ICEMG 2020-XXXXX

عیب یابی و تعیین استراتژی تعمیر یا جایگزین نمودن الکتروموتورهای معیوب

ایمان زنگی آبادی[۱]، امید منصوری[۲] ، میلاد بختیاری کفاش [۳]

[۱] سرپرست دپارتمان خرید قطعات و تجهیزات برق و ابزار دقیق، شرکت فولاد زرند ایرانیان، کرمان، i.zangiabadi@zisco.midhco.com
[۲] کارشناس دپارتمان خرید قطعات و تجهیزات برق و ابزار دقیق، شرکت فولاد زرند ایرانیان، کرمان، o.mansoury@zisco.midhco.com
[۳] کارشناس دپارتمان خرید قطعات و تجهیزات برق و ابزار دقیق، شرکت فولاد زرند ایرانیان، کرمان، m.bakhtiary@zisco.midhco.com

چکیده

با توجه به کاربرد گستره الکتروموتورها در صنایع، عیب یابی و به طبع آن تعمیر و رفع عیب آن، از اهمیت بالایی برخوردار است. لذا در این مقاله ابتدا به شرح مواردی از شایع ترین علل بروز عیب در الکتروموتورها پرداخته شده و در ادامه سعی شده با توجه به دیدگاه صنعتی، یک استراتژی کلی برای انتخاب بین دو امر سیم پیچی مجدد یا تامین و جایگزینی الکتروموتورهای معیوب ارائه شود. مبنای تصمیم گیری در این مقاله، مقایسه هزینه های تعمیر و خرید الکتروموتور نو بوده که در نهایت طبق فلوچارت پیشنهادی امکان انتخاب یکی از دو تصمیم را فراهم می‌کند. لذا با تکیه بر مقایسه قیمت‌های خرید و جایگزینی الکتروموتورها این نتیجه حاصل می شود که تعمیر موتورهای الکتریکی هنگام معیوب شدن آنها می تواند در بسیاری از موارد، یک گزینه مقرون به صرفه باشد.

واژه های کلیدی

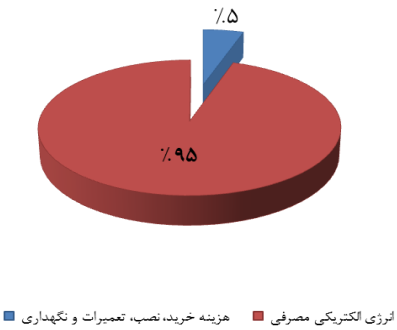
عیب یابی، روتور، استاتور، تعمیر الکتروموتور، جایگزینی الکتروموتور

۱- مقدمه

اگر هزینه، کارایی و بازده پس از سیم پیچی مجدد شناخته شود، تعمیر الکتروموتورها هنگام معیوب شدن آنها می تواند در بسیاری از موارد، یک گزینه مقرون به صرفه باشد. تصمیم به تعمیر یک الکتروموتور معیوب یا جایگزینی آن با الکتروموتور جدید، می‌تواند به صورت اقتصادی ارزیابی شود. هزینه موتور جدید و برآورد تعمیر آن آسان تر به نظر می آید اما بررسی راندمان و بهره وری موتور پس از تعمیر آن به راحتی در دسترس نیست. علاوه بر آن در این مقاله سعی شده است بررسی های فنی و اقتصادی در خصوص جایگزینی و یا سیم پیچی مجدد یک الکتروموتور معیوب انجام و راهکارهای پیشگیرانه برای جلوگیری از معیوب شدن آن و همچنین فلوچارت تصمیم گیری در این رابطه ارائه شود. بیشتر تصمیمات مربوط به موتورهای الکتریکی در زمان معیوب شدن آنها اخذ می شوند. هنگامی که زمان محدود باشد، هزینه‌های تسریع کار افزایش پیدا می کنند. در این شرایط، فرصت محدودی برای آنالیز گزینه ها و مذاکره با مراکز تعمیراتی و یا خدماتی وجود خواهد داشت. در نتیجه، تصمیم برای تعمیر یا جایگزینی یک الکتروموتور بر پایه‌ی در دسترس بودن و یا در نظر گرفتن جنبه های اقتصادی کوتاه مدت اخذ می شود و نه بر اساس ارزیابی و برنامه ریزی بلند مدت. عموماً در زمان معیوب شدن موتورها، بالاترین اولویت به امکان سرویس دهی بر می گردد و نه به بهینه سازی عملکرد آن. هزینه‌ی نشآت گرفته از این نوع تصمیمات عجولانه، می تواند بسیار گران تمام شده و منجر به هزینه های اجرایی مربوطه، عملکرد ضعیف تجهیزات و سرویس های نامطمئن گردد. کارشناسان راهکار جایگزین برای هزینه‌ی اولیه و تصمیم گیری سریع برای پیاده سازی یک طرح مناسب را مدیریت تعمیر و نگهداری الکتروموتور می دانند. داشتن یک برنامه ریزی برای موتورها، قبل از معیوب شدن، هر دو ویژگی سرعت واکنش و افزایش راندمان را در پی خواهد داشت[۱].

۲- هزینه ی موتورهای الکتریکی بیش از آن چیزی است که تصور می شود!

طبق تایید کنسرسیوم بهره وری انرژی[1]، هزینه های خرید، نصب و تعمیر کردن الکتروموتورها در حدود ٪۵ از هزینه‌ی موتورهای الکتریکی می باشد، به عبارتی انرژی الکتریکی مصرفی یک الکتروموتور، ٪۹۵ کل هزینه ی عملکرد آن در طول عمر آن می باشد. به شکل زیر توجه کنید[۲].



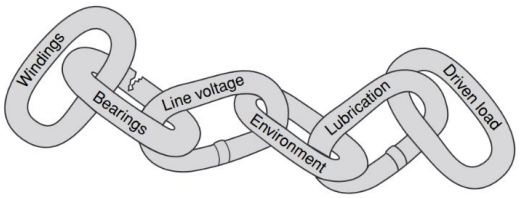
شکل ۱: نمونه ای از هزینه‌های عملکرد یک الکتروموتور در طول عمر آن

[1] Consortium for Energy Efficiency

این نمودار دایره ای بر اساس یک الکتروموتور ۷۵ کیلوواتی که دارای راندمان ۹۴/۵ ٪ می باشد، ترسیم شده است. فرض می شود که این موتور ۱۸ سال عمر داشته و هر سال ۶۳۰۰ ساعت کار کند. مشاهده می شود که تنها ۵ ٪ کل هزینه ها مربوط به خرید، نصب، تعمیرات و نگهداری آن می باشد. لازم به توضیح است که مقادیر دقیق، با توجه به عواملی مانند راندمان، اندازه موتور، هزینه برق و همچنین زمان کارکرد آن، می تواند تغییر کند. با توجه به اینکه یک کارخانه ی صنعتی ممکن است ده ها، صدها و یا حتی هزاران موتور در حال کار داشته باشد، حفاظت از موتورها، استفاده از موتورهایی با راندمان بالا و مدیریت کردن مصرف آنها می تواند به خودی خود یک صرفه جویی مطمئن به حساب آید.

۳- دلایل معیوب شدن الکتروموتورها

الکتروموتورها تنها به واسطه تعداد ساعت های کارکردشان معیوب نمی شوند. تنش‌های وارد شده به موتور نظیر گرما، شرایط غیرعادی شبکه ی برق، رطوبت، آلودگی، عدم خنک سازی و بارهای مکانیکی بیش از توان موتور به همراه زمان کارکرد موتور ها می‌توانند عوامل فرسودگی و خراب شدن موتور ها باشند. اگر این عوامل تنش‌زا به حداقل برسند موتورها برای چند صد هزار ساعت توانایی کارکردن دارند. به عبارتی هرگاه یک الکتروموتور به اصطلاح می‌سوزد، نشان دهنده‌ی آن است که سیستم حفاظتی مناسب برای این تجهیز انتخاب نشده و یا اگر درست انتخاب شده است، به درستی تنظیم نشده است[۳].



شکل ۲: المان های تاثیرگذار در سلامت موتور

۳-۱- گرما

درجه حرارت بیش از رنج طراحی، سبب کاهش خاصیت عایقی می شود. به طوری که برای هر ۱۰ درجه سانتی گراد بالاتر از حد طراحی، عمر عایق موتور نصف می شود. علل اولیه گرمای بیش از حد عبارتند از اضافه بار، استارت های مکرر و پی در پی، درجه حرارت بالای محیط، ولتاژ کم یا نامتعادل، تهویه نامناسب

۳-۲- شرایط غیر عادی شبکه ی برق

توان نامی یک الکتروموتور زمانی حاصل می شود که یک موج سینوسی کامل با دامنه و فرکانس مناسب در دسترس باشد، که به دلیل مشکلات زیر، به ندرت به دست می آید.:

- وجود هارمونیک ها: سبب گرمای بیش از حد و کاهش راندمان می شود.
- اضافه ولتاژ: بیش از ۱۰٪ افزایش، سبب کاهش بازدهی و ضریب توان شده و به عایق آسیب می رساند.
- کاهش ولتاژ: سبب افزایش جریان ایجاد گرمای بیش از حد شده و و بازدهی موتور را در بار کامل کاهش می دهد.
- عدم تعادل ولتاژ: باعث گرمای بیش از حد و کاهش بازدهی می شود. عدم تعادل بیشتر از ۱٪ سبب کاهش توان خروجی موتور شده و همچنین موتورها هرگز نباید تحت عدم تعادل ولتاژ بیش از ۵٪ قرار بگیرند.

۳-۳- رطوبت

رطوبت زمانی مشکل ساز می شود که موتور مدت زمانی خاموش بوده و شرایط برای ایجاد شبنم مهیا باشد. رطوبت قدرت عایقی سیم لاکی و سایر مواد عایق بندی را کاهش می دهد. همچنین باعث خوردگی بیرینگ و سایر اجزای مکانیکی می شود. رطوبت از هوا می تواند با برخی از آلاینده های ذرات ترکیب شده و ایجاد ذرات رسانا کند.

اگر موتور گرم نگه داشته شود میتوان رطوبت عایق را می توان به طور قابل توجهی کاهش داد. در صورت امکان، موتورهای نگهداری شده در محیط های مرطوب باید چند ساعت یا حتی چند روز قبل از راه اندازی برای از بین بردن رطوبت عایقها، پیش گرم شوند. سپس یک آزمایش عایق برای اطمینان از شروع ایمن انجام شود.

استراتژی های کنترل رطوبت عبارتند از:

- با گرم کردن یا رطوبت زدایی هوا، محیط موتورهای خاموش را زیر ۸۰٪ رطوبت نسبی حفظ کنید.
- برای موتورهای جدید یا تعمیر شده ی خاموش، از المنت گرم کن برای کاهش رطوبت سیم پیچ استفاده کنید.
- محور موتورهای را به صورت دوره‌ای چرخانده تا روغن را روی سطوح بیرینگ نگه داشته شود.

۳-۴- آلودگی

آلاینده ها نمی توانند به طور کامل توسط محفظه ی موتور حذف شوند. آلودگی به سه حالت زیر سبب آسیب به موتورها می شود:

سایيدگی، خوردگی، گرمای بیش از حد.

برخی از ذرات هوا بسیار ساینده بوده و آلودگی با ذرات ساینده می‌تواند سبب از بین رفتن لاک سیم پیچی موتور درحال استفاده شود. بعضی از مواد مانند نمک، گرد و غبار زغال سنگ، کنسانتره سنگ آهن از لحاظ الکتریکی رسانا بوده و می توانند سبب ضعف در عایق بندی شوند، به ویژه هنگامی که از رطوبت بالا باشد[۳].

۳-۵- روانکاری نا مناسب

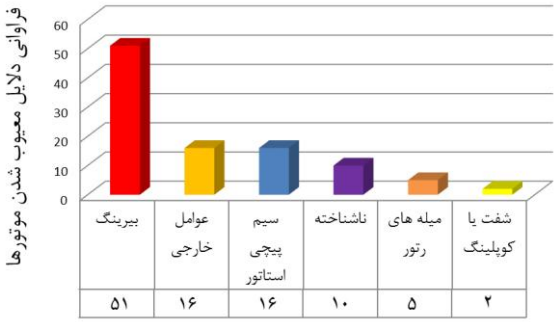
روانکاری بیش از حد به اندازه روانکاری کم، سبب اختلال در عملکرد موتور می شود . اگر کنترل دقیقی در عملیات روانکاری نشود، گریس و روغن خود می تواند باعث تجمع آلاینده ها در محل بیرینگ ها و یاتاقان ها شود.

۳-۶- بارهای مکانیکی غیر معمول

انواع مختلفی از شرایط مکانیکی می توانند سبب ایجاد استرس بیش از حد بر روی بیرینگ ها شده که منجر به خرابی زودهنگام یا انحراف فرم موتور و باعث عدم تقارن در فاصله هوایی بین رتور و استاتور شوند که به نوبه خود باعث ایجاد لرزش و معیوب شدن بیرینگ یا گرمای بیش از حد سیم پیچی شود.

شرایط برای جلوگیری از این موارد عبارتند از:

- محکم کردن بیش از حد تسمه روی پولی ها
- عدم تعادل دینامیکی بار یا عدم تعادل داخلی رتور
- استفاده از بیرینگ نامناسب



شکل ۳: درصد دلایل معیوب شدن موتورها [۴]

۳-۷- برخی از دلایل الکتریکی

به دلیل وجود دلایل زیاد و فسلفه ی حفاظت، در اینجا از ارائه شرح کامل خطاهای الکتریکی و انواع معیوب شدن الکتروموتورها صرف نظر می شود و تنها به چند سطر توضیح و تصویر بسنده می شود. موارد سوختن الکتروموتورها می تواند به شرح زیر باشد:

۳-۷-۱- سیم پیچی مربوط به یک فاز سوخته باشد

اگر در هنگام کارکرد یک الکتروموتور یک فاز موتور قطع شود، منجر به ایجاد عدم تعادل، ایجاد توالی منفی، افزایش فرکانس در فضای استاتور، افزایش تلفات هسته، افزایش دمای هسته ی الکتروموتور و در نتیجه سبب فشار حرارتی به هر دو کلاف شده و پس از سوختن کلاف اول، حفاظت عمل کرده که دیگر فایده ای ندارد.

دلیل: عدم وجود تجهیز کنترل فاز

شکل ۴: معیوب شدن یک فاز سیم پیچی

۳-۷-۲- سیم پیچی دو فاز سوخته باشد

اگر در هنگام استارت و روشن کردن یک الکتروموتور یک فاز موتور قطع شود، چهار کلاف روبروی هم مربوط به دو فاز وصل شده، می سوزد، اما سیم پیچی فاز قطع شده سالم می ماند.

دلیل: عدم وجود تجهیز کنترل فاز

شکل ۵: معیوب شدن دو فاز سیم پیچی

۳-۷-۳- سیم پیچی هر سه فاز سوخته باشد

اگر الکتروموتور در مقابل اضافه بار، ولتاژ بالا یا پایین حفاظت نشود و یا خنک کاری از دست برود، موتور به صورت کامل می سوزد.

شکل ۶: معیوب شدن هر سه فاز سیم پیچی

۳-۷-۴- رتور قفل شده باشد

در صورت عدم روانکاری مناسب، ممکن است رتور قفل شده و باعث سوختن موتور شود.

شکل ۷: قفل شدن روتور

۴- حداقل فانکشن های حفاظتی برای یک الکتروموتور چیست؟

حداقل فانکشن های حفاظتی برای یک الکتروموتور فشار ضعیف به شرح جدول ذیل می باشد:

جدول ۱: حداقل فانکشن های حفاظتی برای یک الکتروموتور[۵]

توان الکتروموتور [KW]	نوع حفاظت	ANSI CODE
P<۱۸/۵	اضافه بار	۵۱
	اتصال کوتاه	۵۰
	قطع فاز	۲۷P
فانکشن اضافه برای ۵۵>P> ۱۸/۵	ارت لیکیج	۵۰G
فانکشن اضافه برای P>۵۵	ارت فالت	۵۰G

۵- آنالیز اقتصادی

آنالیز اقتصادی سیم پیچی الکتروموتورها در این مقاله، براساس مفروضات زیر می باشد:

- مرجع قیمت های اجرت تعمیر الکتروموتورها، براساس نرخ نامه‌ی مصوب سال ۱۳۹۸ بوده که در حال حاضر جاری می باشد.
- ضریب افزایش بها برای استفاده از عایق نومکس، بر اساس نامه دریافتی از اتحادیه صنف تولید کنندگان، تعمیرکاران، سیم پیچی ها و فروشندگان قطعات یدکی لوازم خانگی برودتی، حرارتی شهرستان کرمان، ۱/۶ می باشد.
- میزان سیم لاکی مسی استفاده شده برای الکتروموتورهای ۳۰۰۰ دور در دقیقه ۰/۸ کیلوگرم به ازای هر کیلووات، برای الکتروموتورهای ۱۵۰۰ دور در دقیقه ۱/۱ کیلوگرم و برای الکتروموتورهای ۱۰۰۰ دور در دقیقه ۱/۲۵ کیلوگرم به ازای هر کیلووات در نظر گرفته شده است.
- قیمت سیم مسی مورد استفاده در سیم پیچی الکتروموتورهای تعمیری به ازای هر کیلوگرم ۱،۳۵۰،۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است.
- قیمت الکتروموتورهای نو بر اساس نرخ نامه یکی از شرکت های معتبر سازنده الکتروموتور در ایران، مصوب دی ماه سال ۱۳۹۸ لحاظ گردیده است.

۵-۱- محاسبه ی برآورد هزینه سیم پیچی مجدد

با توجه به مفروضات بالا، برآورد هزینه سیم پیچی مجدد الکتروموتورها به تفکیک دور بر دقیقه تهیه گردیده که مقایسه آن با جایگزینی الکتروموتور نو به شرح جدول زیر ارائه می گردد:

جدول ۲: مقایسه هزینه سیم پیچی مجدد و تامین و جایگزینی الکتروموتور

ردیف	توان (KW)	۳۰۰۰ R.P.M			۱۵۰۰ R.P.M			۱۰۰۰ R.P.M		
		هزینه کل سیم لاکی و اجرت با عایق نومکس (ریال)	قیمت خرید الکتروموتور	نسبت هزینه تعمیر به هزینه جایگزینی (درصد)	هزینه کل سیم لاکی و اجرت با عایق نومکس (ریال)	قیمت خرید الکتروموتور	نسبت هزینه تعمیر به هزینه جایگزینی (درصد)	هزینه کل سیم لاکی و اجرت با عایق نومکس (ریال)	قیمت خرید الکتروموتور	نسبت هزینه تعمیر به هزینه جایگزینی (درصد)
۱	۷۵	۱۳,۵۷۷,۳۸۷	۳۴,۰۷۰,۰۰۰	۴۰٪	۱۶,۵۵۶,۱۵۶	۴۳,۲۰۰,۰۰۰	۳۸٪	۱۸,۰۴۵,۵۴۱	۶۹,۵۵۲,۰۰۰	۲۶٪
۲	۱۱	۱۸,۳۰۵,۰۸۰	۵۷,۱۷۵,۰۰۰	۳۲٪	۲۲,۷۷۳,۲۳۵	۸۹,۴۰۰,۰۰۰	۲۵٪	۲۵,۰۰۷,۳۱۲	۹۵,۸۲۱,۰۰۰	۲۶٪
۳	۱۵	۲۳,۸۹۶,۷۷۳	۸۷,۵۵۰,۰۰۰	۲۷٪	۲۹,۸۵۴,۳۱۳	۹۶,۷۰۰,۰۰۰	۳۱٪	۳۲,۸۳۳,۰۸۳	۱۰۷,۷۵۱,۰۰۰	۳۰٪
۴	۱۸/۵	۲۸,۹۴۸,۴۶۶	۸۶,۰۴۴,۰۰۰	۳۴٪	۳۶,۳۹۵,۳۹۱	۱۱۰,۴۰۰,۰۰۰	۳۳٪	۴۰,۱۱۸,۸۵۴	۱۲۴,۲۶۵,۰۰۰	۳۲٪
۵	۲۲	۳۴,۱۶۲,۱۶۰	۹۸,۱۹۶,۰۰۰	۳۵٪	۴۳,۰۹۸,۴۶۹	۱۱۸,۳۵۰,۰۰۰	۳۶٪	۴۷,۵۶۶,۶۲۴	۱۲۸,۳۰۰,۰۰۰	۳۷٪
۶	۳۰	۴۲,۹۶۹,۵۴۶	۱۱۹,۸۷۱,۰۰۰	۳۶٪	۵۴,۸۸۴,۶۲۶	۱۴۵,۹۰۰,۰۰۰	۳۸٪	۶۰,۸۴۲,۱۶۶	۱۶۴,۸۹۷,۰۰۰	۳۷٪
۷	۳۷	۵۲,۴۹۶,۹۳۳	۱۲۵,۸۴۵,۰۰۰	۴۲٪	۶۷,۳۹۰,۷۸۲	۱۷۲,۸۰۰,۰۰۰	۳۹٪	۷۴,۸۳۷,۷۰۷	۲۰۱,۶۸۱,۰۰۰	۳۷٪
۸	۴۵	۶۴,۷۶۰,۳۱۹	۱۷۹,۲۰۰,۰۰۰	۳۶٪	۸۲,۶۳۲,۹۳۹	۱۹۳,۴۵۰,۰۰۰	۴۳٪	۹۱,۵۶۹,۲۴۸	۲۵۰,۴۵۲,۰۰۰	۳۷٪
۹	۵۵	۸۴,۴۵۱,۳۹۹	۱۹۵,۸۳۰,۰۰۰	۴۳٪	۱۰۶,۷۹۲,۱۷۳	۲۴۰,۶۰۰,۰۰۰	۴۴٪	۱۱۷,۹۶۲,۵۶۱	۲۸۹,۶۱۵,۰۰۰	۴۱٪
۱۰	۷۵	۱۰۸,۰۵۳,۸۶۵	۲۷۷,۳۶۱,۰۰۰	۳۹٪	۱۳۷,۸۴۱,۵۶۴	۳۴۳,۰۰۰,۰۰۰	۴۰٪	۱۵۲,۷۳۵,۴۱۴	۵۹۸,۶۵۱,۰۰۰	۲۶٪
۱۱	۹۰	۱۳۸,۸۹۲,۳۳۱	۳۰۳,۸۰۲,۰۰۰	۴۶٪	۱۷۶,۱۲۶,۹۵۵	۳۸۹,۴۰۰,۰۰۰	۴۵٪	۱۹۴,۷۴۴,۲۶۸	۶۶۲,۶۲۸,۰۰۰	۲۹٪
۱۲	۱۱۰	۱۶۵,۰۵۰,۷۹۸	۵۵۲,۷۳۱,۰۰۰	۳۰٪	۲۰۹,۷۳۲,۳۴۷	۷۰۸,۵۰۰,۰۰۰	۳۰٪	۲۳۲,۰۷۳,۱۲۱	۷۵۹,۸۹۳,۰۰۰	۳۱٪
۱۳	۱۳۲	۱۹۸,۴۲۰,۹۵۷	۶۴۳,۲۱۰,۰۰۰	۳۱٪	۲۵۲,۰۳۸,۸۱۶	۸۴۵,۷۵۰,۰۰۰	۳۰٪	۲۷۸,۸۴۷,۷۴۵	۹۱۶,۸۵۶,۰۰۰	۳۰٪
۱۴	۱۶۰	۲۳۳,۰۷۴,۵۰۳	۷۲۴,۲۶۴,۰۰۰	۳۲٪	۲۹۸,۶۰۷,۴۴۲	۹۳۹,۶۰۰,۰۰۰	۳۲٪	۳۳۱,۳۷۳,۹۱۱	۱,۰۴۲,۸۳۵,۰۰۰	۳۲٪

۶- نتایج

از نظر تئوری اگر سیم پیچی موتورها با طرز ماهرانه انجام شود، امکان تعمیر موتورها با راندمان مشابه قبل وجود دارد، اما نمونـه موتورهـای سیم پیچی شده همواره ۱٪ الی ۲٪ کاهش راندمان را نشان می دهد . اثرات تعمیر موتور بر بهره وری می تواند به طـور گسـترده ای از یـک مرکز تعمیراتی نسبت به دیگری متفاوت باشد و تنها زمانی می توانـد به درستی مشخص شود که اندازه گیری های بـازدهی قبـل و بعـد از تعمیر صورت گرفته باشد.

صاحبان موتورها همواره با این تصمیم مواجه هستند که یک موتور بـا راندمان استاندارد که دچار اشکال شده است را تعمیر یا با یک موتـور جدید با راندمان بالا جایگزین کنند. تصمیم گیـری نبایـد بـر اسـاس مقایسه پلاک موتور قدیمی و جدید باشـد چراکـه موتـور قـدیمی بـه واسطه عمر زیاد و آسیبهای برجا مانده از گذشته یا سیم پیچی مجدد، پایینتر از توان درج شده برروی پلاک آن، کار می کند. به عـلاوه اگـر موتور قدیمی با توانی بیش از حد مورد نیاز انتخاب شده باشد (که اغلب نیز چنین است) موتور جدید می تواند کوچکتر باشد و به مقدار قابل توجه می تواند هزینه ها را کاهش دهد.

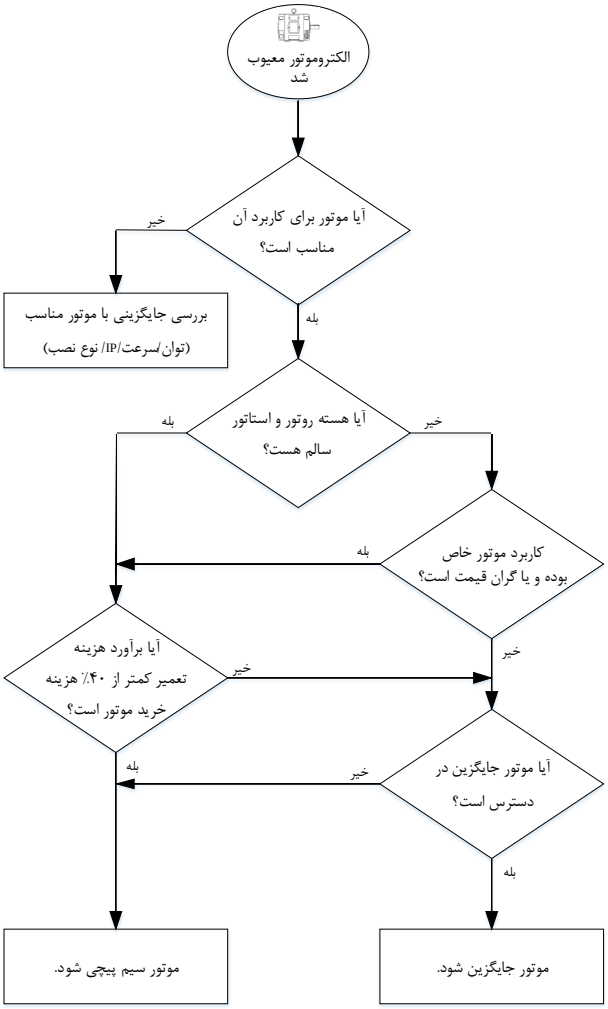
موتورهای با راندمان انرژی بالا می توانند عمـر طـولانی تـری داشـته باشند. هنگامی که محاسبات مصرف انرژی الکتریکی در یـک بـازه ی چند ساله با موتور جایگزین و راندمان بالاتر انجام شود، ممکـن اسـت جایگزینی موتور آسیب دیده بـا موتـور جـایگزین بـا رانـدمان بـالاتر، اقتصادی به نظر برسد. شکل ۸ فلوچارت فرآیند تصمیم گیـری سـیم پیچی مجدد یا تامین و جایگزینی الکتروموتورهای معیوب را نشان می دهد. در فلوچارت پیشنهادی سعی شده است فرآینـد تصـمیم گیـری واقعی زمانی که یک موتور معیوب می شود، شرح داده شود.

۷- نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

باتوجه به اینکه محاسبات دقیقی بر اساس راندمان موتور قدیم و جدید و مصرف انرژی الکتریکی آنها صورت نمی گیرد و مقایسه قیمت های خرید و جایگزینی الکتروموتورها در جدول ۲ ، این نتیجه حاصل می شود که تعمیر موتورهای الکتریکی هنگام معیوب شدن آنها می تواند در بسیاری از موارد، یک گزینه مقرون به صرفه باشد.

۸- تشکر و قدردانی

نگارندگان بر خود لازم می دانند از دانشگاه حکیم سبزواری و شرکت ماشین های الکتریکی جوین (جمکو) به خاطر ایجاد فرصت جهت ارائه این مقاله تشکر نمایند.



شکل ۸: فلوچارت فرآیند تصمیم گیری سیم پیچی مجدد یا تامین و جایگزینی الکتروموتورهای معیوب

۹- مراجع و منابع

[1] C. Yung and A. H. Bonnett, "Repair or replace?," in *IEEE* Industry Applications Magazine, vol. 10, no. 5, pp. 48-58, Sept.-Oct. 2004.

[2] J. O'Brien, "How Much Do Electric Motors Really Cost? ", Pumps & Systems, June 2009.

[3] Bazurto, Alvaro & Quispe, "). Causes and failures classification of industrial electric motor.", Enrique & Castrillon, Rosaura., (201610.1109/ANDESCON. 2016.7836190).

[4] Ompusunggu, Agusmian & Liu, Zongchang & Davari, Hossein & Jin, Chao & Petré, Frederik & Lee, Jay & Flanders,. "Winding fault diagnosis of a 3-phase induction motor powered by frequency-inverter drive using the current and voltage signals", (2014).. 10.13140/2.1.4891.3282.

[5] R. Vafamehr, "Design of Electrical Power Supply System in an Oil and Gas refinery", Master of Science Thesis in Electric Power Engineering, CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY Göteborg, Sweden, 2011.