



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

برآورد پارامترهای موتور القایی سه فاز با استفاده از گشتاور تکامل

تفاضلی

چکیده

موتورهای القایی سه فاز به دلیل ویژگی های سخت افزاری، هزینه کم و تعمیر و نگهداری آسان، به طور فراوانی در صنعت مورد استفاده قرار می گیرند. معمولاً، لازم است سیستم های درایو و کنترل را برای چنین موتورهایی پیاده سازی کنیم که این امر نیازمند شناخت پارامترهای مکانیکی و الکتریکی آنها است. با این حال، در بعضی موارد، این داده ها همان موقع در دسترس نیستند یا ممکن است مقادیر پارامترها به دلیل فرسودگی اجزای موتور تغییر کند. اگر یک روش ارزیابی پارامتر کارآمد در دسترس باشد، می توان چنین مشکلات را از بین برد. به منظور ارزیابی خودکار پارامترها به صورت موثر، مقاله حاضر، یک روش مبتنی بر الگوریتم تکاملی دیفرانسیل با هدف برآورد پارامترهای الکتریکی و مکانیکی موتورهای القایی سه فاز را پیشنهاد می دهد. چنین الگوریتمی قادر به برآورد پارامترهای مدار الکتریکی معادل مانند مقاومت استاتور و روتور و شاخص های نشتی، القایی مغناطیس، و نیز پارامترهای مکانیکی مانند گشتاور و ضریب اصطکاک است. عملکرد روش برآورد پارامتر پیشنهادی برای سه سیگنال ورودی مختلف مورد ارزیابی قرار می گیرد: (1) سیگنال جریان یک فاز مرتبط با سرعت اندازه گیری شده از یک تاکوژنراتور (2) سیگنال جریان یک فاز مرتبط با سرعت حاصل از یک گشتاورسنج، و (3) تنها سیگنال جریان یک فاز. در نهایت، یک سری از نتایج شبیه سازی شده و تجربی برای تایید روش پیشنهادی ارائه شده است، و نتایج عملکرد خوب استراتژی های پیشنهاد شده را نشان می دهد.

1. مقدمه

موتور القایی سه فاز (TIM) به طور گسترده ای در بخش صنعتی استفاده می شود، عمدتاً برای بهره برداری از پمپ ها، کمپرسورها و فن ها، که 68 درصد از مصرف انرژی صنعتی برزیلی که مطابق با 35 درصد انرژی الکتریکی مصرفی کل است را شامل می شود. به طور کلی، چنین موتورها تحت حدود 60 درصد بار اسمی خود،

در نتیجه کار با کاهش بهره وری، که منجر به هدر رفت انرژی می شود عمل می کنند. نمودار کارایی TIM، برای فرکانس اسمی، می تواند در مشخصات آن یافت شود. با این حال، این موتورها اغلب توسط مبدل فرکانس هدایت می شوند، و در نتیجه فرکانس های عملیاتی متفاوت به دلیل مقادیر اسمی آنها است. یکی از راه های تجزیه و تحلیل کارایی TIM و در نتیجه تعیین اینکه کدام منطقه عملیاتی مناسب تر برای یک وضعیت خاص است، انجام محاسبات است که به پارامترهای الکتریکی و مکانیکی موتور بستگی دارد، از آنجا که چنین پارامترهایی، هنگامی که به یک مدل ریاضی اعمال میشوند، ممکن است پویایی عملیات TIM را نشان دهند. با این حال، در چندین شرایط ممکن است پارامترها توسط تولید کننده تحت تاثیر قرار نگیرند، یا تاثیرات خارجی و داخلی مانند سایش الکتریکی و مکانیکی یا گرمایش ممکن است مقادیر پارامترها را تغییر دهد. علاوه بر مشکلات مربوط به کارایی پر انرژی، برآورد مناسب پارامترهای TIM ممکن است بر عملکرد درایو AC تأثیر بگذارد، زیرا مقادیر پارامترهای موتور برای تنظیم کننده های کنترل، بخصوص پارامترهای مکانیکی که مربوط به پاسخ دینامیکی در طول گذرا، پایه هستند. حتی با استفاده از نظارت بر پارامترهای TIM می توان از روش های تشخیص خطا استفاده کرد. در این زمینه، توسعه تکنیک های برآورد پارامترهای الکتریکی و مکانیکی TIM به موضوع مهم تحقیقات اخیر تبدیل شده است. داده ها برای مدار الکتریکی معادل متقارن به طور معمول از طریق آزمایش های مسدود شده و بدون بار موتور به دست آمدند، همانطور که در استاندارد IEEE بیان شده است، جایی که دستگاه در حالت پایدار عمل می کند. اگر چه چنین روش مورد استفاده ای ساده و معمولی است، تقریبی آن ممکن نیست دقیق باشد. علاوه بر این، پارامترهای مکانیکی در این روش برآورد نمی شوند. به این معنی که، روش های محاسباتی به دلیل توانایی های آنها برای ارزیابی دقیق تر پارامترهای الکتریکی و مکانیکی به عنوان جایگزین های مورد نظر به وجود می آیند. در دو روش محاسبه پارامترهای مدار الکتریکی معادل پیشنهاد می شود. این روش ها به ترتیب بر اساس شبکه های عصبی مصنوعی (ANN) و سیستم های استنتاج عصبی فازی تطبیقی (ANFIS) و داده های ورودی گشتاور، توان فعال و راکتیو، جریان شروع، حداکثر گشتاور، سرعت بار کامل و کارایی هستند که توسط تولید کننده داده شده اند. تکنیک پیشنهاد شده بر اساس استفاده از شبکه Adaline برای شناسایی ثابت زمان موتور و فاکتور نشت TIM در حالت پایدار (فرکانس های بالا)، و

همچنین مقاومت نشتی و القایی استاتور (فرکانس های پایین) است. در استفاده از آزمایشهای فرکانس متغیر، محاسبه پارامترهای مدار الکتریکی معادل نیز پیشنهاد شده است.

در سال های گذشته، تکنیک های برآورد پارامترهای الکتریکی و مکانیکی TIM، بر اساس استفاده از روش های محاسباتی، در آثار ادبی با نتایج جالبی گزارش شده است. به عنوان مثال، کار در پیشنهاد های شناسایی گشتاور از TIM با استفاده از تنها یک سنسور ولتاژ، که با توجه به پارامترهای برآورد شده، مدل سازی می شود، در نتیجه تکنیک ساده و کم هزینه می باشد. استفاده از الگوریتم های برآورد پارامترهای آنلاین نیز در مقاله [16] پیشنهاد شده است که شامل یک روش کنترل پیش بینی کننده بر اساس تقریب اویلر برای برآورد مقاومت استاتور از مدل خطی موتور القایی است. در مقاله [17] یک روش بهینه سازی ازدحام ذرات (PSO) برای ارزیابی پارامترهای مدار الکتریکی معادل TIM، مقایسه گشتاور و مشخصات ارائه شده توسط سازنده، اعمال می شود.

طبقه ای دیگر از روشهای محاسباتی اکتشافی، طبقه ای از الگوریتم های تکاملی است که بر اساس تعریف و تغییر گروه راه حل ها برای به حداقل رساندن یک تابع هدف هستند. استفاده از الگوریتم های تکاملی در ارزیابی پارامترهای TIM نیز در نوشته های اخیر گزارش شده است. در [18]، استفاده از الگوریتم های ژنتیکی به منظور شناسایی همزمان پارامترهای مکانیکی و الکتریکی، با استفاده از ورودی تنها جریان شروع و ولتاژ مربوطه. پیشنهاد شده است. روش پیشنهادی در [19] شامل استفاده از الگوریتم دیفرانسیل تکامل (DE) برای برآورد مقاومت روتور و استاتور و همچنین القای نشتی روتور و استاتور با مقایسه مقادیر اسمی، شروع و توقف گشتاورهای اندازه گیری شده با مقادیر حاصل از پارامترهای برآورد شده است. در [20] تاثیر تغییرات دمای پارامترهای الکتریکی و مکانیکی TIM با استفاده از یک سیگنال جریان مورد تحلیل قرار گرفته است. علاوه بر این، در [21]، نویسندگان تجزیه و تحلیل پنج روش مختلف DE را برای بررسی بهترین روش ارزیابی پارامتر برای مدار الکتریکی معادل TIM، با استفاده از سیگنال های شبیه سازی شده از ولتاژ ورودی و خروجی سه فاز را پیشنهاد می دهند. در نهایت، در [22] DE برای تخمین پارامترهای مدار الکتریکی معادل و گشتاور اینرسی استفاده می شود، با توجه به اینکه سیگنال ورودی جریان های سه فاز شبیه سازی شده دو موتور متفاوت است.

در یک تحلیل کلی، مشکل اصلی در برخی از روش های پیشنهادی گزارش شده، بدست آوردن اطلاعات لازم برای شناسایی پارامترها، مانند سرعت و گشتاور است [12,17,19]. چنین مقالاتی از سنسورهای پیشرفته تر

استفاده می کنند به این معنی که هزینه های بالای توسعه پروژه را کاهش می دهد و در نتیجه، جذابیت آن را کاهش می دهد. علاوه بر این، روش های ارائه شده، جایگزین هایی برای ارزیابی پارامترهای مدار الکتریکی معادل TIM [12، 14، 17، 21] یا پارامترهای مکانیکی [15]، به جای در نظر گرفتن ترکیب آنها پیشنهاد می کنند. آثار ارائه شده در [18، 20، 22] روشهایی برای برآورد دو پارامترهای الکتریکی و مکانیکی را پیشنهاد می دهد. با این حال، روش در [18] نیاز به ولتاژ سه فاز و داده های جریان دارد، در نتیجه درخواست شش سنسور، و [20] تنها از داده های محاسباتی استفاده می کند.

در مقاله حاضر، تکنیکی را که قادر به برآورد مقادیر مقاومت روتور و استاتور و ظرفیت القای نشتی، ظرفیت القای مغناطیسی مغناطیسی (پارامترهای مدار الکتریکی معادل)، گشتاور و ضریب اصطکاک موتور القایی سه فاز است را پیشنهاد می دهیم. سه مجموعه مجزای سیگنال های ورودی برای الگوریتم پیشنهادی اعمال می شود: (1) سیگنال جریان یک فاز همراه با سرعت اندازه گیری شده از یک تاکو ژنراتور، (2) سیگنال جریان یک فاز همراه با سرعت اندازه گیری شده از یک گشتاورسنج، و (3) تنها سیگنال جریان یک فاز. روش متشکل از تقریب تابع برای ارزیابی پارامتر با استفاده از الگوریتم تکامل دیفرانسیل، همراه با مدل دینامیکی TIM، همانطور که در [23، 24] شرح داده شده، است. به منظور تایید کارایی و اعتبار روش برآورد پیشنهادی، آزمونهای مبتنی بر مدلهای محاسباتی که با داده های تجربی اجرا شدند نیز انجام شده است.

2. مدل سازی موتور القایی سه فاز

مدل سازی ریاضی موتور القایی برای روش برآورد پارامترهای پیشنهاد شده در این مقاله ضروری است. در واقع، ارزیابی مجموعه ای از پارامترهای داده شده در روش حاضر با استفاده از شبیه سازی عددی دینامیک های موتور القایی انجام می شود، که مدل ریاضی آن به پارامترهایی که باید ارزیابی شود بستگی دارد، و سپس با مقایسه نتایج شبیه سازی شده با داده های تجربی اجرا می شود. در این مقاله، مدل خطی موتور در نظر گرفته شده است، زیرا در نظر گرفته شده است که در بدون بار عمل می کند و در نتیجه، منطقه اشباع می تواند نادیده گرفته شود. مدل سازی موتور القایی دقیق را می توان در [23، 24] پیدا کرد.

مدل موتور شامل معادلات ولتاژ و جریان از روتور و استاتور، شار روتور و استاتور، گشتاور الکترومغناطیسی و موقعیت زاویه ای است.

یک مرجع منحصر به فرد برای روتور و استاتور اتخاذ می شود که می تواند ثابت یا همزمان باشد. در این کار، تنها ارجاع پذیرفته شده ثابت است، زیرا مقادیر اندازه گیری شده به استاتور اشاره دارد. معادلات ولتاژ و جریان روتور و استاتور در (1) و (2) شرح داده شده است، زیر شاخص 1 اشاره به مقادیر استاتور و زیر شاخص 2 اشاره به روتور دارد.

(1)

$$\underline{u}_1 = R_1 \underline{i}_1 + \frac{d}{dt} \underline{\Psi}_1$$

(2)

$$\underline{u}_2 = 0$$

در فرم ماتریس، معادلات (1) و (2) به صورت (3) و (4) بازنویسی می شوند:

(3)

$$\begin{bmatrix} u_{1a} \\ u_{1b} \\ u_{1c} \end{bmatrix} = R_1 \begin{bmatrix} i_{1a} \\ i_{1b} \\ i_{1c} \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \left(L_1 \begin{bmatrix} i_{1a} \\ i_{1b} \\ i_{1c} \end{bmatrix} + L_H \begin{bmatrix} i_{2a} \\ i_{2b} \\ i_{2c} \end{bmatrix} \right)$$

(4)

$$R_2 \begin{bmatrix} i_{2a} \\ i_{2b} \\ i_{2c} \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \left(L_2 \begin{bmatrix} i_{2a} \\ i_{2b} \\ i_{2c} \end{bmatrix} + L_H \begin{bmatrix} i_{1a} \\ i_{1b} \\ i_{1c} \end{bmatrix} \right) = 0,$$

که در آن R_1 و R_2 به ترتیب مقاومت استاتور و روتور (اهم)، i_1 و i_2 جریان سه فاز از استاتور و روتور (آمپر)، u_1 و u_2 ولتاژ سه فاز از استاتور و روتور (ولت)، $\underline{\Psi}_1$ و $\underline{\Psi}_2$ به ترتیب شار استاتور و روتور (وبر) هستند، معادلات شار استاتور و روتور توسط (5) و (6) داده شده است،

(5)

$$\underline{\Psi}_1 = L_1 \underline{i}_1 + L_H \underline{i}_2 = L_H (\underline{i}_1 + \underline{i}_2) + l_{\sigma 1} \underline{i}_1$$

(6)

$$\underline{\Psi}_2 = L_2 \underline{i}_2 + L_H \underline{i}_1 = L_H (\underline{i}_2 + \underline{i}_1) + l_{\sigma 2} \underline{i}_2$$

L_1 و L_2 تعریف شده به عنوان

(7)

$$L_1 = L_H + l_{\sigma 1}, \quad L_2 = L_H + l_{\sigma 2}.$$

متغیرهای L_1 و L_2 به ترتیب الگوریتم های کلی استاتور و روتور هستند، به ترتیب $L_{\sigma 1}$ و $L_{\sigma 2}$ به ترتیب ظریب القای ناشی استاتور و روتور هستند و L_H القای مغناطیسی است. تمامی شاخص ها در Henry اندازه گیری می شوند.

بر اساس شار و مقادیر جریان محاسبه شده در (2) - (6)، گشتاور الکترومغناطیسی را می توان با استفاده از (8) محاسبه کرد

$$m_d = -P \underline{\Psi}_1^T \underline{K} i_1, \quad (8)$$

جایی که P تعداد جفت های قطبها است و K نشان دهنده ماتریس تبدیل برای مرجع منحصر به فرد است، توسط (9) ارائه شد:

$$\underline{K} = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 0 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (9)$$

برای تکمیل مدل، گشتاور الکترومغناطیسی در معادلات مکانیکی قرار داده شده است و به وسیله زیر نشان داده می شود

$$J \frac{d}{dt} \omega_{mec} = m_d - K_D \omega_{mec} - m_l \quad (10)$$

J گشتاور اینرسی (کیلوگرم متر)، ω_{mec} سرعت موتور (رادیو / ثانیه)، m_l گشتاور بار (N m)، m_d گشتاور الکترومغناطیسی (N m) و K_D ضریب اصطکاک است. هنگامی که موتور در عملیات بدون بار و با سرعت ثابت

است، معادله (10) را می توان ساده کرد، که اجازه می دهد محاسبه ضریب اصطکاک با

(11)

$$K_D = \frac{\omega_{mec}}{m_d}$$

در این کار، به منظور شناسایی ضریب اصطکاکی، یک سری آزمایش های بدون بار برای ارزیابی پارامترها انجام شد. با استفاده از معادلات ارائه شده، می توان یک مدل فضای حالت ایجاد کرد که در آن حالت ها توسط جریان ها و سرعت داده می شود.

الگوریتم DE، توسعه یافته در این مقاله، در بخش 3 ارائه شده است. روش بهینه سازی به عنوان یک تابع تقریبی عمل می کند که هدف آن جایگزینی پارامترهای مدل ریاضی به وسیله ارزش های برآورد شده آنها است و سپس سرعت TIM و منحنی های جریان را محاسبه می کنند. چنین منحنی هایی پس از آن با سیگنال های ورودی مقایسه شدند، که اجازه به بهینه سازی تقریبی را میدهد. برخی از کاربردهای DE را می توان در مقالات مشابه یافت [19-22]. الگوریتم DE چندین مزیت را در مقایسه با دیگر الگوریتم های اکتشافی مانند استحکام ارائه می دهد، زیرا می توان مقادیر مرزی گسترده را از طریق الگوریتم و توانایی ذاتی فرار از مینیمم های محلی بررسی کرد [25].

3. تکامل تفاضلی

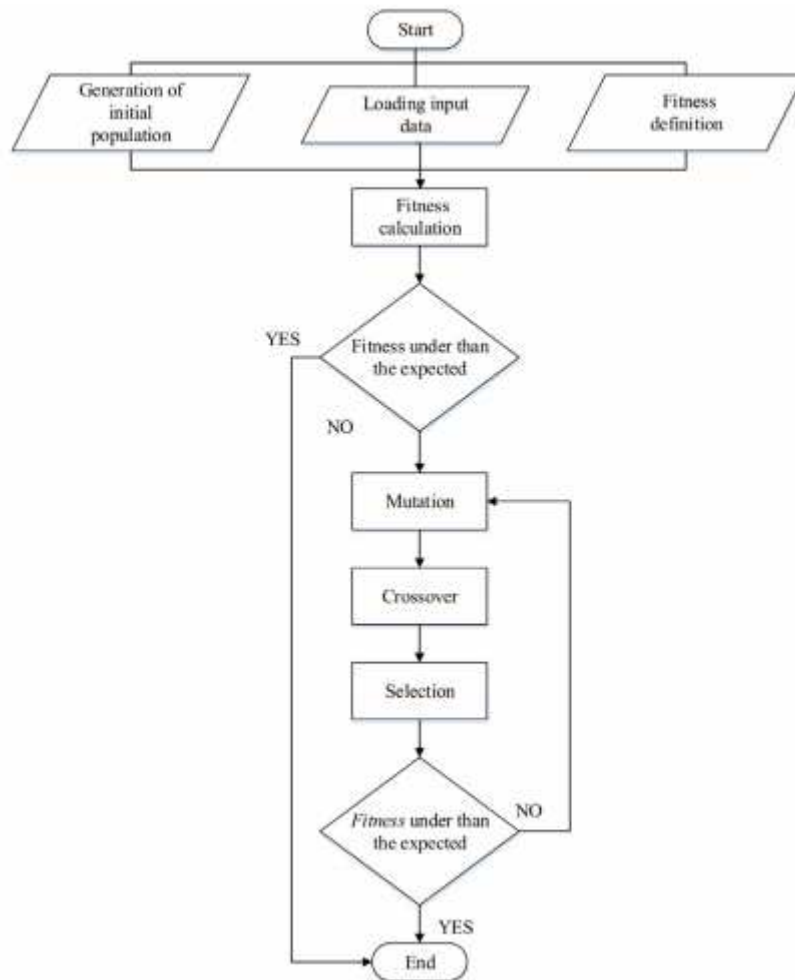
تکامل تفاضلی (DE)، توسط استورن و پرایس در سال 1995 [26] توسعه یافته، یک روش اکتشافی است که براساس یک روند تکراری است که هدف آن تعیین راه حل های تقریبی برای مشکلات بهینه سازی ترکیبی است [27]. تکنیک های مبتنی بر DE الگوریتم که قادر به بازگشت راه حل های قابل اجرا برای مشکلات پیچیده و در مقیاس بزرگ با هزینه های کم محاسباتی [28]، که کارآمد تر از دیگر اکتشافات در نظر گرفته می شوند، شناخته می شوند.

در مقاله حاضر، استفاده از الگوریتم DE برای تخمین پارامترهای الکتریکی مدار معادل، و همچنین گشتاور اینرسی و ضریب اصطکاک موتور القایی پیشنهاد شده است.

DE به عنوان یک الگوریتم مبتنی بر جمعیت طبقه بندی شده است، زیرا با مجموعه ای از راه حل های ممکن برای یافتن راه حل مورد نظر روبرو است. در طول فرایند، اگر چنین راه حل هنوز پیدا نشده است، جمعیت از

طریق یک روند جهش پیش می رود و به دنبال یک تقاطع اتفاق می افتد؛ به عنوان نتیجه، جمعیت تمایل به راه حل مورد نظر دارد.

الگوریتم با ایجاد یک جمعیت اولیه آغاز می شود، که مربوط به اولین مجموعه ای از راه حل های ناشی از انتخاب تصادفی افراد موجود در یک منطقه جستجوی محدود است.



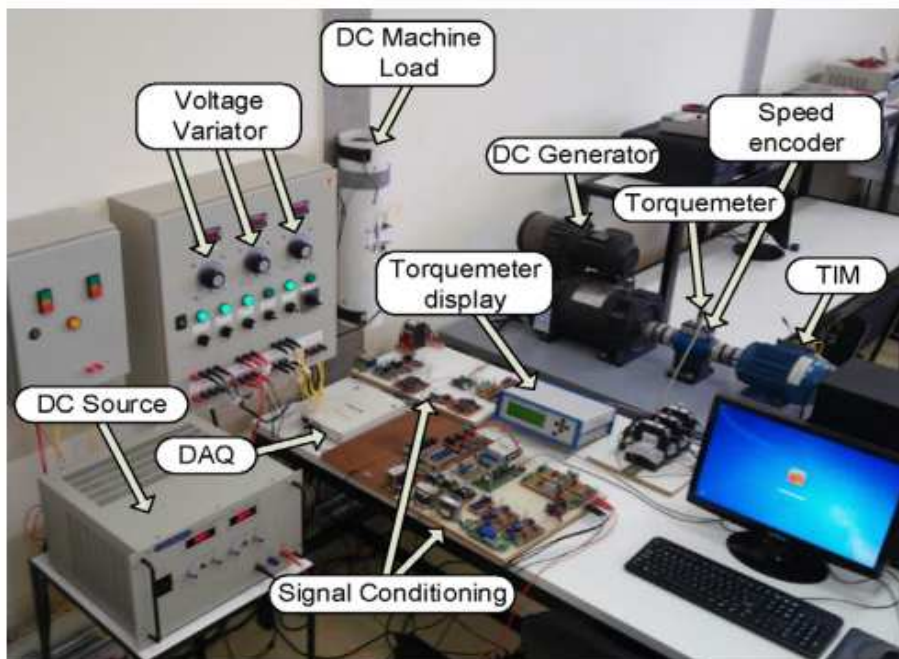
شکل 1. فرآیند DE

سپس تابع برازندگی هر یک از راه حل ها که مربوط به تابع هدف برای به حداقل رساندن است، محاسبه می شود. سپس سه یا چند نفر از جمعیت اولیه به طور تصادفی انتخاب می شوند تا تحت فرآیند جهش قرار گیرند (در این مقاله سه نفر استفاده می شوند). در این مرحله، اختلاف برداری بین شخص دوم و سوم تعیین و سپس با یک وزن عامل ضرب می شود؛ سپس نتیجه به فرد اول اضافه می شود، تولید اولین فرد از جمعیت جهش شده، در معادله (12) ارائه شده است:

$$v_{i,G+1} = x_{r1,G} + F \cdot (x_{r3,G} - x_{r2,G}) \quad (12)$$

$v_{i,G+1}$ عنصر i ام از جمعیت جهش یافته است، F عامل وزن اعمال شده برای تفاوت بردار است $x_{r1,G}$ و $x_{r2,G}$ و $x_{r3,G}$ است، کروموزوم هایی هستند که به صورت تصادفی از جمعیت قبل از جهش انتخاب شده اند. بعد از جهش، مرحله همگذری شروع می شود. در طی تلاقی، افراد جمعیت اولیه، به نام بردار هدف، با جمعیت جهش یافته ترکیب می شوند. یک عدد تصادفی بین 0 و 1 به هر عنصر کروموزومی اختصاص داده می شود، هر دو برای بردار هدف و برای جمعیت جهش یافته، و این تعداد با نرخ تلاقی مقایسه می شود، که که همچنین یک مقدار از 0 تا 1 مربوط به احتمال تلاقی یک فرد از یک جمعیت خاص است. اگر مقدار تعیین شده پایین تر از نرخ تلاقی باشد، سپس ژن جمعیت جهش یافته انتخاب می شود، در غیر این صورت ژن بردار هدف انتخاب می شود.

پس از آن، مقادیر برازندگی افراد حاصل از عملیات تلاقی محاسبه و با افراد مربوطه آنها در بردار هدف مقایسه می شود. سرانجام، یک مرحله انتخاب جدید اجرا می شود، جایی که بهترین فرد از نظر هر مقایسه، بخشی از نسل بعدی خواهد بود. این فرآیند تکرار می شود تا زمانی که معیار متوقف، پیشینی تعریف شده، برآورده می شود. شکل 1 یک فلوجارت ساده فرآیند DE را نشان می دهد.



شکل 2. میز کار آزمایشی آزمایشگاه سیستم های هوشمند UTFPR.

4. روش پژوهش

پارامترهای الکتریکی و مکانیکی TIM نه تنها برای تجزیه و تحلیل کارایی، بلکه برای توسعه کنترل کننده های مناسب نیز ضروری هستند. به این معنا که جستجو برای روش های برآورد پارامترهای قوی با هزینه کم محاسبات برای تحقیقات علمی به طور قابل توجهی جالب است. استفاده از الگوریتم DE برای برآورد چنین پارامترها برای تولید یک جایگزین محاسباتی در نظر گرفته شده که در مقایسه با سایر روش ها قوی است، مهم می باشد زیرا این روش بهینه سازی اجازه می دهد تا از یک فضای جستجوی گسترده استفاده کند که شامل پارامترهای متعلق به چندین سطح قدرت است.

پارامترهای موتور محاسبه شده عبارتند از: مقاومت استاتور و روتور (R_1 و R_2)، القا کنایی نشتی استاتور و روتور (L_1 و L_2)، القایی مغناطیسی (L_H)، گشتاور اینرسی (J) و ضریب اصطکاک (K_D). برای این منظور، الگوریتم تقریبی تابع را با استفاده از تکنیک تکامل تفاضلی توسعه دادیم. الگوریتم پیشنهادی با استفاده از MATLAB، یک نرم افزار چند منظوره و قوی است که می تواند به عنوان یک ابزار شبیه سازی کمکی در چندین منطقه مهندسی مورد استفاده قرار گیرد، به عنوان مثال در [29-32] ارائه می شود.

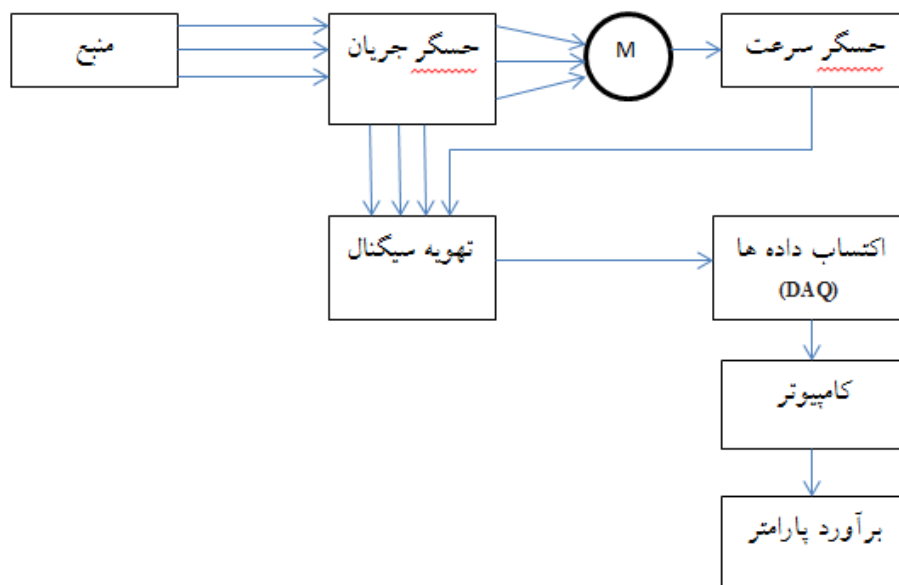
1.4. ساختار تجربی

سیگنال های ورودی از یک آزمایش تجربی با استفاده از یک موتور HP-1، 4 قطب، 60 هرتز و 220 V، در یک پیکربندی Y متصل شده بدست آمدند. میز کار مورد استفاده که در شکل 2 نشان داده شده است برای نظارت بر ولتاژ، جریان، ارتعاش، گشتاور و سرعت موتور القایی سه فاز طراحی می شود. تهویه سیگنال حسگرهای هال به ولتاژها و جریانهای فاز اجازه می دهد به ورودی های آنالوگ تابلوی جمع آوری داده ها ارسال شود. میز کار شامل یک موتور القایی همراه با یک ژنراتور مستقیم (DCG) با 2 کیلو وات، 250 ولت ولتاژ میدان اسمی و 250 ولت ولتاژ آرماتور اسمی است که امکان دریافت سیگنال های دیجیتال یا آنالوگ پایین تر از 50 نانومتر و 7000 دور در دقیقه است. شکل 3 نمودار بلوکی فرایند برآورد را نشان می دهد.

2.4. برآورد پارامترها

هدف اصلی مقاله حاضر برآورد پارامترهای الکتریکی و مکانیکی موتور القایی با توجه به سه مجموعه مختلف ورودی است: (1) سیگنال جریان یک فاز با سرعت اندازه گیری شده توسط یک تاکوژنراتور، (2) سیگنال جریان

یک فاز با سرعت اندازه گیری شده توسط یک گشتاورسنج، و (3) فقط سیگنال جریان یک فاز. بنابراین، امکان انجام تحلیل برای بررسی روش مناسب برای برآورد پارامترها امکان پذیر است.



شکل 3. نمودار بلوکی برآورد پارامتر.

این سرعت با استفاده از دو سنسور با دقت مختلف اندازه گیری شد، جایی که تاکوژنراتور دقت بالاتری از گشتاورسنج ارائه می دهد. فاز جریان انتخاب شده برای آزمایشات تفاوت نمی کند، زیرا دستگاه متقارن و با ولتاژ متعادل تغذیه می شود.

الگوریتم DE به عنوان یک روش آفلاین اجرا می شود. اولین جمعیت به طور تصادفی تولید می شوند و مرزهای مختلف برای هر پارامتر مورد اندازه گیری تعیین می شود. هر کروموزوم با بردار حاوی پارامترهای در نظر گرفته شده مطابقت دارد. پس از محاسبه جمعیت اولیه، هر پارامتر موجود در کروموزوم به مدل دینامیک موتور برای محاسبه سیگنال های جریان و سرعت مرتبط با کروموزوم اعمال می شود. سپس سیگنال های آنها با سیگنال های اندازه گیری شده مقایسه می شود و اجازه می دهد که کیفیت پارامترهای مربوطه را ارزیابی نمایند. تابع برازندگی، زمانی که تنها سیگنال جریان استفاده می شود، با استفاده از حداقل خطای مربع نشان داده شده در معادله (13) محاسبه می شود، که I_a و I_b به ترتیب سیگنال های اندازه گیری شده و برآورد شده جریان هستند، و N تعداد نمونه های استفاده شده در تابع برازندگی است.

$$fitness = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{I_i - \hat{I}_i}{I_i} \right)^2$$

برای مواردی که سرعت ها نیز به عنوان ورودی های الگوریتم مورد استفاده قرار گرفتند، بخش سرعت به تابع برازندگی، نشان داده در (14)، که در آن ω_i و $\hat{\omega}_i$ به ترتیب سرعت اندازه گیری شده و برآورد شده هستند. بنابراین، تنها یک تابع برازندگی برای هر مورد در نظر گرفته می شود.

(14)

$$fitness = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N \left(\left(\frac{I_i - \hat{I}_i}{I_i} \right)^2 + \left(\frac{\omega_i - \hat{\omega}_i}{\omega_i} \right)^2 \right)$$

تکنیک های حداقل مربع خطی / غیر خطی، روشهایی هستند که بیشترین استفاده را برای برازش منحنی دارد، زیرا آنها نتایج خوبی را ارائه می دهند، همانطور که در [33-35] نشان داده شده است. با این وجود، اگر مقادیر تقریبی دارای مقدارهای مختلف و ترکیب یک تابع هدف منحصر به فرد باشد، با این حال، چنین تکنیک هایی می توانند نیاز به استفاده از فاکتورهای وزنی داشته باشد. در این کار، مقادیر در تابع هدف با اجتناب از استفاده از فاکتورهای وزنی، نرمال می شوند، در حالی که ما می خواهیم هر دو مقادیر وزن یکسانی داشته باشند. در نتیجه، روش پیشنهادی همچنین نتایج خوبی را به دست آورد و از این رو منطقی است که فرض شود نتایج بسیار نزدیک به نتایج حاصل از تکنیک های سنتی فوق الذکر هستند. از آنجا که تعداد N نمونه سیگنال و مقدار افراد زمان محاسبات هر تکرار را تحت تاثیر قرار می دهند، برای تعیین مقادیر مناسب برای چنین پارامترهایی، از برخی آزمایش ها استفاده شد.

جدول 1 مرزهای پارامترها

$R_1 (\Omega)$	[1 15]
$L_{\sigma 1} (\text{mH})$	[0.001 0.5]
$R_2 (\Omega)$	[2 15]
$L_{\sigma 2} (\text{mH})$	[0.001 0.5]
J	[0.005 0.08]
K_D	[0.0001 0.008]
L_H	[0.1 1.5]

جدول 2 داده های همگرا برای هر سه مورد ورودی در نظر گرفته شده.

مورد	نسل ها	زمان (دقیقه)	بهترین برازندگی اولیه	بهترین برازندگی نهایی
Case 1	30	147.3	2.6371	0.002670
Case 2	28	137.5	2.5685	0.002124
Case 3	18	54.3	2.2712	0.002083

پس از این تست‌هایی، جمعیتی با 15 نفر برای همه ی آزمایشات انتخاب شد. انتخاب هر دو فاکتور وزن و نرخ تلاقی، در محدوده 0 تا 1، نیز برای روش DE بسیار مهم است. فاکتور وزن بالاتر، این احتمال را کم می کند که الگوریتم در یک حداقل محلی توقف کند. بنابراین ابتدا فاکتور وزن نزدیک به 1 انتخاب می شود و به عنوان تابع برازندگی تقریبی برای مقدار مورد نظر تقریباً به مقدار نزدیک به 0 کاهش می یابد، بنابراین جستجو بر روی منطقه هدف تمرکز می کند. در این مقاله، پس از آزمایش های متعدد، فاکتور وزن در ابتدا برابر با 0.8 انتخاب شد، و در صورت دستیابی به شرایط نهایی، به 0.2 کاهش می یابد. با توجه به نرخ تلاقی، مقدار 0.5 برای تضمین و یک احتمال برابر انتخاب بردار هدف یا بردار جهش یافته ایجاد شده است. از آنجایی که فقط یک جریان استفاده می شود، گواهی اینکه تغذیه دستگاه متعادل می شود، به منظور کاهش عدم اطمینان مربوط به پارامترهای برآورد شده توصیه می شود. همچنین مهم است که آزمون بدون بار انجام شود تا تضمین شود که وضعیت دینامیکی که بر برآورد پارامترهای مکانیکی تأثیر می گذارد تحت تأثیر قرار نگرفته است. با این حال، اگر امکان انجام یک آزمون بدون بار وجود ندارد، مهم است بدانید که گشتاور به دستگاه اعمال شده.

تمام تست ها در Intel i7، 2.4 گیگاهرتز، 8 گیگابایت رم، ویندوز 8 64 بیت، با استفاده از Matlab 2013a انجام شده است.

5. نتایج تجربی

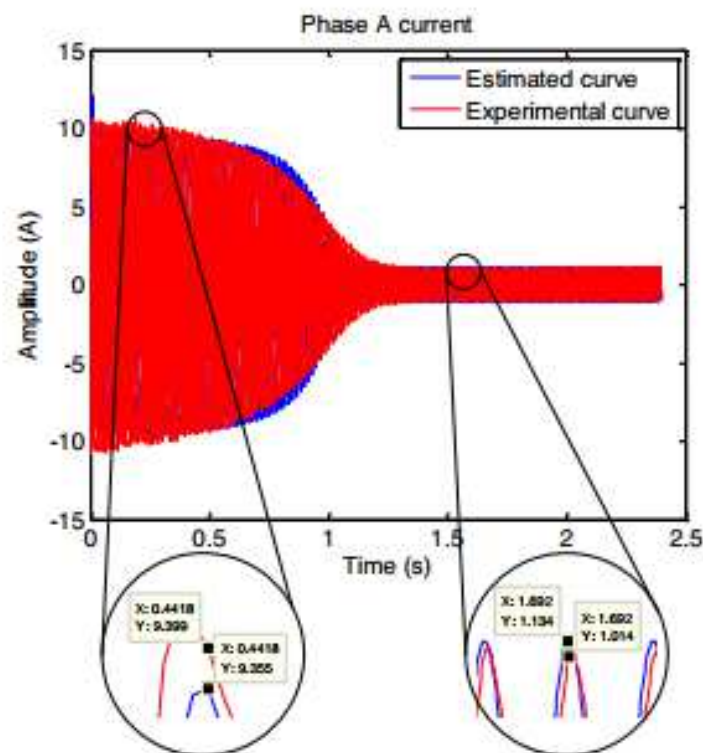
نتایج به دو بخش تقسیم می شوند: برآورد پارامترهای موتور القایی و اعتبار سنجی نتایج. برای قسمت اول، سه برآورد، هر کدام با توجه به مجموعه ای متفاوت از سیگنال های ورودی انجام شد. بهترین نتایج برای اعتبار سنجی استفاده شد.

یک فضای جستجوی گسترده برای همه موارد مورد نظر مورد استفاده قرار گرفت، همانطور که در جدول 1، ایجاد یک عدم قطعیت پارامتر بالا ارائه شد. از سوی دیگر، استراتژی پیشنهادی می تواند پارامترهای موتورهایی با سطوح قدرت مشخص را برآورد کند.

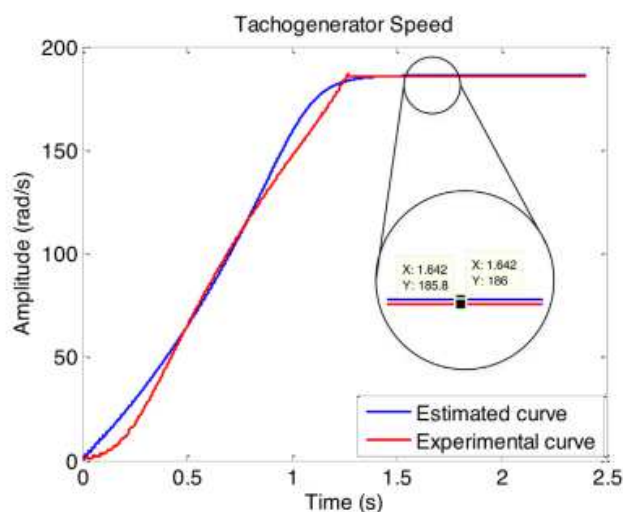
سه مورد ورودی در نظر گرفته شده عبارتند از: جریان فاز A و سرعت اندازه گیری شده از یک تاکوژنراتور (مورد 1)، جریان A فاز و سرعت اندازه گیری از گشتاورستج (مورد 2)، و تنها جریان فاز A (مورد 3). معیار توقف برای همه موارد یک مقدار برازندگی کمتر از 0.003 است، از آنجایی که آزمایش های قبلی نشان داده اند که هنگامی که چنین است، خطای بین منحنی های برآورد شده و تجربی برای هر دو سیگنالهای سرعت و جریان، عمدتاً در حالت پایدار، کمتر از 5٪ است. دومین معیار توقف پذیرفته شده، به منظور محدود کردن زمان پردازش الگوریتم، حداکثر تعداد تولید است. در این مقاله، حداکثر 50 نسل تعریف شده است، اما این حداکثر در شبیه سازی های انجام شده به دست نیامده است. جدول 2 داده های همگرا را برای هر مورد مورد بررسی ارائه می دهد

جدول 3 پارامترهای برآورد شده از جریان فاز A و از سرعت اندازه گیری توسط تاکوژنراتور. مقاومت با Ω و ظرفیت القای مغناطیسی، با mH نشان داده می شود.

Parameter	R_1	$L_{\sigma 1}$	R_2	$L_{\sigma 2}$	J	K_D	L_H	Fitness
Result	3.6527	0.0477	5.2438	0.0043	0.0281	0.0009	0.4545	0.002670

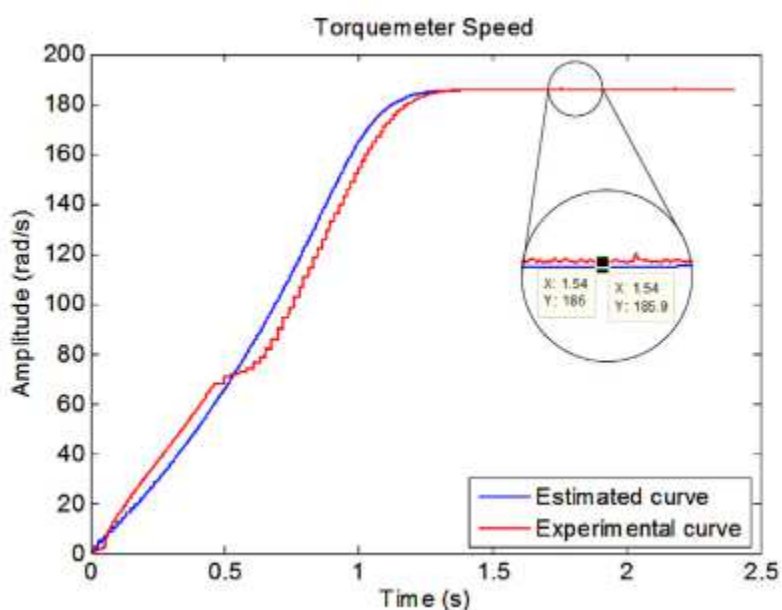


شکل 4: مقایسه جریانهای برآورد شده و تجربی.



شکل 5: مقایسه سرعت برآورد شده و تجربی، اندازه گیری شده توسط تاکوژنراتور

استفاده از سه آزمایش برای مقایسه نتایج به دست آمده و همچنین برای تایید ضرورت استفاده از سیگنال سرعت برای ارزیابی پارامتر مجاز است. مهم است که این موضوع برجسته شود که تمام سیگنال های ورودی در همان تنظیمات آزمایشی ایجاد شده اند، که تضمین کننده مقایسه مناسب روش های تخمینی باشد.



شکل 6: مقایسه سرعت برآورد شده و تجربی، اندازه گیری شده توسط تاکوژنراتور

جدول 4 پارامترهای برآورد شده از جریان فاز A و از سرعت اندازه گیری توسط تاکوژنراتور. مقاومت با Ω ، و

ظرفیت القای مغناطیسی، با mH نشان داده می شود.

Parameter	R_1	$l_{\sigma 1}$	R_2	$l_{\sigma 2}$	J	K_D	L_H	Fitness
Result	3.1753	0.0405	5.6995	0.0053	0.0281	0.0013	0.5012	0.002124

1.5. برآورد پارامتر موتور القایی سه فاز

1.1.5. مورد 1: جریان فاز A و سرعت اندازه گیری شده از یک تاکوژنراتور

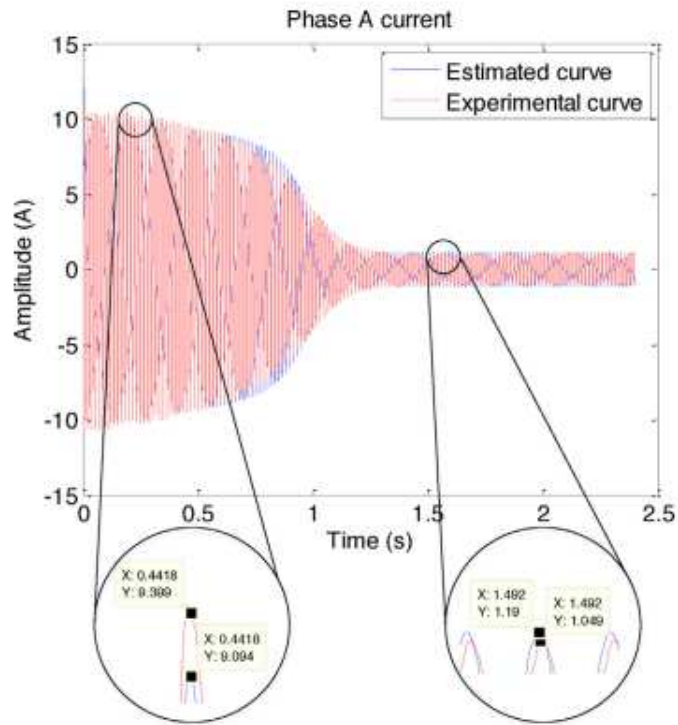
بهترین نتایج برازندگی در جدول 3 نشان داده شده است. شکل های 4-6 به ترتیب، هر دو جریان برآورد شده و جریان فاز آزمایشی A، و همچنین سیگنال های سرعت اندازه گیری شده با استفاده از تاکوژنراتور و گشتاورسنج، با مقدار برآورد محاسبه شده مقایسه شدند.

از شکل 4، امکان بررسی رفتار مشابه هر دو جریان ممکن است. همچنین ممکن است در گذر زمان، تفاوت 0.47٪ بین منحنی های تجربی و برآورد شده تایید شود. با توجه به حالت پایدار منحنی های سرعت، بین داده های تجربی و برآورد شده، با استفاده از تاکوژنراتور و گشتاورسنج تفاوت 0.05٪ وجود دارد.

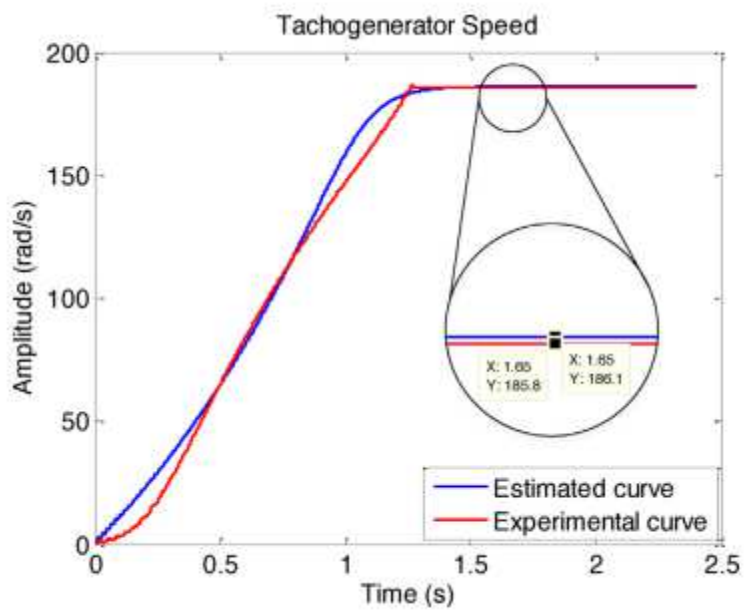
2.1.5. مورد 2: جریان فاز A و سرعت اندازه گیری شده از یک گشتاورسنج

برای مورد دوم، سرعت با استفاده از رمزگذاری نوری در گشتاورسنج اندازه گیری می شود. رزولوشن چنین سنسوری در مقایسه با تاکوژنراتور پایین تر است، رفتار واگرا که بر روی سیگنال های گذرا مشاهده شد، توجیه می شود.

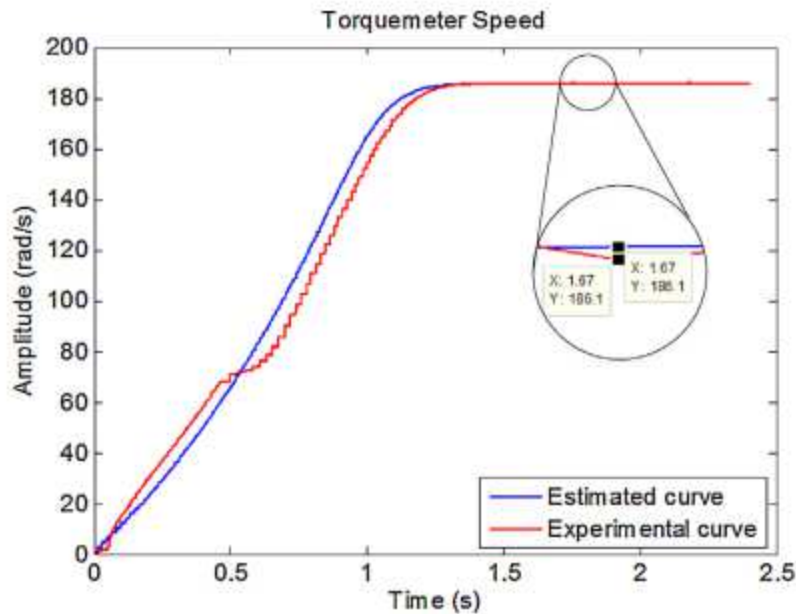
جدول 4 نتایج محاسباتی را با بهترین برازندگی ارائه می دهد. شکل 7، مقایسه جریانهای تخمین زده شده و تجربی فاز A و شکل های 8 و 9 مقایسه سرعت های اندازه گیری شده را با استفاده از تاکوژنراتور و گشتاورسنج و مقادیر برآورد شده را نشان می دهند.



شکل 7: مقایسه جریانهای برآورد شده و تجربی



شکل 8: مقایسه سرعت های برآورد شده و تجربی، اندازه گیری شده توسط تاکوژنراتور



شکل 9: مقایسه سرعت برآورد شده و تجربی، اندازه گیری شده توسط گشتاورسنج

مقایسه بین روش های ارائه شده نشان می دهد که هر دو نتایج خوبی به دست آورده اند. در تجزیه و تحلیل نتایج روش دوم، می توان گفت که خطای بین جریان های برآورد شده و تجربی در طی گذرا تقریباً 3٪ بوده است و اختلاف درصد برای سرعت حالت ثابت، 0.15٪ بود.

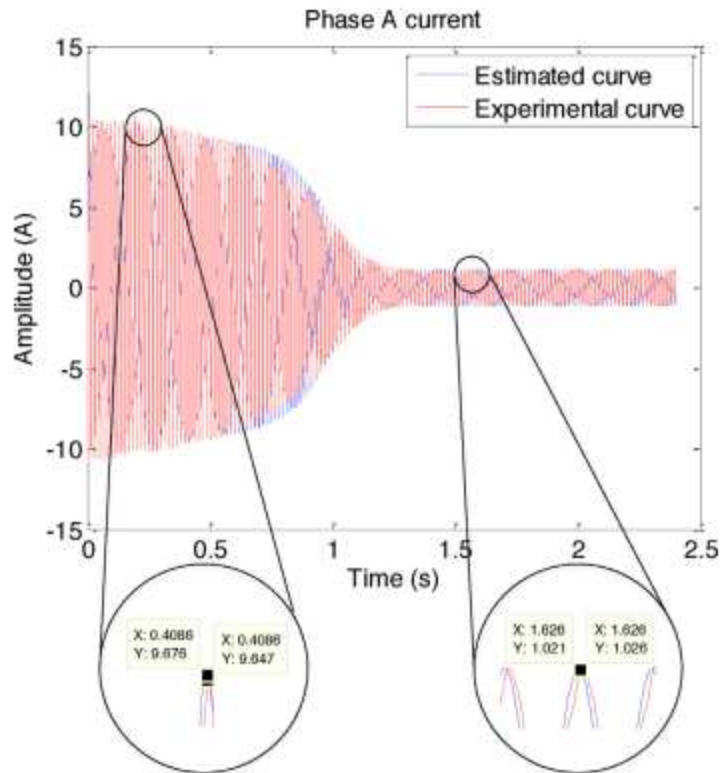
5 و 3: سیگنال ورودی - جریان فاز A

برای تأیید اهمیت سیگنال سرعت در روش برآورد پارامتر، تنها سیگنال جریان فاز A به عنوان ورودی برای مورد سوم مورد استفاده قرار می گیرد. جدول 5 نتایج حاصل با بهترین مقادیر برازندگی را نشان می دهد. شکل 10 مقایسه بین سیگنال های جریان تخمین زده شده و تجربی را نشان می دهد.

جدول 5 پارامترهای برآورد شده از جریان فاز A و از سرعت اندازه گیری توسط تاکوژنراتور. مقاومت با Ω ، و

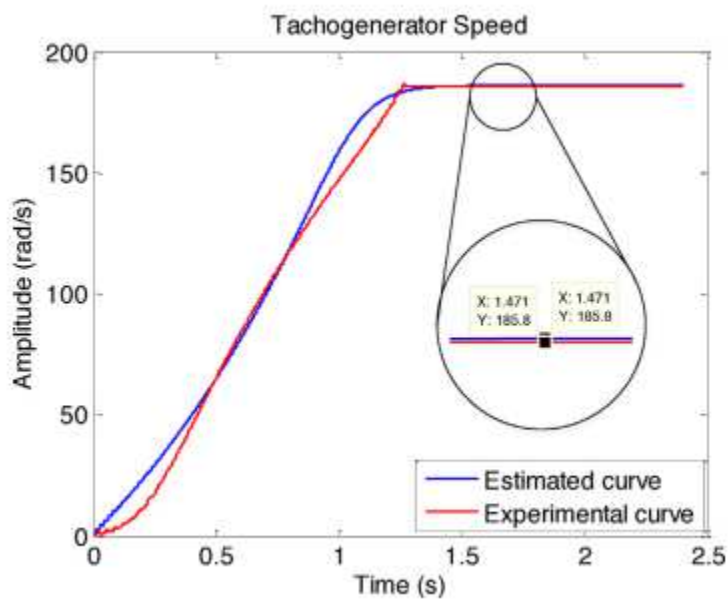
ظرفیت القای مغناطیسی، با mH نشان داده می شود.

Parameter	R_1	$L_{\sigma 1}$	R_2	$L_{\sigma 2}$	J	K_D	L_H	Fitness
Result	5.0798	0.0311	4.2047	0.0202	0.0216	0.0002	0.4705	0.002083

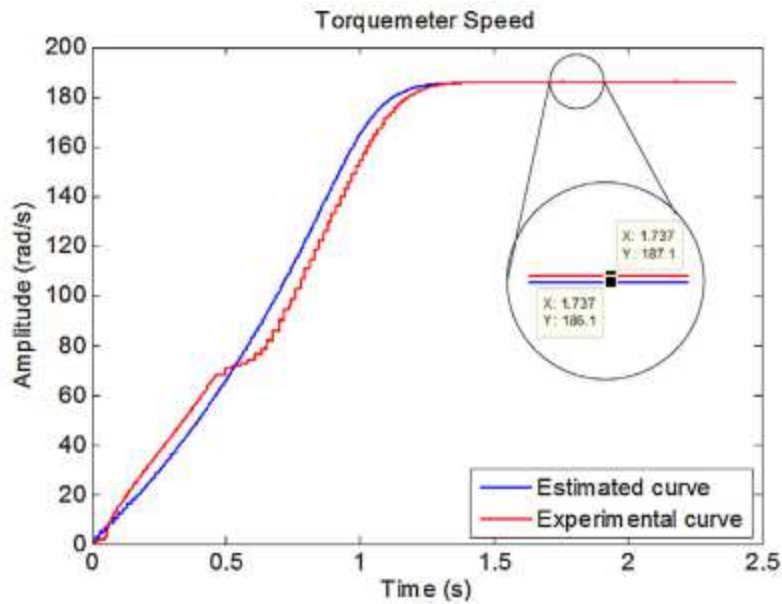


شکل 10. مقایسه جریانهای برآورد شده و تجربی.

اگر چه هیچ سنسور سرعتی برای تخمین استفاده نشد، شکل های 11 و 12 سرعت اندازه گیری شده توسط تاکونراتور و گشتاورسنج را به ترتیب نشان می دهند، همراه با سرعت برآورد شده امکان ارزیابی راندمان برآورد را فقط با استفاده از سیگنال جریان فراهم می کند.



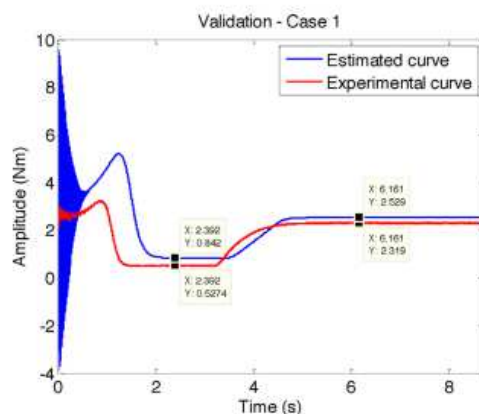
شکل 11. مقایسه سرعت برآورد شده و تجربی، اندازه گیری شده توسط تاکونراتور.



شکل 12. مقایسه سرعت برآورد شده و تجربی، اندازه گیری شده توسط

پس از انجام تجزیه و تحلیل سیگنال های سرعت، می توانید تفاوت بین سیگنال های تولید شده و اندازه گیری شده در طول گذرا بودن، که به دلیل قطعنامه های مختلف سنسورهای سرعت رخ می دهد، توجه کنید.

پس از انجام تجزیه و تحلیل سیگنال های سرعت، می توانید تفاوت بین سیگنال های تولید شده و اندازه گیری شده در طول گذرا بودن، که به دلیل دقت های مختلف سنسورهای سرعت رخ می دهد، توجه کنید. اگر تنها سیگنال جریان به عنوان ورودی استفاده شود، تفاوت بین سرعت تخمینی و تجربی تقریباً 0.5% است. علاوه بر این، در این مورد، تداخل در دستیابی سرعت داده ها هیچ تاثیری بر روش پیش بینی پارامترهای پیشنهاد شده در این مقاله ندارد. همچنین توجه داشته باشید که تفاوت بین تخمین ها و جریان های ثابت حالت تجربی نیز تقریباً 0.5% است.

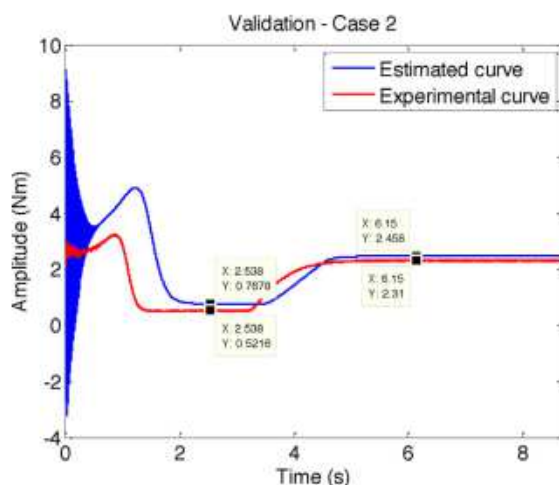


شکل 13. اعتبارسنجی روش استفاده از جریان فاز A و سرعت اندازه گیری شده از تاکوژنراتور به عنوان یک سیگنال ورودی.

2.5. اعتبار سنجی

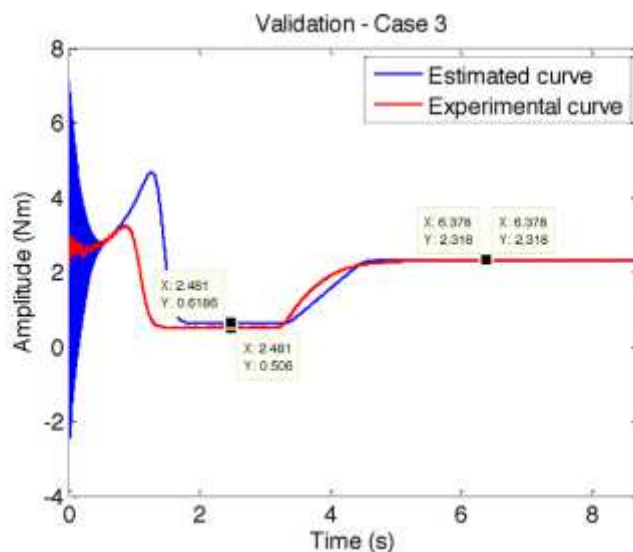
برای اعتبارسنجی روش پیشنهادی، یک آزمایش بار ورودی انجام شد. در ابتدا، گشتاور موتور با 0.5 Nm، ارائه شده توسط موتور جریان مستقیم همراه با شفت به موتور القا داده شد؛ پس از یک دوره 3.5 ثانیه، یک گشتاور 2.3 Nm اعمال شد. اولین اعتبارسنجی با مورد 1 بود، که برآورد با استفاده از جریان فاز A و سرعت اندازه گیری شده از یک تاکوژنراتور بود، و نتیجه در شکل 13 ارائه شده است. تفاوت بین سیگنال تجربی و تخمین زده شده در حالت پایدار حدود 9٪ بود که رضایتبخش است.

اعتبارسنجی دوم با مورد 2 انجام شد که شامل استفاده از جریان فاز A و سرعت اندازه گیری شده توسط تاکوژنراتور به عنوان سیگنال های ورودی الگوریتم DE است. اعتبار سنجی در شکل 14 نشان داده شده است. توجه داشته باشید که خطای حالت ثابت با بار، مربوط به 6٪ است، که نشان می دهد که استفاده از رمزگذار نوری گشتاورسنج، حتی با دقت پایین، تخمین مشابهی را در مقایسه با اندازه گیری تاکوژنراتور تولید می کند. آخرین اعتبار سنجی، که در شکل 15 نشان داده شده است، برای مورد 3 انجام شد، و تنها با استفاده از جریان فاز A به عنوان سیگنال ورودی انجام شد. برای این مورد، درصد خطا بین سیگنال های برآورد شده و محاسبه شده، همچنین در حالت ثابت با بار، 0.13٪ داده می شود.



شکل 14. اعتبار سنجی روش با استفاده از جریان فاز A و سرعت اندازه گیری شده از گشتاورسنج به عنوان یک

سیگنال ورودی



شکل 15: اعتبارسنجی روش با استفاده از جریان فاز A به عنوان یک سیگنال ورودی.

با استفاده از تجزیه و تحلیل مقایسه ای سه فرایند اعتبار سنجی، می توان مشاهده کرد که مورد 3، که تنها از سیگنال جریان استفاده کرد، در مقایسه با سایر شرایط، درصد خطای کمتر را در حین اعتبار سنجی، در حالت پایدار نشان می دهد. علاوه بر این، مدل خطی توسعه داده شده و ارائه شده در این مقاله غیرخطی ها را نادیده می گیرد، از جمله اثر سطحی و اشباع الکترومغناطیسی. در نتیجه، در طول گذرا اختلاف بین داده های اندازه گیری شده و آنچه که از طریق شبیه سازی به دست آمده است می توان مشاهده کرد. با این حال، هنگامی که حالت پایدار به دست می آید، می توان شباهت مدل محاسباتی را در مقایسه با اندازه گیری های تجربی بررسی کرد. به طور خاص، مهم است که اطلاعات موجود در شکل 15 را به عنوان یکی از کارهای مهم مقاله مطرح کنیم که منحنی برآورد شده را با جریان فاز A به عنوان سیگنال ورودی سیستم پیشنهادی در حالت پایدار بررسی می کند. با این حال، نویسندگان یک گام بار فرکانس پایین را برای آزمایش مقاوم بودن روش هنگامی که دستگاه در معرض اختلالات گشتاور قرار می گیرد را به کار بردند. با توجه به شکل 13-15 می توان تأیید کرد که پارامترهای برآورد شده از روش پیشنهادی، رفتار ماشین را که از طریق آزمایش های تجربی ارزیابی شده، بازتولید می کند.

بخش زیر مقایسه ای را در مورد 3 مقاله حاضر با مقالات مشابه در میان نوشته ها نشان می دهد.

3.5. مقایسه نتایج

تجزیه و تحلیل مقایسه ای نتایج حاصل از مورد 3 مقاله پیشنهادی و سایر کارها در دیگر مقالات و نوشته ها به ترتیب انجام می شود. جدول 6 مقایسه پارامترهای برآورد شده و همچنین سیگنال های ورودی مورد استفاده را در سه مقاله دیگر [19-17] ارائه می دهد که بر اساس پیاده سازی روش های بهینه سازی PSO، GA و DE هستند.

جدول 6 مقایسه با سایر آثار مشابه در نوشته ها.

کار		این کار	[17]	[18]	[19]
روش	DE	PSO	GA	DE	
ورودی	ولتاژ	نه	نه	بله	بله
	جریان	بله	نه	بله	بله
	سرعت	نه	بله	نه	بله
	گشتاور	نه	بله	نه	بله
پارامتر	$R_1 (\Omega)$	بله	بله	بله	بله
	$R_2 (\Omega)$	بله	بله	بله	بله
	$I_{\sigma 1} (mH)$	بله	بله	بله	بله
	$I_{\sigma 2} (mH)$	بله	بله	بله	بله
	L_m	بله	بله	بله	نه
	J	بله	نه	بله	نه
	K_D	بله	نه	بله	نه

مزیت اصلی کار پیشنهادی، زمان مقایسه با [19-17]، استفاده از تنها یک سیگنال جریان برای ارزیابی پارامتر است. علاوه بر این، هفت پارامتر موتور القایی برآورد می شود.

روش ارائه شده در [18] شبیه تکنیک پیشنهاد شده در این مقاله است، با این تفاوت که روش مقایسه شده از ولتاژ به عنوان سیگنال ورودی استفاده می کند و هیچ اعتبار سنجی برای تایید عملکرد انجام نمی شود.

6. نتیجه گیری

در این مقاله یک روش برای ارزیابی پارامترهای موتور القایی سه فاز با استفاده از یک الگوریتم DE ارائه می شود. این روش شامل استفاده از الگوریتم DE برای پارامترهای برآورد شده با به حداقل رساندن تفاوت بین سیگنال

های اندازه گیری شده و خروجی های مدل خطی موتور می باشد. سپس سه آزمایش برای مقایسه کیفیت ارزیابی پارامتر در زمان بررسی سیگنال های و سنسورهای مختلف انجام شد. در تجزیه و تحلیل نتایج، تفاوت کوچکی در میان مقادیر حاصل از سه نوع آزمایش استفاده شده می توان مشاهده کرد.

استراتژی هایی که شامل سرعت در سیگنال ورودی بودند، برای تجزیه و تحلیل درستی روش که فقط جریان سیگنال ورودی را بررسی می کند، به کار برده شدند. استفاده از اطلاعات سرعت برای برآورد پارامترهایی که اندازه گیری آنها نیاز به سنسورهای پیچیده تر دارد، ضروری نبود.

از طریق تجزیه و تحلیل انجام شده در بخش اعتبار سنجی، این موضوع روشن است که بهترین نتیجه، برآورد تنها با استفاده از جریان به عنوان سیگنال ورودی بود، که تفاوت بین گشتاور تجربی و برآورد شده در حالت پایدار 0.13٪ بود.

همچنین مهم است که این موضوع مورد توجه قرار گیرد که الگوریتم DE مزیت مربوط به فضای جستجو را نشان می دهد. در این مقاله، طیف وسیعی از هر پارامتر مورد بررسی قرار گرفت؛ با این وجود، همگرایی الگوریتم رضایتبخش بود، که نشان دهنده تایید قوت روش است.



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی