

ساخت و ارزیابی دستگاه تراز لیزر دوار با قابلیت

جذب نوسانات محیطی

مسعود تیموری^۱، مهدی خداویردی زاده^۲

چکیده

در این مقاله یک سیستم تراز یاب لیزری دوار با قابلیت جذب نوسانات ناخواسته معرفی شده است. این دستگاه می تواند یک سطح تراز با استفاده از پرتو لیزر در محیط ایجاد کند که از آن می توان در فعالیتهای عمرانی از جمله ایجاد خطوط مرجع افقی، انتقال کد ارتفاعی یک نقطه (سطح تراز) به دیگر نقاط و تعیین اختلاف سطوح استفاده نمود. ایده بکار رفته جهت میرا نمودن نوسانات ناخواسته در دستگاه، استفاده از شیلنگ نوسانگیر بجای بازوی صلب می باشد. لیزر دیودی بکار رفته در دستگاه دارای طول موج ۶۵۰ نانومتر با توان ۵ میلی وات بوده و جهت چرخش از موتور DC ۱۲ ولت با سرعت چرخش قابل تنظیم از ۳۰۰ تا ۶۰۰ دور در دقیقه استفاده شده است. پرتو لیزری دارای برد مفید حداقل ۱۰۰ متر می باشد. دستگاه ساخته شده در محیط های سرپوشیده و روباز مورد تست و بررسی قرار گرفته و نتایج بدست آمده نشان می دهد که این سیستم می تواند سطح افقی با دقت یک سانتی متر در برد ۱۰۰ متر ایجاد کند.

واژه های کلیدی: آونگ، تراز یاب لیزری، لیزر دیودی

۱- مقدمه

واقع هدف از بکار بردن این تجهیزات جدید می توان به مواردی همچون: به حداقل رساندن خطای انسانی، افزایش چشمگیر سرعت کار، دقت عملیات، اجتناب از دوباره کاری و مصرف بی مورد مصالح ساختمانی، کاهش هزینه های اجرا و نیروی انسانی اشاره کرد. یکی از ابزارهایی که در این زمینه کاربرد کاملاً مناسبی از لحاظ دقت و سهولت کار دارد، استفاده از سیستم های اپتیکی و لیزری می باشد. پرتو لیزر به علت دارا بودن خواص همدموسی طولی و فضایی مناسب دارای دقت بسیار بالا در فواصل دور می باشد [۴]. امروزه می توان با استفاده از سامانه های لیزری دقت و سرعت کار را در فعالیتهای عمرانی ارتقاء نمود. [۵]

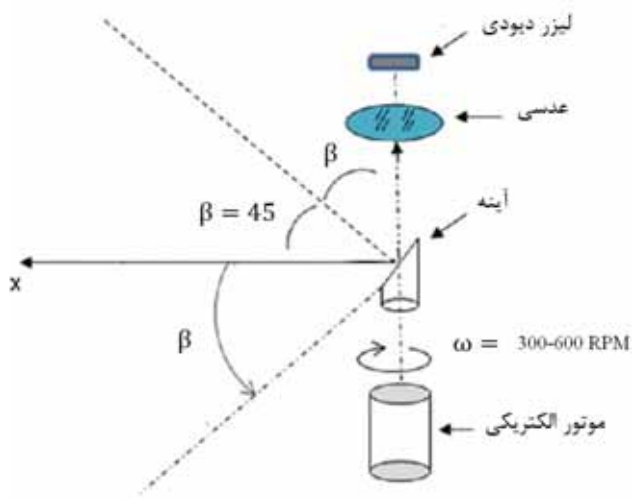
اساس کارکرد تراز یاب های لیزری دوار بر پایه انتشار پرتو لیزری کاملاً مسطح حول محور اصلی، بصورت دایره

طرحهای مهندسی و عمرانی به واسطه دقت و یا وسعت کار معمولاً به نقشه برداری دقیق وابسته می باشند. ایجاد شیب مناسب در طرحها و فعالیتهای عمرانی کاربرد بسیار وسیعی دارد که از جمله می توان به جاده و راهسازی، محوطه سازی، ساختمان سازی، پل ، سد، تونل سازی و آماده کردن زمینهای کشاورزی با شیب مناسب جهت آبیاری بهینه اشاره نمود [۱-۳]. برای پیاده سازی شیب مورد نظر و یا عملیات تسطیح در اجرای طرح ها باید از تجهیزاتی استفاده کرد که دارای دقت بالا باشند، یکی از این ابزارها تراز یابهای لیزری می باشد. در

۱ گروه مهندسی برق دانشگاه صنعتی ارومیه، ارومیه

1- m.teymouri@uut.ac.ir

2-m.khodaverdi@uut.ac.ir



شکل ۱: ساختار سیستم لیزر دوار

۳- طراحی و ساخت دستگاه

جهت پیاده سازی تراز لیزری دوار بر اساس شکل ۱، فریمی مورد نیاز می باشد که بتواند قطعات را در وضعیت مناسب آزمایش قرار دهد، همچنین برای هم راستا نمودن شفت موتور کافیتست از سامانه آونگ مکانیکی استفاده نمود. در این صورت کل المانهای سیستم بر روی محور آونگ قرار گرفته و از آنجاییکه آونگ همواره در راستای شعاع زمین قرار می گیرد، محور موتور و پرتو لیزر نیز در راستای شعاع زمین خواهد بود. نمای انفجاری و حقیقی دستگاه ساخته شده در شکل های ۲ و ۳ مشاهده می گردد.

کامل ۳۶۰ درجه می باشد. از این خاصیت می توان جهت تعیین اختلاف سطوح، انتقال کد ارتفاعی یک نقطه (سطح تراز) به دیگر نقاط، کنترل صفحه تراز نقاط و... استفاده نمود. همچنین با استفاده از سامانه گیرنده های مخصوص ماشین آلات عمرانی و با اتصال آن به بازوی بیل مکانیکی، لودر، اسکریپر و ... انجام کلیه عملیات تسطیح، خاکبرداری، گود برداری، محوطه سازی و غیره در کوتاه ترین زمان ممکن و با بالاترین دقت امکان پذیر است.

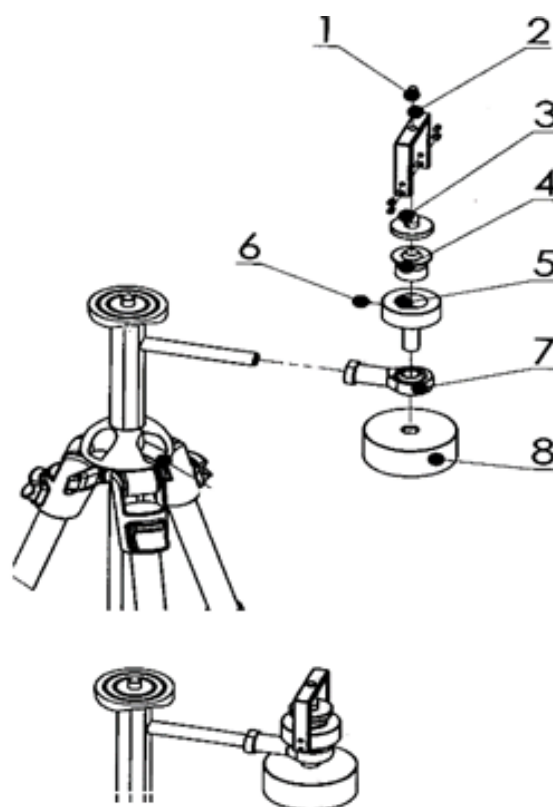
در این مقاله هدف طراحی و ساخت یک سامانه تراز لیزری دوار با قابلیت جذب نوسانات ناخواسته می باشد. در این مقاله هدف طراحی و ساخت یک سامانه تراز لیزری دوار می باشد که توضیح آن در بخشهای بعد آورده شده است. یکی از کاربردهای دستگاه ساخته شده جهت ایجاد سطح تراز لیزری با شیب بندی مورد نظر می باشد.

۲- سامانه رایج تراز لیزری دوار

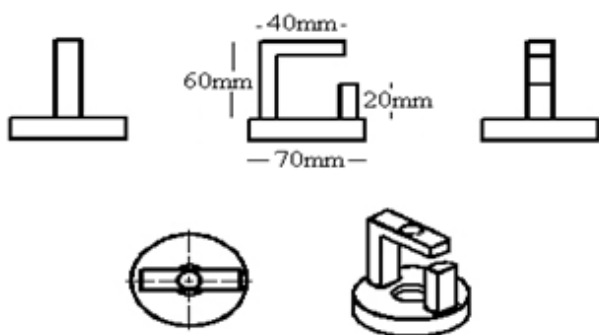
اساس عملکرد یک سامانه رایج تراز لیزری دوار مطابق شکل ۱ می باشد. که پرتو لیزر توسط آینه متصل به شفت موتور DC بگونه ای بازتابیده می شود که یک باریکه لیزری را در فضا ایجاد می کند. حال با چرخش موتور که باعث دوران آینه حول شفت موتور می شود این پرتو لیزری یک سطح دایره ای را در فضا جاروب می نماید، بطوریکه در سرعت های بالا از دید انسان این خط پرتو بصورت یک سطح پیوسته دیده می شود. برای پیاده سازی سامانه باید لیزر دیودی، لنز موازی ساز و شفت موتور در یک راستا بوده و جهت جلوگیری از خطا در بازتابش، از یک آینه جلو بازتابنده استفاده شود. زاویه سطح آینه با شفت موتور β ، زاویه سطح تراز با سطح افق را مشخص می کند. بطوریکه اگر $\beta=45$ انتخاب گردد سطح لیزری ایجاد شده موازی با سطح افق خواهد بود.



شکل ۳: نمای حقیقی دستگاه با آونگ جاذب نوسانات



شکل ۲: نمای انفجاری و اسمبل شده



شکل ۴: نگهدارنده دیود لیزری از نمای مختلف

۱-۳. اجزای تشکیل دهنده دستگاه

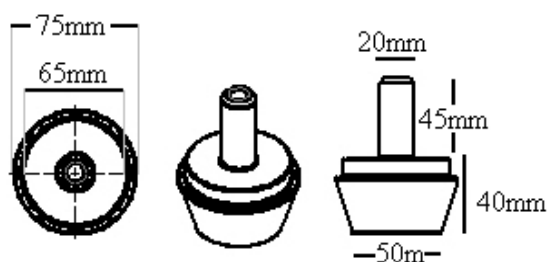
نمای انفجاری و اسمبل شده در شکل ۳ آورده شده و همانطوریکه مشاهده می‌گردد دستگاه از المانهای مختلفی تشکیل یافته که جزئیات آن بترتیب شماره گذاری به شرح زیر می‌باشد.

۱-۱-۳. نگهدارنده دیود لیزری و عدسی محدب:

همانطوریکه در شکل ۱ مشاهده می‌گردد جهت نگهداری لیزر دیودی و عدسی، قطعه ای بصورت شکل ۴ طراحی شده است. این قطعه در شکل ۲ با شماره های ۱ و ۲ قابل مشاهده می‌باشد.

۳-۱-۲. نگهدارنده موتور:

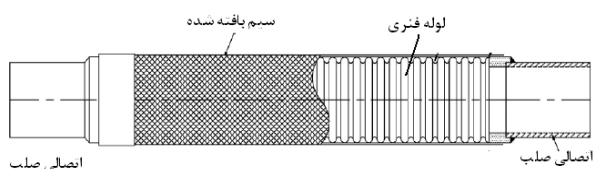
بدلیل اینکه محور موتور باید با محور آونگ هم راستا شود لذا نگهدارنده موتور مطابق شکل ۵ بگونه ای طراحی شده است که در امتداد محور قرار گیرد. این



شکل ۷: آونگ از نمای مختلف

۴- نوسانگیر دو بعدی

در هنگام استفاده از دستگاه عوامل خارجی ممکن است باعث ایجاد نوسانات ناخواسته در آونگ شده و منجر به برهم خوردگی سطح تراز لیزری گردد. این نوسانات ناخواسته باعث تولید خطا در سطح تراز شده، لذا از یک روش جدید برای جذب سریع نوسانات و تسریع در پایدار کردن آونگ استفاده گردیده است. در این روش بجای استفاده از یک بازوی صلب فلزی از یک شیلنگ جاذب استفاده شده، که تصویر آن در شکل ۸ آورده شده است.

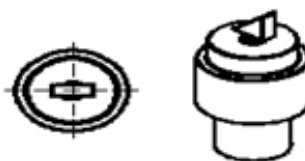
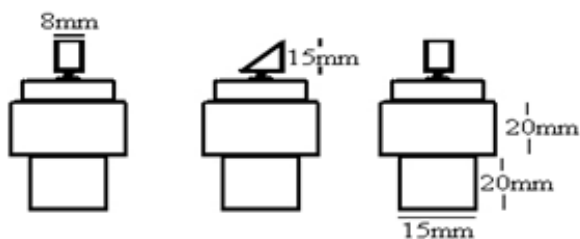


شکل ۸: ساختار کلی شیلنگ نوسانگیر

۵- نتایج و بحث

این سیستم بعد از طراحی اولیه مکانیکی در محیط نرم افزاری SolidWorks و شبیه سازی مدارات آن در محیط Pspice، ساخته شده و مشخصات کلی دستگاه در جدول ۱ آورده شده است. همانطوریکه در جدول مشاهده می شود با استفاده از دیود لیزری ۵ میلی وات

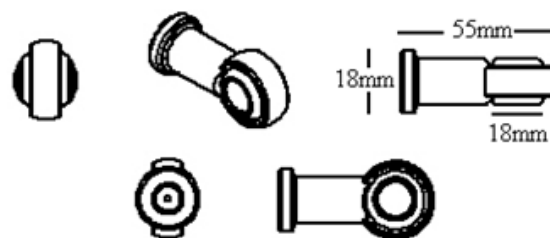
قطعه در شکل ۲ با شماره های ۳، ۴ و ۵ قابل مشاهده می باشد.



شکل ۵: نگهدارنده موتور از نمای مختلف

۳-۱-۳. چشمی گردان:

برای اینکه سیستم بتواند آزادانه حرکت نماید، کل سیستم از طریق یک گوی کاسه مطابق شکل ۶ به پایه متصل می گردد. این قطعه در شکل ۲ با شماره ۷ قابل مشاهده می باشد.



شکل ۶: چشمی گردان نمای مختلف

۴-۱-۳. آونگ:

کلیه اجزای سیستم زمانی عمود بر راستای افق قرار می گیرد که توسط یک وزنه ای به تعادل برسد، وزنه مورد استفاده در این سیستم بصورت شکل ۷ طراحی شده و این قطعه در شکل ۲ با شماره ۸ قابل مشاهده می باشد.

با استفاده از رابطه (۱)، در حالی که دستگاه با سرعت 600 RPM در حال دوران می‌باشد. برای آزمایش دقت دستگاه و بررسی شعاع عملیات مفید آن از یک توان سنچ با دقت بالا (با قابلیت اندازه‌گیری توان در حد میکرووات) استفاده گردیده که توان پرتو لیزری را در فاصله‌های مختلف اندازه‌گیری نماید. نحوه اندازه‌گیری توان پرتو لیزر دوار از فاصله یک متری در شکل ۱۰ نشان داده شده است. دستگاه ساخته شده در محیط‌های سرپوشیده و رو باز بصورت عملی تست گردیده است.



شکل ۱۰: نمونه اندازه‌گیری توان لیزر

نحوه تغییرات توان لیزر دیودی در فواصل مختلف در شرایط ثابت (بدون چرخش پرتو لیزر) در شکل ۱۱ نشان داده شده است. نتایج بدست آمده از آزمایش تجربی نشان می‌دهد به علت افزایش فاصله و وجود واگرایی در پرتو لیزر دیودی، با افزایش شعاع عملیات، توان ثبت شده توسط توان سنچ بصورت خطی کاهش یافته و در فاصله 100 متری توان 2 میلی‌وات را دریافت می‌نماید. این عامل باعث محدودیت برد مفید و تعیین شعاع عملکرد مناسب دستگاه می‌شود. می‌توان نتیجه گرفت برد مفید دستگاه حداقل 100 متر با دقت 10 میلی‌متر خواهد بود.

به برد مطلوب 100 متر با دقت 10 میلی‌متر می‌توان دست یافت.

جدول ۱: مشخصات دستگاه

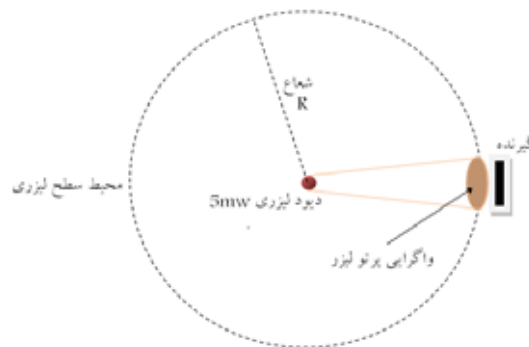
650 nm, 5mw	دیود لیزر
12 v DC, 5400 RPM	موتور الکتریکی
100 m	شعاع عملیات
300-600 RPM	سرعت چرخش
10 mm @100 m	دقت تراز

نور لیزر دیودی [۶]، پس از طی مسیر مقداری واگرا شده و بنابراین توان نور لیزر دریافتی توسط گیرنده کاهش می‌یابد و به طبع آن برد مفید دستگاه محدود می‌گردد. همچنین بدلیل چرخش دستگاه (شکل ۱۰) علاوه بر توان لحظه‌ای باید توان متوسط دریافت شده توسط گیرنده نیز محاسبه گردد.

(۱)

$$P_{av} = \frac{1}{T} \int_0^{t_0} P(t) dt = \frac{P_0 t_0}{T}$$

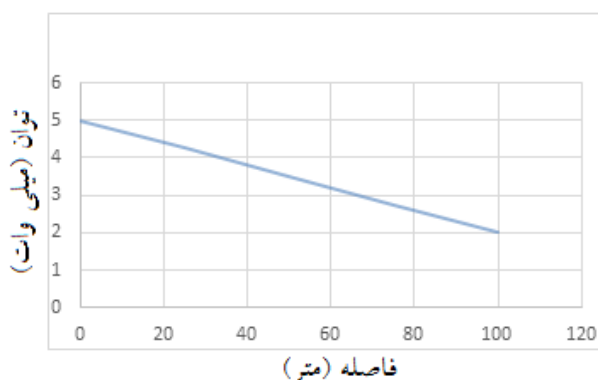
در رابطه (۱)، P_{av} توان متوسط بر روی توان سنچ یا گیرنده، $P(t)$ توان لحظه‌ای دریافت شده توسط گیرنده، P_0 ماکزیمم توان لیزر بر روی گیرنده، T دوره تناوب چرخش و t_0 مدت زمان عبور پرتو لیزر دوار از مقابل گیرنده می‌باشد.



شکل ۹: نمای سطح لیزری

۷- مرجع ها

- [1] Larson, N, Sekhri, S, Sidhu, R. "Adoption of water-saving technology in agriculture: The case of laser levelers". Water Resources and Economics. 2016.
- [۲] طاحونی، ش. چاپ هشتم، "طراحی پل (پل های بتن مسلح، فولادی و پیش تنیده)". انتشارات دانشگاه تهران. ۱۳۸۷.
- [۳] ازهری، م، میر قادری، س، ر. چاپ پنجم، "طراحی سازه های فولادی"، انتشارات ارکان دانش. ۱۳۹۲.
- [4] Silfvast, W.T. "Laser fundamentals". Cambridge University press. 2003.
- [۵] ذوالفقاری، م. چاپ بیست و یکم، "نقشه برداری"، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۴.
- [6] Sun, H. "A Practical Guide to Handling Laser Diode Beams". Springer. 2015.



شکل ۱۱: نمودار توان متوسط اندازه گیری

۶- نتیجه گیری

در این مقاله هدف طراحی و ساخت یک دستگاه تراز لیزری دوار دو بعدی با قابلیت میرا نمودن سریع ارتعاشات محیطی بوده است. این سیستم بعد از طراحی اولیه مکانیکی در محیط نرم افزاری SolidWorks و طراحی الکترونیکی در محیط Pspice ساخته شده و در فواصل مختلف مورد آزمایش و تست قرار گرفته و نتایج بدست آمده نشان می دهد توان متوسط در فاصله ۱۰۰ متری، ۲ میلی وات بوده و در صورت اینکه گیرنده پرتو لیزری توانایی شناسایی توان حداقل ۱ میلی وات را داشته باشد، می توان نتیجه گرفت برد مفید دستگاه حداقل ۱۰۰ متر با دقت ۱۰ میلیمتر خواهد بود.