نوآوری در آکومولاتور گازی با به‌کارگیری نوآوری نظام یافته

■ غلامرضا بزرگمهر +
شاهین‌شهر، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، صندوق پستی: ۱۱۵/۸۳۱۴۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۲/۲۸ و تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۸/۱۴

چکیده

توسعه فناوری عمدتا بستگی به خلاقیت طراحان محصول یا فناوری دارد. از آنجا که فرصت‌های جدید برای توسعه فناوری نوین باید توسط متخصصان مورد بررسی قرارگیرد؛ لذا خلق ایده‌های نوآورانه برای توسعه فناوری و کارآفرینی موفق ضروری است. یکی از روش‌های خلاقانه حل مسئله، نوآوری نظام یافته (TRIZ) بوده و در سال ۱۹۴۶ توسط گنریش آلتشولر روسی پایه‌گذاری و طی سال‌های گذشته، به ابزاری کاربردی برای اختراع کردن و حل مسائل فنی با پیچیدگی‌های گوناگون تبدیل شده است. این مقاله به‌منظور بررسی میزان قابلیت TRIZ برای حل مسائل مهندسی تدوین شده و در آن سعی می‌شود مراحل شناسایی، حل مسئله توسط TRIZ برای یک آکومولاتور گازی، پیاده سازی شده و ایده‌های نوآورانه‌ای حاصل و سپس امکان سنجی این ایده‌ها جهت عملیاتی شدن مورد ارزیابی قرارگیرد. بدیهی است هر ایده نوآورانه قابل اجرا فرصتی است در جهت کارآفرینی.

واژگان کلیدی: TRIZ، نوآوری نظام یافته، آکومولاتور گازی.

* عهده دار مکاتبات
+ شماره نمابر: ۰۳۱۲-۵۲۲۵۰۹۴ و آدرس پست الکترونیکی: Bozorgmehr_reza@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

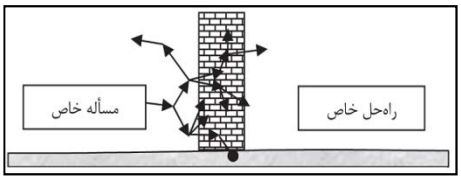
۱- مقدمه

در جهانی که دستخوش دگرگونی بوده و امنیت آن هر روز در معرض تهدید است، تنها راه بقا، ابداع و نوآوری است. ضرورت وجود خلاقیت و نوآوری در سازمان‌ها تا حدی رسیده است که برخی منابع، نبود آن را به نابودی سازمان در دراز مدت یکی دانسته‌اند[۱]. یکی از روش‌های خلاقانه حل مسئله، نوآوری نظام‌یافته (TRIZ) بوده و در سال ۱۹۴۶ توسط گنریش آلتشولر روسی پایه‌گذاری و طی سال‌های گذشته، به ابزاری کاربردی برای اختراع کردن و حل مسائل فنی با پیچیدگی‌های گوناگون تبدیل شده است. TRIZ دارای ابزارهای توانمند متعددی به‌منظور بهره‌برداری در مراحل تعریف و حل مسئله است. این مقاله به‌منظور بررسی میزان قابلیت TRIZ برای حل مسائل مهندسی تدوین شده و در آن سعی می‌شود مراحل شناسایی و حل مسئله توسط TRIZ برای یک آکومولاتور ترکیبی هیدرولیک-پنوماتیک، پیاده سازی شده و ایده‌های حاصله مورد ارزیابی قرارگیرد. آکومولاتورها جزء وسایل هیدرولیک و پنوماتیک محسوب می‌شوند و وظیفه آنها ذخیره‌سازی سیال تحت فشار است تا در مواقع لازم انرژی ذخیره‌سازی شده به یک‌باره برای انجام کاری آزاد شود. از کاربردهای مهم آکومولاتورها می‌توان به منبع قدرت، خنثی کننده ضربان پمپ، خنثی‌کننده ضربان فشار منبع قدرت اضطراری یا آماده به‌کار، جبران کننده انبساط حرارتی، جبران کننده نشتی، متعادل کننده، استفاده در سیستم تعلیق خودرو و کاربردهای دفاعی نظیر لانچرهای پرتاب سامانه‌های هوایی اشاره نمود[۵،۶و۷]. تحقیق درباره TRIZ ابتدا با این ایده شروع شد که برای نوآوری قوانین عمومی‌ای وجود دارد که مبانی نوآوری خلاقانه را تشکیل می‌دهد و به پیشرفت فناوری می‌انجامند. اگر این قوانین به درستی شناسایی، دسته‌بندی و کدگذاری شوند، می‌توانند به افراد بیاموزند که چگونه می‌توان فرایند نوآوری را پیش‌بینی کرد و هرچه بیشتر در مسیر آن گام برداشت[۱۰].

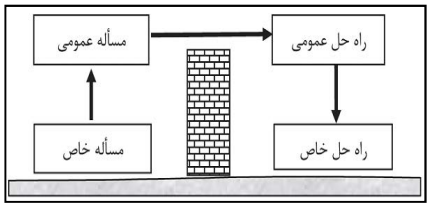
۲- پیشینه پژوهش

۲-۱- نوآوری نظام یافته (TRIZ)

رویکرد الگوریتمی TRIZ در فرایندهای نوآورانه، روش سعی و خطا[1] را نمی‌پذیرد و همانگونه که در شکل‌های شماره ۱ و ۲ دیده می‌شود، تلاش می‌کند با تبدیل مسائل خاص به مسائل کلی و عمومی، زمان لازم برای ابداع و نوآوری را کاهش دهد[۲].



شکل ۱: نمودار حل مسئله به روش سعی و خطا



شکل ۲: نمودار تبدیل مسئله خاص به مسئله عمومی در TRIZ[۲]

همانطور که در نمودار شکل شماره ۳ مشاهده می‌شود، ۴ مرحله پایه‌ای در فرایند TRIZ عبارتند از: "تعریف مسئله"، "انتخاب ابزار"، "تولید راه‌حل‌ها"و "ارزیابی راه‌حل‌ها". یکی از جذابیت‌های TRIZ استفاده از ابزارهای دوازده‌گانه آن در مرحله تولید راه‌حل است. درحالی‌که تمامی فرایندهای حل مسئله متکی بر خلاقیت بوده و این مرحله بر طوفان فکری[2] استوار است[۳].

TRIZ در مراحل مختلف تعریف و حل مسئله از ابزارهای گوناگونی مانند تحلیل کارکرد و خواص[3]، کاشف مسئله[4]، چهل اصل ابداعی[5][۴]، ماتریس تضادها[6][۱۱]، قوانین تکاملی[7][۱۲]، الگوی تجزیه و تحلیل ماده-میدان[8] [۱۳]، نتیجه نهایی ایده آل[9][۱۴] و الگوریتم حل ابداعی مسئله[10][۱۵] بهره می‌برد.

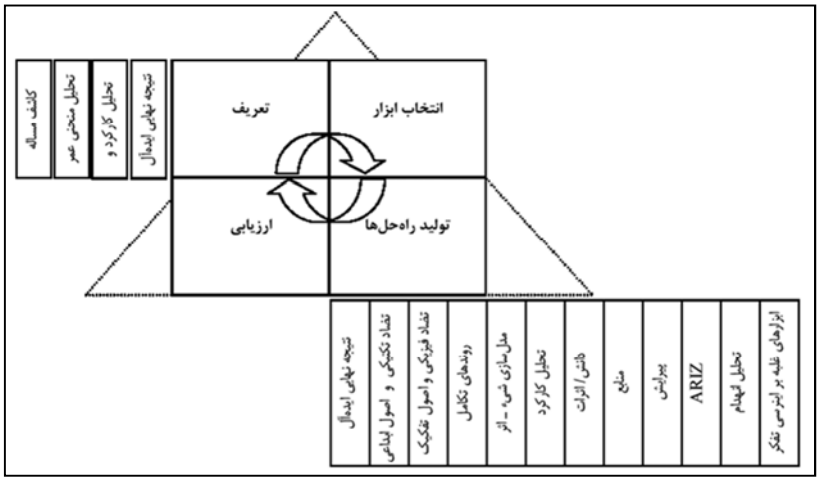
۲-۲- آکومولاتورها

آکومولاتورها جزء وسایل هیدرولیک و پنوماتیک محسوب می‌شوند. عملکرد آکومولاتورها ذخیره‌سازی سیال تحت فشار است. از آنجا که سیال تحت فشار در آکومولاتور ذخیره می‌شود، می‌توانیم در مواقع ضروری و کاربردهای خاص از آن استفاده نمائیم[۵].

1 Trial and Error

2 Brainstorming
3 Function & Attribute Analysis
4 Problem Explorer
5 40 Inventive principles
6 Contradiction matrix
7 laws of system evolution
8 Substance- Filed Model
9 Ideal Final Result (IFR)
10 Algorithm of Inventive problem solving (ARIZ)

www.SID.ir
Archive of SID



شکل ۳: جانمایی ابزارهای نوآوری نظام‌یافته نوین در یک فرایند چهارگامی کشف و حل مسئله[۴]

۱-۲-۲- انواع آکومولاتور

به‌طورکلی آکومولاتورها به انواع آکومولاتورهای وزنی، فنری، گازی، پیستونی و دیافراگمی تقسیم می‌شوند[۵].

کاربردهای عمومی آکومولاتورها[۵، ۶ و ۷]:

- منبع قدرت
- خنثی‌کننده ضربان پمپ
- خنثی‌کننده ضربان فشار منبع قدرت اضطراری یا آماده به‌کار
- جبران‌کننده انبساط حرارتی
- جبران‌کننده نشتی
- متعادل‌کننده
- استفاده در سیستم تعلیق خودرو

۲-۲-۲- کاربردهای دفاعی خاص آکومولاتورها:

برخی از کاربردهای دفاعی مهم آکومولاتورها به‌شرح زیر است:

- نیروی محرکه برای لانچرهای سامانه‌های هوایی بدون سرنشین
- نیروی محرکه برای پرتاب سلاح‌های پرتابه‌ای دستی مانند نارنجک انداز و ...

۳-۲-۲- آکومولاتورهای گازی

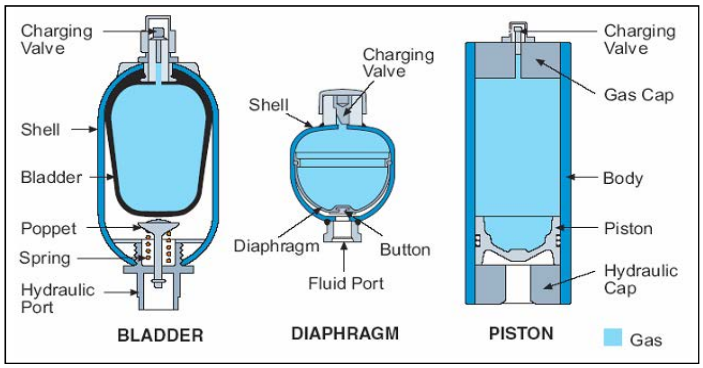
این نوع آکومولاتور بر اساس قانون بویل- ماریوت (۱) در گازها عمل می‌کند(در دمای ثابت، فشار گاز به نسبت عکس حجم آن تغییر می‌کند). خاصیت تراکم‌پذیری گاز، امکان ذخیره‌سازی انرژی پتانسیل در آکومولاتور گازی را فراهم می‌کند. کاهش فشار سیستم موجب انبساط مجدد گاز و آزاد شدن انرژی ذخیره شده می‌گردد که این امر رانده شدن سیال به داخل سیستم هیدرولیک را در پی خواهد داشت.

$PV =$ مقدار ثابت (قانون بویل – ماریوت)

P: فشار گاز

V: حجم گاز

معمولا از گاز هوا یا نیتروژن برای شارژ آکومولاتورها استفاده می‌کنند، زیرا ارزان بوده و از خوردگی تجهیزات آکومولاتور نیز جلوگیری می‌کند. شکل شماره ۴ انواع آکومولاتورهای گازی در سه دسته اصلی پیستونی، دیافراگمی و کیسه‌ای را نشان می‌دهد.



شکل ۴: دسته‌بندی کلی انواع آکومولاتورهای گازی

Archive of SID
www.SID.ir

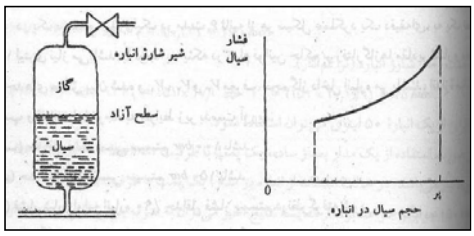
در شکل شماره ۵ نوعی آکومولاتور گازی بـه همـراه منحنـی مشخصه آن نشان داده شده است. شکل دقیق منحنی بستگی به سرعت تراکم و یا انبساط گاز آکومولاتور دارد که حالت‌هـای زیـر را شامل می‌شود:

الف- ایزوترمال (دما ثابت)، بـه حـالتی اطـلاق مـی‌شـود کـه انبساط یا تراکم گاز به آهستگی صورت مـی‌پـذیرد و رابطـه بـین فشار مطلق(P) و حجم گاز (V) به‌صورت (مقدارثابت=PV) است.

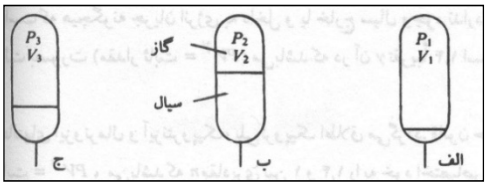
ب- آدیاباتیک، مربوط به حالتی است کـه هیچگونـه جریـان انرژی به داخل یا خارج سیال وجود ندارد. قانوم حـاکم بـر رفتـار گاز در این حالت به‌صورت (مقدارثابت $= PV^{\gamma}$) اسـت کـه در آن γ، تقریبا برابر ۱/۴ است.

به وضعیت بین ایزوترمال و آدیاباتیـک، پلـی‌تروپیـک اطـلاق می‌شود. قانون حاکم بر رفتار گاز بـه‌صـورت، مقـدارثابت$= PV^{\gamma}$ است که فقط در آن γ، مقادیر ۱ تا ۱/۴ را اختیار می‌کند.

یکی از بیشترین کاربردهای آکومولاتـور مربـوط بـه مـوردی است که در دوره‌های کوتاهی از زمان بـه دبـی زیـاد سـیال نیـاز است. با استفاده از یک پمپ با دبی خروجی پائین، آکومولاتور در دوره زمانی طولانی شارژ می‌شود تا سیال ذخیره شـده بتوانـد در هنگام نیاز، به سرعت در سیستم تخلیه شود.



شکل ۵: آکومولاتور گازی



شکل ۶: شرایط شارژ گاز آکومولاتور

الف- شارژ اولیه توسط گاز، ب- شارژ کامل (توسط سیال) و ج- تخلیه

شکل شماره ۶ آکومولاتـور را در سـه حالـت مختلـف نشـان می‌دهد. P_1، فشار شارژ اولیه، P_2، حداکثر فشار سیسـتم و بیـانگر فشار سیال در حالتی است که آکومولاتور کاملا شارژ شـده اسـت و P_3، حداکثر فشار کاری است[۶].

ابعاد آکومولاتورها، جهت تغییرات آدیاباتیک وضعیت گـاز، از رابطه (۹) تبعیت می‌کند

$$P_0V_0^{\gamma} = P_1V_1^{\gamma} = P_2V_2^{\gamma} \qquad (۹)$$

که در آن P_0 فشار گاز از پیش شارژ شـده، P_1 حـداقل فشـار عملیات، P_2 حداکثر فشار عملیات و γ نسـبت گرمـای ویـژه گـاز است و مقدار آن در این حالت از ۱ تا ۱/۴ است[۵].

۳- روش پژوهش

۳-۱- اجرای روش حل مسئله TRIZ

روش پژوهش منطبق بـر روش حـل مسـئله توسـط نـوآوری نظام‌یافته است. مطابق TRIZ کلاسیک، حل مسئله دارای چهـار مرحله اصلی است: تعریف مسئله، انتخاب ابـزار، تولیـد راه‌حـل و ارزیابی راه‌حل. در این مقاله، ابتدا مسئله به‌طور دقیـق تعریـف و تشریح می‌گردد؛ سپس ابزار، حل تناقضات با استفاده از مـاتریس آلتشولر و ۴۰ اصل ابداعی انتخاب گردید.

تناقضات شناسایی شده در سیستم در مرحله تعریف مسئله به شرح زیر است:

۱- هرچه مقدار وزنی گاز درون محفظه گاز (ثـانوی) آکومولاتـور افزایش یابد، سبب افزایش نیروی تراکم گاز می‌شـود(+)، افـزایش مقدار وزنی گاز سبب افزایش حجم و فضـای مـورد اسـتفاده گـاز مصرفی می‌شود که مستلزم محفظه و سیلندری بزرگتر است(-).

۲- هرچه مقدار وزنی گاز درون محفظه گاز (ثـانوی) آکومولاتـور افزایش یابد، سبب افزایش نیروی تراکم گاز می‌شـود(+)؛ افـزایش حجم گاز سبب افزایش فشـار و تـنش وارده بـر جـداره سـیلندر می‌شود که اگر از حد تسلیم آن بالاتر باشـد سـبب انهـدام مـی-شود(-).

۳- هرچه مقـدار وزنـی گـاز درون محفظـه (ثـانوی) آکومولاتـور افزایش یابد، سبب افزایش نیروی تراکم گاز مـی‌شـود(+)؛ چراکـه گاز تراکم‌پـذیر اسـت و لـذا بـا افـزایش وزن و حجـم آن، دبـی و راندمان شارژ و دبی و راندمان تخلیه کاهش می‌یابد(-).

۴- افزایش حجم گاز درون محفظه ثانوی سبب افـزایش نیـروی گاز متراکم می‌شـود(+)، بـه دلیـل فشـرده‌سـازی گـاز و برخـورد مولکولی، مقداری انرژی گرمایی ایجـاد مـی‌شـود و طبـق قـانون گازهای کامل، در اثـر ایـن حـرارت مـوقتی، حجـم و فشـار گـاز افزایش می‌یابد ولی پس از مدتی پس از انتقـال حـرارت، کـاهش فشار و حجم خواهیم داشت(-).

۵- افزایش نیروی فشاری گـاز مفیـد اسـت(+)، کـه البتـه خـود مستلزم افزایش حجم گاز است(-).

۶- افزایش نیروی فشاری گاز مفید است و خود مستلزم افـزایش حجم گاز است(+)، افزایش نیروی فشاری در اثـر افـزایش حجـم

Archive of SID
www.SID.ir

گاز، سبب می‌شود سرعت شارژ محفظه و سرعت بازگشت حجم فشرده شده گاز به حالت اولیه کاهش یابد(-).

۷- افزایش نیروی فشاری گاز مفید است(+). افزایش نیروی گاز یا به عبارت دیگر، تراکم بیشتر گاز سبب اصطکاک و تولید حرارت می‌شود(-).

۸- خاصیت تراکم‌پذیری بیشتر گاز سبب افزایش انرژی ذخیره‌شده در گاز متراکم می‌شود(+). اگر افزایش انرژی و فشار حاصل از تراکم گاز بیشتر از حد تسلیم و تحمل سیلندر و تجهیزات باشد، سبب انهدام سیستم می‌شود(-).

۹- خاصیت تراکم‌پذیری بیشتر گاز سبب افزایش انرژی ذخیره شده در گاز متراکم می‌شود(+)؛ خاصیت تراکم‌پذیری هر چه بیشتر باشد راندمان شارژ و تخلیه یا بازیافت حجم گاز کاهش می‌یابد(-).

۱۰- خاصیت تراکم‌پذیری بیشتر گاز سبب افزایش انرژی نیروی فشاری در گاز متراکم می‌شود(+)؛ افزایش انرژی و فشار حاصل از تراکم گاز اگر بیشتر از حد تسلیم و تحمل سیلندر و تجهیزات باشد، سبب انهدام سیستم می‌شود(-).

۱۱- افزایش روغن هیدرولیک سبب افزایش فشار و راندمان سیستم می‌شود(+)؛ بنابراین افزایش روغن هیدرولیک سبب افزایش وزن سیستم می‌شود(-).

۱۲- افزایش روغن هیدرولیک سبب افزایش فشار و راندمان سیستم می‌شود(+)؛ بنابراین افزایش روغن سبب کاهش زمان تخلیه می‌شود(-).

جدول ۱: ماتریس تناقضات تکنیکی (فنی) برای آکومولاتور گازی

ردیف	شماره	ویژگی بهبودیابنده	شماره	ویژگی بدتر شونده	شماره اصول پیشنهادی ماتریس			
۱	۱	وزن جسم متحرک	۷	اندازه و حجم جسم متحرک	۴۰	۲۹	۲۸	۲
۲	۱	وزن جسم متحرک	۱۱	تنش، فشار	۴۰	۳۷	۳۶	۱۰
۳	۱	وزن جسم متحرک	۳۹	بهره‌وری	۳۷	۳۵	۲۴	۳
۴	۷	اندازه و حجم جسم متحرک	۲۲	تلفات انرژی	۱۶	۱۵	۱۳	۷
۵	۱۰	نیرو	۷	اندازه و حجم جسم متحرک	۳۷	۱۵	۱۲	۹
۶	۱۰	نیرو	۹	سرعت	۲۸	۱۵	۱۳	۱۲
۷	۱۰	نیرو	۳۱	اثرات زیان‌بار داخلی	۳۶	۲۴	۱۳	۳
۸	۳۰	عوامل زیان‌بار موثر بر جسم	۲۷	قابلیت اطمینان	۴۰	۲۷	۲۴	۲
۹	۳۰	عوامل زیان‌بار موثر بر جسم	۳۹	بهره‌وری	۳۵	۲۴	۲۲	۱۳
۱۰	۳۱	اثرات زیان‌بار داخلی	۲۷	قابلیت اطمینان	۴۰	۲۹	۲۴	۲
۱۱	۳۹	بهره‌وری	۱	وزن جسم متحرک	۳۷	۳۵	۲۶	۲۴
۱۲	۳۹	بهره‌وری	۳۰	عوامل زیان‌بار موثر برجسم	۳۵	۲۴	۲۲	۱۳

پس از استخراج اصول از ماتریس تناقضات آلتشولر، اصولی که بیشترین تکرار و بیشترین احتمال اجرا را داشتند انتخاب و ایده‌های جدید حاصل از آنها توسط تیم پژوهش فهرست شد. نتایج حاصله به‌طور خلاصه در جدول شماره ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲: استخراج اصول با بیشترین کاربرد برای آکومولاتور گازی و تولید ایده‌های جدید

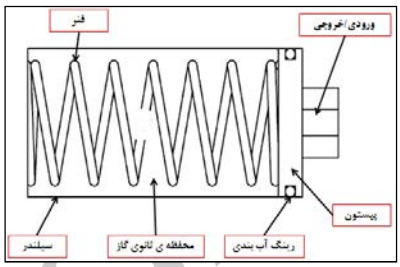
اصل	انتخاب اصول با بیشترین تکرار و قابلیت اجرا	ایده‌های تولید شده
۲۸	عوض کردن سیستم مکانیکی	از مجموع این اصول پس از جلسات کارشناسی متعدد توسط تیم پروژه، یک ایده استخراج شد که استفاده از فنر به‌عنوان نیروی کمکی (تعویض سیستم مکانیکی، ترکیب آن با سیستمی جدید، تعبیه فشاری معکوس در سیستم و قراردادن یک واسطه) افزودن نیروی کمکی فنر به محفظه گاز است (ایده۱).
۴۰	مواد مرکب	
۱۳	معکوس کردن (تغییر جهت)	
۲۴	واسطه و میانجی (واسطه تراشی)	
۳۷	انبساط حرارتی	افزودن یک منبع حرارتی به محفظه گاز آکومولاتور برای افزایش حجم و فشار محفظه (ایده۲).

Archive of SID
www.SID.ir

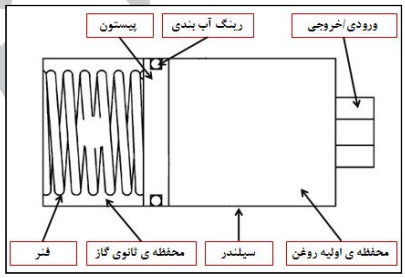
۲-۳- تجزیه تحلیل یافته‌ها

پس از جلسات متعدد کارشناسی توسط تیم پژوهش بر ایده-های تولید شده (مطابق جدول شماره ۲)، یک ایده مناسب و کارآمد تشخیص داده شد که عبارتست از: افزودن فنر به محفظه گازی به‌منظور افزایش راندمان آکومولاتور. ارزیابی علمی این ایده به شرح زیر است:

مکانیزم ایده شماره ۱ در شکل‌های شماره ۷ و ۸ تشریح شده است.

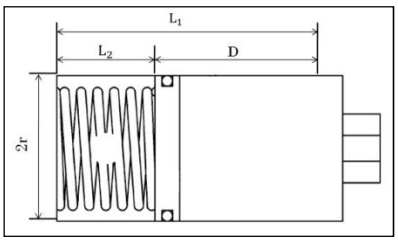


شکل ۷: آکومولاتور ترکیبی در حالت شارژ نشده



شکل ۸: آکومولاتور ترکیبی در حالت شارژ شده

شکل شماره ۷ آکومولاتور ترکیبی را در حالت شارژ نشده نشان می‌دهد. حجم سیلندر آکومولاتور در این حالت برابر با V_1 است. ممکن است بسته به شرایط طراحی روی فنر، یک بار اولیه (B) اعمال شود. شکل شماره ۸ آکومولاتور ترکیبی را در حالت شارژ کامل نشان می‌دهد. در این حالت پیستون کل مسافت تعیین‌شده را حرکت کرده است و در محفظه ثانوی، گاز و فنر فولادی در حالت تراکم هستند.



شکل ۹: ابعاد آکومولاتور ترکیبی در حالت شارژ شده

حجم اولیه سیلندر در حالت استراحت از رابطه (۳) و حجم دو بخش (اول و ثانوی) آکومولاتور در حالت شارژ شده از روابط (۴) و (۵) پیروی می‌کنند.

حجم اولیه سیلندر در حالت ریلکس:

$$V_0 = L_1 \pi r^2 \quad (۳)$$

حجم محفظه اول (روغن) سیلندر در حالت شارژ:

$$V_1 = D\pi r^2 \quad (۴)$$

حجم محفظه ثانوی (گاز) سیلندر در حالت شارژ:

$$V_2 = L_2 \pi r^2 = (L_1 - D)\pi r^2 \quad (۵)$$

هنگامی‌که آکومولاتور در حالت شارژ است، فشار فنر فشرده شده از معادله (۶) پیروی می‌کند.

فشار حاصل از فنر فشرده شده در حالت شارژ:

$$P_s = \frac{F_s + F_0}{\pi r^2} = \frac{K.D + F_0}{\pi r^2} \quad (۶)$$

F_s: نیروی فنر فشرده شده؛

F_0: بارگذاری اولیه فنر؛

r: شعاع پیستون؛

و K: ضریب ثابت فنر.

با فرض اینکه گاز درون مخزن آدیاباتیک(بدون انتقال حرارت) و ایده‌آل باشد، طبق قانون گازهای کامل، روابط (۷)، (۸) و (۹) برقرار است که در آن γ، نسبت گرمای ویژه گاز است.

$$PV^{\gamma} = Cte \quad (۷)$$

$$P_1 V_1^{\gamma} = P_2 V_2^{\gamma} \quad (۸)$$

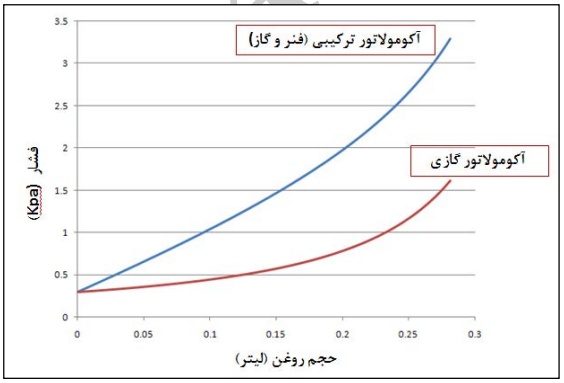
$$P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma} \quad (۹)$$

از ترکیب روابط (۶) و (۹) معادله کلی برای فشار خروجی آکومولاتور به‌صورت رابطه (۸) به‌دست می‌آید[۸].

فشار نهایی آکومولاتور (فشار فنر بعلاوه فشار گاز متراکم شده):

$$P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma} + \frac{K.D + F_0}{\pi r^2} \quad (۱۰)$$

شکل شماره ۱۰ نتایج مورد انتظار برای یک آکومولاتور را در حالت بدون فنر و در حالت با استفاده از فنر نشان می‌دهد. ثابت فنر استفاده شده برابر با $۲۴ \frac{N}{m}$ است.



شکل ۱۰: مقایسه فشار تولید شده از آکومولاتور در حالت بدون فنر و با فنر. محور X، فشار آکومولاتور برحسب Kpa و محور Y، حجم روغن و ثابت فنر در این حالت مقادیر k برابر با $۲۴ \frac{N}{m}$ و γ، ۱ است.

Archive of SID
www.SID.ir

۴- خلاصه و نتیجه‌گیری

آکومولاتورها وسایلی هستند که جزو سیستم‌های هیدرولیک - پنوماتیک محسوب می‌شوند و دارای کاربردهای فراوانی از جمله ذخیره و رهاسازی یک‌باره انرژی، متعادل‌کننده و ... هستند. در این مقاله، به‌منظور نوآوری و بهبود در سیستم یک نوع آکومولاتور گازی از روش نوآوری نظام یافته (TRIZ)، استفاده شد. مراحل اجرای TRIZ شامل ۴ مرحله تعریف مسئله، انتخاب ابزار، تولید راه‌حل و ارزیابی راه‌حل است. در این پژوهش پس از تعریف مسئله تناقضات موجود در سیستم شناسایی و فهرست شد. سپس از ابزار ماتریس تناقضات آلتشولر، برای تبدیل مسئله خاص به مسئله عمومی استفاده شد. در مرحله بعد، با استفاده از ۴۰ اصل ابداعی، راه‌حل‌های عمومی برای مسئله ارائه شد. از بررسی و تحلیل این راه‌حل‌های عمومی ایده‌های جدیدی توسط تیم پژوهش تولید و مهمترین آنها از نظر امکان اجرایی بودن ارائه شد. یک ایده نوآورانه تحت عنوان آکومولاتور ترکیبی با اضافه نمودن فنر ارتجاعی مورد انتخاب قرارگرفت و امکان-سنجی آن به‌صورت تئوری مورد ارزیابی قرارگرفت. در نهایت ثابت گردید که ایده جدید از نظر علمی قابلیت اجرا دارد و علاوه بر آن مزیت‌های متعددی به سیستم اضافه خواهد نمود که به شرح زیر است:

- در حجم روغن هیدرولیک استفاده شده مساوی، فشار ایجاد شده از آکومولاتور ترکیبی بسیار بیشتر از نوع معمولی آن است.
- با استفاده از فنر در آکومولاتور، حجم کمتری از روغن هیدرولیک درون مخزن اولیه روغن تزریق شده است؛ درصورتی‌که فشار خروجی آکومولاتور کمتر نشده بلکه بیشتر هم شده است.
- کاهش چشمگیر مصرف روغن هیدرولیک سبب می‌شود تجهیزات سیستم هیدرولیکی ضعیف‌تری مورد نیاز باشد، در نتیجه در مصرف انرژی و هزینه صرفه‌جویی می‌شود.
- با کاهش مصرف روغن هیدرولیک، در مواد مصرفی نیز صرفه‌جویی شده است.
- با افزودن فنر، راندمان آکومولاتور به‌طور چشمگیری افزایش یافته است.

با استفاده از ترکیب فنر و گاز در انباره، یکی از اصول مهم TRIZ استفاده از منابع تامین می‌شود. بدین‌صورت که از فضای خالی فنر برای اشغال گاز تراکم‌پذیر استفاده می‌شود.

استفاده از منابع در دسترس محیط یا ارزان قیمت یکی از اصول TRIZ است، لذا با استفاده از دو منبع هوا (سیال تراکم-پذیر) و فنر فولادی تقریبا این اصل نیز تامین شده است.

ایده‌های تولیدشده و مزیت‌های متعدد حاصله و نیز اثبات امکان‌پذیری آن، نشان‌دهنده قابلیت TRIZ برای حل نوآورانه مسائل فنی و مهندسی است؛ لذا لازم است این الگوریتم نوآوری نظام‌یافته به‌طور شایسته به دست‌اندرکاران عرصه‌های تحقیق و توسعه آموزش داده شود تا در آینده شاهد نوآوری‌های متعدد حاصل از به‌کارگیری این علم در داخل کشور باشیم.

فهرست منابع

[۱] باقری، زهرا؛ چوپانی، حیدر؛ **"موانع و چالش‌های خلاقیت و نوآوری در سازمان‌ها و ارائه راهکارهایی جهت بهبود آن"**، سومین کنفرانس ملی خلاقیت شناسی، TRIZ و مهندسی نوآوری ایران، ۶-۵ آبان، ۱۳۸۹.

[۲] جعفری، مصطفی؛ ضرغامی، محمدرضا؛ **"توسعه توانمندی حل ابداعانه مسائل و سرعت بخشی به تحقیق و توسعه اثر بخش با به‌کارگیری TRIZ"**، فصلنامه رشد فناوری، سال هشتم، شماره ۲۹، زمستان ۱۳۹۰.

[۳] سلیمی، سارا؛ **بهبود روش‌های پیش بینی فناوری توسط TRIZ**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ۱۳۸۴.

[۴] سلیمی نمین، سارا؛ **"تدوین برنامه راهبردی شبکه آموزش سیما با بهره‌گیری از متدولوژی نوآوری نظام‌یافته (TRIZ)"**، دومین کنفرانس تکنیک‌های کشف و حل مسئله، ۱۳۹۰.

[۵] ابولحسنی، محمدرضا؛ **هیدرولیک و پنوماتیک**، ناشر اتحاد-آیلار، تهران، ۱۳۹۰.

[۶] مدینه، حمدرضا؛ دلایلی، حسین؛ **هیدرولیک صنعتی**، جلد۲، کانون پژوهش، ۱۳۸۰.

Archive of SID
www.SID.ir

[۷] فلاحی دهکی، حسین؛ حامدی، حسام؛ کشاورز، علیرضا؛ **هیدرولیک و پنوماتیک صنعتی**، سها، تهران، ۱۳۸۹.

[۸] مایکل جی. موران؛ هاروارد، ان. شاپیرو(رجبی، اختر؛ دیبایی‌نیا، بیژن)؛ **مبانی ترمودینامیک مهندسی**، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۸۸.

[9] Arai H; "*Japan's intellectual property strategy"*, World patent, Information, vol. 28, No. 4, p.p. 232-326, 2006.

[10] Mann D.; *Hands-on systematic innovation*, Ieper: CREAX Press, Malaysia, 2002.

[11] Zoyzen Z.; "*Solving contradictions in development of new generation products using TRIZ*", TRIZ Journal, February, 1997.

[12] Petrov V.; "*The laws of system evolution*", TRIZ Journal, March, 2002.

[13] Terninko J.; "*Su-field analysis*", TRIZ Journal, February, 2000.

[14] Domb E.; "*Using the ideal final result to define the problem to be solved*", TRIZ Journal, une, 1998b.

[15] Zlotin B.; Zusman A.; "*ARIZ to the move*", TRIZ Journal, March, 1999.

Archive of SID

www.SID.ir