علوم زیست محیطی و دانش جغرافیا

تأثیر ماشین‌های الکتریکی بر محیط‌زیست

سید هانی هاشمی[1]*، سید مجید کشاورز[2]

چکیده

مانند بسیاری از فعالیت‌های انسانی دیگر، ساخت و بهره‌برداری از ماشین‌های الکتریکی علاوه بر مزایایی که دارد، تأثیر منفی بر محیط‌زیست به‌ویژه آلودگی دارد. با توجه به این موارد می‌توان در مورد لحظه وقوع آلودگی بحث کرد که درصورتی‌که میزان آلودگی بستگی به‌اندازه دستگاه داشته باشد، کدام‌یک از مراحل وجود دستگاه نسبت به سایر مراحل (ساخت، بهره‌برداری و برچیدن) آلودگی بیشتری دارد؛ و چگونه می‌توان اثرات زیست‌محیطی را کاهش داد. در ساخت ماشین‌های الکتریکی از یک سری مواد برای ساخت سیستم الکتریکی (سیم‌پیچی)، سیستم مغناطیسی و همچنین استفاده می‌شود. مواد لازم برای ساخت ساختار مکانیکی و عایق ماشین. همه این مواد نتیجه فرآیندهای پیچیده، مصرف انرژی و کم‌وبیش آلودگی هستند. پس از به دست آمدن، این مواد در معرض پردازش ماشینی قرار می‌گیرند و آلاینده‌های مختلفی را در کنار اجزای حاصل تولید می‌کنند.

کلیدواژه‌ها: شرایط شاخص، ماشین الکتریکی، زباله، ضربه، محیط‌زیست، حالت انرژی.

[1] نویسنده مسئول: دانشجویی کارشناسی، رشته برق و قدرت، دانشگاه فنی حرفه ای پسران یاسوج،

hani.hashemi۲۰۲۰@gmail.com

[2] دپارتمان مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه فنی و حرفه ای استان یاسوج، ایران،

Skeshavarz.tvu@ac.i

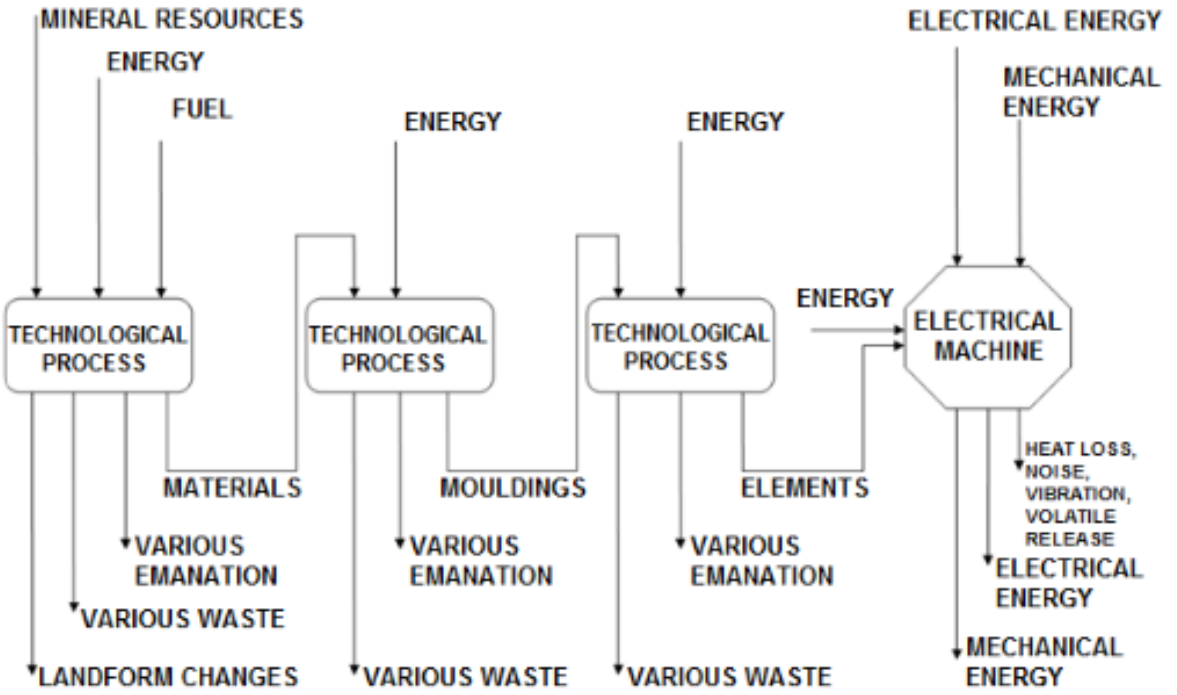

Fig. 1. Electrical machine existence stages

فرآیندهای مختلف تولید برای سال‌های آینده با در نظر گرفتن رشد اقتصادی حدود ۲ درصد در سال، رشد سالانه زباله‌های صنعتی حدود ۵ تا ۷ درصد در سال برآورد می‌شود. ویژگی خاص این نوع ضایعات این است که ما مقدار واقعی آن‌ها را نمی‌دانیم، زیرا گزارش‌ها همیشه بر اساس برآورد حجم و به‌ندرت بر اساس داده‌های موجودی مواد است [۱]

مقدمه

برای اینکه بتوانیم یک تحلیل منصفانه از میزان تأثیرات زیست‌محیطی داشته باشیم، باید از استخراج مواد معدنی، ادامه فرآوری آن‌ها، تولید مواد و ساخت ماشین‌های الکتریکی و پس‌ازآن پوشش تمام مراحل وجود ماشین‌های الکتریکی تا با برچیدن و استفاده مجدد از مواد حاصل خاتمه یابد. این امر مستلزم یک کار پرزحمت است و نتایج شامل حاشیه خطای وسیعی است.

بنابراین، تحلیلی را به‌اندازه کافی منصفانه در نظر می‌گیریم که از مرحله مواد واردشده به فرآیند تولید ماشین‌های الکتریکی شروع می‌شود. این تجزیه‌وتحلیل بر اساس دانش انواع و مقادیر موادی است که باید در ماشین‌های الکتریکی تولیدی جاسازی شوند و تلفات تکنولوژیکی را که اغلب به‌عنوان زباله یافت می‌شوند و اثرات زیست‌محیطی دارند، در نظر می‌گیرد. تجزیه‌وتحلیل ماشین واقعی که به‌عنوان یک ساختار مادی تصور می‌شود، در همه جنبه‌ها (ساخت‌وساز، الکتریکی، مغناطیسی، حرارتی و غیره) پیچیده و دشوار است، اما برای درک عملکرد آن و تأثیراتی که

بر محیط می‌گذارد ضروری است. یا بهره‌برداری و نگهداری پرسنل، از نظر توسعه پایدار. این‌یک واقعیت شناخته‌شده است که در تولید ماشین‌های الکتریکی از طیف گسترده‌ای از مواد استفاده می‌شود که برخی از آن‌ها به‌عنوان زباله در سراسر جهان یافت می‌شود[۲].

ماشین الکتریکی

ابزارها

یک موتور الکتریکی

ماشین (موتور) الکتریکی (به انگلیسی: Electric machine) یک نام کلی برای دستگاهی است که انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی یا برعکس تبدیل می‌کند یا سطح ولتاژ جریان متناوب را به سطح دیگری از ولتاژ تغییر می‌دهد. ژنراتورها انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند. موتورها الکتریکی، انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کنند. ترانسفورماتورها سطح ولتاژ جریان متناوب را تغییر می‌دهند[۳].

ژنراتور

ژنراتور الکتریکی دستگاهی است که انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. یک ژنراتور الکترون‌ها را به حرکت درون یک مدار الکتریکی بیرونی سوق می‌دهد. روش کار آن تا حدی شبیه به پمپ آب است، از این نظر که جریان آب را ایجاد می‌کند اما خود آب در پمپ ایجاد نمی‌شود. منبع انرژی مکانیکی (محرک اصلی) ممکن است یک موتور بخار بالا و پایین رونده) به انگلیسی (reciprocating :یا یک توربین باشد، یا آبی که از میان یک توربین یا چرخ آبی می‌گذرد، یا یک موتور درون‌سوز، یا یک توربین بادی، یک هندل دستی، یا هوای فشرده یا هر منبع دیگری از انرژی مکانیکی .هر ژنراتور شامل دو بخش اصلی است که هرکدام دارای دو اصطلاح هستند – یکی اصطلاح مکانیکی و دیگری الکتریکی– از نظر مکانیکی، *روتور* قسمت چرخان ماشین الکتریکی است و *استاتور*

قسمت ساکن. در اصطلاح الکتریکی *آرمیچر* قسمتی از ماشین است که نیرو در آن تولید می‌شود .*میدان* قسمتی از ماشین خواهد بود که میدان مغناطیسی در آن به وجود می‌آید. آرمیچر ممکن است در روتور یا استاتور باشد. میدان مغناطیسی ممکن است توسط آهن‌ربای الکتریکی یا آهن‌ربای دائمی ایجاد شود که بر روی روتور یا استاتور سوار شده‌اند. ژنراتورها را به دودستهٔ اصلی تقسیم می‌کنند :ژنراتورهای ای‌سی و ژنراتورهای دی‌سی. [۴]

موتور الکتریکی

یک موتور الکتریکی انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کند. بیشتر موتورهای الکتریکی از راه تقابل میدان‌های مغناطیسی و هادی‌های حامل جریان برای تولید نیروی گرداننده استفاده می‌کنند. موتورها و ژنراتورها شباهت‌های زیادی دارند و بسیاری از گونه‌های موتورهای الکتریکی را می‌توان به‌عنوان ژنراتور هم به کاربرد، یا برعکس .موتورهای الکتریکی نیز به دودستهٔ اصلی جریان متناوب و جریان مستقیم تقسیم می‌شوند[۵].

ترانسفورماتور

ترانسفورماتور یک دستگاه ایستا است که جریان متناوب را در فرکانسی ثابت، از یک سطح ولتاژ به سطح ولتاژی دیگر (بیشتر یا کمتر یا گاهی هم‌سطح) تبدیل می‌کند. ترانسفورماتور انرژی الکتریکی را با استفاده از کوپل مغناطیسی از یک مدار به مداری دیگر انتقال می‌دهد. یک جریان متغیر الکتریکی در *سیم‌پیچ اولیه* یک شار مغناطیسی متغیر نسبت به زمان را در هستهٔ ترانسفورماتور ایجاد می‌کند که موجب ایجاد میدان مغناطیسی در *سیم‌پیچ ثانویه* خواهد شد. این میدان مغناطیسی متغیر یک نیروی محرک الکتریکی یا ولتاژ را در سیم‌پیچ ثانویه القا خواهد کرد. به این پدیده القای متقابل گفته می‌شود. [۶]

تأثیر ماشین الکتریکی بر محیط‌زیست

ازآنجایی‌که تجزیه‌وتحلیل تأثیر فرآیندهای تولید قبل از ساخت واقعی ماشین الکتریکی بسیار دشوار است، ما سعی خواهیم کرد این کار را با شروع فرآیند تولید انجام دهیم. البته ذکر این نکته ضروری است که به‌عنوان‌مثال در سال ۲۰۰۵، میزان زباله تولیدشده از معادن و استخراج، تولید و تولید انرژی حدود ۳۲۳ میلیون تن بوده که بیش از ۶۰ درصد آن زباله بوده است[۷–۸].

از فعالیت‌های استخراجی (حدود ۱۹۵ میلیون تن)، مابقی توسط صنعت انرژی و تولید می‌شود. به همان اندازه مهم این است که در حال حاضر روش اصلی "دفع" ذخیره‌سازی زباله‌های صنعتی است؛ بنابراین، در پاراگراف‌های بعدی، عوامل تأثیرگذار در ساخت و عملکرد ماشین الکتریکی را شناسایی خواهیم کرد. [۹]

الف- تأثیرات زیست‌محیطی ناشی از مصرف منابع مادی

ارزیابی مصرف موادی که قرار است در ماشین‌های الکتریکی تعبیه شود و در نتیجه آلودگی محیطی، شامل یک سری محاسبات برای مطابقت با داده‌های اسمی ماشین ساخته‌شده (ولتاژ، جریان، توان، زوج‌ها، سرعت)، الکتریکی و تنش مغناطیسی در ماشین (چگالی جریان، القاء و غیره) با ابعاد فیزیکی دستگاه بنابراین بر اساس ابعاد دستگاه، قطر آرمیچر D و طول ایدئال دستگاه، می‌توان حجم آرمیچر را با استفاده از رابطه زیر محاسبه کرد:

$$V_i = \frac{\pi D^2}{4} l_i$$

(۱)

دانستن این حجم از اهمیت بالایی برخوردار است زیرا کل ساختار دستگاه در اطراف آن رشد می‌کند و به ارزیابی اولیه مقدار مواد لازم برای دستگاه، به ترتیب اثرات زیست‌محیطی کمک می‌کند. ازآنجایی‌که کاهش اثرات زیست‌محیطی مستلزم بهینه‌سازی مصرف مواد است، یک پارامتر همبستگی در محاسبات بین قطر D و طول ایدئال li معرفی می‌شود که ضریب هندسه ماشین نامیده می‌شود که با λ نشان داده می‌شود:

$$\lambda = \frac{l_i}{\tau} = \frac{l_i}{\frac{\pi D}{2p}}$$

(۲)

جایی که: p تعداد جفت قطبهای ماشین و τ گام قطبی برای هر نوع ماشینی، ابعاد اصلی توسط توان الکترومغناطیسی تعیین می‌شود که قدرت تبدیل شده به فرآیند تبدیل الکترومغناطیسی است که در هوای ماشین انجام می‌شود. شکاف. این بخشی از توان ۱P است که توسط ماشین الکتریکی از شبکه برق دریافت می‌شود. روابط محاسباتی از یک نوع ماشین به ماشین دیگر (ماشین DC، ماشین AC، ماشین AC کلکتور) به دلیل مدل ریاضی خاص [۱]، [۴] متفاوت است. برای مثال، برای ماشین الکتریکی DC، صرف‌نظر از حالت کارکرد توان (موتور یا ژنراتور)، توان الکترومغناطیسی که به‌عنوان توان داخلی ماشین Pi شناخته می‌شود، می‌تواند با رابطه زیر تعیین شود:

$$P_i = \tilde{U}_e I$$

(۳)

جایی که:

Is = emfالقایی؛

IN = شدت‌جریان القایی؛

به‌نوبه خود، Ue را می‌توان با فرمول محاسبه کرد:

$$U_e = \frac{p}{a} nN\alpha_i \pi d_i B\sigma$$

(۴)

جایی که:

p= تعداد جفت قطبهای دستگاه؛

a= تعداد مسیرهای جریان القایی؛

n = سرعت چرخش دستگاه؛

N= تعداد سیم‌های آرمیچر؛

i α = ضریب پوشش قطبی ایدئال قطبهای القاء؛

li = طول ایدئال ماشین؛

τ =زمین قطب ماشین؛

Bσ = حداکثر چگالی شار مغناطیسی در شکاف هوای دستگاه؛

شدت‌جریان القایی I ارتباط نزدیکی با اندازه‌ای دارد که نیازهای الکتریکی دستگاه به نام صفحه جریان A را مشخص می‌کند و می‌تواند با این رابطه بیان شود:

$$A = \frac{NI}{2a} \cdot \frac{1}{\pi D}$$

(۵)

به‌نوبه خود، ورق جریان مستقیماً با تلفات ژول القایی و در نتیجه با گرمایش دستگاه مرتبط است. چگالی جریان القایی بسته به ورق جریان را می‌توان به‌صورت زیر بیان کرد:

$$I = \frac{\pi DA}{N} 2a$$

(۶)

اگر در معادله (۳) (Ueاز معادله ۴) و (Iاز معادله ۶) را جایگزین کنیم برای توان داخلی رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$P_i = \pi^2 n \alpha_i D^2 l_i AB\sigma$$

(۷)

همان توان داخلی را می‌توان با رابطه حجم القایی (۱) بیان کرد. گشتاور الکترومغناطیسی من را می‌توان با معادله بیان کرد:

$$M_e = \frac{P_i}{\Omega}$$

(۸)

با جایگزینی مقادیر در روابط فوق، به دست می‌آوریم:

$$M_e = 2\alpha_i Ab\sigma V_i$$

(۹)

ازاین‌رو:

$$V_i = \frac{M_e}{2\alpha_i AB\sigma}$$

(۱۰)

از این رابطه مشخص می‌شود که حجم ظاهری آرمیچر با گشتاور الکترومغناطیسی که توسط دستگاه ایجاد می‌شود نسبت مستقیم دارد و با ورق جریان و متوسط القای مغناطیسی در شکاف هوا نسبت معکوس دارد؛ بنابراین، اگر

گشتاور الکترومغناطیسی ایجادشده توسط دستگاه باید بیشتر باشد، حجم ظاهری آرمیچر، گیج و وزن بیشتر خواهد بود.

دستگاه، به ترتیب مقادیر مواد مصرفی در ساخت آن، بیشتر خواهد بود. همه این‌ها منجر به تأثیر بیشتر بر محیط‌زیست می‌شود. با دانستن این داده‌ها، نوع و تعداد ماشین‌های الکتریکی که باید ساخته شوند، می‌توان مقادیر موادی را که در آن گنجانده می‌شود محاسبه کرد و مقادیر انواع زباله‌ها و آلودگی‌هایی را که به هر طریقی نتیجه می‌دهند و محیط‌زیست را تحت تأثیر قرار می‌دهند، تقریبی محاسبه کرد. تأثیر ماشین‌های الکتریکی بر محیط‌زیست در حین ساخت دارای سه مؤلفه اصلی است: مصرف مواد خام، تبدیل انرژی موردنیاز برای تبدیل مواد اولیه به مواد و قطعات موردنیاز در فرآیند ساخت واقعی و ضایعات حاصله.

به‌عنوان‌مثال، در سال ۲۰۰۳، کل تولید موتورهای الکتریکی رومانی معادل حدود ۲۰۰۰ مگاوات بود که از این تعداد حدود ۱۸۰۰ مگاوات موتور با توان کمتر از ۱۰۰ کیلووات بود. اگر میانگین جرم مواد جاسازی‌شده را حدود ۱۵ کیلوگرم بر کیلووات در نظر بگیریم، مقدار ۳۰۰۰۰ تن مواد خام حاصل می‌شود.

با دانستن اینکه میزان بازیابی مواد اولیه تقریباً ۸۵ درصد است، می‌توان تخمین زد که از تولید موتورها حدود ۴۵۰۰ تن ضایعات حاصل‌شده است. همان‌طور که می‌دانیم ۲۰ درصد وزن دستگاه مس است، درحالی‌که ۳۵ درصد آن را سیلیس فولادی در هسته مغناطیسی تشکیل می‌دهد و بقیه را مواد محفظه (آهن، فولاد، آلومینیوم)، محور روتور، یاتاقان‌ها و غیره تشکیل می‌دهد. بااین‌حال، توجه به این نکته بسیار مهم است که این ضایعات فلزی سیلیسی، مس، فولاد (از فرآیند مهر زنی، ماشین‌کاری، سیم‌پیچی و غیره) بیشتر به چرخه اقتصادی باز می‌گردند، اما با مقداری هزینه انرژی [۴]، [۵].

در سال‌های اخیر چگالی توان ۱,۲ کیلووات بر کیلوگرم با اثرات مثبت بر مصرف مواد اولیه و مصرف انرژی موردنیاز برای تبدیل به‌دست‌آمده است. همچنین دستیابی به مواد الکتریکی با کارایی بالا و استفاده از مواد عایق با کیفیت بالا منجر به توسعه شد. ماشین‌آلات الکتریکی قابل‌اطمینان‌تر و کارآمدتر انرژی است که می‌تواند بارگذاری بالا را تحمل کند.

تأثیر تبدیل انرژی و رژیم حرارتی ماشین بر محیط‌زیست

هنگامی‌که ماشین الکتریکی در حالت تثبیت حرارتی کار می‌کند، تبدیل الکترومغناطیسی را می‌توان هم از طریق انرژی‌های درگیر و هم توسط توان های فعال آنالیز کرد. توازن این قوا عبارت است از:

$$P_1 = P_2 + \Sigma P$$

(۱۱)

جایی که:

P۱ = توان فعال دریافتی.

P۲ = منبع تغذیه فعال.

Σ P = کل تلفات در طول فرآیند تبدیل.

ماشین الکتریکی خودش خیلی آلوده نیست. البته توجه داشته باشید که در فرآیند تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی مکانیکی یا انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی، مقداری از انرژی ورودی (تلفات مس، آهن، تلفات مکانیکی در یاتاقان‌ها) از بین می‌رود و به گرما تبدیل می‌شود که به انرژی الکتریکی منتقل می‌شود. محیط. در بیشتر موارد به‌عنوان یک ضایعات در نظر گرفته می‌شود، زیرا بازیابی آن یا خیلی سخت است یا قابل بازیافت نیست. علاوه بر این، گرمایش با محدود کردن شارژ دستگاه، عملکرد آن در دماهای بالا که منجر به پیری زودرس عایق و کوتاه شدن زمان کار می‌شود، مانعی ایجاد می‌کند [۵]. در عمل شرایطی وجود دارد که مقادیر اضافی انرژی برای دستیابی به خنک‌سازی مناسب ماشین‌آلات الکتریکی با توان بالا موردنیاز است؛ بنابراین، یک ضریب تأثیر محیطی، انتشار گرما در حین کار است، گرمایی که دمای محیط را تغییر می‌دهد.

سایر عوامل تأثیر

سایر عوامل تأثیر محیطی ماشین‌های الکتریکی عبارت‌اند از: میدان‌های مغناطیسی اطراف ماشین‌ها (به‌ویژه مولدهای برق با توان بالا)، سروصدا، ارتعاش، از دست دادن روان کننده‌ها یا خنک‌کننده‌ها، بخار پودر گرافیت از ماشین‌های الکتریکی با برس، یا محصولات فرار از عایق. موادی که تحت حرارت قرار می‌گیرند.

معرفی مفاهیم طراحی و ساخت پایدار ماشین‌های الکتریکی

توسعه پایدار مستلزم برآوردن نیازهای نسل کنونی بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده برای برآوردن نیازهای خود است؛ بنابراین طراحی پایدار به این معنی است که: به حداقل رساندن استفاده از مواد خام، به‌ویژه غیرقابل‌تجدید، برای اطمینان از حداکثر افزایش بازده ممکن و کاهش مصرف انرژی، در نظر گرفتن جایگزینی آسان قطعات، معرفی نظارت و کنترل عملکرد دستگاه و ارائه راه‌حل‌های آسان برای برچیدن و استفاده مجدد از اجزا و مواد در پایان عمر برچیدن.

در ساخت ماشین‌آلات الکتریکی در صنعت، توسعه پایدار مستلزم اجرای یک مدل اقتصادی برای بهینه‌سازی مصرف، سود اقتصادی و اجتماعی نسل ما بدون به خطر انداختن پتانسیل مادی لازم برای نسل‌های آینده است [۱]، [۳]، [۸]. این امر با پیوند دادن چندین هدف ازجمله:

- کاهش مصرف منابع تجدید ناپذیر؛
- بهینه‌سازی مصرف منابع تجدید پذیر.
- آلودگی را تا حد امکان به حداقل برسانید.
- کاهش مصرف منابع انرژی متعارف.
- افزایش عرضه انرژی از منابع غیرمتعارف (انرژی سبز).
- توسعه مهارت‌های عملی، فیزیکی و خلاقانه کارگران.
- توسعه آگاهی زیست‌محیطی مردم.
- توسعه و اجرای چارچوب قانونی مطابق با این اهداف.

بهره‌برداری و نگهداری مناسب به‌نوبه خود منجر به افزایش طول عمر ماشین‌های الکتریکی و در نهایت کاهش اثرات زیست‌محیطی آن‌ها می‌شود.

نتیجه

می‌توان در مورد تأثیر ساخت ماشین‌آلات الکتریکی بر محیط‌زیست و تأثیر واقعی عملکرد آن‌ها در حین و پس از استفاده بحث کرد. می‌توان در نظر گرفت که ماشین‌های الکتریکی در حین کار آلودگی کمتری دارند که از عوامل اصلی آن می‌باشد.

تأثیر آن‌ها بر محیط‌زیست این است که آن‌ها گرما، سروصدا، لرزش، از دست دادن روان کننده‌ها یا خنک‌کننده‌ها، گردوغبار یا دودهای فرار تولید می‌کنند. برخی از این عوامل تأثیر را می‌توان با عملکرد در حالت‌های عملکرد از پیش تعیین‌شده مناسب و با تعمیر و نگهداری کاهش داد. مهم‌ترین این عوامل انتقال گرما از دستگاه به محیط است که برای دستگاه مفید است و غالباً توسط انواع مختلف تهویه و خنک‌کننده موردپسند قرار می‌گیرد، اما دمای محیط را تا حدی تغییر می‌دهد. مهم‌تر از عوامل ذکرشده در بالا، مصرف منابع اولیه (برخی از آن‌ها غیرقابل‌تجدید) و انرژی موردنیاز برای برق است.

ساخت ماشین‌آلات. پس از کار انداختن، پس از استفاده، مرحله دیگری است که با آلاینده‌های خاصی مانند دود ناشی از فرآیندهای برش گاز، گردوغبار، گرما، مصرف انرژی، سوخت و غیره مشخص می‌شود. طراحی بهینه، استفاده از مواد و فناوری‌های جدید باید منجر به توسعه شود. همراه با ماشین‌های استاندارد موجود، ماشین‌های جدید باراندمان بالا با بازدهی ۲ تا ۳ درصد بالاتر، با اثرات مفید بر صرفه‌جویی در انرژی و کاهش متناظر اثرات زیست‌محیطی.

منابع

[۱] Vasile, N, Voncila, N, Radulescu, M, Simion, A, Chefneux, M,Livadaru, l, Integrated design solutionsfor electrical machines for rational use of nnatural and artificial resources, CIT-TE ICPE Publishing House, Bucharest, ۲۰۰۸;

[۲] Vasile, N, Slaiher, S, Electrical servomotors, Electra, Publishing House, Bucharest, ۲۰۰۲;

[۳] Stan, M.F, Andrei, H, Modern electrical engineering.Electrotechnics and electromechanical converters.Theory and applications, vol. ۲Bibliotheca Publishing House, Targoviste, Romania, ۲۰۱۰۰;

[٤] Necula, D, Vasile, N, Stan, M.F, Maintenance a Solution to Reduce the Environmental Impact of Electrical Machines. Published online at http://journal.sapub.org/eee Copyright ©۲۰۱۱ Scientific & Academic Publishing USA, Electrical and Electronic Engineering ۲۰۱۱; ۱(۲):۵۵-۵۹ DOI: ۱۰,۵۹۲۳/j.eee.۲۰۱۱۰۱۰۲,۰۹.

[٥] Necula, D, Vasile, N, Stan, M.F, Electrical Machinery Defects and Diagnosis Methods. Published online at Copyright © ۲۰۱۲ Scientific & Academic Publishing USA, Electrical and Electronic Engineering ۲۰۱۲; ۲(٥): ۲۹۲-۲۹٦DOI:۱۰,۵۹۲۳/j.eee.۲۰۱۲۰۲۰۵,۰۸. p-ISSN:۹٤٥٥-۲۱٦۲ e-ISSN: ۸٤٥۹-۲۱٦۲;

[٦] Filip, M, Helerea, E, On the Induction Motor Vibration Testing.Proceedings of the ٥-th International Conference on Interdisciplinarity in Education. ICIE'۱۰, May ۸-٦ ۲۰۱۰, Tallinn, Estonia, ISSN- ۱۷۹۰-٦٦۱X;

[۷] Bellini, A, Filippetti, F, Tassoni, C, Capolino, G, Advances in Diagnostic Techniques for Induction Machines. IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. ٥٥, No. ۱۲, December ۲۰۰۸, ٤۱۰۹- ٤۱۲٦;

[۸] Martin Filip, M, Optimizing the Manufacturing technologies for Increasing their Efficiency and Efficacy, Summary of PhD Thesis, Transilvania Brasov University.

[۹]Chapman ،Stephen J. (۲۰۰٥). Electrical Machinery Fundamentals. New York: McGraw Hill.