



ارائه یک الگوریتم براساس روش ساختاری جهت طراحی سیستم عیب یاب کمپرسور در یک موتور توربوجت

علی شهریاری^۱، مهرداد بزاززاده^۲، حامد بدیهی^۳

دانشکده مکانیک و هوافضا - دانشگاه صنعتی مالک اشتر

چکیده

به منظور بهبود قابلیت اعتماد نتایج عیب یابی، این مسئله بسیار مهم است که داده‌های اندازه‌گیری شده قبل از ورود به سیستم عیب یابی اصلاح و خالص سازی شوند. در این مقاله ابتدا با ایجاد مدل ریاضی موتور و در نظر گرفتن زیر سیستم کمپرسور معادلات عملکردی مربوطه استخراج گردیده و سپس با بکارگیری آنها در یک الگوریتم بر اساس روش ساختاری خطاهای سنسورهای موجود که قابل ایزوله شدن می باشند شناسایی شده اند. این الگوریتم برای کل مدل ریاضی موتور و سنسورهای فعال در آن قابل گسترش است.
واژه های کلیدی: روش ساختاری- سیستم عیب یاب- موتور توربوجت

مقدمه

تشخیص عیب توزین گاز بر پایه تحلیل اختلافات پارامترهای اجزا از شرایط طرح می باشد. چنین اطلاعاتی تنها از روی اندازه گیری یک سری از پارامترهای عملکردی قابل دسترسی است. صحت کلیه سیستم های عیب یابی به صورت جزئی توسط کیفیت اندازه گیری ها تعیین می شود. متأسفانه داده های اندازه گیری شده معمولاً آلوده به پارازیت سنسور، اختلالات، فرسودگی ابزار و خطاهای آزمایشگر است. به منظور بهبود قابلیت اعتماد در نتایج عیب یابی این مسئله بسیار مهم است که داده های اندازه گیری شده قبل از ورود به سیستم عیب یابی اصلاح و خالص سازی شوند.

مدل ریاضی موتور و زیر سیستم شبیه ساز کمپرسور

به منظور مدل سازی رفتار دینامیکی این سیستم، لازم است عملکرد تک تک اجزای آن توسط روابط دیفرانسیل حاکم بر آنها شبیه سازی گردد. این روابط در اصل همان قوانین پایستاری جرم، مومنتوم و انرژی می باشند که با در نظر گرفتن معادلات دینامیکی و ترمودینامیکی حاکم بر اجزاء سیستم و نیز هماهنگی اجزاء از نظر کار و جریان، مدل ریاضی سیستم را تشکیل می دهند. از آنجا که پرداختن به روابط حاکم بر مدل ریاضی موتور هدف و نیاز الگوریتم نمی باشد از این مدل ریاضی زیر سیستم شبیه ساز کمپرسور را در نظر می گیریم. این زیر سیستم بادر یافت اطلاعات حاصل از دیگر زیر سیستم های مدل پارامتر های خروجی کمپرسور را تعیین می نماید. نمای کلی از این زیر سیستم در شکل ۱ آمده است.

تحلیل الگوریتم بر اساس روش ساختاری

با استخراج معادلات عملکردی کمپرسور و به کارگیری آن در یک الگوریتم بر اساس روش ساختاری می توان خطای سنسورهای موجود که قابل ایزوله شدن هستند را شناسایی کرد [۱].

متغیرهایی که با عنوان X مشخص شده اند، مبین مقدار واقعی پارامتر مورد نظر بوده و نامعلومند. متغیرهای با عنوان Y ، متغیرهایی هستند که سنسور برای پارامتر مربوطه نشان می دهد و دارای مقادیر معلوم می باشند. نهایتاً، متغیرهای با عنوان Z ، نشان دهنده میزان خطای سنسور بوده و برابر با اختلاف بین متغیرهای X و Y می باشد. به این ترتیب پارامترهای جدول ۱ برای کمپرسور قابل تعریف می باشند و معادلات E_1 تا E_5 ، در جدول ۲، شامل پارامترهای اساسی در روابط حاکم بر شبیه سازی زیر سیستم کمپرسور بصورتی قابل کاربرد در روش ساختاری می باشد.

جدول ۱- پارامترهای مربوط به مدل کاربردی کمپرسور

x	x_{p_1}	مقدار واقعی تغییرات فشار خروجی کمپرسور
	x_{T_2}	مقدار واقعی دمای خروجی کمپرسور
y	y_{p_1}	مقدار اندازه‌گیری شده فشار در خروجی کمپرسور
	y_{T_2}	مقدار اندازه‌گیری شده دما در خروجی کمپرسور
	y_{u_1}	مقدار اندازه‌گیری شده دبی در خروجی کمپرسور
f	f_{p_3}	مقدار خطای موجود در اندازه‌گیری فشار خروجی کمپرسور
	f_{T_1}	مقدار خطای موجود در اندازه‌گیری دمای خروجی کمپرسور
	f_{u_1}	مقدار خطای موجود در اندازه‌گیری دبی خروجی کمپرسور

جدول ۳- خطاهای ایزوله شده توسط ماتریس ساختاری ساده شده نهایی

خطاهای ایزوله شده	مجموعه معادلات
f_{p_1}, f_{p_2}	e_1, e_4
f_{T_1}, f_{T_2}	e_1, e_2, e_3
f_{p_1}, f_{p_2}	e_1, e_4, e_5
$f_{p_1}, f_{p_2}, f_{T_1}, f_{T_2}$	e_1, e_2, e_3, e_4
$f_{p_1}, f_{p_2}, f_{T_1}, f_{T_2}$	e_1, e_2, e_3, e_4

جدول ۴- خطاهای ایزوله شده نهایی با وارد کردن فرض ساده ساز در

معادله ۵:

خطاهای ایزوله شده نهایی	مجموعه معادلات
f_{p_1}	e_1, e_4
f_{p_1}	e_1, e_2, e_3
f_{p_1}	e_1, e_4, e_5
$f_{p_1}, f_{p_2}, f_{T_1}, f_{T_2}$	e_1, e_2, e_3, e_4
$f_{p_1}, f_{p_2}, f_{T_1}, f_{T_2}$	e_1, e_2, e_3, e_4

جدول ۲- روابط حاکم بر پارامترهای مدل کاربردی کمپرسور

رابطه مدل سیستم	$e_1(x_{p_1}, x_{T_2}) = 0$
رابطه مدل سنسور و سیگنالها	$e_2(y_{u_1}, x_{T_2}, f_{u_1}) = 0$
رابطه مدل سنسور و سیگنالها	$e_3(y_{p_1}, x_{p_1}, f_{p_1}) = 0$
رابطه مدل سنسور و سیگنالها	$e_4(y_{T_2}, x_{T_2}, f_{T_2}) = 0$
رابطه مدل خطا	$e_5(f_{T_1}) = 0$

حال با توجه به روابط مطرح شده در جدول ۲، می‌توان ماتریس ساختاری متناظر با این معادلات را در شکل ۲ ارائه نمود.

همانطور که در ماتریس شکل ۲ ملاحظه می‌شود، در ردیف مربوط به هر معادله، در صورت وجود پارامتر مربوطه در آن معادله، عدد صفر قرار می‌دهیم. از طرف دیگر، سه دسته متغیر x ، y و f را بصورت جداگانه چیدمانی می‌کنیم.

با مشتق‌گیری از معادلات e_2 تا e_4 ، به مشتق ماتریس ساختاری شکل ۳ می‌رسیم. بنابر الگوی روش، به دلیل وجود حداقل یک پارامتر با مشتق مرتبه اول، از معادلات e_1 و e_5 مشتق‌گیری نمی‌کنیم.

از این مرحله، تمرکز خود را به ستون x های ماتریس شکل ۳ جلب کرده و با توجه به تعداد معادلات و متغیرها، متغیر پایه را از بین x_{T_2} ، x_{p_1} و x_{p_2} شناسایی می‌کنیم. در اینجا متغیر پایه x_{T_2} می‌باشد. سپس تمام ترکیبات معادلاتی که x_{T_2} از آن‌ها حاصل می‌شود را می‌یابیم. از روی این مجموعه معادلات ترکیباتی از معادلات که متغیر اضافی آنها مشابه می‌باشد را کنار می‌گذاریم. در این صورت به ماتریس ساختاری ساده شده شکل ۴ می‌رسیم.

در این قسمت با توجه به ماتریس نهایی به دست آمده در شکل ۵، جدول شماره ۳ را برای خطاهای قابل ایزوله شدن تشکیل می‌دهیم. با فرض صفر بودن f_{T_1} از معادله ۵ به جدول شماره ۴ می‌رسیم.

همان طور که ملاحظه می‌شود f_{p_1} و f_{p_2} که خطاهای مربوط به دو سنسور می‌باشند، متغیرهای مستقل و اصلی هستند و طبق معادلات جدول شماره ۴ قابل محاسبه‌اند، ولی خطای مربوط به سنسور دمای خروجی یعنی f_{T_1} که به دلیل حذف معادله e_5 در روند تشکیل ماتریس‌ها از معادلات حذف شده بود، قابل محاسبه نمی‌باشد و وابسته به تمام متغیرها بوده و قابل ایزوله شدن نخواهد بود.

نتیجه‌گیری

- ۱- به منظور بالا بردن قابلیت اعتماد در نتایج عیب یابی می‌بایست داده‌های اندازه‌گیری شده قبل از ورود به سیستم عیب یابی اصلاح و خالص سازی شوند.
- ۲- با استفاده از الگوریتم ساختاری می‌توان خطاهای بعضی از سنسورهای موجود را شناسایی و ایزوله کرد.
- ۳- با توجه به نتایج الگوریتم که در جدول شماره ۳ نمایش داده شده است می‌توان دریافت که هر چه مدل ریاضی سیستم دقیق تر باشد تخمین مقدار خطاهای ایزوله شده به مقدار حقیقی آنها نزدیک تر خواهد بود.

مراجع

1. Mattias Krylander., Design and Analysis Of Diagnostic Systems Utilizing Structural Methods. Department Of Electrical Engineering, Linköping University, Master Thesis No. ۱۰۳۸, ۲۰۰۳..
2. Walsh, P. P., and Fletcher, P., Gas Turbine Performance. Blackwell. Science, USA, ۲۰۰۴
3. Michael Lichtsinder, Yeshayahou Levy., Jet Engine Model for Control and Real-Time Simulations. Journal of Engineering for Gas

