Archive of SID

سیزدهمین کنفرانس انجمن هوافضای ایران
تهران، دانشگاه تهران، دانشکده علوم و فنون نوین، ۱۳ تا ۱۵ اسفند ۱۳۹۲

Aero2014P425T506

متدولوژی بهینه‌سازی مطلوب سیستم‌پیشرانش‌پهپاد بااستفاده از تحلیل بلوک‌دیاگرام قابلیت‌اطمینان

رضا مظفری[۱]،محمد علی وزیری زنجانی[۲]، جواد اعرابی[۳] ، محمد فرهودی نیا[۴]، احسان نیکسار[۵]

شرکت هواپیما سازی ایران(هسا)، اصفهان، شاهین شهر، کیلومتر ۲۸ آزادراه اصفهان- تهران

چکیده

بهینه‌سازی سیستم مختلف هواپیما بوسیلهٔ بررسی قابلیت اطمینان آن بعلت سعی در کاهش احتمال وقوع پدیده‌های ناخواسته، به مقبولیت مناسبی در صنایع گوناگون رسیده است. یکی از شیوه‌های متداول در محاسبهٔ قابلیت اطمینان سیستم از نرخ خرابی اجزاء آن و یافتن اجزاء بحرانی سیستم جهت بهینه‌سازی، رسم بلوک دیاگرام(RBD) می‌باشد. در این مقاله یک سیستم پیشرانشعمومی که شامل زیر سیستمهای سوخترسانی، موتور، ورودی هوا، خنک کاری و یخزدایی می‌باشد؛ بررسی گردیده است. برای این سیستم پیشرانش عمومی چند حالت بهینه‌سازی متصور می‌باشد که با بررسی آنها بر روی پهپادی با مأموریت شناسایی و پهپادی با مأموریت انتحاری، می‌توان بهینه سازی مطلوب را با محاسبهٔ نرخ قابلیت اطمینان آنها و تطبیق با نوع مأموریت پهپاد، انتخاب نمود. همچنین نرخ خرابی هر قطعه از منابع در دسترس اخذ شده است که از تستهای مختلف پروازی استخراج گردیده. هدف دیگر این مقاله بیان اهمیت آشنایی جامع و کامل با وظیفهٔ سیستم، جهت انجام محاسبات قابلیت اطمینان می‌باشد و بیان چگونگی تأثیر این شناخت بر محاسبات مهندسی قابلیت اطمینان.

واژه های کلیدی:*نرخ قابلیت اطمینان– نرخ خرابی -بلوک دیاگرام - سیستم سوخترسانی پیشرانش -بهینه‌سازی*

مقدمه

در طول زندگی بشر همواره جهت تسهیل زندگی سعی در اختراع ابزار مختلف می‌شده است. بزرگترین دغدغهٔ مهندسین هر عصر این بوده است که آیا ابزار دست بشر می‌توانند به بهترین نحو وظیفهٔ خود را انجام دهند!؟ این سوال را می‌توان پایه و اساس پیدایش علم قابلیت اطمینان دانست، چراکه هدف اصلی این دانش آگاهی از میزان موفقیت طرح درصورت تحقق آن می‌باشد. این علم می‌تواند به مهندسین کمک کند تا از میان چند طرح بهترین گزینه ممکن را انتخاب نمایند و یا با شناسایی نقاط ضعف یک سیستم به بهینه سازی آن با کمترین هزینه و بیشترین دقت اقدام کنند. از مزایای دیگر این علم اطمینان از عملکرد صحیح محصول به همراه صرفه‌جویی قابل ملاحظه در هزینهٔ طراحی محصول می‌باشد.

صنعت هوافضا باتوجه به کاربرد گسترده و نقش حیاتی شناسایی خطاها و ضعفهای سیستم در آن، یکی از صنایعی است که اهمیت استفاده از دانش قابلیت اطمینان در آن بسیار محسوس و ملموس است. با استفاده از این دانش می‌توان جهت انتخاب مطمئنترین سیستم در میان چند طرح پیشنهادی، بجای تحمل هزینهٔ ساخت و تست تمام سیستمها و مقایسهٔ آنها با یکدیگر، نرخ قابلیت اطمینان آنها را محاسبه نمود و کاراترین سیستم را به عنوان پیشنهاد مقبول انتخاب کرد. البته نباید از یاد برد که لازمه این محاسبات دقت و شناخت کامل فرآیند سیستم و و ظیفه آن می‌باشد تا آنجا که یک سیستم می‌تواند برای وظایف مختلف، نرخهای قابلیت اطمینان متفاوتی داشته باشد.

هدف از این مقاله بررسی چند طرح پیشنهادی برای بهینه سازی سیستم پیشرانش موتور جت پهپاد، با توجه به سناریوهای مختلف پروازی و مقایسهٔ آنها با یکدیگر جهت انتخاب طرح مناسب برای هر سناریو می‌باشد. انجام این فرآیند، علاوه بر انتخاب بهینه سازی مطلوب سیستم پیشرانش، اهمیت تسلط کارشناس قابلیت اطمینان بر وظیفه و نحوهٔ عملکرد سیستم مورد مطالعه را بخوبی اثبات می‌کند.

رفتار سیستمهای عملکردی

تمام سیستمهای عملکردی بر اساس نوع چینش اجزاء آنها برای تبدیل ورودی به خروجی، به سه دسته تقسیم می‌شوند:

سیستم سری: به سیستمهایی سری گفته می‌شود که اگر هر جزء از آن سیستم از کار بیافتد، بقیه‌ی اجزائی از سیستم که وظیفه آنها درپی این جزء تعریف شده نیز کارایی خود را از دست می‌دهند.(شکل۱)

سیستم موازی: سیستم موازی سیستمی است که خرابی اجزاء آن تأثیری در عملکرد دیگر اجزاء ندارد. (شکل۲)

سیستم مرکب: سیستمی است که اجزاء آن ترکیبی از سری و موازی هستند. در این سیستم برای برخی از اجزاء رزرو درنظر گرفته شده است. بدین معنی که درصورت خرابی آن جزء، مسیر دیگری برای کارکرد اجزاء سالم درنظر گرفته شده باشد. (شکل۳)

باتوجه به مدل کارکرد هر سیستم می‌توان نمودار بلوک دیاگرام آنرا بسته به اینکه از کدام الگوی گفته شده پیروی می‌کند؛ رسم نمود.

مدلسازی بلوک دیاگرام

می‌توان یک سیستم را به صورت مجموعه‌ای از زیرمجموعه‌ها و اجزائی که با هم ارتباط دارند و وظیفه یا وظایف خاصی را دنبال می‌کنند؛ درنظر گرفت. درنتیجه قابلیت‌اطمینان و کاربردپذیری هر سیستم به قابلیت‌اطمینان و کاربردپذیری اجزاء تشکیل‌دهنده و ارتباط بین آنها وابسته است. مطالعه ارتباط زیرسیستمها با هم و تأثیر آنها در عملکرد سیستم، در نموداری موسوم به بلوک دیاگرام قابلیت اطمینان (Reliability Block Diagram) انجام می‌پذیرد. در مرجع استاندارد پهپاد نیز بر استفاده ازبلوک دیاگرام قابلیت اطمینان، تأکید شده است.[۱]برای سیستمهایی که قابلیت اطمینان آن با قابلیت اطمینان هر جزء رابطه دارد؛ اگر قابلیت اطمینان هر جزء با نرخ خرابی آن بصورت رابطهٔ (۱) ارتباط داشته باشد، در سیستمهای سری رابطهٔ (۲) برای قابلیت اطمینان و رابطهٔ (۳) برای زمان متوسط خرابی، در سیستمهای موازی

۱- کارشناس ارشد طراحی،۰۹۱۲۸۲۲۷۴۷۶.rezamozaffari1364@gmail.com
۲- سرطراح
۳- کارشناس ارشد طراحی
۴- کارشناس طراحی
۵- کارشناس ارشد طراحی

www.SID.ir

Archive of SID

رابطهٔ (۴) برای قابلیت اطمینان و رابطهٔ (۵) برای زمان متوسط خرابیو در سیستم مرکبی که بصورت شکل (۳) باشد؛ رابطهٔ (۶) برای قابلیت اطمینان و رابطهٔ (۷) برای زمان متوسط خرابیصادق است.[۲]

$$R_i(t) = e^{-\lambda_i t} \quad (۱)$$

$$R_s(t) = e^{-\lambda_s t} \quad (۲)$$

$$MTTF_s = \frac{1}{\lambda_s} \quad (۳)$$

$$R_s(t) = 1 - \prod_{i=1}^{n}(1 - e^{-\lambda_i t}) \quad (۴)$$

$$MTTF_s = \int_0^{+\infty} R_s(t)dt \quad (۵)$$

$$R_s(t) = e^{-(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_6+\lambda_7)t} + e^{-(\lambda_4+\lambda_5+\lambda_6+\lambda_7)t} - e^{-(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_4+\lambda_5+\lambda_6+\lambda_7)t} \quad (۶)$$

$$MTTF_s = \frac{1}{\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_6+\lambda_7} + \frac{1}{\lambda_4+\lambda_5+\lambda_6+\lambda_7} - \frac{1}{\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_4+\lambda_5+\lambda_6+\lambda_7} \quad (۷)$$

در این روابط،t زمان عملیاتی سامانه با واحد ساعت(h)،MTTF زمان متوسط خرابی با واحد ساعت(h)، λ نرخ خرابی با واحد مجزور ساعت(h^{-1}) و R نرخ قابلیت اطمینان سیستم بر اساس درصد می‌باشد.

باتوجه به مطالب ذکر شده، برای بدست آوردن نرخ قابلیت اطمینان باید در ابتدا عملکرد سیستمها و اجزاء آنها را بخوبی شناخت تا بتوان نمودار بلوک دیاگرام را رسم نمود. با رسم نمودار بلوک دیاگرام، روابط حاکم بر سیستم استخراج می‌شود و با جایگذاری مقادیر نرخ خرابی اجزاء، نرخ قابلیت اطمینان سیستم بدست می‌آید.

مدلسازی سیستم پیشرانش

یک سیستم پیشرانش، بصورت کلی شامل زیر سیستمهای سوخترسانی، موتور، ورودی هوا(در حالتی که موتور داخل بدنه باشد)، خنک کاری و یخزدایی تشکیل شده است. بلوک دیاگرام کلی سیستم سیستم پیشرانش بصورت شکل(۴) می‌باشد. در سیستم پیشرانش،زیرسیستمهای ورودی هوا، سوخترسانی و موتور به صورت سری با یکدیگر فعالیت می‌کنند و نبود هرکدام موجب توقف فعالیت کل سیستم پیشرانش می‌گردد. بنابراین بهینه سازی هرکدام از این زیرسیستمها،موجب بهبود مناسب قابلیت اطمینان کل سیستم پیشرانش می‌شود. زیر سیستم ورودی هوا مربوط به هواپیماهایی است که موتور آن درون بدنه قرار گرفته است و مانند زیرسیستمهای خنک کاری و یخزدایی میان پرنده‌ها عمومیت ندارد. همچنین بهینه سازی سیستم موتور هزینه و وقت زیادی می‌طلبد، درحالیکه می‌توان با اضافه کردن و یا تغییر عملکرد سیستم سوخترسانی، تغییر قابل ملاحظه‌ای در نرخ قابلیت اطمینان آن بوجود آورد. بنابراین در اینجا زیر سیستم سوخترسانی برای افزایش قابلیت اطمینان سیستم پیشرانش مورد بهینه سازی قرار گرفته است.

سیستم سوخترسانی بصورت عمومی شامل شیر قطع و وصل جریان، حسگرهای جریان، شیر یکطرفهٔ سوخت، پمپ سوخت، لوله و اتصالات، فیلتر سوخت، سیستم کنترل دبی سوخت، مخزن سوخت و Anti-gمی‌باشد.[۳] بلوک دیاگرام این سیستم در حالت کلی بصورت شکل (۵) می‌باشد.

محاسبهٔ نرخ قابلیت اطمینان

باتوجه به ارائهٔ مدل کلی سیستم سوخترسانی در شکل(۵)، می‌توان با داشتن نرخ خرابی قطعات مختلف این سیستم، نرخ قابلیت اطمینان آنرا محاسبه نمود. شرکت تولید کنندهٔ قطعات موظف استنرخ خرابی هر قطعه را به خریدار تحویل دهد. نرخ قابلیت اطمینان قطعات مورد تحلیل در این مقاله(جدول۱) از اسناد منتشر شده توسط مرکز تحلیل قابلیت اطمینان از مجموعهٔ مرکز تحلیل اطلاعات دفاعی، که مجموعهٔ وسیعی از تستهای پروازی را مورد تحلیل قرار داده و نرخ خرابی قطعات مختلف را منتشر کرده است؛ استخراج گردیده.[۴]

نام قطعه	MTTF	نرخ خرابی
اتصالات	2114165	47.3×10^{-8}
شیر یکطرفه	150534	66.429×10^{-7}
حسگر جریان	582411	17.17×10^{-7}
شیر قطع و وصل	2016	5×10^{-4}
جعبهٔ Anti-g	372911	26.81×10^{-7}
مخزن اصلی	37594	26.6×10^{-6}
پمپ سوخت	1495	66.88×10^{-5}
فیلتر سوخت	10	0.1
سیستم کنترل	563372	17.75×10^{-7}

جدول۱- نرخ قابلیت اطمینان قطعات

باتوجه به جدول(۱) و رابطهٔ(۲)، نرخ قابلیت اطمینان سیستم سوخترسانی معرفی شده در شکل(۵)، برای عملیاتی به مدت یک ساعت، مقدار بدست ۹۰/۳۷ درصد بدست خواهد آمد.

بهینه سازی سیستم سوخترسانی

برای بهینه سازی سیستم سوخترسانی و در نتیجه بهینه سازی سیستم پیشرانش، باید راهکاری انتخاب کرد که بیشترین افزایش نرخ قابلیت اطمینان با تغییر سیستم بوجود حاصل شود. برای این کار باید حساسیت نرخ قابلیت اطمینان سیستم را به تغییرات نرخ خرابی قطعات مشخص تعیین نمود.جدول(۲) آنالیز حساسیت نرخ قابلیت اطمینان سیستم سوخترسانی پیش‌فرض را به نرخ خرابی قطعات آن،با کاهش ۳۰ درصدی نرخ خرابی هر قطعه نشان می‌دهد.

جدول۲- آنالیز حساسیت نرخ قابلیت اطمینان سیستم سوخترسانی

نام قطعه	تغییر نرخ قابلیت اطمینان سیستم(درصد)
اتصالات	1.25302E-05
شیر یکطرفه	0.000176
حسگر جریان	4.55E-05
پمپ سوخت	0.01324628
جعبهٔ Anti-g	7.1E-05
مخزن اصلی	0.000705
شیر قطع و وصل	0.017721
فیلتر سوخت	2.684481

www.SID.ir

Archive of SID

سیستم کنترل	4.7E-05

جدول(۲) از مجموعه نمودارهایی بصورت شکل(۶) حاصل می‌شود؛ که برای تمام قطعات سیستم سوخترسانی رسم گردیده است. از این تحلیل می‌توان دریافت که کاهش نرخ خرابی هر قطعه، به چه میزان در نرخ قابلیت اطمینان سیستم را افزایش می‌دهد.

باتوجه به جدول(۲)، این سیستم سوخترسانی بیشترین تأثیر در قابلیت اطمینان سیستم پیشرانش را به ترتیب از فیلتر سوخت، شیر قطع و وصل جریان و پمپ سوخت بوجود می‌آورد. بقیه قطعات باتوجه به نرخ خرابیشان، مناسب تغییر، جهت بهینه سازی سیستم نمی‌باشند. بنابراین سه قطعهٔ فیلتر سوخت، پمپ سوخت و شیر قطع و وصل جریان، جهت انجام بهینه سازی و افزایش نرخ قابلیت اطمینان سیستم پیشرانش مورد توجه قرار می‌گیرند. البته باید توجه داشت که ممکن است استفاده از قطعات خاصی در این سیستم، این ترتیب را تغییر دهد. بطور مثال اگر بتوان از فیلتری با عمر و قابلیت اطمینان زیاد استفاده کرد و در مقابل از مدل ضعیفی از شیر یکطرفه استفاده شود بطوریکه حساسیت سیستم نسبت به شیر یکطرفه بیشتر از فیلتر باشد؛باید در بهینه سازی سیستم شیر یکطرفه را بجای فیلتر سوختمورد توجه قرار داد.

به عنوان سیستم سوخترسانی بهینه شدهٔ اولیه، برای هر یک از سه قطعهٔ مذکور، یک مسیر ذخیره قرار می‌دهیم. در این صورت بلوک دیاگرام کارکرد سیستم سوخترسانی، به شکل(۷) نشان داده می‌شود.در ادامه جهت بهینه سازی سیستم سوخترسانی، دو پهپاد با مأموریت شناسایی (گشت هوایی) و انتحاری مورد بررسی قرار می‌گیرند و قابلیت اطمینان سیستم سوخترسانی برای هر کدام از آنها به ۹۹٪ رسانده می‌شود.

پهپاد شناسایی

همواره یکی از مهمترین کاربرد هواپیماهای بدون سرنشین از ابتدای خدمت این نسل از پرنده‌ها، شناسایی بوده است.در مورد این هواپیماها مأموریت اصلی این است که پرنده اقدام به گشتزنی هوایی در منطقه مشخص کرده، با ابزاری که در اختیار دارد به جمع آوری اطلاعات می‌پردازد و به محل مورد نظر جهت فرود(Recovery) باز می‌گردد.

محاسبهٔ قابلیت اطمینان سیستم سوخت شکل(۷) بدون تغییر در نرخ خرابی قطعات نسبت به جدول(۲)، برابر ۹۹/۰۹٪ بدست خواهد آمد که مقدار قابل قبولی است. نکته قابل توجه برای پهپادهای شناسایی این است که اگر این پهپادها بوسیلهٔ سیستم چتر بازیابی شوند؛ باید قابلیت اطمینان سیستم پیشرانش برای فرمان خاموشی موتور در هوا نیز بالا باشد. اهمیت این موضوع به این صورت است که اگر پهپاد به دستور خاموشی موتور پاسخ مناسب ندهد؛ این امر منجر به سقوط پهپاد می‌گردد در حالیکه اگر پرنده دچار خرابی در سیستم سوخترسانی و درنتیجه این خرابی منجر به خاموشی موتور گردد؛ با دستور بازیابی اضطراری پهپاد به زمین نشسته و تنها مأموریت آن به تعویق می‌افتد. بنابراین به اصطلاح طراح سعی می‌کند خرابی موتور به سمت روشن ماندن باشد نه خاموش شدن. با این توضیحات، نرخ قابلیت اطمینان سیستم سوخترسانی، برای خاموش شدن نیز مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

هرگاه دستور خلبان مبنی بر خاموش شدن موتور اجرا شود؛ باید هر دو شیر قطع و وصل جریان، جریان سوخت را قطع کنند. بنابراین بلوک دیاگرام سیستم سوخترسانی به شکل(۸) تغییر می‌کند. باتوجه به این بلوک دیاگرام، قابلیت اطمینان سیستم سوخترسانی برای بموقع خاموش شدن موتور، ۹۸/۹۵٪ می‌باشد.

همانطور که انتظار می‌رود، وجود دو شیر قطع و وصل برای این سیستم باتوجه به ماهیت مأموریت پهپاد مضر می‌باشد و قابلیت اطمینان پرنده را کاهش می‌دهد. برای بهینه شدن سیستم و یکسان کردن نرخ قابلیت اطمینان پرنده برای روشن ماندن و خاموش شدن سیسستم پیشرانش، باید یکی از شیرهای قطع و وصل جریان را حذف نمود. در اینصورت بلوک دیاگرام سیستم سوخت به حالت شکل(۹) نشان داده می‌شود. برای این سیستم نرخ قابلیت اطمینان، ۹۹/۰۴٪ محاسبه می‌گردد. بنابراین سیستم سوخترسانی بهینه شده، از شکل(۷) به شکل(۹) تغییر کرده و مورد تأیید قرار می‌گیرد.

پهپاد انتحاری

هواگرد کروز در واقع موشکهای کروز می‌باشند. مأموریت این گونه از هواپیماهای بدون سرنشین به گونه‌ای است که باید بعد از به پرواز در آمدن، خود را به موقعیت هدف رسانده و با آن برخورد کنند. در واقع هواگرد کروز دارای برنامهٔ بازیابی نمی‌باشد؛ بنابراین بیشترین دغدغهٔ طراح افزایش قابلیت اطمینان پرنده جهت روشن ماندن سیستم پیشرانش است. همچنین بخاطر اهمیت مأموریت این پرنده‌ها، باید تا آنجا که ممکن است، نرخ قابلیت اطمینان روشن ماندن سیستم پیشرانش را افزایش داد.

برای انتخاب قابلیت اطمینان مناسب سیستم سوخت هواگرد کروز، سعی می‌شود، سیستم سوخترسانی بهینه شدهٔ پیشنهاد اول(شکل۷) مجدداً بهینه شود. نرخ قابلیت اطمینان این سیستم برابر ۹۹/۰۹٪ محاسبه گردید. هدف برای هواگرد کروز این است که قابلیت اطمینان آن را به بالای ۹۹/۹٪ رساند.

جهت افزایش نرخ قابلیت اطمینان سیستم، مانند کاری که برای سیستم پیشنهادی اول انجام شد؛ باز هم تعداد قطعات بحرانی افزایش داده می‌شود. در این حالت به سیستم سوخترسانی با بلوک دیاگرام شکل(۱۰) تبدیل می‌شود. محاسبهٔ نرخ قابلیت اطمینان سیستمسوخترسانی بهینه شدهٔ پیشنهادی دوم، برایهواگرد کروز، نرخ ۹۹/۸۹٪ را بدست می‌دهد. بنابراین این سیستم نیز قابلیت اطمینان مطلوب را تأمین نمی‌کند، هرچند به آن بسیار نزدیک است و می‌توان با تقریب این مقدار را قبول نمود. اما باید توجه داشت که استفاده از تعداد زیادی از قطعات بحرانی،سیستم را دچار محدودیت در فضاو ساختار و همچنینافزایش هزینه می‌کند. بنابراین پیشنهاد افزایش قابلیت اطمینان با روشی دیگر می‌تواند نتایج بهتری در پی داشته باشد.همانطور که گفته شد، در میان اجزاء سیستم سوخترسانی پیشنهادی، بیشترین نرخ خرابی متعلق به فیلتر سوخت می‌باشد. فیلتر سوخت جهت جلوگیری از ورود ناخالصی سوخت به موتور و آسیب به کارکرد و عمر آن استفاده می‌شود. تفاوت پهپاد انتحاری(هواگرد کروز) با دیگر پهپادها این است که عمر عملیاتی کوتاهی دارد. در برخی موارد طراحان سیستم پیشرانش برای کارکرد فیلتر سوخت، یک مسیر بایپس(Bypass) بوجود می‌آورند که در مواقع اضطراری و گرفتن فیلتر، این قطعه از مدار خارج شود. اینکار بدین معنی است که بجای فیلتر دوم در سیستم معرفی شده در شکل(۷)، از یک لوله و شیری استفاده شود که در صورت بسته شدن فیلتر و بالا رفتن فشار سوخت، شیر باز شود. این سیستم سوخترسانی بلوک دیاگرامی به شکل(۱۱) دارد.

نرخ قابلیت اطمینان مسیر بایپس، بصورت یک سیستم سری از دو قطعهٔ شیر و لوله اتصال، تشکیل می‌شود. محاسبهٔ نرخ قابلیت اطمینان سیستم سوخترسانی بهینه شدهٔ هواگرد کروزشکل(۱۱)، معادل ۹۹/۹۹٪ محاسبه می‌گردد. این نرخ قابلیت اطمینان از مقدار مطلوب بالاتر و کاملاً ایده‌آل است. این الگو از سیستم سوخترسانی مشخصا مطلوب تمام پرنده‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

نیست چراکه به سیستم موتور آسیب می‌رساند وً موتور بعد از استفاده از این حالت احتیاج به تعمیرات جزئی و حتی شاید تعمیرات اساسی پیدا می‌کند.[۵] اما برای هواگرد کروز که مأموریتش پرواز و رسیدن به هدف است می‌تواند مطلوب باشد.

نتیجه گیری

در این مقاله به بررسی ۷ مدل مختلف از سیستم سوخترسانی برای دو پهپاد با مأموریت شناسایی و انتحاری پرداخته شد. برای پهپاد شناسایی با محاسبهٔ قابلیت اطمینان سه مدل مختلف از سیستم سوخترسانی و بررسی و مقایسهٔ آنها، نرخ قابلیت اطمینان ۹۹/۰۴٪ بدست آمد. برای هواگرد کروز نیز ۳ سیستم سوخترسانی بررسی گردید که در انتها سیستم سوخترسانی به ساختاری با قابلیت اطمینان ۹۹/۹۹٪ تبدیل شد.

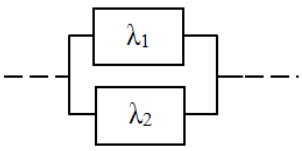
این مطالعات نشان داد که بهینه سازی سیستمها می‌تواند بدون نیاز به هزینه‌های هنگفت، با مطالعات قابلیت اطمینان بررسی گردد ولی در این فرآیند، بسیار حیاتی است که کارشناس قابلیت اطمینان، شناخت مناسبی از کارکرد سیستمها و پرنده‌ها داشته باشد. در بررسی پهپاد شناسایی نشان داده شد که اگر این شناخت بدرستی وجود نداشته باشد، ممکن است سیستمی که نرخ قابلیت اطمینان پایین‌تری دارد؛ به علت عدم آگاهی کارشناس قابلیت اطمینان از وظایف پرنده، اشتباه معرفی شود. همینطور برای هواگرد کروز، با شناخت کافی از مأموریت آن، سیستم بهینه شده با هزینه و مشکلات طراحی بسیار کمتر، معرفی گردید.

پیشنهادات

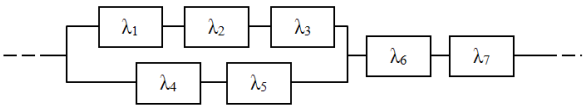
با پیشرفت علوم مهندسی، نقش قابلیت اطمینان در صرفه‌جویی هزینه‌ها و همچنین موفقیت پروژه‌ها بیش از پیش نمایان می‌شود. اولین لازمه پرداختن به این مهم، آگاهی مدیران و محققان می‌باشد. شناخت نقش قابلیت اطمینان در جایگزینی با تجربه‌هایی که صرف هزینه‌های هنگفت را تحمیل می‌کند؛ برای مدیران برنامه‌ریزی صحیح در راستای پرداختن به مطالعات قابلیت اطمینان همزمان با انجام پروژه‌های مختلف، و برای پژوهشگران اهتمام کافی در همکاری با کارشناسان قابلیت اطمینان را به ارمغان می‌آورد. البته نباید توقع داشت که اثر آن به وضوح دیده شود؛ چراکه مهمترین تأثیر این پژوهشها، تا حد امکان جلوگیری از اتفاقات ناگوار است بنابراین نتایج آن با ندیدن پدیده‌ها حاصل می‌شود. درنتیجه تأثیر مثبت آن بصورت ملموس نمایان نمی‌گردد.

در ادامهٔ این مقاله نیز می‌توان با رسم درخت خرابی سیستم سوخترسانی، به زوایای دیگری از خرابی احتمالی سیستم پی برده، بهینه سازی را به شکل مطلوبتری انجام داد.

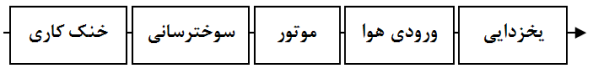
شکل۱- بلوک دیاگرام سیستم سری



شکل۲- بلوک دیاگرام سیستم موازی

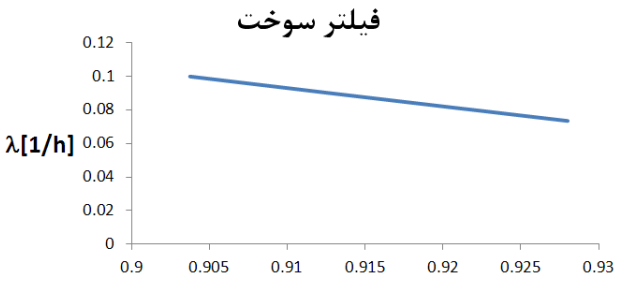


شکل۳- بلوک دیاگرام سیستم مرکب

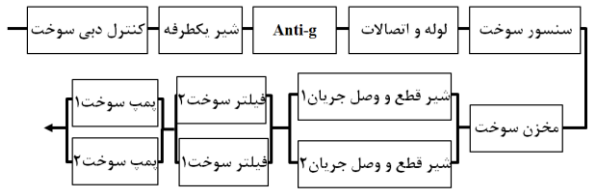


شکل۴- بلوک دیاگرام سیستم پیشرانش

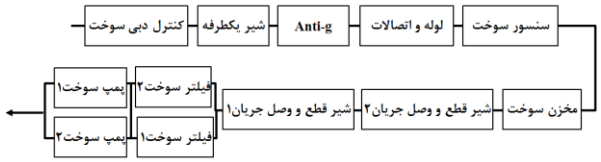
شکل۵- بلوک دیاگرام سیستم سوخترسانی



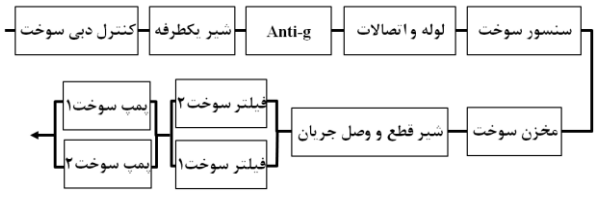
شکل۶- حساسیت نرخ قابلیت اطمینان سیستم به تغییرات نرخ خرابی فیلتر سوخت



شکل۷- سیستم سوخترسانی بهینه شدهٔ پیشنهادی اول



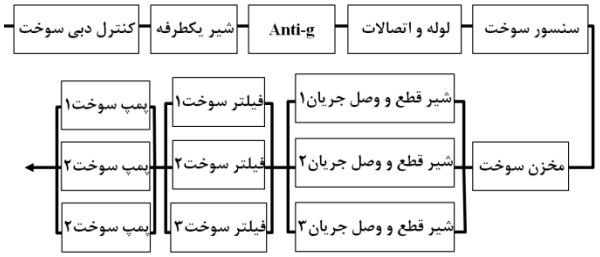
شکل۸- سیستم سوخترسانی بهینه شدهٔ پیشنهادی دومپهاد شناسایی



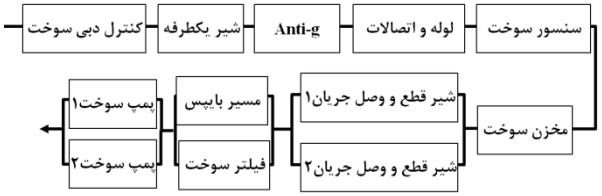
شکل۹- سیستم سوخترسانی بهینه شده برای پهپاد شناسایی

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۱۰- سیستم سوخترسانی بهینه شدهٔ پیشنهادی دومهواگرد کروز



شکل۱۱- سیستم سوخترسانی بهینه شده برایهواگرد کروز

مراجع

1. UAV Systems Airworthiness Requirements (USAR), 2007.
2. W. Grant Ireson, HANDBOOK OF RELIABILITY ENGINEERING AND MANAGEMENT, Second Edition, 1996.
3. Roy Langton, Chuck Clark, Martin Hewitt, Lonnie Richards, Aircraft Fuel Systems,first edition, JohnWiley & Sons, 2009
4. William Denson, Greg Chandler, William Crowell & Rick Wanner, Nonelectric Parts Reliability Data, Rome Laboratory, 1991.
5. Jack D. Mattingly, William H. Heiser, David T. Pratt, Aircraft Engine Design, Second Edition, AIAA, TL709.5.T87 M38, 2002.

www.SID.ir