بررسی ساختار و عملکرد حسگرهای نوری

رامین عبدلی[۱]، آزاد رحیمی[۲]

[۱]دانشجوی کارشناسی گروه مهندسی برق، دانشکده فنی و حرفه‌ای یزدان پناه سنندج Abdoliramin51@gmail.com

[۲]هیئت علمی، دپارتمان مهندسی برق دانشگاه فنی و حرفه ای کردستان، ایران Azad2705@Gmail.com

چکیده: حس‌گرها در بسیاری از دستگاه‌های اندازه‌گیری وجود دارند. درواقع وظیفه اصلی حس‌گرها تبدیل یک کمیت فیزیکی به یک سیگنال الکتریکی است. حس‌گرها نقش بسزایی در مهندسی کنترل ایفا می‌کنند. این حس‌گرها انواع مختلفی دارند که بسته به نیاز مهندسین تغییر می‌کنند. حس‌گرها ابزارهایی هستند که به‌اندازه گیری کمیت‌های فیزیکی می‌پردازند که این موضوع رابطه ابزار دقیق و مهندسی برق را پیش از گذشته تحت تأثیر خود قرار می‌دهد؛ زیرا با اندازه‌گیری صحیح می‌توان کنترلی دقیق از پروسه‌ها را داشت و نتیجه‌ای مؤثر در صنعت را مشاهده کرد. حس‌گر نوری یکی از مهم‌ترین حس‌گرهایی است که به‌طور گسترده در صنعت، زیست پزشکی و محیط‌زیست و غیره برای اندازه‌گیری، نظارت و کنترل کاربرد دارند.

کلیدواژه‌ها: *حسگر نوری، پرتو نوری، حسگر نوری رفلکتوری*

۱- مقدمه

حس‌گر نوری، نوعی دیگر از حس‌گرهای مجاورتی می‌باشند که بر اساس ارسال و دریافت نور مدوله‌شده کار می‌کنند. نور مدوله‌شده پالس‌هایی با فرکانسی مابین ۳۰-۵ کیلوهرتز است و استفاده از نور مدوله‌شده سبب بالا رفتن رنج تشخیص حس‌گر و همچنین پایین آمدن اثر نور محیط بر روی حس‌گر می‌شود، این نورمی تواند در طیف نور مرئی سبز تا نور نامرئی مادون‌قرمز باشد. البته بیشتر در ساخت حس‌گرهای نوری از نور مادون‌قرمز با طول‌موج ۸۸۰ میلی‌متر استفاده می‌شود، علت این امر تداخل کم‌نور مادون‌قرمز با نور محیط و بالا رفتن فاصله سوئیچینگ حس‌گر است. بر روی حس‌گرهای نوری یک پتانسیومتر به‌منظور تنظیم حساسیت حس‌گر نصب می‌شو[۲].

حس‌گرهای نوری توانایی تشخیص جنبه‌های فیزیکی مختلفی رادارند. از سنجش یک بطری در حال حرکت بر روی نوار نقاله گرفته تا سنجش و مراقبت کردن از ربات‌های میلیون دلاری که قطعات مختلف را بلند کرده و درون یک خودرو قرار می‌دهند. تصور کردن دنیا بدون حس‌گرهای نوری بسیار دشوار است؛ بدون این حس‌گرها همچون افراد نابینا در دنیای اتوماسیون صنعتی و کارخانه‌ها هستیم. در این مقاله ابتدا به سراغ ساختار حس‌گرهای نوری و مزیت‌ها و معایب آن‌ها می‌رویم. سپس نگاهی گذرا به طراحی ساختار درونی این حس‌گرها می‌اندازیم.

ویژگی‌های حس‌گر نوری

- نیازی به تماس با اشیاء ندارند.
- توانایی تشخیص اجسام از فواصل دور رادارند.
- دیرتر خراب‌شده و دوام طولانی دارند.
- سرعت پاسخ‌دهی بالایی دارند (مثلاً کمتر از یک میلی‌ثانیه).
- توانایی تشخصی اشیاء و مواد مختلف رادارند.

این چند مورد فقط بخشی از ویژگی‌های اصلی حس‌گرهای نوری است. این حس‌گرها از پرفروش‌ترین تجهیزات صنعتی در شرکت‌های معتبر هستند.

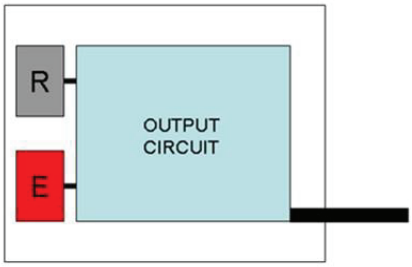
۲- طراحی و ساختار حس‌گر نور

۲-۱- نمای داخلی

I فرستنده [۱]

II گیرنده [۲]

III مدار خروجی



شکل ۱ نمای داخلی حسگر نوری

۲-۲- فرستنده[۳]

امروزه حس‌گرهای نوری با دیودهای ساطع کننده نور کار می‌کنند. نوری که از حس‌گر فرستاده می‌شود از نوع داده‌های قطار پالسی است. استفاده از این الگوریتم پالسی مشخص، به حس‌گر این امکان را می‌دهد که بین نور ارسالی از حس‌گر و نورهای محیطی مانند نور خورشید تمایز قائل شود. رایج‌ترین دیودهای ساطع کننده نور که در صنعت و حس‌گرها به‌کاربرده می‌شوند عبارت‌اند از دیود نورانی قرمز، دیود مادون‌قرمز (نور نامرئی) و دیود لیزری. همچنین برای بعضی از کاربردهای خاص از دیودهای سبز یا سفید استفاده می‌شود.

۲-۳- گیرنده

گیرنده‌ی یک حس‌گر معمولاً از نوع ترانزیستوری است. گیرنده می‌تواند نور را تشخیص داده و به یک سیگنال آنالوگ کوچک تبدیل کند. امروزه اغلب حس‌گرهای نوری از یک مدار مجتمعی که ASIC نامیده می‌شود، استفاده می‌کنند. جایی که عناصر موردنیاز، تقویت‌کنندگی، پردازش و عملکرد حس‌گرها به‌صورت مجتمع بر روی یک تراشه نیمه‌هادی قرارگرفته‌اند. آخرین نسخه‌های حس‌گرهای نوری شرکت امرن به این شیوه تولید می‌شوند. برای تشخیص عبور اجسام و احساس کردن اجسام توسط حس‌گر نوری، روش‌های مختلفی وجود دارد. گیرنده ممکن است عبور یک شیء را به‌صورت مستقیم و قطع شدن سیگنال دریافتی از امیتر تشخیص دهد (حس‌گر نوری دوطرفه) یا اینکه با بازتاب نور از اجسام، عبور آن‌ها را تشخیص دهد (حس‌گر نوری یک‌طرفه). در بخش بعدی همه‌ی حالت‌های کاری حس‌گرهای نوری را بررسی خواهیم کرد.

۲-۴- بخش خروجی

مدار خروجی سیگنال آنالوگ دریافتی از گیرنده (مدار ASIC درون گیرنده) را به یک سیگنال ON/OFF تقویت‌شده تبدیل می‌کند تا بتوانیم از این سیگنال تقویت‌شده در شمارنده‌ها و تایمرها یا کاربردهای دیگر استفاده کنیم. اگرچه هنوز هم طراحی‌های قدیمی که با منبع تغذیه و رله‌های خروجی ساخته می‌شدند، رایج‌تر هستند اما امروزه در حس‌گرهای نوری از ترانزیستورهای NPN و PNP در خروجی‌شان استفاده می‌شود. همچنین برخی از حس‌گرها این قابلیت رادارند که سیگنال آنالوگی را برای برخی کاربردها و نیازهایمان تولید کنند.

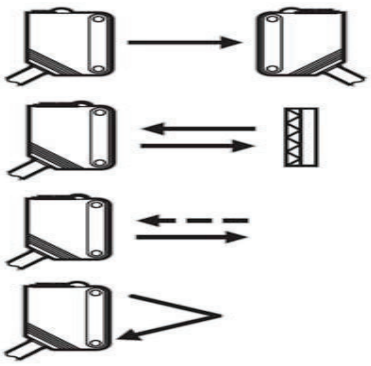
۳- شرایط کاری

۳-۱- انواع حس‌گر

در این بخش بر روی ۴ حالت کاری اصلی حس‌گرهای نوری تمرکز می‌کنیم.

- حس‌گر نوری دوطرفه
- حس‌گر نوری آینه‌ای
- حس‌گر نوری یک‌طرفه
- حس‌گرهای نوری یک‌طرفه

نوعی خاص از در این بخش با جزئیات بیشتر به بررسی این چهار حالت پرداخته و بررسی اجمالی پیرامون مزیت‌ها و معایب هر حالت و کاربرد هر حالت، خواهیم داشت.



[۱] Emitter

[۲] Receiver

[۳] Light emitter

.شکل ۲ نحوه کارکرد انواع حسگر نوری

۳-۱-۱- حس‌گرهای نوری دوطرفه

حس‌گر نوری دوطرفه بر اساس ارسال نور مدوله‌شده در قسمت فرستنده و دریافت این نور توسط گیرند ای که در مقابل فرستنده نصب می‌شود، عمل می‌نماید. در این نوع حس‌گر فرستنده و گیرنده مجزا از یکدیگر می‌باشند و نور مدوله‌شده توسط فرستنده ارسال می‌شود و گیرنده‌ای که در مقابل فرستنده نصب‌شده است این نور را دریافت می‌کند و درصورتی‌که مابین فرستنده و گیرنده مانعی قرار گیرد دیگر نور توسط گیرنده دریافت نمی‌شوند درنتیجه حس‌گر وجود مانع را تشخیص داده و خروجی حس‌گر تغییر وضعیت می‌دهد. حس‌گر نوری دوطرفه بیشترین فاصله سوئیچینگ را در بین انواع حس‌گرهای نوری دارد، فاصله سوئیچینگ این حس‌گر در برخی موارد به بیش از ۱۰۰ متر نیز می‌رسد.

۳-۱-۲- ویژگی‌ها:

توانایی تشخیص در فواصل زیاد و حافظه‌ی بالا (مثلاً مدل E3Z-T82شرکت امرن، توانایی تشخیص تا فاصله‌ی ۳۰ متر را دارد).

تشخیص موقعیت دقیق اشیاء

قابل‌اعتماد بودن و خطای بسیار ناچیز (تشخیص تمامی اشیاء به‌جز اجسام بسیار شفاف امکان‌پذیر است)

۳-۱-۳- معایب:

- زمان زیاد برای تنظیم کردن و به کار انداختن
- نیاز به دو کابل اتصال (نصب و سیم‌کشی طولانی‌تر)

هزینه بیشتر

۳-۱-۴- کاربردها

گیت‌های ورودی. معمولاً در گیت‌های ورودی شیشه‌های خاکستری یا بی‌رنگ وجود دارد. برای تشخیص عبور افراد در این شیشه‌ها بایستی از حس‌گرهای باقدرت تشخیص بالا استفاده کرد.

محیط‌های سخت، جاهایی که به حس‌گرهای با حافظه بالا و ذخیره‌سازی قوی نیاز است مانند کارواش‌ها و محیط‌های آلوده.

در اتوماسیون کارخانه‌ها، به‌خصوص مواقعی که جاگذاری دقیق اشیاء نیاز است.

۳-۱-۵- حس‌گرهای نوری رفلکتوری

حس‌گر نوری رفلکتوری بر اساس نور مدوله‌شده و دریافت انعکاس این نور از رفلکتور عمل می‌کند. در این حس‌گر بخش فرستنده و گیرنده در کنار یکدیگر در داخل یک کیس نصب می‌شوند و نور مدوله‌شده در فضا منتشر می‌شود، در روبروی حس‌گر یک رفلکتور نصب می‌گردد و با برخورد این نور به رفلکتور نور تحت زاویه‌ای معین به‌صورت یک خط مستقیم به سمت گیرنده حس‌گر انعکاس داده می‌شود، درصورتی‌که یک مانع در مسیر انعکاس این نور قرار گیرد، دیگر امکان دریافت این نور توسط گیرنده فراهم نیست درنتیجه حس‌گر وجود مانع را تشخیص داده و خروجی حس‌گر تغییر وضعیت می‌دهد. حس‌گر نوری رفلکتوری فاصله سوئیچینگ بیشتری نسبت به حس‌گر نوری یک‌طرفه دارد اما فاصله سوئیچینگ آن کمتر از حس‌گر نوری دوطرفه است. به‌طورمعمول فاصله سوئیچینگ این حس‌گر حدود ۱۰ متر است.

۳-۱-۶- کاربردها

حس‌گرهای نوری آینه‌ای، پرکاربردترین حس‌گرهای نوری‌ای هستند که در اتوماسیون کارخانه استفاده می‌شوند.

- نوار نقاله‌ها
- اتوماسیون کارخانه‌ها
- تشخیص بطری‌های خالی و شفاف
- گیت‌ها و درهای ورودی (در ساختمان‌سازی‌ها)

۳-۱-۷- حس‌گرهای نوری یک‌طرفه

حس‌گرهای نوری یک‌طرفه بر اساس ارسال نور مدوله‌شده و دریافت بازتابش این نور از سطوح مختلف کار می‌کنند. در این حس‌گر بخش فرستنده و گیرنده در کنار یکدیگر در داخل یک کیس نصب می‌شوند. در حس‌گر نوری یک‌طرفه، نور مدوله‌شده توسط فرستنده به‌طور مستقیم در فضا پخش می‌شود، درصورتی‌که این نور به مانعی برخورد کند به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم منعکس می‌شود که میزان انعکاس این نور بستگی به رنگ، نوع سطح، حجم و زاویه مانع دارد. انعکاس سطوح روشن و صیقلی بیش از سطوح تیره و غیر صیقلی بوده، نور انعکاس یافته توسط گیرنده این حس‌گر دریافت و درصورتی‌که میزان این نور به حد کافی باشد خروجی تغییر وضعیت می‌دهد. دقت شود که فاصله سوئیچینگ این نوع حس‌گر بستگی به میزان انعکاس نور مدوله‌شده دارد لذا سطوح روشن و صیقلی از فاصله دوری قابل‌تشخیص می‌باشند. فاصله سوئیچینگ این حس‌گر بر اساس

مقوای سفید با سطح صاف بیان می‌شود و برای محاسبه فاصله سوئیچینگ برای سایر اجسام می‌توان از ضریب تصحیح استفاده کرد.

همان‌طور که بیان شد رنگ اجسام در تشخیص آن‌ها بسیار مؤثر است، به‌طورکلی حس‌گرهای نوری یک‌طرفه قادر به تشخیص این اجسام روشن با سطح بازتابش صیقلی مانند اجسام زیر می‌باشند:

- مقوا بارنگ‌های روشن
- پارچه بارنگ‌های روشن
- شیشه‌های روشن
- پلاستیک‌های روشن

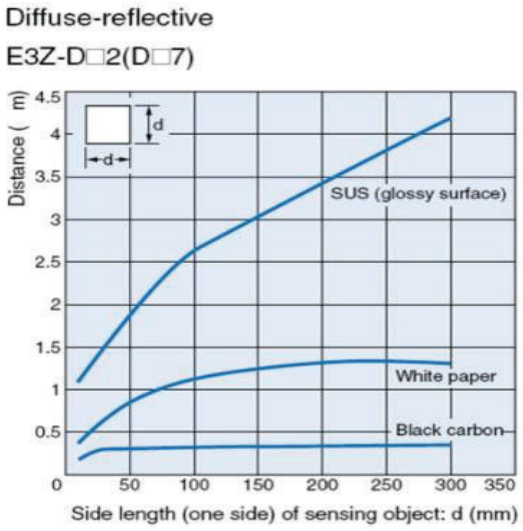
دقت شود که این نوع حس‌گر قادر به تشخیص پلاستیک‌های مات سیاه، لاستیک‌های سیاه و پارچه‌های تیره نیست و برای تشخیص این اجسام می‌توان از دو نوع دیگر حس‌گر نوری (رفلکتوری و دوطرفه) استفاده کرد، البته این اجسام را می‌توان توسط حس‌گرهای خازنی و اولتراسونیک هم تشخیص داد. برای نصب حس‌گرهای یک‌طرفه می‌بایست دقت شود که زمینه پشت حس‌گر نور را جذب یا منحرف کند تا درصورتی‌که مانعی روبروی حس‌گر وجود نداشت، نور منعکس‌شده به حس‌گر باعث فعال شدن حس‌گر نشود. حس‌گر نوری یک‌طرفه کمترین فاصل سوئیچینگ را در بین انواع حس‌گر نوری دارد البته این فاصله نسبت به فاصله سوئیچینگ حس‌گرهای القایی و خازنی بسیار بیشتر است، فاصله سوئیچینگ برای حس‌گرهای نوری یک‌طرفه در حدود ۲ متر است.

۳-۱-۸- مزایا

- راحتی نصب و تنظیم کردن
- یک‌تکه بودن و کاهش هزینه

۳-۱-۹- معایب

- برد کم (توانایی تشخیص برای مسافت‌های کم-مثلا E3Z-D نهایتاً ۱ متر)
- خطا در تشخیص رنگ‌های خیلی سفید یا خیلی سیاه.
- دقت و اطمینان کمتر نسبت به حس‌گرهای دوطرفه و آینه‌ای
- اگر پشت اجسامی که می‌خواهیم شمارش کنیم، سطحی براق و روشن باشد، عملاً از این حس‌گرها نمی‌توانیم استفاده کنیم.
- برد حس‌گر و مسافتی که قادر به تشخیص اجسام است، بسیار وابسته به رنگ، ابعاد و ساختار اجسام دارد.
- در نمودار زیر، تأثیر تفاوت رنگ سطح اجسام مختلف در حس کردن حس‌گر را مشاهده می‌کنیم. از سه جسم با سطح جانبی سفید، مشکی و فولاد ضدزنگ استفاده‌شده است.



شکل ۳ نمودار تفاوت رنگ سطح اجسام مختلف در حس کردن حس‌گر

۳-۱-۱۰- کاربردها

اتوماسیون صنعتی درزمینه‌ی حمل

صنعت تولید سرامیک (مواردی که با پرتوهای گسترده سروکار داریم)

۴- مراجع

[1] Zhengyin Shi, Shenglin Zhao, Shan-an Zhu "An Internet-based electrical engineering virtual lab: Using Modelica for unified modeling", College of Electrical Engineering, Zhejiang University, n 03 March 2017.

[2] William Gerard Hurley, Senior Member, IEEE, and Chi Kwan Lee, "Development, Implementation, and Assessment of a Web-Based Power Electronics Laboratory", IEEE TRANSA TIONS ON EDUCATION, VOL.48, NO.4, Nov. 2005, pp.567-573.

[3] C. Schmid, "The virtual control lab VCLab for education on the web", Proc. Amer. Control Conf., vol. 2, pp.1314 -1318 1998.

[4] Donzellini, G. Ponta, D. "A Simulation Environment for e-Learning in Digital Design", Industrial Electronics, IEEE Transactions on, Volume: 54 Issue 6 pp. 3078 - 3085, Dec. 2007.

[5] B. L. Sturm and J. D. Gibson, "Signals and systems using MATLAB:An integrated suite of applications for exploring and teaching media signal processing," in Proc .. 35th Frontiers in Education Cont', Indianapolis, IN, Oct. 2005, pp. F2E-21-F2E-25.

[6] M. de Magistris, "A MATLAB-based virtual laboratory for teaching introductory quasi-stationary electromagnetics," IEEE Trans. Educ., vol.48, no. I, pp. 81-88, Feb. 2005.

[7] P. Fritzson, "Principles of Object-Oriented Modeling and Simulation with Modelica 2.1", Wiley-IEEE Press, Piscataway, NJ, 2004.

[8] Dempsey, M. "Dymola for Multi-Engineering Modelling and Simulation", Vehicle Power and Propulsion Conference, VPPC '06. 1 EEE, pp.l, 2006.

[9] W. Li, A. Abel, K. Todtennuschke, and T. Zhang, "Hybrid Vehicle Power Transmission Modeling and Simulation with SimulationX", Proceedings of International Conference on Mechatronics and Automation (lCMA'07), Linkiiping, Sweden, pp.l71 0-1717, 2007.

[10] V. Hiupic, "Simulation software an Operational Research Society survey of academic and industrial users", Proceedings of the 32nd Conference on Winter Simulation, Orlando, Florida, Vo1.2, pp.1676-1683, 2000.

[12] http://java.sun.com/j2ee/overview.html