

نوآوری در آکومولاتور گازی با به‌کارگیری نوآوری نظام یافته

■ غلامرضا بزرگمهر⁺*

شاهین‌شهر، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، صندوق پستی:

115/83145

تاریخ دریافت: 1392/02/28 و تاریخ پذیرش: 1392/08/14

چکیده

توسعه فناوری عمدتاً بستگی به خلاقیت طراحان محصول یا فناوری دارد. از آنجا که فرصت‌های جدید برای توسعه فناوری نوین باید توسط متخصصان مورد بررسی قرار گیرد؛ 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 1946 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 به منظور 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، پیاده‌سازی شده و ایده‌های نوآورانه‌ای حاصل و سپس امکان‌سنجی این ایده‌ها جهت عملیاتی شدن مورد ارزیابی قرار گیرد. بدیهی است هر ایده نوآورانه قابل اجرا فرصتی است در جهت کارآفرینی.

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

* عهده دار مکاتبات

+ شماره نامبر: 0312-5225094 و آدرس پست الکترونیکی: Bozorgmehr_reza@yahoo.com

1- مقدمه

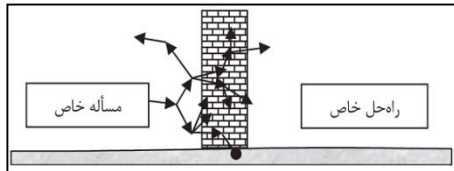
در جهانی که دستخوش دگرگونی بوده و امنیت آن هر روز در معرض تهدید است، تنها راه بقا، ابداع و نوآوری است. ضرورت وجود خلاقیت و نوآوری در سازمان‌ها تا حدی رسیده است که برخی منابع، نبود آن را به نابودی سازمان در دراز مدت یکی دانسته‌اند [1]. یکی از روش‌های خلاقانه حل مسئله، نوآوری نظام‌یافته (TRIZ) بوده و در سال 1946 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 اکومولاتور ترکیبی هیدرولیک-پنوماتیک، پیاده‌سازی شده و ایده‌های حاصله مورد ارزیابی قرار گیرد. اکومولاتورها 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 اکومولاتورها می‌توان به منبع قدرت، خنثی‌کننده ضربان پمپ، خنثی‌کننده ضربان فشار منبع قدرت اضطراری یا آماده‌به‌کار، جبران‌کننده انبساط حرارتی، جبران‌کننده نشتی، متعادل‌کننده، استفاده در سیستم تعلیق خودرو و کاربردهای دفاعی نظیر لانچرهای پرتاب سامانه‌های هوایی اشاره نمود [6، 5، 7]. 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 می‌انجامد. 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 [10].

2- پیشینه پژوهش

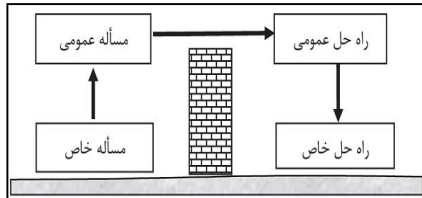
1-2- نوآوری نظام یافته (TRIZ)

رویکرد الگوریتمی TRIZ در فرایندهای نوآورانه، روش سعی و خطا¹ را نمی‌پذیرد و همانگونه که در شکل‌های شماره 1 و 2 دیده می‌شود، تلاش می‌کند با تبدیل مسائل خاص به مسائل کلی و عمومی، زمان لازم برای ابداع و نوآوری را کاهش دهد [2].

1 Trial and Error



شکل 1: نمودار حل مسئله به روش سعی و خطا



شکل 2: نمودار تبدیل مسئله خاص به مسئله عمومی در TRIZ [2]

همانطور که در نمودار شکل شماره 3 مشاهده می‌شود، 4 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 فکری² استوار است [3].

TRIZ در مراحل مختلف تعریف و حل مسئله از ابزارهای گوناگونی مانند تحلیل کارکرد و خواص³، کاشف مسئله⁴، چهل اصل ابداعی⁵ [4]، ماتریس تضادها⁶ [11]، قوانین تکاملی⁷ [12]، الگوی تجزیه و تحلیل ماده-میدان⁸ [13]، نتیجه‌نهایی ایده آل⁹ [14] و الگوریتم حل ابداعی مسئله¹⁰ [15] بهره می‌برد.

2-2- اکومولاتورها

اکومولاتورها جزء وسایل هیدرولیک و پنوماتیک محسوب می‌شوند. عملکرد اکومولاتورها ذخیره‌سازی سیال تحت فشار است. از آنجا که سیال تحت فشار در اکومولاتور ذخیره می‌شود، می‌توانیم در مواقع ضروری و کاربردهای خاص از آن استفاده نمائیم [5].

2 Brainstorming

3 Function & Attribute Analysis

4 Problem Explorer

5 40 Inventive principles

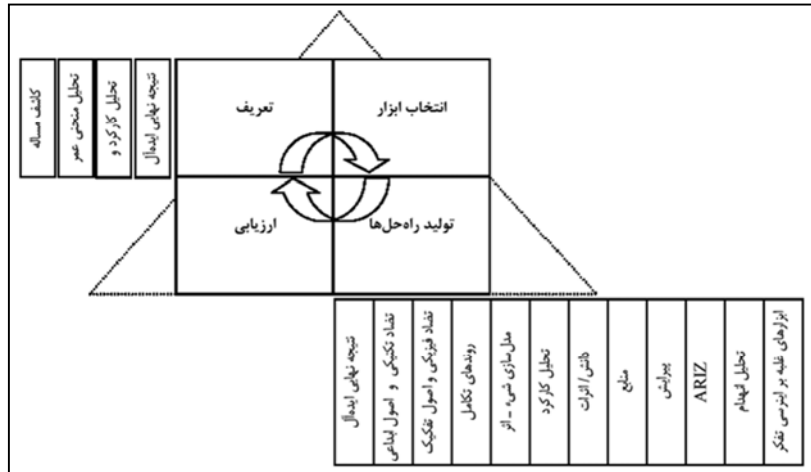
6 Contradiction matrix

7 laws of system evolution

8 Substance- Filed Model

9 Ideal Final Result (IFR)

10 Algorithm of Inventive problem solving (ARIZ)



شکل 3: جانمایی ابزارهای نوآوری نظام‌یافته نوین در یک فرایند چهارگامی کشف و حل مسئله [4]

1-2-2- انواع آکومولاتور

- نیروی محرکه برای پرتاب سلاح‌های پرتابه‌ای دستی مانند نارنجک انداز و ...

به‌طور کلی آکومولاتورها به انواع آکومولاتورهای وزنی، فنری، گازی، پیستونی و دیافراگمی تقسیم می‌شوند [5].

3-2-2- آکومولاتورهای گازی

این نوع آکومولاتور بر اساس قانون بویل - ماریوت (1) 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.

کاربردهای عمومی آکومولاتورها [5، 6 و 7]:

$$PV = \text{مقدار ثابت}$$

P: فشار گاز

V: حجم گاز

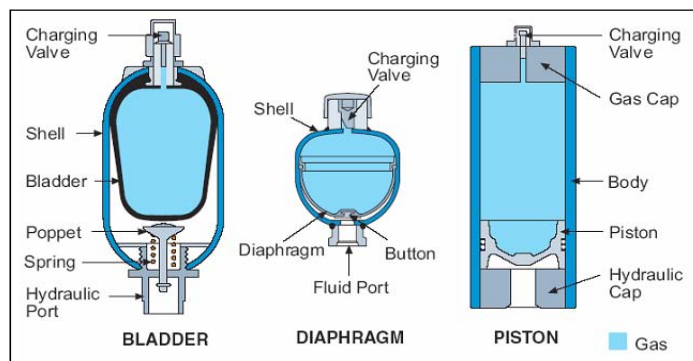
معمولاً از گاز هوا یا نیتروژن برای شارژ آکومولاتورها استفاده می‌کنند، زیرا ارزان بوده و از خوردگی تجهیزات آکومولاتور نیز جلوگیری می‌کند. شکل شماره 4 انواع آکومولاتورهای گازی در سه دسته اصلی پیستونی، دیافراگمی و کیسه‌ای را نشان می‌دهد.

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

2-2-2- کاربردهای دفاعی خاص آکومولاتورها:

برخی از کاربردهای دفاعی مهم آکومولاتورها به شرح زیر است:

- نیروی محرکه برای لانچرهای سامانه‌های هوایی بدون سرنشین



شکل 4: دسته‌بندی کلی انواع آکومولاتورهای گازی

$$P_0 V_0^\gamma = P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma \quad (9)$$

که در آن P_0 فشار گاز از پیش شارژ شده، P_1 حداقل فشار عملیات، P_2 حداکثر فشار عملیات و γ نسبت گرمای ویژه گاز است و مقدار آن در این حالت از 1 تا 1/4 است [5].

3- روش پژوهش

3-1- اجرای روش حل مسئله TRIZ

روش پژوهش منطبق بر روش حل مسئله توسط نوآوری نظام‌یافته است. مطابق TRIZ کلاسیک، حل مسئله دارای چهار مرحله اصلی است: تعریف مسئله، انتخاب ابزار، تولید راه‌حل و ارزیابی راه‌حل. در این مقاله، ابتدا مسئله به‌طور دقیق تعریف و تشریح می‌گردد؛ سپس ابزار، حل تناقضات با استفاده از ماتریس آلتشولر و 40 اصل ابداعی انتخاب گردید.

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

1- هرچه مقدار وزنی گاز درون محفظه گاز (ثانوی) آکومولاتور افزایش یابد، سبب افزایش نیروی تراکم گاز می‌شود (+)، افزایش مقدار وزنی گاز سبب افزایش حجم و فضای مورد استفاده گاز مصرفی می‌شود که مستلزم محفظه و سیلندری بزرگتر است (-).

2- هرچه مقدار وزنی گاز درون محفظه گاز (ثانوی) آکومولاتور افزایش یابد، سبب افزایش نیروی تراکم گاز می‌شود (+)، افزایش حجم گاز سبب افزایش فشار و تنش وارده بر جداره سیلندر می‌شود که اگر از حد تسلیم آن بالاتر باشد سبب انهدام می‌شود (-).

3- هرچه مقدار وزنی گاز درون محفظه (ثانوی) آکومولاتور افزایش یابد، سبب افزایش نیروی تراکم گاز می‌شود (+)، چراکه گاز تراکم‌پذیر است و لذا با افزایش وزن و حجم آن، دبی و راندمان شارژ و دبی و راندمان تخلیه کاهش می‌یابد (-).

4- افزایش حجم گاز درون محفظه ثانوی سبب افزایش نیروی گاز متراکم می‌شود (+)، به دلیل فشرده‌سازی گاز و برخورد مولکولی، مقداری انرژی گرمایی ایجاد می‌شود و طبق قانون گازهای کامل، در اثر این حرارت موقتی، حجم و فشار گاز افزایش می‌یابد ولی پس از مدتی پس از انتقال حرارت، کاهش فشار و حجم خواهیم داشت (-).

5- افزایش نیروی فشاری گاز مفید است (+)، که البته خود مستلزم افزایش حجم گاز است (-).

6- افزایش نیروی فشاری گاز مفید است و خود مستلزم افزایش حجم گاز است (+)، افزایش نیروی فشاری در اثر افزایش حجم

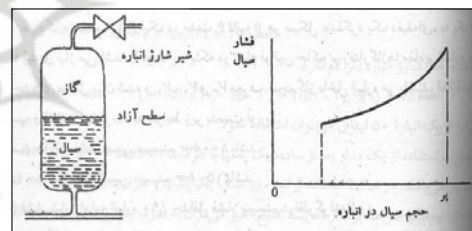
در شکل شماره 5 نوعی آکومولاتور گازی به همراه منحنی مشخصه آن نشان داده شده است. شکل دقیق منحنی بستگی به سرعت تراکم و یا انبساط گاز آکومولاتور دارد که حالت‌های زیر را شامل می‌شود:

الف- ایزوترمال (دما ثابت)، به حالتی اطلاق می‌شود که انبساط یا تراکم گاز به آهستگی صورت می‌پذیرد و رابطه بین فشار مطلق (P) و حجم گاز (V) به صورت (مقدار ثابت = PV) است.

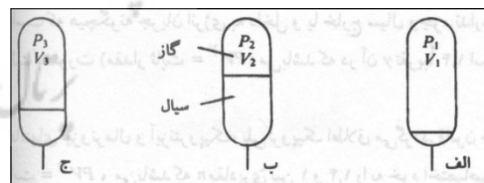
ب- آدیاباتیک، مربوط به حالتی است که هیچگونه جریان انرژی به داخل یا خارج سیال وجود ندارد. قانون حاکم بر رفتار گاز در این حالت به صورت (مقدار ثابت = PV γ) است که در آن γ ، تقریباً برابر 1/4 است.

به وضعیت بین ایزوترمال و آدیاباتیک، پلی‌تروپیک اطلاق می‌شود. قانون حاکم بر رفتار گاز به صورت، مقدار ثابت = PV γ است که فقط در آن γ ، مقادیر 1 تا 1/4 را اختیار می‌کند.

یکی از بیشترین کاربردهای آکومولاتور مربوط به موردی است که در دوره‌های کوتاهی از زمان به دبی زیاد سیال نیاز است. با استفاده از یک پمپ با دبی خروجی پائین، آکومولاتور در دوره زمانی طولانی شارژ می‌شود تا سیال ذخیره شده بتواند در هنگام نیاز، به سرعت در سیستم تخلیه شود.



شکل 5: آکومولاتور گازی



شکل 6: شرایط شارژ گاز آکومولاتور

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

شکل شماره 6 آکومولاتور را در سه حالت مختلف نشان می‌دهد. P_1 ، فشار شارژ اولیه، P_2 ، حداکثر فشار سیستم و بیانگر فشار سیال در حالتی است که آکومولاتور کاملاً شارژ شده است و P_3 ، حداکثر فشار کاری است [6].

ابعاد آکومولاتورها، جهت تغییرات آدیاباتیک وضعیت گاز، از رابطه (9) تبعیت می‌کند

10- 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 (-).
 11- افزایش روغن هیدرولیک سبب افزایش فشار و راندمان سیستم می‌شود (+)؛ بنابراین افزایش روغن هیدرولیک سبب افزایش وزن سیستم می‌شود (-).
 12- افزایش روغن هیدرولیک سبب افزایش فشار و راندمان سیستم می‌شود (+)؛ بنابراین افزایش روغن سبب کاهش زمان تخلیه می‌شود (-).

گاز، سبب می‌شود سرعت شارژ محفظه و سرعت بازگشت حجم فشرده شده گاز به حالت اولیه کاهش یابد (-).
 7- افزایش نیروی فشاری گاز مفید است (+). افزایش نیروی گاز یا به عبارت دیگر، تراکم بیشتر گاز سبب اصطکاک و تولید حرارت می‌شود (-).
 8- 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 (-).
 9- خاصیت تراکم‌پذیری بیشتر گاز سبب افزایش انرژی ذخیره‌شده در گاز متراکم می‌شود (+)؛ خاصیت تراکم‌پذیری هر چه بیشتر باشد راندمان شارژ و تخلیه یا بازیافت حجم گاز کاهش می‌یابد (-).

جدول 1: ماتریس تناقضات تکنیکی (فنی) برای آکومولاتور گازی

ردیف	شماره	ویژگی بهبودیابنده	شماره	ویژگی بدتر شونده	شماره اصول پیشنهادی ماتریس
1	1	وزن جسم متحرک	7	اندازه و حجم جسم متحرک	28, 29, 40
2	1	وزن جسم متحرک	11	تنش، فشار	36, 40
3	1	وزن جسم متحرک	39	بهره‌وری	24, 35, 37
4	7	اندازه و حجم جسم متحرک	22	تلفات انرژی	13, 15, 16
5	10	نیرو	7	اندازه و حجم جسم متحرک	12, 15, 37
6	10	نیرو	9	سرعت	13, 15, 28
7	10	نیرو	31	اثرات زیان‌بار داخلی	13, 24, 36
8	30	عوامل زیان‌بار موثر بر جسم	27	قابلیت اطمینان	24, 27, 40
9	30	عوامل زیان‌بار موثر بر جسم	39	بهره‌وری	22, 24, 35
10	31	اثرات زیان‌بار داخلی	27	قابلیت اطمینان	24, 29, 40
11	39	بهره‌وری	1	وزن جسم متحرک	24, 26, 35, 37
12	39	بهره‌وری	30	عوامل زیان‌بار موثر بر جسم	13, 22, 24, 35

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.

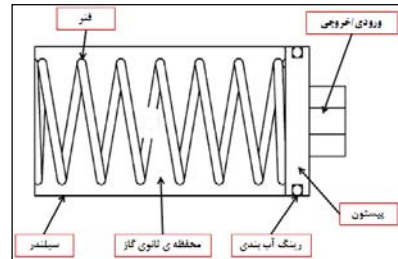
جدول 2 استخراج اصول با بیشترین کاربرد برای آکومولاتور گازی و تولید ایده‌های جدید

اصل	انتخاب اصول با بیشترین تکرار و قابلیت اجرا	ایده‌های تولید شده
28	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 (ایده 1).
40	مواد مرکب	
13	معکوس کردن (تغییر جهت)	
24	واسطه و میانجی (واسطه تراشی)	
37	انبساط حرارتی	افزودن یک منبع حرارتی به محفظه گاز آکومولاتور برای افزایش حجم و فشار محفظه (ایده 2).

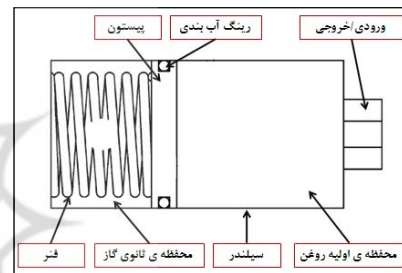
2-3- تجزیه تحلیل یافته‌ها

پس از جلسات متعدد کارشناسی توسط تیم پژوهش بر ایده‌های تولید شده (مطابق جدول شماره 2)، یک ایده مناسب و کارآمد تشخیص داده شد که عبارتست از: افزودن فنر به محفظه گازی به منظور افزایش راندمان آکومولاتور. ارزیابی علمی این ایده به شرح زیر است:

مکانیزم ایده شماره 1 در شکل‌های شماره 7 و 8 تشریح شده است.

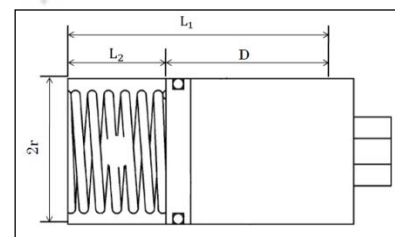


شکل 7: آکومولاتور ترکیبی در حالت شارژ نشده



شکل 8: آکومولاتور ترکیبی در حالت شارژ شده

شکل شماره 7 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 8 آکومولاتور ترکیبی را در حالت شارژ کامل نشان می‌دهد. در این حالت پیستون کل مسافت تعیین شده را حرکت کرده است و در محفظه ثانوی، گاز و فنر فولادی در حالت تراکم هستند.



شکل 9: ابعاد آکومولاتور ترکیبی در حالت شارژ شده

حجم اولیه سیلندر در حالت استراحت از رابطه (3) و حجم دو بخش (اول و ثانوی) آکومولاتور در حالت شارژ شده از روابط (4) و (5) پیروی می‌کنند.

حجم اولیه سیلندر در حالت ریلکس:

$$V_0 = L_1 \pi r^2 \quad (3)$$

حجم محفظه اول (روغن) سیلندر در حالت شارژ:

$$V_1 = D \pi r^2 \quad (4)$$

حجم محفظه ثانوی (گاز) سیلندر در حالت شارژ:

$$V_2 = L_2 \pi r^2 = (L_1 - D) \pi r^2 \quad (5)$$

هنگامی که آکومولاتور در حالت شارژ است، فشار فنر فشرده شده از معادله (6) پیروی می‌کند.

فشار حاصل از فنر فشرده شده در حالت شارژ:

$$P_s = \frac{F_s + F_0}{\pi r^2} = \frac{K.D + F_0}{\pi r^2} \quad (6)$$

F_s : نیروی فنر فشرده شده؛

F_0 : بارگذاری اولیه فنر؛

r : شعاع پیستون؛

K : ضریب ثابت فنر.

با فرض اینکه گاز درون مخزن آدیاباتیکی (بدون انتقال حرارت) و ایده‌آل باشد، طبق قانون گازهای کامل، روابط (7)، (8) و (9) برقرار است که در آن γ نسبت گرمای ویژه گاز است.

$$PV^\gamma = Cte \quad (7)$$

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma \quad (8)$$

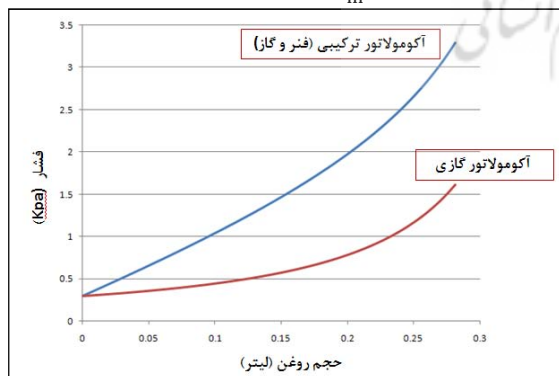
$$P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma \quad (9)$$

از ترکیب روابط (6) و (9) معادله کلی برای فشار خروجی آکومولاتور به صورت رابطه (8) به دست می‌آید [8].

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

$$P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma + \frac{K.D + F_0}{\pi r^2} \quad (10)$$

شکل شماره 10 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 $24 \frac{N}{m}$ است.



شکل 10: مقایسه فشار تولید شده از آکومولاتور در حالت بدون فنر و با فنر. محور X، فشار آکومولاتور بر حسب Kpa و محور Y، حجم روغن و ثابت فنر در این حالت مقادیر k برابر با $24 \frac{N}{m}$ و γ است.

4- خلاصه و نتیجه گیری

- با استفاده از فنر در آکومولاتور، حجم کمتری از روغن هیدرولیک درون مخزن اولیه روغن تزریق شده است؛ در صورتی که فشار خروجی آکومولاتور کمتر نشده بلکه بیشتر هم شده است.
- کاهش چشمگیر مصرف روغن هیدرولیک سبب می شود تجهیزات سیستم هیدرولیکی ضعیف تری مورد نیاز باشد، در نتیجه در مصرف انرژی و هزینه صرفه جویی می شود.
- با کاهش مصرف روغن هیدرولیک، در مواد مصرفی نیز صرفه جویی شده است.
- با افزودن فنر، راندمان آکومولاتور به طور چشمگیری افزایش یافته است.
- با استفاده از ترکیب فنر و گاز در انباره، یکی از اصول مهم TRIZ استفاده از منابع تامین می شود. بدین صورت که از فضای خالی فنر برای اشغال گاز تراکم پذیر استفاده می شود.
- 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 تقریباً این اصل نیز تامین شده است.
- ایده های تولید شده و مزیت های متعدد حاصله و نیز اثبات امکان پذیری آن، نشان دهنده قابلیت TRIZ برای حل نوآورانه مسائل فنی و مهندسی است؛ لذا لازم است این الگوریتم نوآوری نظام یافته به طور شایسته به دست اندرکاران عرصه های تحقیق و توسعه آموزش داده شود تا در آینده شاهد نوآوری های متعدد حاصل از به کارگیری این علم در داخل کشور باشیم.

آکومولاتورها وسایلی هستند که جزو سیستم های هیدرولیک - پنوماتیک محسوب می شوند و دارای کاربردهای فراوانی از جمله ذخیره و رهاسازی یک باره انرژی، متعادل کننده و ... هستند. در این مقاله، به منظور نوآوری و بهبود در سیستم یک نوع آکومولاتور گازی از روش نوآوری نظام یافته (TRIZ)، استفاده شد. مراحل اجرای TRIZ شامل 4 مرحله تعریف مسئله، انتخاب ابزار، تولید راه حل و ارزیابی راه حل 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 40 اصل ابداعی، راه حل های عمومی برای مسئله ارائه شد. از بررسی و تحلیل این راه حل های عمومی ایده های 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 قرار گرفت و امکان - سنجی آن به صورت تئوری مورد ارزیابی قرار گرفت. در نهایت ثابت گردید که ایده جدید از نظر علمی قابلیت اجرا دارد و علاوه بر آن مزیت های 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.

فهرست منابع

- [1] باقری، زهرا؛ چوپانی، حیدر؛ "موانع و چالش های خلاقیت و نوآوری در سازمان ها و ارائه راهکارهایی جهت بهبود آن"، سومین کنفرانس ملی خلاقیت شناسی، TRIZ و مهندسی نوآوری ایران، 6-5 آبان، 1389.
- [2] جعفری، مصطفی؛ ضرغامی، محمدرضا؛ "توسعه توانمندی حل ابداعانه مسائل و سرعت بخشی به تحقیق و توسعه اثر بخش با به کارگیری TRIZ"، فصلنامه رشد فناوری، سال هشتم، شماره 29، زمستان 1390.
- [3] سلیمی، سارا؛ بهبود روش های پیش بینی فناوری توسط TRIZ، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، 1384.
- [4] سلیمی، نمین، سارا؛ "تدوین برنامه راهبردی شبکه آموزش سیما با بهره گیری از متدولوژی نوآوری نظام یافته (TRIZ)"، دومین کنفرانس تکنیک های کشف و حل مسئله، 1390.
- [5] ابولحسنی، محمدرضا؛ هیدرولیک و پنوماتیک، ناشر اتحاد-آیلار، تهران، 1390.
- [6] مدینه، حمدرضا؛ دلایلی، حسین؛ هیدرولیک صنعتی، جلد 2، کانون پژوهش، 1380.

- [7] فلاحی دهکی، حسین؛ حامدی، حسام؛ کشاورز، علیرضا؛ هیدرولیک و پنوماتیک صنعتی، سپها، تهران، 1389.
- [8] مایکل جی. موران؛ هاروارد، ان. شاپیرو(رجبی، اختر؛ دیبایی نیا، بیژن)؛ مبانی ترمودینامیک مهندسی، مرکز نشر دانشگاهی، 1388.
- [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.

