



دانشکده علوم و فنون نوین
گروه مهندسی مکترونیک

استاتیک و مقاومت مصالح: تمرینات سری #۲

دکتر مهدی طالع ماسوله

مصطفی ساکت

- پست الکترونیکی دریافت کننده: mostafasaket@yahoo.com
- لطفاً در صورت امکان گزارش خود را با لاتکس آماده کنید، ولی گزارش‌های دست‌نویس نیز قابل قبول هستند.
- در تمام سؤاها، جواب را با رسم مدل مکانیزمها با نرم افزار CAD هم به دست آورید و پاسخها را با هم مقایسه کنید.

فهرست مطالب

۳	تمرین #۱
۳	تمرین #۲
۳	تعریف مسئله
۳	پرسش ها
۳	خصوصیات مکانیکی اجزای پنل خورشیدی

تمرین #۱

بوش برنزی شکل ۱ را در نظر بگیرید. با فرض آنکه وزن مخصوص برنز ۰.۳۱۸ پوند بر اینچ مکعب و وزن مخصوص فولاد ۰.۲۸۴ پوند بر اینچ مکعب باشد، مرکز جرم کل جسم و حجم را به دست آورید.

تمرین #۲

تعریف مسئله

یک مدل از پنل خورشیدی ماهواره ای به ابعاد $1.65^m \times 1.9^m \times 1.7^m$ از جنس کامپوزیت-لانه زنبوری در فاز مدار انتقالی تحت شتاب 0.234 متر بر مجذور قرار می گیرد. مرکز جرم ماهواره در مرکز مکعب قرار دارد بر روی این پنل آرایه های خورشیدی به منظور جذب انرژی خورشید و تبدیل آن به انرژی الکتریکی نصب شده اند. این پنل از چهار قسمت اصلی تشکیل شده است.

• یوک

• صفحات نگه دارنده پنل خورشیدی

• ادوات و اجزای مکانیکی مکانیزم پنل خورشیدی

• آرایه های خورشیدی

همان طور که در شکل ۲ مشاهده می کنیم برای افزایش قابلیت اطمینان، پنل ها هم اندازه نمی باشند. ابعاد و اندازه های یوک در شکل ۳ و ابعاد پنل نگه دارنده بزرگتر در شکل ۴ و ابعاد پنل نگه دارنده کوچکتر در شکل ۵ نمایش داده شده است. جرم مجموعه سازه پنل نگه دارنده بزرگتر و کوچکتر از جنس کامپوزیت-لانه زنبوری بوده و برابر ۶.۵ کیلوگرم می باشد. جرم یوک نیز به طور جداگانه ۶.۲ کیلوگرم می باشد. هریک از پنل ها از صفحات ساندویچی متقارن شامل یک هسته لانه زنبوری نومکس^۱ و چهار لایه الیاف کربن اپوکسی در سطح رویی هسته و چهار لایه دیگر از همان جنس در سطح زیرین هسته مانند شکل ۱ و ۹ می باشد. خواص هسته لانه زنبوری نومکس و خواص الیاف کربن اپوکسی به ترتیب در جدول های ۱ و ۲ آمده است.

بخش مکانیزم این سیستم از دو موتور و یک سیستم درایو SADA تشکیل شده است. می توان گفت که سیستم درایو سیستمی می باشد که حرکت چرخشی پنل های خورشیدی را نسبت به بدنه هنگامی که ماهواره در وضعیت ثابتی نسبت به خورشید قرار دارد ایجاد می کند. اطلاعات مربوط به سیستم درایو در جدول ۳ آمده است. نمای رو به رو نمای کناری سیستم درایو نیز به ترتیب در شکل های ۶ و ۷ آمده است.

دو موتور دیگر، یکسان می باشند و برای گسترش پنل استفاده می شوند. دو موتور بین پنل اول و پنل دوم به فاصله یکسان از مرکز پنل ها قرار می گیرند. اطلاعات این دو موتور نیز در جدول ۴ آمده است. همچنین نمای کناری و نمای رو به رو این نوع موتور به ترتیب در شکل های ۸ و ۹ آمده است. و اطلاعات مربوط به این موتور در جدول ۴ آمده است. بر روی سازه پنل خورشیدی، آرایه های خورشیدی به منظور جذب انرژی خورشیدی و تبدیل آن به انرژی الکتریکی نصب می شود. وزن مجموع آرایه های خورشیدی که بر روی پنل خورشیدی نصب می شود برابر ۸.۹ کیلوگرم می باشد.

پرسش ها

• مدل CAD شکل ۲ را ارائه بدهید.

• مرکز جرم شکل های ۲، ۳، ۴ و ۵ را به دست آورید.

• مرکز جرم سیستم پنل را با در نظر گرفتن موتورها بدست آورید.

• ماکزیمم نیروی ممکن وارده بر مفصل ها را با در نظر گرفتن سروو موتورها در سیستم به دست آورید.

• یک انیمیشن از باز و بسته شدن پنل در Solid Works ارائه دهید.

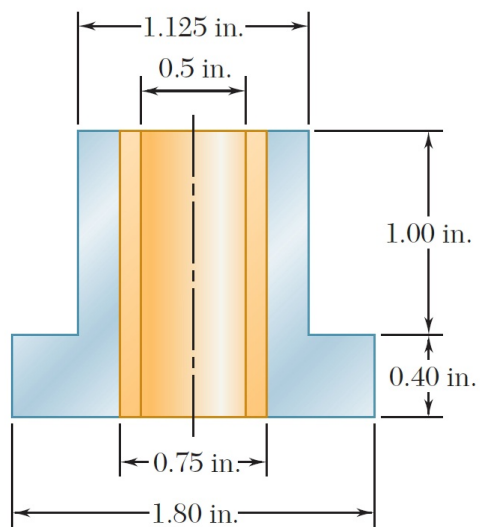
• میزان خیز پنل را به دست آورید. (Strength of Materials)

خصوصیات مکانیکی اجزای پنل خورشیدی

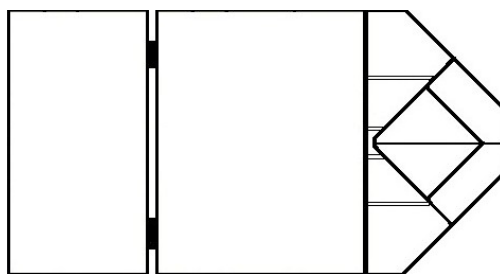
جدول ۱: خواص هسته لانه زنبوری نومکس

Density $\frac{Kg}{mm^3}$	E_x (MPa)	E_y (MPa)	E_z (MPa)	G_{xy} (MPa)	G_{xz} (MPa)	G_{yz} (MPa)	ν
$10^{-8} \times 3.2$	$10^5 \times 3.06$	$10^5 \times 3.06$	۱.۲۸۸	۰.۰۸۹۴	۸۹۶۳۰	$10^5 \times ۱.۸۶۱۶$	۳

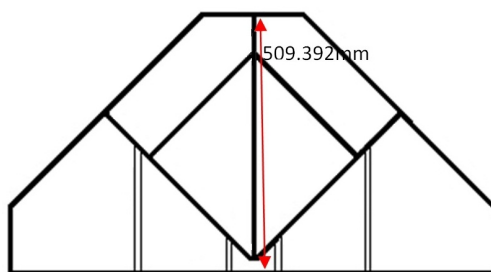
^۱ Nomex Honey Comb



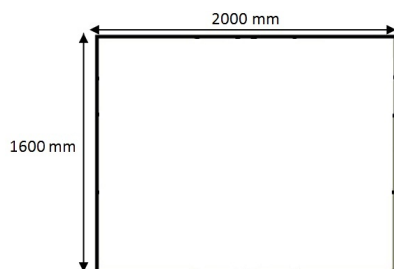
شکل ۱: بوش برنزی



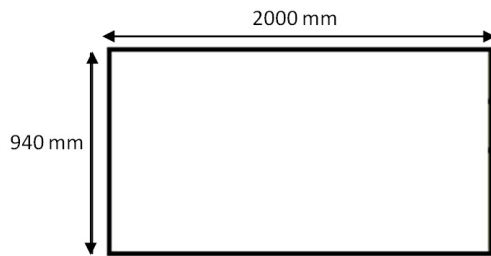
شکل ۲: پنل کامپوزیت-لانه زنبوری



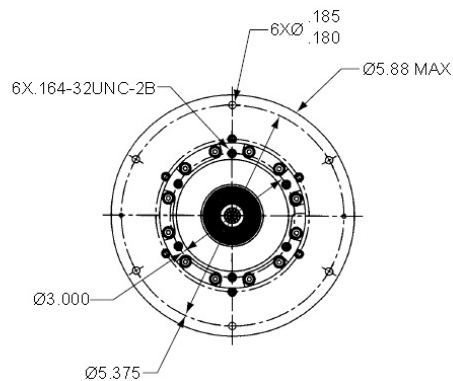
شکل ۳: ابعاد یوک



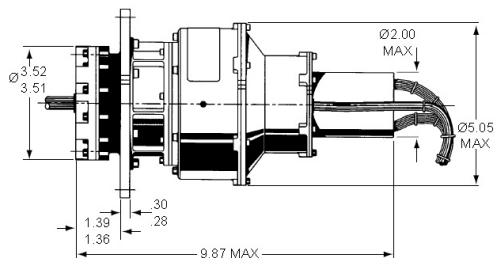
شکل ۴: ابعاد پنل نگه دارنده بزرگتر



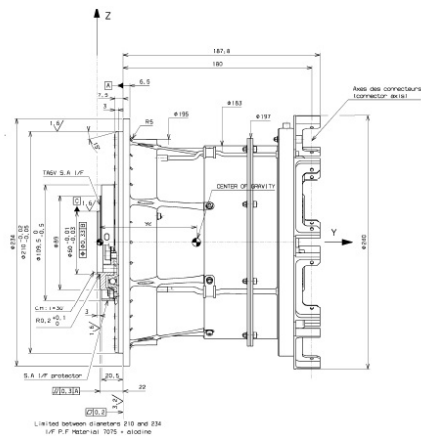
شکل ۵: ابعاد پنل نگه دارنده کوچکتر



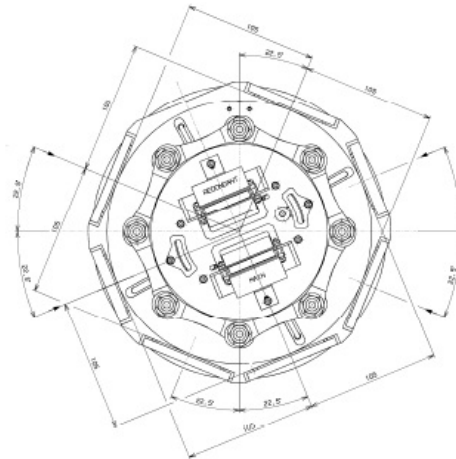
شکل ۶: نمای رو به رو سیستم درایو



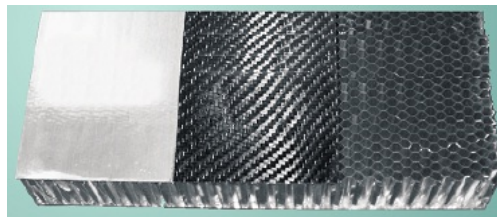
شکل ۷: نمای کناری سیستم درایو



شکل ۸: نمای کناری موتور گسترش پنل



شکل ۹: نمای روب به رو موتور گسترش پتل



شکل ۱۰: صفحات ساندویچی متقارن پتل خورشیدی

جدول ۲: خواص الیاف کربن اپوکسی

Density $\frac{Kg}{mm^3}$	E_x (MPa)	E_y (MPa)	G_{xy} (MPa)	ν_x	ν_y	ν_F
$10^{-6} \times 1.6$	$10^5 \times 1.81$	۱۰۳۰۰	۷۱۷۰	۰.۲۸	۰.۰۱۵۹	۰.۷

جدول ۳: خصوصیات سیستم درایو SADA

SPECIFICATION	UNITS	1	2	3	4	5
Output Step Angle	Degrees	.02	.02	.02	.02	.02
Harmonic Drive Ratio	-	100:1	100:1	100:1	100:1	100:1
Motor Step Angle	Degrees	2	2	2	2	2
Output Torque	lb-in	100	100	100	100	100
	N-m	11	11	11	11	11
Holding Torque Powered	lb-in	80	80	80	80	80
	N-m	9	9	9	9	9
Holding Torque Unpowered	lb-in	40	40	40	40	40
	N-m	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Total Assembly Weight	lb	5	6.6	5.3	5	6
	kg	2.27	3.0	2.40	2.27	2.72

جدول ۴: خصوصیات موتور گسترش پتل

Stiffness	Axial Stiffness(K_y)	$5.6 \times 10^7 \frac{N}{m}$				
	Shear Stiffness(K_{xz})	$3.1 \times 10^7 \frac{N}{m}$				
	Torsion Angular($K_{\theta z}$)	$8400 \frac{Nm}{rad}$				
	Bending Angular($K_{\theta xz}$)	$5.6 \times 10^7 \frac{N}{m}$				
Combined Loads (Worst Cases)	Axial Loads (F_y)	1250 N	200 N	-	2225 N	2225 N
	Radial Loads (F_{xz})	1200 N	500 N	200 N	4500 N	-
	Bending Moment (M_{xz})	120 Nm	500 Nm	630 Nm	-	450 Nm
Delivered torque	SA holding torque with motor unpowered	up to 7 Nm				
	SA holding torque with motor powered	≥ 70 Nm				
	SA Driving Torque (Motor Powered)	up to 35 Nm				
	Limit for repeated peak torque	64 Nm (star and stop)				
	Limit for momentary peak torque	78 Nm (exceptional peak torque)				