چگونه یک کامپوننت را به یک سنسور فعال تبدیل کنیم؟

مقدمه:

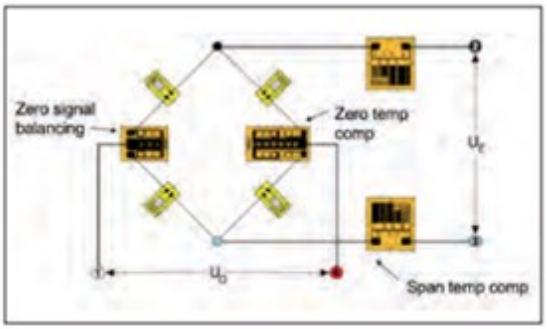
در بسیاری از کاربردهایی که نیاز به اندازه گیری نیرو، بار، فشار یا گشتاور دارند، ممکن است به دلیل ملاحظات فضایی یا تغییرات پرهزینه در ساختار موجود ، توانایی نصب یک سنسور استاندارد موجود در بازار را نداشته باشید. این مقاله یک نمای کلی از موثرترین راه برای استفاده از کرنش سنج برای تبدیل یک قطعه یا یک بخشی از ساختار موجود به حسگر را ارائه می دهد.

انواع استرین گیج:

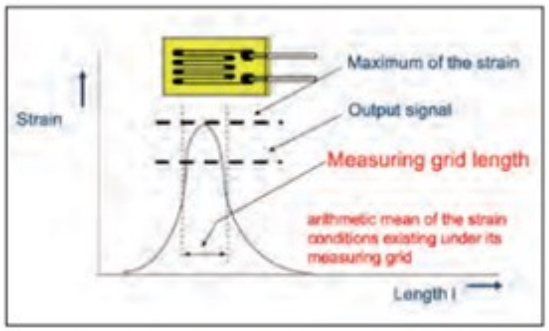
دسته های مختلفی از استرین گیج ها برای استفاده در بسیاری از کاربردها وجود دارد. یک استرین گیج خطی تنها، چیزی است که ما آن را ربع پل می نامیم که می تواند به روش های مختلف مورد استفاده قرار گیرد. نوع T-rosette دارای دو شبکه اندازه گیری یا چیزی است که ما آن را نیم پل می نامیم، که هر شبکه اندازه گیری آن با زاویه 90 درجه نسبت به دیگری قرار داده شده است. نیم پل ها امکان اندازه گیری کرنش محوری و اثر پواسون را بر روی همان ماده حامل گیج فراهم می کنند. این تکنیک را می توان در میله های خمشی/برشی، انواع ستون ها یا برای اندازه گیری گشتاور استفاده کرد.

شکل 1: مثالی از کاربردهای استرین گیج

پیکربندی استرین گیج تمام پل را می توان در انواع برنامه ها مورد استفاده قرار داد و یکی از رایج ترین گیج هایی است که برای این نوع موقعیت ها استفاده می شود که در آن می خواهید یک قطعه موجود را به سنسور تبدیل کنید. مزیت اصلی کرنش سنج تمام پل این است که همه شبکه‌ها روی یک ماده حامل قرار می‌گیرند، تا از هم‌ترازی گیج ها حین نصب اطمینان حاصل شود و خطاهای تراز قرارگیری از بین برود. نمونه ای از تمام پل ، روزت دیافراگمی است. با این پیکربندی، تعداد سیم های داخلی را نیز کاهش می دهید و به ساده سازی نصب کمک می کنید.



شکل ۳: نحوه سیم بندی پل وتستون



شکل ۲: طول گرید شبکه اندازه گیری استرین گیج

کاربردها:

کاربردهای زیادی برای استرین گیج ها وجود دارد. بسته به اندازه گیری هایی که باید انجام شود می توان از الگوهای مختلف استرین گیج ها استفاده کرد.

برخی از نمونه‌های کاربردی در شکل 1 نشان داده شده‌اند. در کاربردهای پزشکی، استرین‌گیج برای حس انسداد در پمپ‌های تزریق به‌عنوان فشار، گشتاور در روبات‌های پزشکی، و نیرو در همه انواع دستگاه‌های پزشکی را می توان نام برد.

از آنجایی که تجهیزات مزرعه "هوشمندتر" شده اند، سنسورهای کرنش سنج در همه انواع کاربردها مانند سنسورهای نیروی رو به پایین برای ماشین های کاشت، و گشتاور برای تراکتورهای مستقل استفاده می شوند.

برای جرثقیل‌ها و وسایل نقلیه بزرگراه، جنبه‌های ایمنی زیادی وجود دارد که باید در نظر گرفته شود. یکی از این موارد حفاظت از واژگونی وسایل نقلیه و جلوگیری بیش از حد مجاز بارگیری آنها می باشد.

ربات‌های صنعتی امروزی در حال حرکت به تمام زمینه‌های تولید هستند و به حسگرهایی برای حلقه‌های بازخورد دقیق نیرو نیاز دارند. همه اینها به سنسورهای مختلفی برمی‌گردد که می‌توانند تغییرات مکانیکی را اندازه‌گیری و نحوه تطبیق سنسور را برای اندازه‌گیری دقیق فراهم کنند.

اساس و اصول:

نیرو، جرم، گشتاور و فشار چهار اصل اساسی اندازه گیری هستند. اگر شما به یک ستون نگهدارنده فکر کنید، نیرویی از طریق کشش یا فشار به آن وارد می شود. اتفاقی که در نهایت رخ می دهد این است که ستون هنگام کشیدن آن منبسط می شود و زمانی که بار فشاری به سمت پایین فشار می آورد منقبض می شود و ستون عریض تر می شود.

در این مثال، کرنش محوری هنگام کشیدن میله، مثبت است. کرنش فشاری روی گیج پواسون که نسبت به گیج محوری در زاویه 90 درجه قرار دارد، منفی است زیرا میله در این جهت نازک‌تر می‌شود. برعکس این موضوع، زمانی که نیروی فشاری به میله اعمال می کنید، اتفاق می افتد.

وقتی یک کرنش سنج را روی این تکیه گاه یا میله قرار می دهید، فقط کرنش یک نقطه فعال روی آن اندازه گیری نمی شود، بلکه میانگین کرنش که در طول گریدهای اندازه گیری استرین گیج وجود دارد، اندازه گیری می شود. شکل 2 این موضوع را نشان می دهد.

هنگام فکر کردن به محل قرار دادن گیج روی یک میله، باید حداکثر استحکام آن را در نظر بگیرید تا میزان کرنش ایجاد شده توسط بار از محدودیت های استرین گیج فراتر نرود. علاوه بر این، برای حفظ سطح دقت، تا آنجا که ممکن است یک ناحیه کرنش یکنواخت انتخاب کنید

پیکربندی ها:

هنگام تبدیل یک جزء به یک حسگر فعال، یک سری آرایش ها و ساختارهای اولیه وجود دارد. در آرایش میله خمشی، نیروهای خمشی وارد به میله، باعث ایجاد کرنش های مثبت و منفی روی سطح میله می شود در نتیجه، دو گیج کششی فعال در سطح بالایی و دو گیج فشاری فعال در پایین میله نصب می شود. این گیج ها به صورت یک مدار پل وتستون بسته می شوند، که در خروجی آن نیروی اعمالی مکانیکی، به صورت سیگنال الکتریکی دریافت می شود.

مثال دیگر، آرایش استوانه ستونی است. در این آرایش گیج ها طوری نصب می شوند که یکی از آنها در راستای محوری و دیگری در راستای عرضی یا پواسن قطعه نصب می شود. نصب گیج ها دقیقا به همین شکل در طرف دیگر قطعه کار نیز انجام می گیرد. در نتیجه این چهار گیج فعال تشکیل یک مدار پل وتستون کامل را می دهند. در این آرایش، تنش ایجاد شده روی گیج ها، متناسب با نیرویی است که به سطح مقطع ستون وارد می شود.

برای اندازه‌گیری گشتاور در یک قطعه،یا یک میله، دو ممان متضاد وجود دارد که باعث پیچش در میله می شود. این پیچش را می توان در امتداد محور مرکزی میله با مجموعه ای از گیج های برشی که کرنش های 45 درجه ای ایجاد شده توسط گشتاور را اندازه گیری می کنند، اندازه گیری کرد. این گیج ها دوباره می توانند به صورت یک پل کامل وتستون به هم متصل شوند و رویکرد اساسی برای اندازه گیری گشتاور را فراهم می کنند.

آخرین اصل، پیکربندی تیر برشی است که شبیه به میله خمشی قبلی ما است. مزیت اصلی این روش اندازه گیری کرنش های برشی به جای کرنش های خمشی می باشد. در این آرایش گیج های برشی در امتداد محور خنثی و با زاویه 45 درجه نسبت به آن نصب می شوند در نتیجه اثر ممان های خمشی در خروجی جبران می شود و این آرایش به ممان های خمشی حساس نیست.

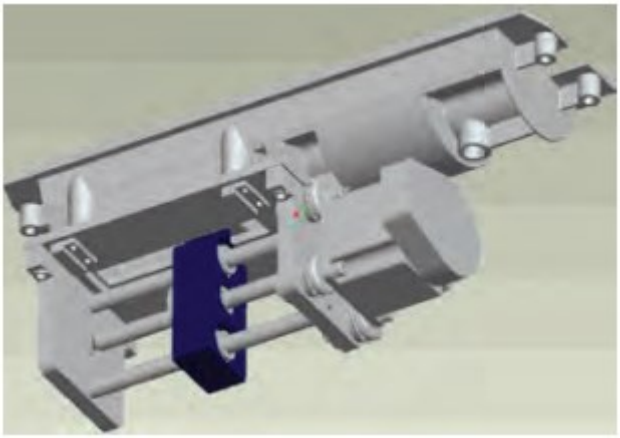
هنگام سیم کشی پل وتستون، آرایش پایه را می توان به صورت شکل 3 نشان داد. ولتاژ ورودی به گره های دوم و چهارم اعمال می شود و آفست یا ولتاژ خروجی بین گره های اول و سوم اندازه گیری می شود. چهار گیج فعال در بازوهای پل وجود دارند. علاوه بر اینها دو المان دیگر نیز در داخل پل قرار دارد.

وظیفه یکی از این المان ها جبران اثر دما بر روی سیگنال صفر پل می باشد. مواد با تغییر دما می توانند منبسط یا منقبض شوند و بر خروجی پل تأثیر بگذارند. برای کنترل آن، تغییرات دما باید در خروجی پل بر روی سیگنال صفر مبدل جبران شود تا پایداری دما در ناحیه بار حفظ شود.

و المان دیگر برای بالانس کردن خروجی پل به کار می رود. استرین گیج ها از نظر مقاومت اهمی کمی از همدیگر متفاوت خواهند بود. علاوه بر این، سیم های اتصال که لحیم کاری شده اند نیز از نظر طول و اندازه متفاوت خواهند بود و همه اینها بر خروجی سیگنال صفر مبدل تأثیر می

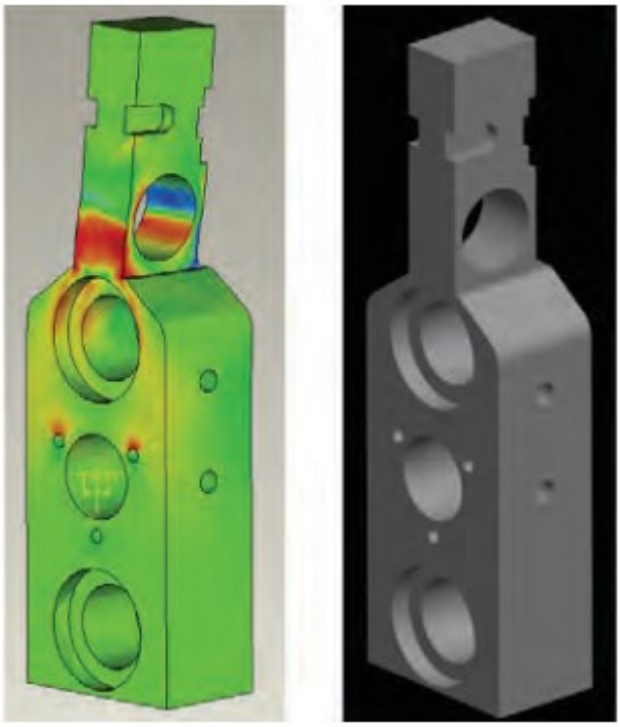
گذارند. وظیفه این المان حذف ایـن اثـرات از خروجـی پـل و بـالانس کـردن آن مـی باشـد. بـرای جبـران تغییـرات مـدول یانـگ مـاده از طریـق تغییـر دمـا، گـیج هـای جبـران مـدول یانـگ در خطـوط مثبـت و منفی تغذیه مبدل اضافه می شود.

راه دیگـر بـرای انجـام ایـن کـار، اسـتفاده از نیکـل کـروم در گـیج اسـت، بـه طـوری کـه اثـر وابسـتگی مدول یانگ ماده را بـه دمـا، بـدون نیـاز بـه اسـتفاده از گـیج هـای جبـران سـاز، در سـیگنال خروجـی از بین می برد.



شکل 4: مسئله پرس و محفظه بالایی آن

صفر کردن پل کمک می کند تا حداکثر رزولوشن تقویت کننده مورد استفاده را بدست آورید.



شکل 5: رنگ ها کرنش های منفی و مثبت را در درون سوراخ نشان می دهند.

تبدیل بخشی از یک سازه به سنسور:

چگونه می توان بخشی از ساختار یک سازه را به حسگر تبدیل کرد؟ (شکل 4). در این مثال، مشتری موتوری دارد که قرار است یک پیچ بال اسکرو را درایو کند. پیچ بال اسکرو همانطور که در بالا نشان داده شده است در داخل محفظه به یک پرس متصل است و با به حرکت درآوردن پرس در داخل محفظه، کار مورد نظر خود را انجام می دهد. آنچه مورد نیاز است تعیین مقدار نیروی واقعی در این سازه است زیرا محدوده ای وجود دارد که مشتری نیاز دارد تا با فیدبک گرفتن از آن نیروی اعمالی توسط موتور را کنترل کند. پس از بررسی این موضوع، تصمیم گرفته شد که این عضو پرس به یک سنسور فعال تبدیل شود زیرا تغییری در ساختار سیستم ایجاد نمی کند.

مشتری می خواست اندازه گیری بار تا حد امکان دقیق و به همراه جبران دما انجام گیرد.تا تغییرات دمای محیط تاثیری بر سیگنال اندازه گیری شده نداشته باشد. آنها همچنین قادر به کنترل نحوه اعمال بار نیستند، یعنی تضمینی وجود ندارد که بار کاملا به صورت خطی اعمال می شود. بنابراین، باید سنسور باید نسبت به ممان ها حساس نباشد. در این حالت به دلیل محدودیت فضا جایی برای قرار دادن سنسور کاتالوگی وجود ندارد.

شکل 6: محصول نهایی ساخته شده از آلومینیوم و پوشش آنودایز برای حفاظت بیشتر

چیـزی کـه نشـان داده نمـی شـود همـان چیـزی اسـت کـه در بـالا در اتاقـک اتفـاق مـی افتـد. در ایـن قسمت فضای بسـیار کـوچکی وجـود دارد کـه بـه محفظـه متصـل مـی شـود. جـایی بـرای اضـافه کـردن سنسـور نیـروی کاتـالوگی در ایـن قسـمت وجـود نـدارد. بنـابراین، عضـو آبـی بـه عنـوان راه حـل ممکـن شناسایی شـد. مـا شـروع بـه برداشـتن بارهـای شـناخته شـده ای کـردیم کـه مشـتری ارائـه کـرده بـود. سپس ما تعیین کردیم کـه چگونـه بـه صـورت اسـتراتژیک ایـن عضـو را ماشـین کـاری کنـیم تـا کـرنش های لازم روی آن جهت اندازه گیری با گیج ایجاد شوند.

ما با قرار دادن یک سوراخ عبـوری، قطعـه را ضـعیف کـردیم کـه بـه مـا ایـن امکـان را مـی داد تـا بـا بـار اعمـال شـده، انحرافـات لازم را ایجـاد کنـیم. در شـکل 5 رنـگ هـا نشـان مـی دهنـد کـه کـرنش هـای منفی و مثبت درون سـوراخ هسـتند بـه طـوری کـه بـا گـیج هـای خطـی مـی تـوان مـدار پـل وتسـتون کامل درون این سوراخ ایجاد کرد. پیکربندی در ایـن مـورد بـه بهتـرین وجـه کـار مـی‌کنـد و بـه مـا ایـن امکان را مـی‌دهـد تـا الزامـات دقـت مشـتریان را بـرآورده کنـیم. همچنـین فضـای زیـادی در داخـل ایـن سوراخ برای مدار جبران دما وجود دارد

جنس مواد آن قسمتی از سـاختار کـه قـرار بـود بـه سنسـور تبـدیل شـود، یـک مـاده معمـولی بـود و بـه هیچ عنوان این مـاده بـرای سـاخت سنسـور مناسـب نبـود. بنـابراین ایـن مـاده بـرای ارائـه ویژگـی هـای فنر مانند مورد نیاز تغییـر یافـت. و سـپس تجزیـه و تحلیـل المـان محـدود (FEA)، چنـدین تکـرار بـرای تعیین بهترین اندازه سوراخ به منظور تبدیل آن به یک حسگر فعال اجرا شد.

شـکل 6 قسـمت تمـام شـده را نشـان مـی دهـد کـه از مـواد آلومینیـومی تشـکیل شـده اسـت کـه در نهایت از محلول آنـودایز بـرای حفاظـت آن اسـتفاده شـده اسـت. در نهایـت قطعـه از طریـق یـک فرآینـد نمونه اولیه برای شبیه سازی شرایط بار واقعی و انجام 100٪ تست و کالیبراسیون اجرا شد.

خلاصه:

وقتی این مشتری به ما مراجعـه کـرد، امیـدوار بودنـد از داخـل کاتـالوگ محصـولی را پیـدا کننـد کـه بـه سـادگی بتوانـد بـا تغییـرات بسـیار انـدک یـا بـدون هـیچ تغییـری در ایـن قسـمت قـرار گیـرد. ایـن امـر امکان پذیر نبود در نتیجه، قـرار شـد کـه از یـک عضـو سـاختاری موجـود در سیسـتم مشـتریان اسـتفاده کنیم و آن را به حسگر فعـال واقعـی تبـدیل کنـیم. ایـن سنسـور سـیگنال الکتریکـی مـورد نظـر را بـرای بار اعمال شده بدست می داد، در نتیجه نیاز به تغییر سیستم مشتری نبود.