نشریه علمی-تخصصی
پژوهش های نوین علوم مهندسی
ISSN: 2538-3809
سال نهم، شماره ۴ (پیاپی: ۵۰)، زمستان ۱۴۰۳

ایزولاسیون ارتعاشات وارده بر دوربین‌های پهپادهای کوچک

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۲۰
کد مقاله: ۸۴۷۵۸

عرفان انسانیان[۱]

چکـــیده

پهپاد ها یا به انگلیسی (drone) امروزه یکی از پر طرفدار ترین تجهیزات در سراسر دنیا محسوب می شوند که کاربرد فراوانی در همه زمینه ها دارند، از جمله کاربرد پهپاد ها می توان به فیلم برداری و تصویر برداری اشاره کرد. پهپاد های تصویر بردار امکان تصویر برداری را بسیار راحت تر کرده اند و از آنها در مناطق صعب العبور و مکان هایی که دسترسی به آنها امکان پذیر نیست استفاده می شود . از آنجایی که از پهپاد های تصویر بردار در تصویر برداری از معادن و سازه های عمرانی استفاده می شود در نتیجه ارائه یک تصویر با دقت و کیفیت بالا از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. لذا کنترل ارتعاشات که یکی از مهمترین عوامل در داشتن تصویری با دقت و کیفیت بالاست، بسیار حائز اهمیت می باشد. در این پژوهش با بررسی عوامل موثر بر ارتعاشات از جمله موتور و فریم راه حل هایی برای کاهش ارتعاشات ارائه شده است. به منظور شبیه سازی سیستم ارتعاشی پهپاد، بدنه آن بصورت دو تیر صلیبی و دوربین بصورت جرم متمرکز در نظر گرفته شده است. به انتهای تیر ها تحریک هارمونیک سینوسی که بیانگر ارتعاشات وارده از ملخها می باشد اعمال شده و پاسخ ارتعاشی سازه مورد بررسی قرار گرفته است.

واژگـان کلـیدی: ارتعاشات، جرم متمرکز، تصویربرداری.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مجتمع دانشگاهی هوافضا، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، *erfanerfan@aut.ac.ir*

۱- مقدمه

امروزه استفاده از پهپاد ها درضمینه پایش و تصویر برداری هوایی بسیار مرسوم بوده و شرکت های زیادی در این ضمینه فعالیت دارند. از جمله مهم ترین موارد استفاده پهپاد ها در زمینه تصویر برداری می توان به حوزه کشاورزی، نظامی، معادن، نقشه برداری و ... اشاره کرد. به عنوان مثال در حوزه معدن از پهپاد های تصویر بردار می توان به تهیه نقشه های توپوگرافی بسیار دقیق در مقیاس بزرگ، تهیه نقشه های واحد های لیتولوژی و ساختاری منطقه، محاسبه حجم خاکی عملیات استخراج و دپومتری مواد باطله، مواد معدنی و کنسانتره محصول در زمینه معدن کاری اشاره کرد که باعث صرفه جویی در وقت و هزینه می شود (سید حسین پورتاکدوست و امیر حسین خدابخش، ۱۳۹۸) همچنین در حوزه نفت و گاز می توان از پهپاد ها برای تشخیص نشت نفت و خسارات، بازرسی از سکوی نفتی دریایی و بازرسی های برج های فلزی استفاده کرد. بازرسی هوایی همچنین می تواند منجر به شناسایی زودهنگام آسیب و ناهنجاری های ساختاری، لوله گذاری و سایر ناسازگاری های خارجی و داخلی شود و خطر را به میزان بیشتری برای کاربران کاهش دهد زیرا نیازی به صعود از استک ها ندارد(کیمن و جورج، ۲۰۱۵). بدلیل اهمیت و کاردبرد فراوان این فناوری، تلاش های بسیاری برای ارائه تصاویری با کیفیت و وضوح بالا انجام گرفته است. یکی از چالش های مهم در این زمینه کاهش ارتعاشات پهپاد هنگام فیلم برداری است. (جورج، ۲۰۲۲) در یک مقاله مروری بر پدیده ارتعاش و نقطه شروعی برای آزمایش در جداسازی اجزا از ارتعاش پهپاد ارائه می‌کند، همچنین در مورد اهمیت جداسازی ارتعاش، عواملی که باید هنگام جداسازی یک سیستم در نظر گرفته شوند، و چالش‌های موجود بحث می‌کند. (کانگ و همکاران، ۲۰۲۴: ۱۴) در مقاله ای به طراحی و اعتبارسنجی تجربی یک جداکننده ارتعاش غیرفعال برای وسایل نقلیه هوایی بدون سرنشین کوچک (UAVs) به منظور محافظت از تجهیزات نوری در برابر ارتعاشات پرداخته اند. همچنین (ورما و همکاران، ۲۰۲۰: ۱۷۹۱-۱۸۰۳) در مقاله دیگر توسعه یک پلت فرم برای دستگاه های اندازه گیری را که به طور خاص برای استفاده در هواپیماهای بدون سرنشین طراحی شده است، با هدف جداسازی تجهیزات اندازه گیری از اختلالات هواپیماهای بدون سرنشین توصیف کرده اند. (شین و همکاران، ۲۰۲۱: ۱۱) توسعه و اعتبارسنجی آزمایشی یک سیستم جداسازی ارتعاش فعال را برای پلت‌فرم‌های تصویربرداری وسایل نقلیه هوایی بدون سرنشین (UAV) ارائه می‌کنند تا کیفیت تصاویر و فیلم‌های گرفته‌شده را با کاهش ارتعاشات با فرکانس بالا و دامنه کم که از پهپاد به دوربین منتقل می‌شود، بهبود بخشند. (هاوارد، ۲۰۱۳) در مقاله ای روشی را برای جداسازی ارتعاش با جداسازی حالت یک سیستم نظارت مجهز به پهپاد، بر اساس شناسایی سیستم با استفاده از یک مدل چند DOF همراه برای پیش‌بینی دقیق و کاهش اثر جفت بر کاهش عملکرد جداسازی ارتعاش، ارائه می‌کند. (لین و همکاران، ۲۰۲۰: ۸۹۲) نیز در مقاله ای از روش تحلیل یکپارچه نوری-مکانیکی (OIAM) برای مطالعه تأثیر ارتعاش بر کیفیت تصویربرداری یک دوربین هوایی در شرایط پرواز استفاده کردند و متوجه شدند که ارتعاش تأثیر نسبتاً کمی بر روی دوربین دارد.

۲- منابع ارتعاشات پهپادها

عوامل زیادی در میزان ارتعاشات دوربین های پهپاد ها از جمله موتور، فریم،نحوه نصب باتری ها و ... اثر دارند. در این قسمت به معرفی منابع ایجاد کننده ارتعاشات در پهپاد ها و تاثیر آن ها می پردازیم.

۲-۱- موتور

یکی از عوامل ایجاد ارتعاش در پهپاد ها موتور آن ها هستند. برای کاهش ارتعاشات معمولا از موتور های براشلس در پهپاد ها استفاده می کنند. موتور بدون جاروبک (براشلس) زیر مجموعه موتورهای DC است. این نوع موتور نسبت به موتورهای معمولی ازمزایای بسیاری برخوردار است، که کاربرد های فراوانی در مولتی روتورها و پهپادها دارد.

۲-۲- فریم

یکی دیگر از اجزای پهپاد که میتواند بر روی ارتعاشات آن اثر بگذارد فریم یا قاب آن است. فریم (FARME) و یا بدنه به ساختار اصلی در کواد کوپتر گفته می شود که تمام قطعات و موتور ها بر روی آن نصب می شوند. جنس، اندازه و نوع فریم در میزان ارتعاش پهپاد تاثیر می گذارد. بنابراین انتخاب مناسب آن می تواند تا حد زیادی ارتعاشات پهپاد را کاهش دهد. انتخاب فرم باید بصورتی باشد که پهپاد دارای کمترین وزن با بیشترین مقاومت باشد. فریم های سنگین تر ، مقاوم تر بوده و ثبات بیشتری را در طول پرواز ها و در برابر نیرو های خارجی نظیر باد خواهند داشت. در مقابل فریم های سبک تر سرعت و عکس العمل بالاتری نسبت به فریم های سنگین دارند اما از ثبات کمتری در هوا در برابر نیروهای خارجی برخوردار هستند.

۳-۲- محافظ موتورها

استفاده از محافظ موتور در برخورد ها از آسیب رسیدن به موتور جلوگیری می کند. ولی در عین حال باعث بیشتر شدن وزن کواد کوپتر و تاثیرات منفی در ارتعاشات آن می شد.

۳-۴- محل نصب باتری ها

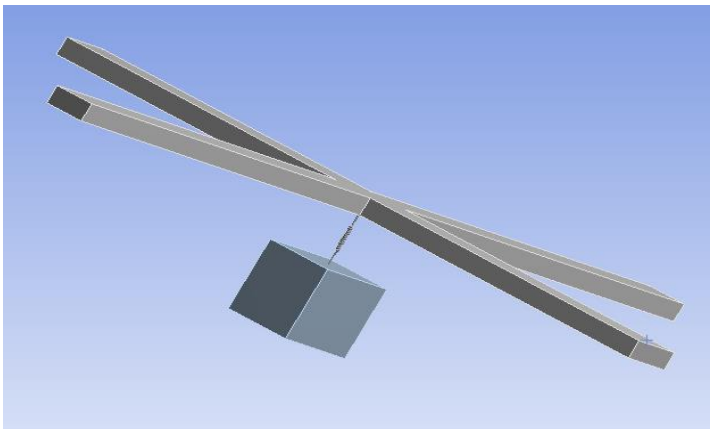
نصب باتری در قسمت بالایی کواد کوپتر و بر روی صفحه بالایی فریم بهتر از نصب آن در زیر کواد کوپتر است. نصب باتری بر روی صفحه فیبر کربن بالایی فریم باعث می شود که وزن باتری به مرکز جرم کواد و هم سطح با ملخ ها به جایی که نیروی بالا برنده تولید می شود نزدیک تر باشد. این امر باعث کمتر شدن لختی (اینرسی) کواد کوپتر در حرکت شده، به طوریکه کواد کوپتر عکس العمل سریع تر و عملکرد بهتر و فرز تری را خواهد داشت.

۳- تحلیل ارتعاش در نرم افزار ANSYS

در این مقاله پهپاد های مولتی روتور بدلیل استفاده بیشتر نسبت به پهپاد های بال ثابت مورد بررسی قرار گرفته اند. به دلیل ساختار غیر آیرودینامیک ، مولتی روتور ها در برابر وزش باد های شدید بسیار ضعیف هستند و نمی توانند پایداری پروازی خوبی را داشته باشند و ممکن است وزش باد باعث ایجاد مشکل در ماموریت و یا حتی آسیب به مولتی روتور شود (اسفندیاری و خلیل، ۲۰۰۲: ۶۱۶-۶۲۰).

در این مقاله برای سادگی بازوی فریم پهپاد را بصورت دو تیر بصورت صلیبی و جنس آن را فیبر کربن در نظر گرفتیم که بر انتهای هر بازو یک تحریک هارمونیک سینوسی وارد می شود و دوربین را مثل یک جرم متمرکز که با فنر و دمپر به مرکز صلیب وصل شده اشت فرض کرده ایم. (شکل شماره ۱)

همچنین برای مقایسه حالت های مختلف ابتدا در دو فرکانس مختلف ۲,۵(شکل شماره ۲) و ۵(شکل شماره ۳) هرتز بدون دمپر و سپس فرکانس ۵ هرتز با دمپر ۲۰(شکل شماره ۴) بر حسب زمان بررسی شده است.برای جرم متمرکز دوربین نیز یکبار بدون دمپر (شکل شماره ۵)و سپس با دمپر های ۰,۱ (شکل شماره ۶)و ۰,۳ (شکل شماره ۷) بررسی شده است.



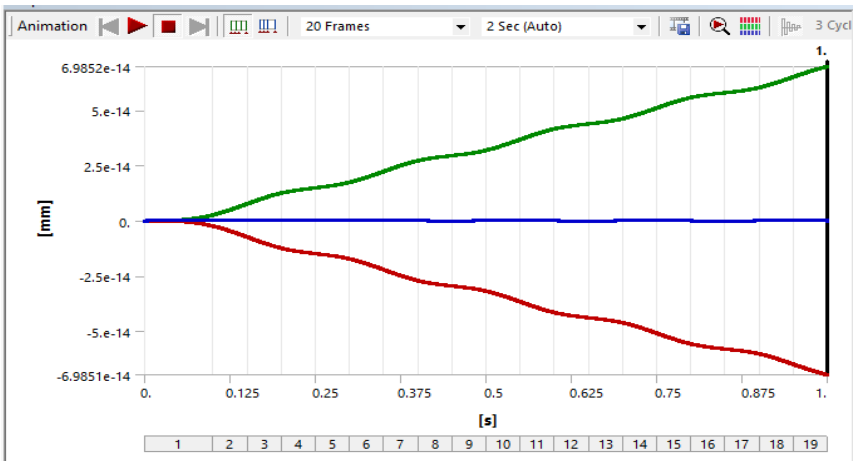
شکل ۱: شبیه سازی مدل پهپاد بصورت تیر و جرم متمرکز

با توجه به وجود انواع مختلف فریم ها در اندازه های مختلف در این مقاله اندازه متوسط در نظر گرفته شده است. در جدول شماره ۱ ویژگی های فریم آمده است.

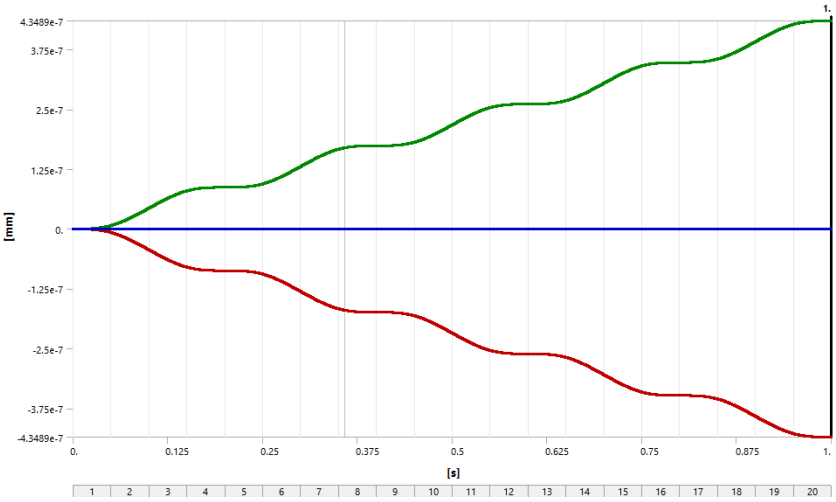
جدول ۱- مشخصات فیزیکی و هندسی فریم

قطر پهپاد	mm ۲۰۰	چگالی	۲۰۰۰
مدول یانگ	Gpa ۲۲۸	وزن دوربین	gr ۵۰۰
ضخامت بازو	mm ۵	طول فنر	mm ۱۵
عرض بازو	mm ۱۲		

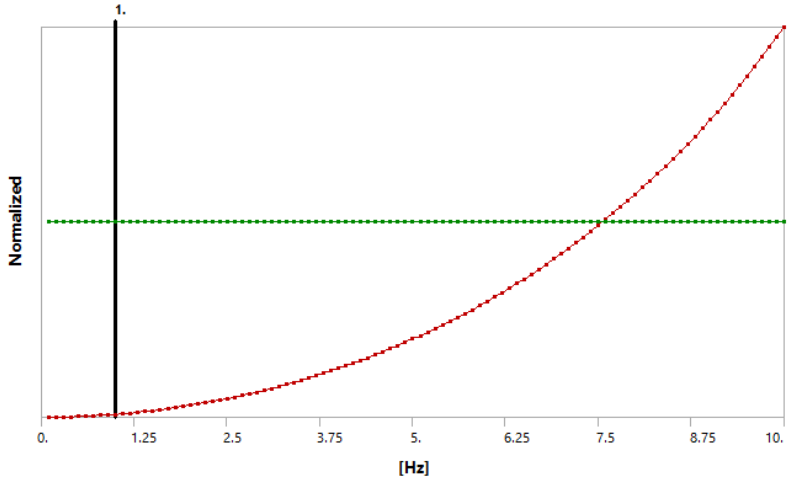
شکل ۲: نمودار جابجایی جسم در فرکانس ۲,۵ هرتز بدون دمپر



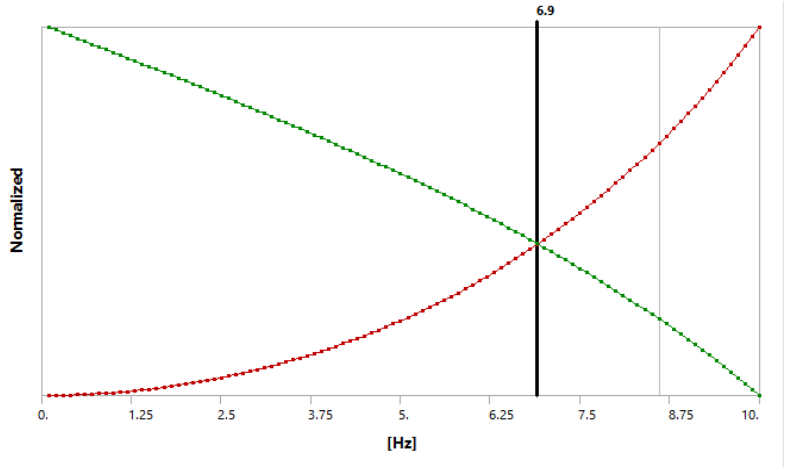
شکل ۳: نمودار جابجایی جسم در فرکانس ۵ هرتز بدون دمپر



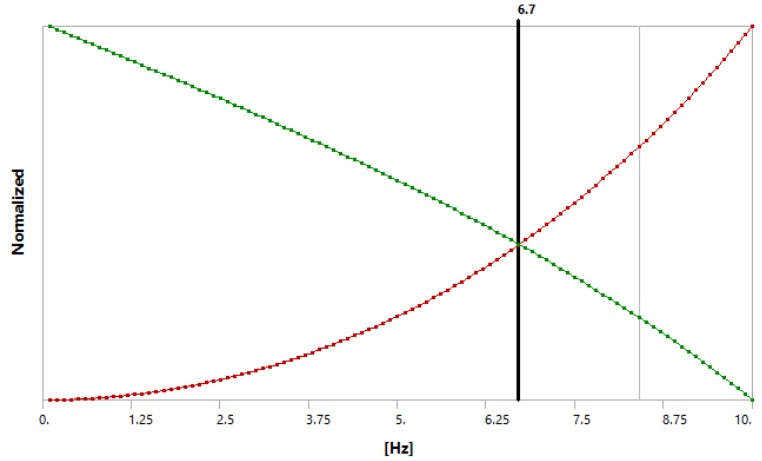
شکل ۴: نمودار جابجایی جسم در فرکانس ۵ هرتز با دمپر



شکل ۵: پاسخ فرکانسی جسم متمرکز بدون دمپر



شکل ۶: پاسخ فرکانسی جسم متمرکز با ضریب استهلاک ۰,۱



شکل ۷: پاسخ فرکانسی جسم متمرکز با ضریب استهلاک ۰,۳

۴- نتیجه‌گیری

لرزش های کمتر از ۳۰ m/s^2 نرمال و معمولی است. لرزش بیستر از ۳۰ m/s^2 ممکن است مشکلاتی را ایجاد کند و مقدار لرزش بالاتر از ۶۰ m/s^2 تقریبا همیشه در مود های پروازی position یا altitude holdمشکل ایجاد می کند.

با بررسی نمودار های بدست آمده در نرم افزار انسیس می توان نتایج زیر را بدست آورد:

۱- با بررسی نمودار شکل های ۲ و ۳ مشاهده می شود که با افزایش فرکانس میزان حداکثر جابجایی کاهش می یابد.

۲- با توجه به نمودار شکل های ۳ و ۴ نتیجه می شود که با اعمال دمپر میزان حداکثر جابجایی کاهش می یابد.

۳- با توجه به نمودار شکل های ۴ و ۵ می توان نتیجه گرفت برای کاهش حداکثر جابجایی نیاز به دمپری با ضریب استهلاک بالا می باشد.

۴- با مقایسه نمودار شکل های ۶ و ۷ مشاهده می شود با افزایش مقدار ضریب استهلاک نقطه برخورد دو نمودار کاهش می یابد.

منابع

۱. سید حسین پورتاکدوست، امیر حسین خدا بخش، (۱۳۹۸) «کنترل ارتعاشات مدل بال پهپاد با استفاده از مواد هوشمند مگنتواستریکتی»، هجدهمین کنفرانس انجمن هوافضای ایران.

2. V. Kimon P., V. George J. (2015) Handbook of Unmanned Aerial Vehicles.
3. S. Jorg, (2022) Isolation of a measurement platform for UAV application.
4. Ch. Kang, H. Park, S. Seo, and D. Kwag. (2024) Design and Experiment of a Passive Vibratiob Isolator for Small Unmanned Aerial Vehicles, Journal of MDPI, 14.
5. M. Verma, V. Lafarga, M. Baron, and Ch. Collette. (2020) Active stabilization of unmanned aerial vehicle imaging platform, Journal of Vibration and Control, 26, pp 1791-1803.
6. Y. Shin, D. Kim, S. Son, J. Ham, and K. Oh,. (2021) Vibration Isolation of a Surveillance System Equipped in a Drone with Mode Decoupling, Journal of MDPI, 11.
7. L. Howard., (2013) Isolating Components from UAV Vibration, World Leader in Miniature UAV Autopilots.
8. J. Lin, X. Guo, Y. Gu, M. Gau, and H. Zhang,. (2020) Research on the effect of vibration of aerial cameras on imaging quality under flight conditions, Materials Science and Engineering Conference, 892.
9. F. Esfandiari, H.K. Khalil,. (2002) Stability analysis of a continuous implementation of variable structure control, Journal of IEEE, pp 616-620.