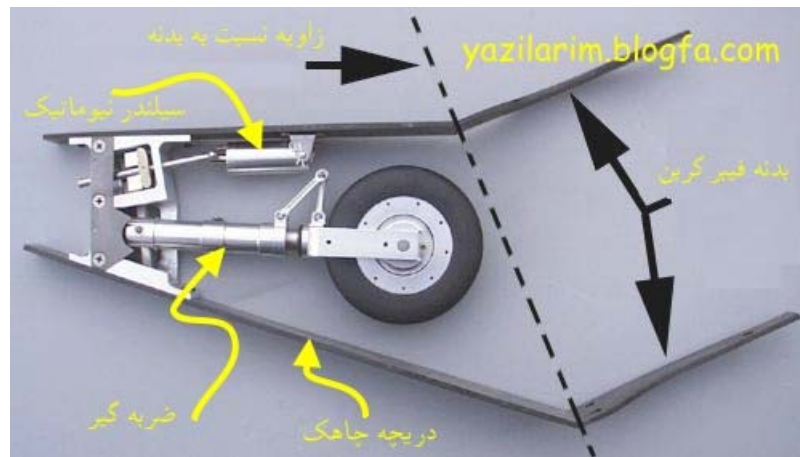
سامانه چرخهای هواپیمای مدل میتواند شامل یک سیلندر نیوماتیک دو طرفه و یا دو عدد سیلندر نیوماتیک یک طرفه باشد . با توجه به آنکه سازه هواپیمای مدل هنگام فرود تنش و ضربه ی زیادی را تحمل میکند ، برای کاستن از اثرات آن ، از ضربه گیرها استفاده میشود . از انواع متداول ضربه گیرها دو نوع فنری و هیدرولیکی کاربرد بیشتری دارند .



نمونه ایی از عملکرد سامانه ارایه فرود



چگونگی جمع شدن ارایه فرود در چاهک چرخها



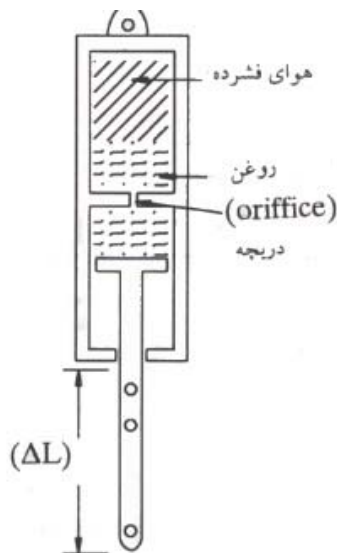
نمونه ایی دیگر از مکانیزم چرخهای جمع شونده



دو نوع ضربه گیر فنری . در سمت راست برای ساده سازی از خود فنر به عنوان بازوی اربابه نیز استفاده شده است .



نمونه هایی دیگر از اربابه فرود

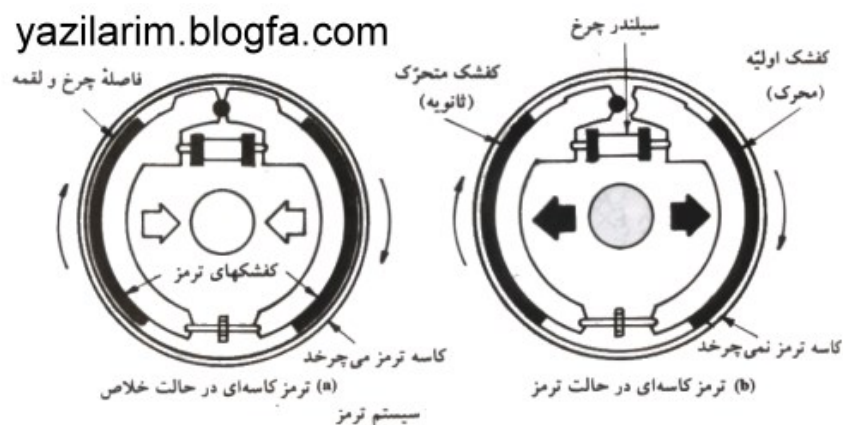


ضربه گیرها : پیش از آنکه به توضیح عملکرد سامانه ترمز در هواپیمای مدل پردازیم لازم دیدم چند نکته تکمیلی را در مورد ضربه گیرها یادآور شوم و آن اینکه **ضربه گیر** " فنر مارپیچی " (تصویر وسط ص ۱۳۷) از ساده ترین نوع ضربه گیرها محسوب میشوند و راندمانی در حدود ۶۰٪ دارند . در برخی نمونه ها داخل سیلندر ضربه گیر و یا در بیرون آن نصب میشود .

در ضربه گیرهای " هیدرولیکی " (و یا روغنی) ضربه گیری به وسیله فشرده شدن هوا و یا گاز خنثی (نیتروژن) که توسط روغن عبور کرده از یک سوراخ ریز فشرده میشود صورت میگیرد . ضربه گیرهای هیدرولیکی راندمانی در حدود ۷۰٪ ارائه میدهند و عملکرد خوبی دارند .

ترمزها : در کتابهای فنی تعریفی که برای ترمزها ارائه میشود اینگونه است : ترمزها دستگاههایی هستند که سرعت حرکت اجسام را کم کرده و یا آنها را از حرکت باز میدارند . برای این کار انرژی جنبشی و یا پتانسیل موجود را تبدیل به انرژی حرارتی میکنند . انجام هر چه بهتر عمل ترمز به فشار ایجاد شده در واحد سطح ترمز ، ضریب اصطکاک و قابلیت ترمز برای تبدیل انرژی موجود به انرژی حرارتی است . ترمز هواپیمای جت مدل از نوع داخلی محسوب میشود و میتواند از سه نوع کفشک " صفحه ای " و یا دیسکی و حلقه ای باشد . همانگونه که در بخش های قبلی عنوان شد برای ترمز هواپیمای مدل از سیلندر هوای جداگانه با ظرفیت تعیین شده استفاده میکنند که بوسیله یک شیر سه راهه و یا چهار راهه به ترمزها انتقال می یابد . این شیر به وسیله یک سرو و به کمک یک کانال مجزای رادیویی کنترل می شود .

yazilarim.blogfa.com



عملکرد یک نوع ترمز پنوماتیکی

از سه نوع کفشک نام برده شده در بالا دو نوع حلقه ای و صفحه ای پر کاربردتر هستند زیرا سامانه ساده تری دارند و نگهداری و تعمیر آنها نیز راحتتر است . در نوع حلقه ای که ساده تر از نوع صفحه ای است یک لنت حلقه ای از جنس پلاستیک و یا چرم یک تکه به دور رینگ تابر متصل میشود که به وسیله یک پیستون پنوماتیکی در مواقع مورد لزوم به جلو هدایت شده و عمل ترمز گیری را انجام میدهد .

در نوع صفحه ای یک صفحه آلومینیمی با پوششی از جنس " فرودو " داخل رینگ تابر قرار گرفته و بوسیله یک سیلندر یک تکه به رینگ نزدیک شده و عمل ترمز گیری انجام میشود . در نوع حلقه ای فشار به بیرون وارد میشود اما در نوع صفحه ای فشار به شکل افقی بوده و به سمت داخل است . در صفحه بعد شکلهای گویایی از ترمزها دیده میشود که بخوبی نوع آنها را میتوان تشخیص داد .



نوع حلقه ایی



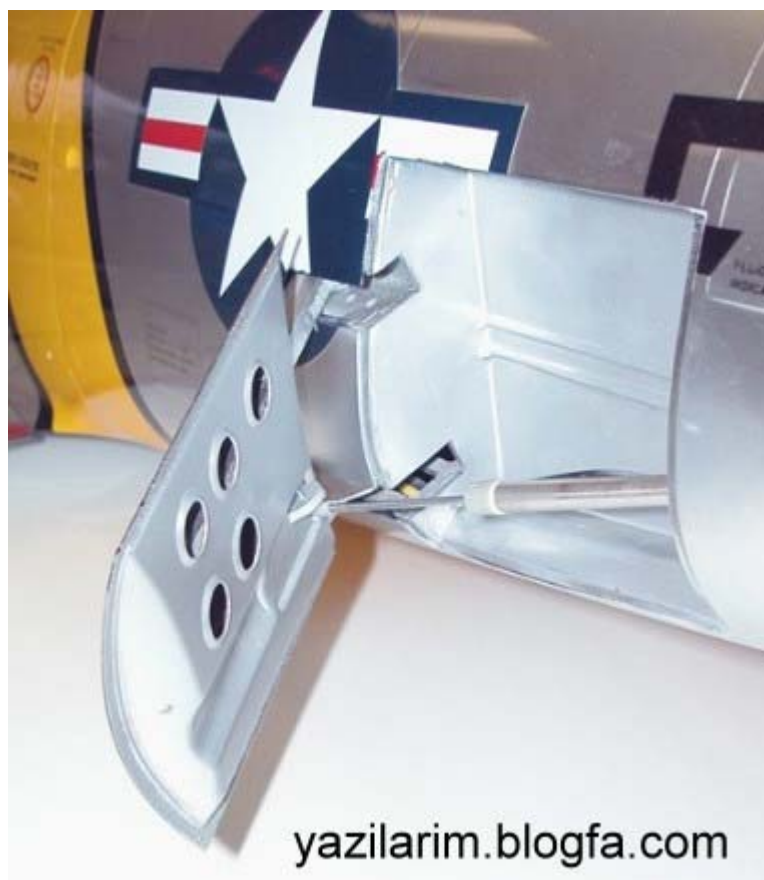
نوع صفحه ایی



عملکرد کفشک حلقه ایی یا O شکل

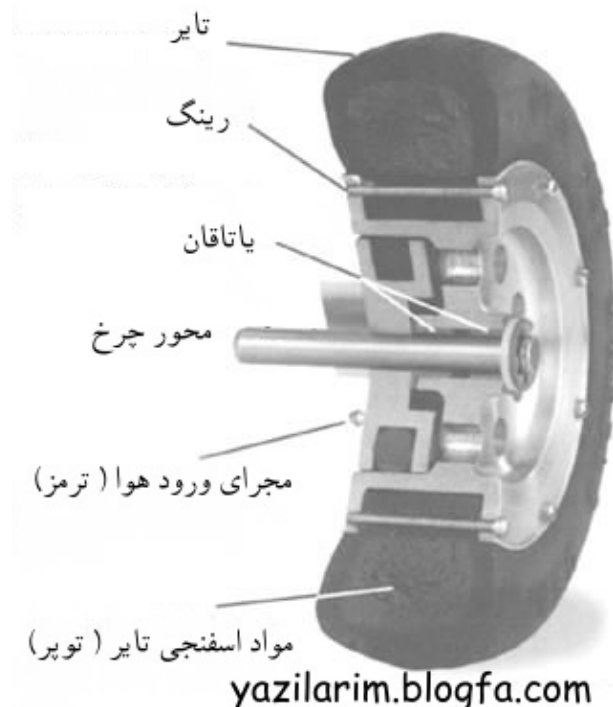
ترمزهای هوایی : به زبان ساده ، ابزارهایی هستند که با افزایش " پसर " به عمل ترمز گیری کمک میکنند . این ابزارها صفحه های متحرکی هستند که معمولاً بر بالای بدنه و یا کنار بدنه نصب میشوند و در مواقع مورد لزوم به کمک سامانه نیوماتیک فعال میشوند . این صفحه های متحرک در واقع مقاومت بدنه هواپیمای مدل در برابر هوا را افزایش میدهند . البته در برخی مدلها این صفحه ها به عمل غلط و مانور هواپیما کمک میکنند و از آنها به عنوان ابزارهای کمکی برای انجام برخی نمایشهای هوایی استفاده میشود . اما عمده کار آنها مربوط به فرایند فرود و ترمز گیری است . شکلهای گویای پائین بدون هیچ توضیح اضافه ایی تقدیمتان میشود .

ترمزهای هوایی به وسیله فرستنده کنترل میشوند





چرخهای هواپیما : در ادامه بررسی عملکرد سامانه نیوماتیک و به طبع آن ارا به فرود هواپیمای مدل ، لازم است تا شناختی هر چند مختصر از جزء اصلی این سامانه یعنی " تایرها " داشته باشیم . چرخهای هواپیما نقش مهمی در ایمنی پرواز دارند زیرا اهمیت نشست و برخاست بر هیچ طراح و خلبانی پوشیده نیست و در صورتی که تایرها بخوبی کار نکنند موجب بروز سوانح هوایی خواهند شد . در نمونه های واقعی تایرهای هواپیما با فن آوری پیشرفته و ضریب اطمینان بالایی ساخته میشوند . همانند تایرهای اتومبیل باد میشوند و میتوانند تنش و ضربه های سنگین را تحمل کنند . فقط کافی است وزن یک هواپیمای مسافربری را در ذهن مجسم کنید تا به میزان نیروی وارد شده به ارا به فرود پی برده و اهمیت کار آن را درک کنید . در هواپیماهای مدل نیازی به استفاده و مشابه سازی تایرهای اصلی نیست . زیرا این کار هزینه زیادی دارد و اصولاً با توجه به آنکه مدلهای حامل سرنشین نیستند ، الزامی به این کار وجود ندارد و تنها سعی بر آن است که لاستیک های هواپیمای مدل قادر به تحمل وزن آن بوده و بتوانند فرایند نشست و برخاست را فراهم کنند . در هواپیماهای مدل ، تایرها را از نوعی لاستیک و به شکل توپر میسازند . مواد اسفنجی داخل تایر به آن حالت الاستیک داده و به جذب ضربه های ناشی از فرود کمک میکند .





نمونه های از تایر هواپیمای مدل جت

معرفی کتاب :

برای آشنایی کامل با عملکرد سامانه های نیوماتیک و اجزاء آن میتوانید به کتاب " اصول طراحی نیوماتیک " مراجعه کنید . این کتاب با ترجمه ایی از آقای مهندس اکبر شیرخورشیدیان توسط انتشارات طراح (تهران) منتشر شده است .

انتقاد از کتاب :

برای چنین کتابی وجود واژه نامه الزامی است که متأسفانه خبری از آن نیست !!



تکمیلہ !!

در این قسمت که نمیدانستم چه نامی برای آن انتخاب کنم ! به پاره ایی از مسائل که در متن کتاب اشاره نشده خواهم پرداخت : (چی نوشتم !)

۱- امروزه برای ساخت هواپیماهای مدل (در شکل تولید انبوه آن) از روشهای جدید قالب گیری و تزریق پلاستیک و همچنین از مواد فیبر کربن و کامپوزیتها و فایبر گلاس به فراوانی استفاده میشود . اصولاً هنگامی که هواپیمای مدل جت خود را خریداری میکنید با مسائل دشوار فنی روبرو نخواهید شد . فقط کافی است زحمت مطالعه راهنمای شرکت سازنده را به خودتان بدهید و سپس تعدادی پیچ و بست ها را به یکدیگر محکم کنید ، فقط همین !



حمل و نقل هواپیمای مدل جت

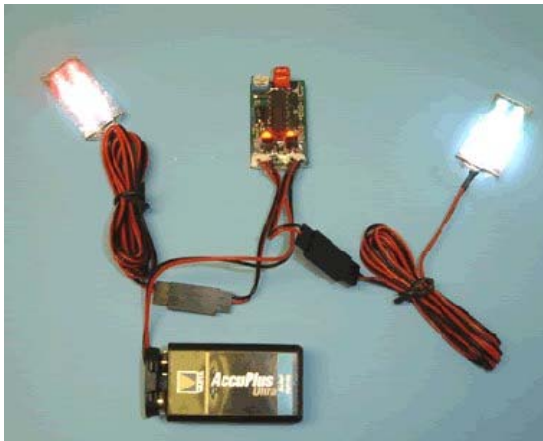
۲- مسئله دیگری که به آن اشاره نکردم مربوط به محافظ توری موتورهای توربوشفت و توربوجت بود . این نوع از موتورهای جت مدل اغلب در بالگردهای مدل استفاده میشود و برای جلوگیری از وارد شدن مواد و اجسام معلق در هوای پیرامون بالگرد به داخل موتور ، از محافظ های توری استفاده میکنند . این موضوع به ویژه در هنگام نشست و برخاست اهمیت زیادی دارد و اجسام خارجی که وارد توربین میشوند میتوانند عملکرد آن را تحت تاثیر قرار داده و یا به طور کل آن را از کار بیندازند . بنابراین ، هرچند این محافظ های توری اندکی از رانندگی موتور میکاهد ، اما مزایای زیادی دارد که نمیتوان به راحتی از کنار آن گذشت !



۳- برای سوار کردن اجزاء هواپیمای مدل از یک چهارچوب نگهدارنده به نام گهواره استفاده میکنند که کاربر میتواند اجزاء هواپیمای خود را بر روی آن سوار کند . این نگهدارنده ها اندکی با انواعی که در هواپیماهای مدل پیستونی استفاده می شود تفاوت دارند . از نظر اندازه بزرگتر هستند و معمولاً " کنترل پنل " (ابزارهای کمکی برای روشن کردن موتور ، مثل صفحه برنامه ریزی دستی و یا خط انتقال جریان و ریگولاتورها و) به صورت مجزا مورد استفاده قرار میگیرند .

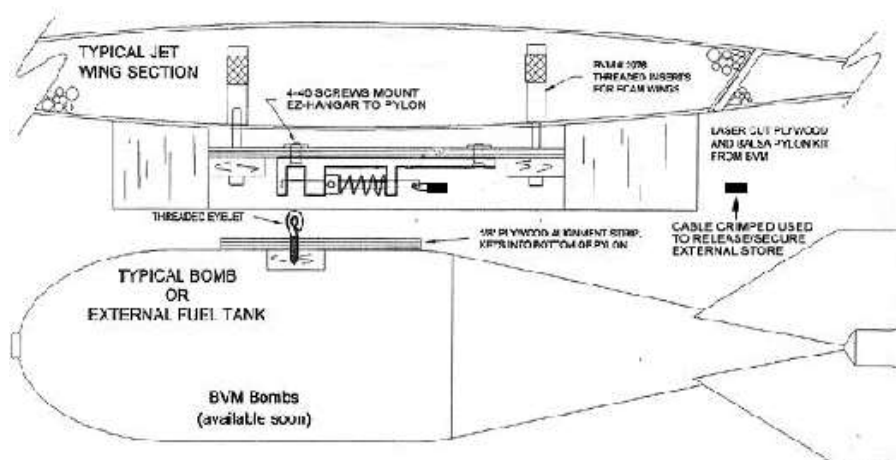


۴- دیگر آنکه در هواپیماهای مدل و به ویژه هواپیماهای مدل مقیاسی ، کابین هواپیمای مدل نیز شبیه نمونه اصلی آن ساخته میشود و برای نشان دادن ابزارهای ایونیک و نمایشگرهای کابین از برجسب های کاغذی استفاده کرده و از یک عروسک پلاستیکی با رنگ آمیزی لباس و کلاه پروازی خلبانان برای تکمیل کار استفاده میشود تا هواپیمای مدل تا آنجایی که ممکن است شبیه به نمونه اصلی خود باشد .



۵- سامانه الکتریکی هواپیماهای مدل پیچیده تر از مدل‌های پیستونی است و این جای تعجب ندارد . زیرا به هر روی مدل‌های جت بیشتر مشابه سازی نمونه های واقعی هستند و از سویی استفاده از موتور جت طراحان را ناگزیر به ساخت ابزارهای مختلف الکترونیکی میکند . در اینجا تصویر نمونه ایی از سامانه روشنایی (برای چراغها) هواپیمای مدل و همینطور نمونه ایی از هواپیمای مدل جت مجهز به بمب ! را مشاهده میکنید . این بمب ها برای شبیه سازی هرچه بیشتر و از سوی برخی از

کاربران علاقمند مورد استفاده قرار میگیرد و هواپیمای مدل به کمک سامانه نیوماتیک و یک سرو قادر به پرتاب بمب است . بمب ها دارای مکانیزم تولید دود و صدا هستند و به محض برخورد با زمین تولید صدا و دود میکنند تا مدلهای خوشحال شوند !! مشخص است که اصولا هدایت هواپیماهای مدل جت با فرستنده های عادی امکان پذیر نیست و به رادیوهای پیشرفته ایی حداقل با ۱۰ یا ۱۲ کانال نیاز داریم .



مکانیزم سامانه پرتاب بمب در هواپیمای مدل



۵- نکته ایی که برای تکمیل بخش " نیوماتیک " (یا پنیوماتیک) باید به آن اشاره کنم مربوط به روغن کاری سیلندرهای نیوماتیک مورد استفاده در هواپیماهای مدل است . در شرایط عادی برای این کار از " روغن زن " استفاده میشود که در این روش روغن با اسپری شدن به داخل هوا وارد سیلندر ها شده و آنها را روغن کاری میکند . در هواپیماهای مدل نیازی به این نوع سامانه ها نداریم ، زیرا سیلندرهایی نیوماتیک در هواپیماهای مدل تنها در زمان نشست و برخاست کار میکنند و چون حجم کاری زیادی ندارند ، برای روغن کاری تنها کفایت به شکل مستقیم مقداری اندکی روغن را به داخل سیلندر ها تزریق کنیم . این کار در طی پروسه منظمی و بنا به توصیه سازنده هواپیمای مدل انجام میشود .



۶- این کتاب را نمیتوانم بدون اشاره به " بلبرینگهای " (Bearing) موتور جت مدل به پایان ببرم . دانشجویان رشته فنی به یاد دارند که استادان واحد اجزاء ماشین در مورد بلبرینگها اینگونه جزوه میگویند : ویژگیهای بارز بلبرینگها عبارتند از : ۱- هم مرکز کردن دقیق شفت ! ۲- ضریب اصطکاک پائین ۳- توانایی کار در حالت تغذیه کم روغن ۴- توانایی کار در درجه حرارتهای بالا و صد در صد در ادامه جزوه نویسی یکی از نواقص مهم بلبرینگها از این قرار خواهد بود : ۱- حساسیت زیاد در برابر نصب نادرست ! ۲- وجود سروصدا ! ۴- گران بودن ۵- توانایی پائین در میرا کردن بارهای

نوسانی ! و ☺ یاتاقانهای مورد استفاده در موتورهای جت مدل از نوع " شعاعی یک ردیفه " کرمیک ceramic است . این نوع یاتاقانها نسبت به انواع فولادی steel مزایایی همچون : تحمل سرعتهای بسیار بالا ، تولید حرارت کمتر ، نیاز به روغن کاری کمتر ، تحمل تنشهای بیشتر ، مقاومت در برابر ارتعاش و را دارند .

همانگونه که پیشتر گفته شد هنگام نصب بلبرینگها رعایت دقیق پارامترهای مونتاز برای هم محور بودن آنها لازم است . تصویر زیر به خوبی نمایانگر تاثیر بلبرینگهای هم محور و غیر هم محور بر یکدیگر را نمایش میدهد . برای آشنایی با بلبرینگهای مورد استفاده در موتورهای جت مدل به این نشانی : www.bocabearings.com مراجعه کنید



۷- و دیگر آنکه در برخی از کشورها (از جمله در آمریکا و اروپا) دولت اجازه نمیدهد مدلای جت را در مناطق شهری و پر جمعیت پرواز دهند (به خاطر آلودگی صوتی و خطرهای جانی) زیرا هواپیماهای مدل جت دارای سرعت بالا و وزن نسبتا زیادی بوده و برخوردشان با انسانها میتواند موجب پیامدهای ناخواسته و حتی مرگ آنها شود .

حتی برای پرواز هواپیماهای مدل پیستونی که وزن و سرعت کمتری دارند قوانین سختگیرانه ایی وضع شده و به همین خاطر است که بیشتر این نوع فعالیتها در خارج شهر و زیر نظر کلوپ های مدل انجام می شود . متأسفانه چندی پیش در کشور خودمان و در " مجموعه پروازی آسمان ری " (تهران) شاهد مرگ یک نفر بر اثر برخورد هواپیمای مدل بودیم . پس **هرگز و تحت هیچ شرایطی خود و دیگران را در معرض خطر قرار ندهید .**

البته لازم است به این موضوع اشاره کنم که هواپیماهای مدل جت در ایران پرواز داده نمیشوند ! زیرا به علت گران بودن و از طرفی ناآشنا بودن کاربران و علاقمندان علوم و فنون هوایی به این نوع مدلها ، به نظر نمیرسد در آینده ایی نزدیک شاهد تحولی جدی در زمینه طراحی و ساخت " مدلهای جت " باشیم ! ☹

۸- معرفی نرم افزار ساده و کم حجم **Enginesim** (ارائه شده توسط سایت ناسا) ، میتواند حسن ختام خوبی برای کتاب باشد . هر چند این نرم افزار ظاهر حرفه ایی ندارد و حجم کم آن برخی از افراد را به اشتباه می اندازد ! اما باید بگویم که به شخصه برخی از محاسبه های آن را چک کرده ام و در کمال تعجب این نرم افزار بخوبی کار میکند و داده های آن قابل اطمینان است و میتوان از آن برای طراحی مقدماتی و شبیه سازی موتورهای جت مدل بهره گرفت . برای دریافت و آشنایی بیشتر با این نرم افزار به این نشانی اینترنتی مراجعه کنید :

<http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/Enginesim/index.htm>



ضمیمه الف .

موتورهای مدل جت را دست کم نگیرید !

شاید گمان کنید که موتورهای جت مدل تنها برای به پرواز در آوردن هواپیماهای مدل جت بکار میروند ! اما در واقع اینطور نیست ! با توجه به آنکه بیشتر این نوع موتورها از راندمان و بازدهی خوبی برخوردارند و با رانش (تراست) خوبی که ارائه میدهند موجب جلب توجه برخی از دارندگان هواپیماهای کوچک شده اند . این هواپیماها را میتوان به نوعی جزء دسته هواپیماهای GA محسوب کرد . برای نمونه هواپیمای Cricri (سوسک) با وزنی معادل ۷۲ کیلوگرم به راحتی و با استفاده از دو موتور جت مدل میتواند همانند نمونه های اصلی خود که از دو عدد موتور SM-160 پیستونی استفاده میکنند پرواز کند . این هواپیما از همان آغاز تولد علاقمندان زیادی را بخود جلب کرد و امروزه نیز یکی از هواپیماهای ارزان قیمت و سبک محسوب میشود که اجازه تولید نیز گرفته است . زمانی که Cricri در گاراژ خانه آقای " میشل کلومان " متولد شد ، کسی گمان نمیکرد این هواپیمای ظریف و بسیار سبک بتواند عمر طولانی داشته باشد اما این پرنده دوست داشتنی همچنان در حال پرواز است !



آقای " میشل کلومان " طراح فرانسوی هواپیمای " Cricri " مجهز به موتورهای پیستونی



همان هواپیما مجهز به دو موتور جت مدل در حال پرواز !



ضمیمه ب.

سامانه دود زا (smoke system) :



این بخش که بصورت یک ضمیمه کوتاه ارائه میشود ، میبایست در جلد اول تقدیمتان می شد اما متأسفانه این مبحث از قلم افتاد (فراموش کردم ☺) و به ناچار آن را به فهرست جلد دوم می افزائیم !

یک مسئله ساده ، و آن اینکه بسیاری از مدیرها (و به ویژه آنهایی که از مدهای آکروباتیک و ورزشی استفاده میکنند) برای جلب توجه و یا نمایش بهتر حرکتهای نمایشی خود ، از دنباله های دود و یا سامانه دود زا (smoke system) استفاده میکنند . به زبان ساده ، سامانه های تولید دود ، ابزارهای قابل نصبی هستند که بر بدنه مدل (معمولاً زیر بدنه) و یا نوک بالها (در بخش فرار بال) نصب میشوند و میتوان آنها را به وسیله دست (روشن کردن مستقیم) و یا به وسیله فیوزهای الکتریکی و از طریق فرستنده (غیر مستقیم) روشن کرد . که به محض فعال شدن آن ، دنباله ای از دود (در

رنگ های دلخواه ، بیشتر : آبی ، قرمز ، زرد ، و نارنجی) در مسیر حرکت هواپیمای مدل تشکیل می شود و میتوان حرکتهای تند و یا آهسته مدل را به راحتی تشخیص داد ، در واقع این سامانه کمک میکند در مسابقات پرواز دادن هواپیمای مدل ، داوران مهارت خلبانان را به خوبی زیر نظر بگیرند و به شکل شایسته تری قضاوت کنند ! فشنگ های دود یا کارتریج دود زا (smoke cartridges) به دو روش مورد استفاده قرار میگیرند :

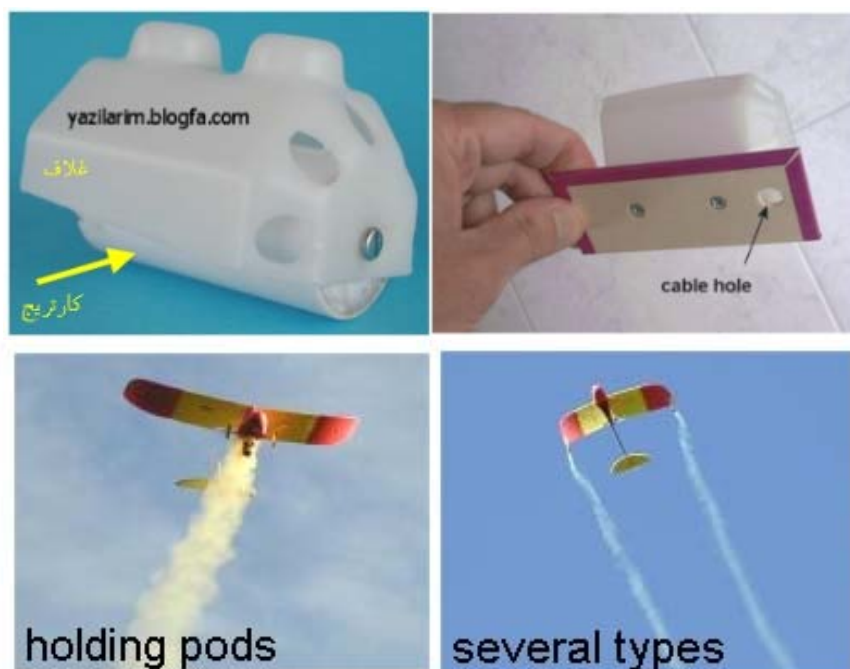
تکی (several types)

و غلافی (holding pods)

در روش اول کارتریج دود زا با استفاده از یک بست و یا کلیپ پلاستیکی به بخش فرار بال وصل شده و بیشتر آنها را به شکل مستقیم روشن میکنند . مدت زمان دود زائی بستگی به طول و اندازه کارتریج دارد اما معمولاً از دو الی سه دقیقه بیشتر نیست .



در روش دیگر معمولاً کارتریج در یک غلاف پلاستیکی استفاده میشود که آن را به زیر بدنه مدل پیچ میکنند . البته درب غلاف به راحتی قابل باز شدن است و میتوان کارتریج های آن را عوض کرد . در تصویر زیر میتوانید چگونگی عملکرد هر دو نوع را ببینید .

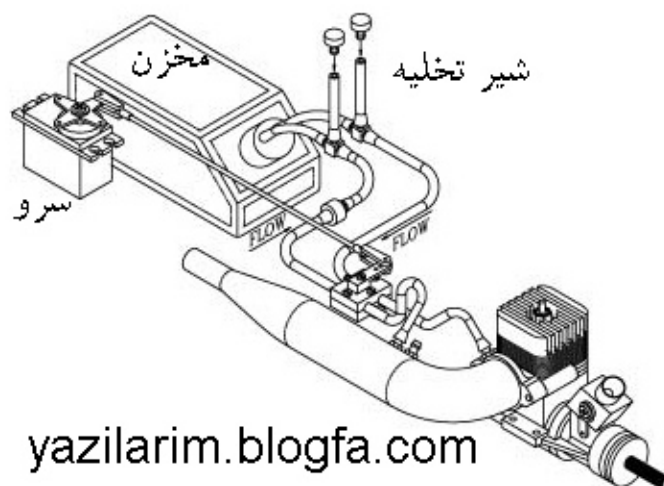
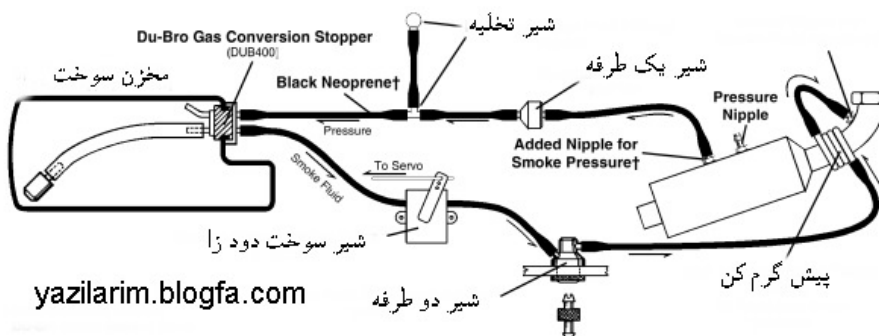


همانگونه که در ابتدای این فرگرد گفته شد ، کارتریج های دود زا را میتوان از طریق فرستنده نیز روشن کرد . در این روش یک خط فرمان به سوئیچ اختصاص می یابد تا با کمک جریان الکتریکی باعث روشن شدن فنیله کارتریج شده و آن را روشن کند . فنیله در کارتریج به سر المنت متصل شده و به کمک یک باطری نه ولت و یا ۱۲ ولت (حداقل جریان) میتواند آن را روشن کند .



روشهایی که تا به اینجا مورد بحث قرار گرفت بیشتر در هواپیماهای مدل الکتریکی استفاده میشود ، البته در مدلهای مجهز به موتورهای احتراقی هم میتوان از آنها استفاده کرد اما در چنین مدل هایی از سامانه دیگری نیز برای تولید دود استفاده میکنند که در ادامه به شرح آن خواهیم پرداخت :

برای تولید دود در این روش از یک سوخت دود زا (مثل نفت و یا گازوئیل مخلوط با روغن) استفاده میشود . این سوخت را داخل تانک (محفظه سوخت) جداگانه ایی با استفاده از فشار اگزوز به داخل آن اسپری میکنند . همانگونه که میدانید در صورتی که یک سوخت به درستی نسوزد (احتراق ناقص) ، باعث تولید دود میشود . سوخت دود زایی که به داخل اگزوز وارد شده بر اثر احتراق ناقص تولید دود کرده و با فشار محفظه احتراق به خارج از اگزوز رانده میشود .

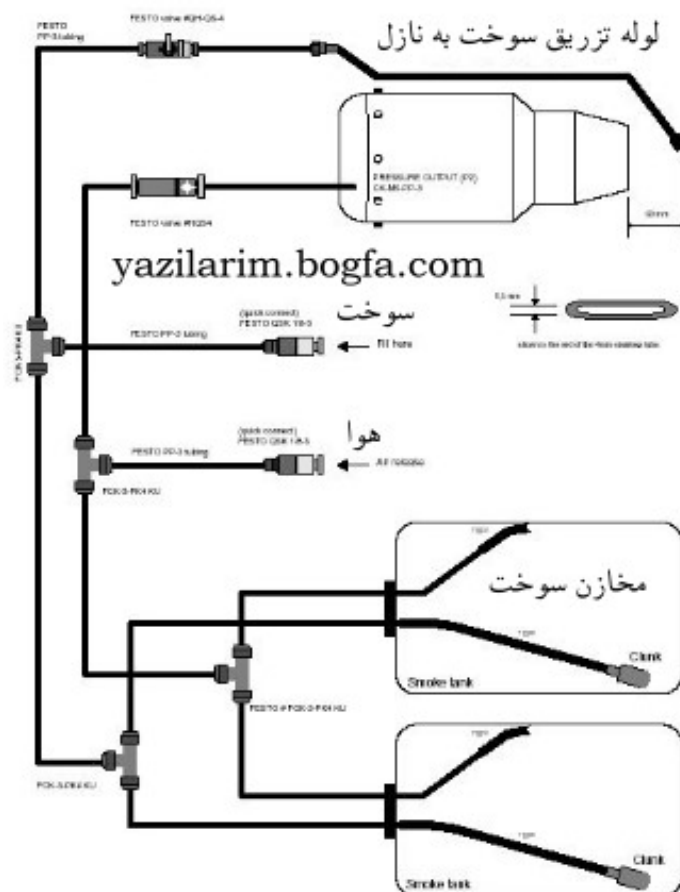


همانگونه که در تصویر دیده می شود سوخت دود زا را ، پیش از ورود به اگزوز کمی گرم میکنند (پیش گرم کن) ، این به عمل دود زائی بهتر کمک میکند . چرخه کار به این شکل است که برای راندن سوخت دود زا به داخل اگزوز ، به کمک لوله ای مسی و با استفاده از یک شیر یک طرفه (که باعث میشود فشار گازها فقط به سمت مخزن سوخت دود زا باشد) سوخت دود زا تحت فشار قرار گرفته و به طرف لوله جریان هدایت میشود .

شیر سوخت توسط یک سرو مستقل به حرکت در آمده و در صورت دریافت فرمان از طریق فرستنده عمل کرده و جریان سوخت به سمت اگزوز هدایت می شود . بنابراین برای استفاده از چنین سامانه ایی گیرنده و فرستنده هواپیما باید دارای تعداد کانالهای لازم باشد تا بتوان سرو شیر سوخت را کنترل کرد . " وظیفه شیر تخلیه " در این سامانه (شیر تخلیه ایی که بین شیر یک طرفه و مخزن سوخت قرار گرفته) از این قرار است که وقتی خلبان از سامانه استفاده نمیکند فشار داخل تانک

را تخلیه کرده و در عمل به عنوان یک شیر اطمینان محسوب میشود . همچنین از شیر دو طرفه ایی که در تصویر میبینید در مواقع لزوم میتوان مخزن سوخت را پر و یا خالی کرد . البته میتوان برای مخزن ، شیر جداگانه ایی در نظر گرفت .

در هواپیماهای جت مدل برای تولید دود مقداری از سوخت موتور به گازهای خروجی نازل پاشیده میشود و بدین ترتیب سوخت بر اثر احتراق ناقص تولید دود میکند . برای انتقال سوخت به لوله سامانه ، از یک پمپ سوخت جداگانه که بوسیله واحد کنترل الکترونیک موتور ECU هدایت می شود استفاده میکنند . البته در برخی از مدلها ، از مخزن جداگانه ایی (شامل گازوئیل) برای سوخت سامانه تولید دود استفاده میگردد.



ضمیمه پ .

فرکانسهای رادیویی :

در جلد اول کتاب و در بخش مربوط به فرستنده ، لیست فرکانسهای رادیویی تقدیمتان شد . اما با توجه به اهمیت این موضوع و برای تکمیل کار ، جداول زیر به آن اضافه میشود .
از چپ به راست : کانالهای ۲۷ مگاهرتز . کانالهای ۵۰ مگاهرتز . کانالهای ۷۲ مگاهرتز و ۷۵ مگاهرتز .

27 MHZ		50 MHZ		72 MHZ		72 MHZ		75 MHZ	
Ch	Freq	Ch	Freq	Ch	Freq	Ch	Freq	Ch	Freq
A1	26.995	00	50.800	11	72.010	36	72.510	61	75.410
A2	27.045	01	50.820	12	72.030	37	72.530	62	75.430
A3	27.095	02	50.840	13	72.050	38	72.550	63	75.450
A4	27.145	03	50.860	14	72.070	39	72.570	64	75.470
A5	27.195	04	50.880	15	72.090	40	72.590	65	75.490
A6	27.255	05	50.900	16	72.110	41	72.610	66	75.510
		06	50.920	17	72.130	42	72.630	67	75.530
		07	50.940	18	72.150	43	72.650	68	75.550
		08	50.960	19	72.170	44	72.670	69	75.570
		09	50.980	20	72.190	45	72.690	70	75.590
				21	72.210	46	72.710	71	75.610
				22	72.230	47	72.730	72	75.630
				23	72.250	48	72.750	73	75.650
				24	72.270	49	72.770	74	75.670
				25	72.290	50	72.790	75	75.690
				26	72.310	51	72.810	76	75.710
				27	72.330	52	72.830	77	75.730
				28	72.350	53	72.850	78	75.750
				29	72.370	54	72.870	79	75.770
				30	72.390	55	72.890	80	75.790
				31	72.410	56	72.910	81	75.810
				32	72.430	57	72.930	82	75.830
				33	72.450	58	72.950	83	75.850
				34	72.470	59	72.970	84	75.870
				35	72.490	60	72.990	85	75.890
								86	75.910
								87	75.930
								88	75.950
								89	75.970
								90	75.990



yazilarim.blogfa.com

جلد اول این کتاب را از تارنمای زیر دریافت کنید :

<http://esnips.com/web/80>

و یا

<http://yazilarim.ir>

با مطالبی همچون :



هواپیمای مدل و اهمیت آن
هواپیما چگونه پرواز میکند
نیروهای وارد بر هواپیما
نیروی برآ در بالها
تنوری ایروفویل
آشنایی با ایروفویل
سایر مفاهیم
انواع بالها
محل نصب بالها
انواع مختلف دم
بر افزا و فلپها
ارابه فرود
پایداری پرواز
تأثیرات عرضی و دینامیکی
کنترل هواپیمای مدل
اجزاء یک هواپیما
کارانی هواپیمای مدل
اصول برخاستن
فرود
تأثیرات باد و شیب باند
کنترل هواپیمای دو موتوره
ساختار هواپیمای مدل
حرکتهای نمایشی – مانور
شبیه سازها
نگهداری
انواع هواپیمای مدل
انتخاب هواپیمای مدل
آشنایی با موتور
ساختار موتورها
عملکرد موتورها
دیگر موتورهای مدل
آشنایی با شمع
منبع سوخت
فیلترها
کاربراتور
صدا خفه کن یا اکزوز
روشن کردن موتور
ملخ هواپیمای مدل
رادیو کنترل
سروها
نصب سروها
نگهداری از موتورهای مدل
چک لیست و توصیه پایانی

منابع داخلی و خارجی مورد استفاده برای تالیف این کتاب
در جلد آخر این مجموعه معرفی خواهند شد .

امیدوارم این کتاب مورد توجه شما قرار بگیرد .

هر گونه انتقاد و یا پیشنهاد خودتان را میتوانید با ای
میل‌های زیر با من در میان بگذارید :

erfan_aghaei@pochta.ru

yazilarim_ir@yahoo.com



yazilarim.ir



استفاده از مطالب این کتاب بدون اجازه مولف و یا بدون ذکر نام منبع ، ممنوع است .

عرفان آقایی (آرین) تهران - ۱۳۸۵