

جایگزینی سیستم برق رسانی زنگ و اسکوپ با درایوهای جدید در کوره بلند ذوب آهن اصفهان

علی مؤذنی بیستگانی¹، محمد رضا امین صبوری²

1- گروه برق و اتوماسیون مدیریت امور فنی بهره برداری ذوب آهن اصفهان

2- نت برق مدیریت مهندسی تولید و توزیع برق ذوب آهن اصفهان

چکیده:

در کوره بلند شماره یک شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان جهت تغذیه برق الکتروموتورهای سیستم های زنگ و اسکوپ کوره بلند از سیستم موتور ژنراتور (1ДАП,2ДАП) (که به روش وارد لئونارد کار می کرد) استفاده می گردید این سیستم شامل یک موتور سنکرون 3/6 کیلوولت دو سر شافت و سه دستگاه ژنراتور DC (که موتور و سه ژنراتو به یک محور متصل اند) می باشد. با توجه به مشکلات بوجود آمده از لحاظ نگهداری و تعمیرات از جمله به علت الکترو دینامیکی بودن سیستم، اشکالات فنی در ناحیه یاتاقانها، کوپلینگها، ذغالها، کلکتورها، سیم بندی، سیستم روغنکاری، سیستم خنک کنندگی و نیاز به کنترل دائمی قسمتهای ذکر شده موتور و ژنراتورها و غیر اقتصادی بودن سیستم تصمیم به جایگزینی سیستم مذکور با درایوهای استاتیک جدید گردید. در سیستم جدید با توجه به حذف سیستم دوار (موتور و ژنراتورها) مصرف انرژی برق و هزینه های نگهداری و تعمیرات و توقفات کاهش قابل ملاحظه ای یافته است.

کلمات کلیدی: زنگ و اسکوپ، موتور ژنراتور، کوره بلند، درایو

1- ali.moazzeni@esfahansteel.com

2- aminsa-mo@esfahansteel.com

مقدمه

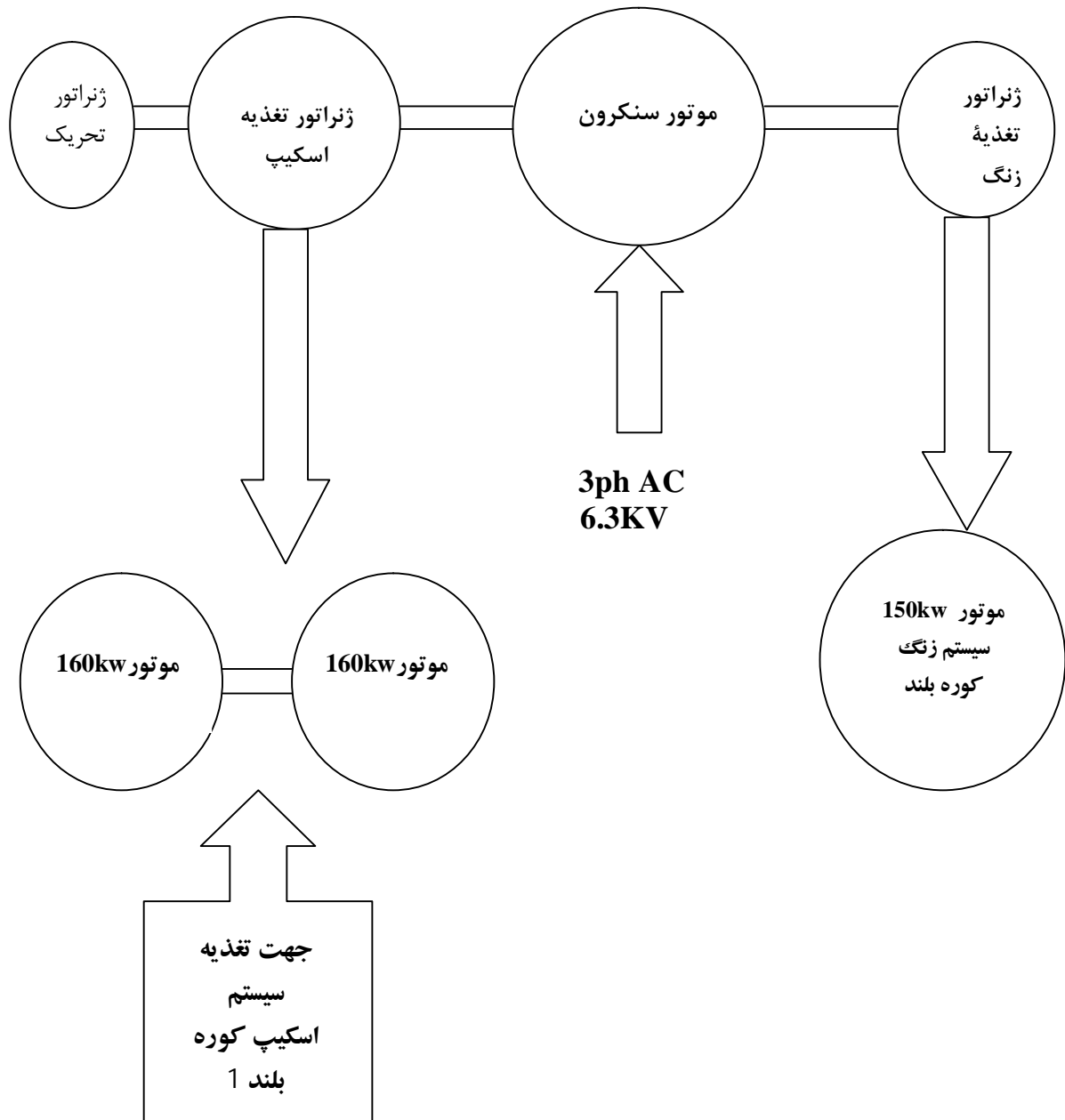
در کوره بلند شماره یک ذوب آهن اصفهان برای باردهی مواد خام به درون کوره بلند (سیستم زنگ) از دستگاهی استفاده می شود که شامل زنگ بزرگ، قیف بزرگ، محفظه گاز، زنگ و قیف کوچک و قیف دریافت کننده می باشد.

روش باردهی واگنی (با استفاده از اسکیپ): بار پس از توزین بوسیله یکی از این سیستم ها که هر دو بطور مایل مواد را به کوره می فرستند حمل می شود. در سیستم اول بالابر تشکیل شده از دو اسکیپ و یک پل مورب و یک جرثقیل کابلی. پل مورب دارای دو رشته ریل برای بالا بردن اسکیپ ها می باشد. قسمت بالایی پل را ناحیه تخلیه می نامند. از این ناحیه هر یک از ریلها به دو شاخه تقسیم می شود. شاخه پایینی برای چرخهای جلوئی اسکیپ می باشد. اسکیپ یک واگن چهار چرخ است که چرخهای عقب آن دو لبه می باشند، یعنی سطح چرخ دو قسمت شده است، بدین ترتیب چرخ های عقب در ناحیه تخلیه پل می تواند روی شاخه بالایی پل حرکت کند. برای تخلیه بهتر مواد، قسمت دهانه اسکیپ پهن تر از قسمت ته آن می باشد بطور متوسط در هر ساعت 15 تا 20 واگن بار با سرعت معادل 500 تا 700 فوت در دقیقه به کوره وارد می شوند. واگنها در اثر 90 تا 120 درجه چرخش مواد خود را بدون قیفی که روی دهانه کوره تعبیه شده ریخته و از مسیر برگشت بر می گردند. [1] (مسیر حرکت اسکیپ در شکل شماره 1 نشان داده شده است)



شکل شماره (1) - مسیر حرکت اسکیپ کوره بلند 1 ذوب آهن اصفهان

سیستم تغذیه زنگ و اسکپ کوره بلند شماره یک شرکت ذوب آهن اصفهان در گذشته بصورت الکترو دینامیکی بوده که به روش وارد لئونارد دور موتور کنترل می گردید . این سیستم شامل سه دستگاه ژنراتور DC و یک دستگاه موتور AC سنکرون که آنها روی یک محور کوپل شده اند . نمایی از محل نصب سیستم مذکور در شکل شماره (2) نشان داده شده است . در نمودار شماره (1) نحوه آرایش موتورها و ژنراتورها نمایش داده شده است.



نمودار شماره (1) - نحوه آرایش موتورها و ژنراتورها



شکل شماره (2) - محل نصب سیستم موتور و ژنراتورهای قدیم کوره بلند 1 ذوب آهن اصفهان

روش کنترل دور موتور های DC :

الکترو موتورهای DC دو محدوده کنترل سرعت دارند. ناحیه اول: با ثابت نگه داشتن جریان تحریک و تغییر ولتاژ آرمیچر از مقدار صفر تا مقدار نامی که در این حالت سرعت از صفر تا مقدار نامی تغییر می کند. در این نوع کنترل سرعت گشتاور ثابت می ماند. ناحیه دوم: با ثابت نگه داشتن ولتاژ آرمیچر و کاهش جریان تحریک می توان به سرعتی بیشتر از سرعت نامی دست یافت. در این حالت با افزایش سرعت گشتاور کاهش می یابد. در محدوده گشتاور ثابت با افزایش سرعت توان بصورت خطی افزایش می یابد و بعد از رسیدن به سرعت نامی ثابت می ماند.

در بسیاری از کاربردهای صنعتی، به کنترل سرعت موتورهای الکتریکی نیاز داریم. موتورهای DC از نقطه نظر کنترل سرعت نقش ارزندهای ایفا می کنند و می توان سرعت آنها را در زیر یا بالای سرعت مینا کنترل کرد. همچنین سیستمهای کنترل سرعت موتورهای DC ارزانتر از سیستمهای کنترل دور موتورهای AC است. اولین سیستم کنترل سرعت موتورهای DC به سیستم وارد لئونارد³ معروف است. اخیراً برای کنترل سرعت موتورهای DC از مبدلهای استاتیکی یا الکترونیکی استفاده می شود.

³-Ward-Leonard

سیستم وارد لئونارد:

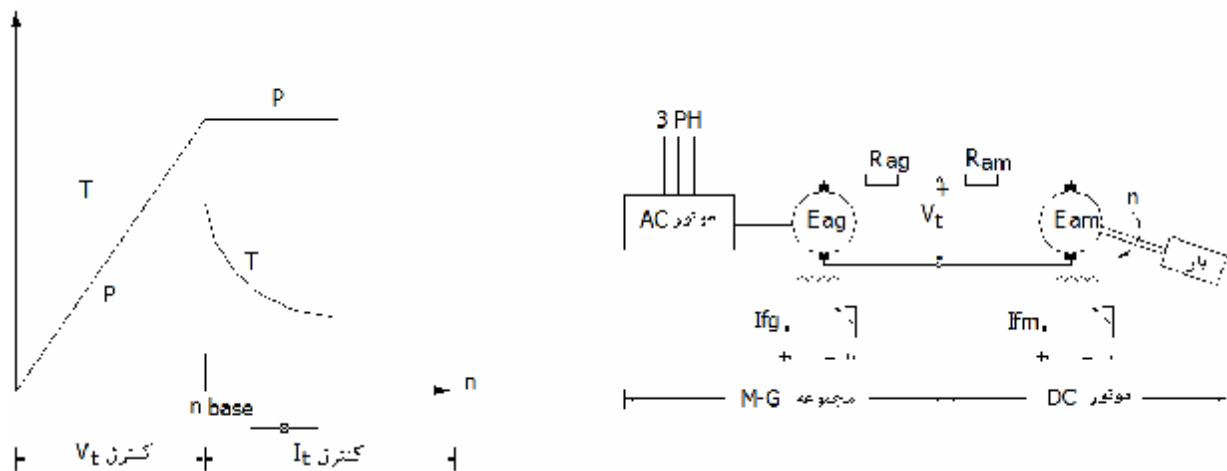
این سیستم در سال 1890 میلادی مطرح گشت. شکل شماره (3) سیستم وارد لئونارد برای کنترل سرعت موتورهای DC را به نمایش می گذارد. این سیستم از یک مجموعه موتور - ژنراتور یا مجموعه $M-G^4$ تشکیل شده است. در مجموعه $M-G$ ژنراتور از نوع DC است و موتور از نوع AC با سرعت ثابت می باشد. ژنراتور DC یک موتور DC را تغذیه می کند. سیستم وارد لئونارد در دو وضعیت مختلف می تواند سرعت موتور DC را کنترل کند:

1- کنترل V_t

در حالت کنترل ولتاژ آرمیچر، جریان تحریک موتور DC (I_{fm}) ثابت نگه داشته می شود (در حد مقدار اسمی). اگر جریان تحریک ژنراتور DC (I_{fg}) به نحوی تغییر نماید که V_t از صفر تا مقدار اسمی تغییر کند، در اینصورت سرعت موتور DC از صفر تا سرعت مینا تغییر خواهد کرد. در این محدوده از سرعت، گشتاور می تواند ثابت بماند (نمودار شماره 3).

2- کنترل I_f

در این حالت می توان به سرعتهایی بیش از سرعت مینا دست یافت. در این وضعیت ولتاژ آرمیچر (V_t) ثابت نگه داشته می شود و جریان تحریک موتور DC (I_{fm}) را کاهش می دهیم (تضعیف میدان). در اینصورت به سرعتهایی بیش از سرعت مینا دست می یابیم. در این حالت جریان آرمیچر میتواند ثابت نگه داشته شود و لذا موتور در ناحیه توان ثابت کار خواهد کرد. واضح است که با افزایش سرعت گشتاور کاهش می یابد. این امر در نمودار شماره (3) نشان داده شده است. [3] مشخصات تجهیزات وارد لئونارد مربوط به تغذیه سیستم برق زنگ و اسکوپ در جدول شماره (1) نشان داده شده است.



نمودار شماره (3) - منحنی گشتاور - سرعت

شکل شماره (3) - سیستم وارد لئونارد

⁴Motor-Generator set Or M-G set

جدول شماره (1) - مشخصات تجهیزات سیستم وارد لئونارد: [2]

پارامتر نام تجهیز	P(Kw)	Va(V)	Pin/Pout(kw)	N(rpm)	تعداد ذغال	یاتاقان
موتور سنکرون	725	6300	1600/726	1000	12	لغزشی
ژنراتور تغذیه اسکیپ کوره	425	600	1050/426	1000	30	لغزشی
ژنراتور تغذیه زنگ کوره	135	400	320/135	1000	24	غلتشی
ژنراتور تحریک موتور سنکرون	12.8	40/10		1000		غلتشی

موتور سنکرون ابتدا بصورت آسنکرون راه اندازی شده که در لحظه اول حداکثر مقاومت سر راه موتور بوده و سپس ژنراتور تحریک در مدار قرار گرفته و تحریک موتور اصلی را تأمین کرده و سپس موتور در حالت سنکرون قرار گرفته و به حالت دائمی بکار خود ادامه می دهد. این موتور بعنوان محرک اولیه ژنراتورهای تغذیه زنگ و اسکیپ عمل می نماید. ژنراتور تغذیه اسکیپ با ولتاژ 600 V دو دستگاه موتور اسکیپ کوره بلند به قدرت 160 KW از نوع DC و ژنراتور تغذیه زنگ یک دستگاه موتور زنگ کوره بلند به قدرت 150 KW از نوع DC را تغذیه می نمایند. لذا با توجه به طول عمر موتورهای و ژنراتورها و اتلاف انرژی در مواقع توقف کارگاه بعلت کارکرد بی بار موتور سنکرون و خوردگی ذغالهای موتور و ژنراتورها و افت ولتاژ در هنگام استارت موتور مذکور در شبکه 6.3 KV و از طرفی حجم بالای سخت افزار در سیستم کنترل به روش وارد لئونارد و عیب یابی طولانی آن و با توجه به انجام گرافهای تعمیراتی مکرر و پر هزینه روی موتورهای و ژنراتورها ، سیستم مذکور با سیستم درایوهای DC و ترانسفور ماتور جایگزین گردید. که در سیستم جدید برق مصرفی و هزینه های نگهداری و تعمیر کاهش پیدا کرد. در شکل های 6 و 7 نمائی از موتورهای زنگ و اسکیپ نمایش داده شده است.

ادبیات موضوع:

- زنگ: حفظ فشار کوره بلند در حین بارگیری و سیستم تقسیم مواد داخل کوره
 - اسکیپ: دریافت مواد و حمل آنها و ریختن مواد در دهانه کوره را به عهده دارد.
 - درایو: سیستم کنترل دور موتورهای زنگ و اسکیپ به روش جدید
 - موتور ژنراتور (سیستم DAP): به مجموعه موتور سنکرون و دو دستگاه ژنراتورهای تغذیه زنگ و اسکیپ و ژنراتور تحریک در زبان روسی DAP گفته می شود.
- وارد لئونارد: روش کنترل دور قدیم شامل موتور و ژنراتورهای حذف شده در سیستم جدید

انجام تحقیق

در ابتدا بررسی های لازم روی هزینه های تعمیر و نگهداری و انرژی الکتریکی مصرفی و تلفات سیستم بعمل آمد.

الف - هزینه برق مصرفی: (با توجه به آزاد سازی یارانه های انرژی)

جریان بی باری سیستم АДП: $I = 18 \text{ A}$

$$\text{توان مصرفی موتور سنکرون АДП در بی باری} \\ \text{Ø } P = \sqrt{3} * 6.3(\text{kV}) * 18(\text{A}) * 0.9 = 176.77 \text{ KW}$$

میزان مصرف انرژی در بی باری و مبلغ برق برای مدت یکسال جهت یک АДП:

$$\text{Ø } 176.77(\text{kW}) * 5(\text{h}) * 30 * 480 * 12 = 152729280 \text{ ریال} \quad \text{تعداد روز در ماه } = 30$$

در هر 24 ساعت 5 ساعت موتور بی بار است = 5

تعداد ماه در یک سال = 12 هزینه هر kw برق مصرفی = 480

میزان مصرف انرژی در بی باری و مبلغ برق برای مدت یکسال جهت سیستم АДП:

$$\text{Ø } 152729280 * 2 = 305458560 \text{ ریال}$$

$I = 32 \text{ A}$

جریان با بار در یکی از АДП ها:

$$\text{توان مصرفی موتور АДП بی باری} \\ \text{Ø } P = \sqrt{3} * 6.3(\text{kV}) * 32(\text{A}) * 0.9 = 314.263 \text{ KW}$$

میزان مصرف انرژی در حالت با بار و مبلغ برق برای مدت یکسال جهت یک АДП:

$$\text{Ø } 314.263 (\text{kW}) * 19(\text{h}) * 30 * 480 * 12 = 1031789262 \text{ ریال}$$

میزان مصرف انرژی در بی باری و مبلغ برق برای مدت یکسال جهت دو دستگاه АДП:

$$\text{Ø } 1031789262 * 2 = 2063578523 \text{ ریال}$$

جمع کل هزینه برق مصرفی در یک سال بدون هزینه برق در رابطه با سیستم خنک کنندگی و گردش روغنکاری:

$$\text{Ø } 305458560 + 2063578523 = 2369037083$$

ب - هزینه نگهداری و تعمیرات :

جمع کل نفر ساعت روی АДП ها در یک سال = 3300 نفر ساعت

هزینه تعمیرات АДП ها در یک سال بدون در نظر گرفتن هزینه تعمیرات روی ونتیلاتور و سیستم روغنکاری و گردش روغن و سرویس تابلوهای مربوطه:

$$\text{Ø } 3300 * 110000 = 363000000 \text{ ریال}$$

مبلغ ریالی هر نفر ساعت = 110000

ج - هزینه قطعات و متريال مصرفی در سال:

× ذغال ها: تعداد 320 عدد ذغال طی چهار مرحله تعویض می شود که هزینه آن $320 * 250000 = 80000000$ ریال باشد.

× هزینه متریال: معادل 30% هزینه نگهداری و تعمیرات می باشد.

ریال $0.30 * 363000000 = 108900000$

ریال $80000000 + 108900000 = 188900000$ کل هزینه قطعات و متریال مصرفی:

د- هزینه توقف در یک سال:

× مبلغ توقف تولید چدن با توجه به اینکه توقف در یک سال 3 بار افتاده باشد و 2 ساعت توقف در کوره بلند شماره 1 بوجود آید:

ریال $227000000 * 2(h) = 454000000$

× کل هزینه ها در یک سال:

هزینه توقفات + هزینه قطعات و متریال + هزینه دستمزد نگهداری و تعمیرات + هزینه برق مصرفی = کل هزینه ها

ریال $2369037083 + 363000000 + 1889000000 + 454000000 = 3374937083$

در جدول شماره (2) ارزیابی هزینه های بند های الف تا د آورده شده است.

جدول شماره (2) - ارزیابی هزینه های سیستم موجود:

ردیف	عنوان هزینه	مبلغ هزینه به ریال
1	هزینه برق مصرفی	2369037083
2	هزینه نگهداری و تعمیرات (دستمزد)	363000000
3	هزینه عمده قطعات مصرفی (ذغالها)	80000000
4	هزینه متریال مصرفی تعمیرات	108900000
5	هزینه توقفات در یک سال	454000000
6	جمع کل هزینه ها	3374937083

مشکلات سیستم قدیمی (موتور ژنراتور - سیستم A/D):

- بعلت قدیمی بودن و طول عمر بالای سیستم وارد لئونارد باعث بروز ضعف مقاومت عایقی خصوصا در موتور 1AДП گردیده و تا بحال چندین بار سیم بندی 6KV و تحریک آن اتصالی کرده است وامکان بروز اتصال کوتاه شدید در سیم پیچی 6KV آن و توقف طولانی کارگاه وجود داشت .
- هزینه بالای سرویس و نگهداری ژنراتورهای تغذیه زنگ و اسکپ .
- اتلاف زیاد انرژی در توقفات کارگاه بعلت کارکرد بی بار موتور 1AДП و خوردگی ذغالهای ژنراتورهای تغذیه زنگ و اسکپ .
- افت ولتاژ در هنگام استارت موتور 1AДП در شبکه 6KV و نیاز به اخذ مجوز از دیسپاچر برق .
- حجم بالای سخت افزار در سیستم کنترل واردلئونارد و عیب یابی طولانی آن .
- نیاز به انجام گراف های تعمیراتی مکرر و پر هزینه روی موتور 1AДП و ژنراتورهای تغذیه زنگ و اسکپ .
- نیاز به سیستم روغنکاری مستقل جهت موتور 1AДП و ژنراتورهای تغذیه زنگ و اسکپ .
- نیاز به سیستم های تهویه مستقل برای موتور 1AДП و ژنراتورهای تغذیه زنگ و اسکپ .
- لزوم کنترل دائمی شرایط حیاتی الکتروموتور و ژنراتورهای سیستم نظیر ارتعاشات و درجه حرارت توط پرسنل .
- موجود نبودن قطعات رزرو سیستم 1AДП موجود و پر هزینه بودن آنها نظیر ذغال ، خشاب و کلکتور .
- در صورت قطع سیستم 1AДП در حال کار ، تبدیل بار سیستم 1AДП رزرو مطمئن نبوده و زمان بر می باشد .
- افزایش تعداد تعمیرات سیستم 1AДП در سال با توجه به عمر کاری تجهیزات .

- مشاهده میگردد با توجه به مبلغ محاسبه شده سالانه هزینه ها که رقم قابل ملاحظه ای می باشد. تصمیم به جایگزینی سیستم با درایوهای جدید DC و ترانسفورماتورهای مربوطه گردید. که کل عملیات صورت گرفته بصورت ذیل میباشد:
- این جایگزینی بصورت یک پروژه شامل طراحی ، عملیات نصب و راه اندازی ترانسفورماتورها ، تابلوهای برق و اتوماسیون و تهیه و اجرای سینی گذاری ، لوله کشی برق ، جعبه اتصال (PULL BOX) و کابل کشی (MV, LV) به شرح زیر بود:
- 1- عملیات نصب و راه اندازی 2 دستگاه ترانسفورماتور روغنی با قدرت 630KVA و نسبت تبدیل 6.3/0.69KV
 - 2 - عملیات نصب و راه اندازی 2 دستگاه ترانسفورماتور روغنی با قدرت 250KVA و نسبت تبدیل 6.3/0.49KV
 - 3 - نصب و راه اندازی 4 عدد تابلو MV (6.3KV) و 12 عدد تابلو LV (کنترل - درایو - PLC)
 - 4- نصب و راه اندازی 2 عدد میز کنترل و 5 عدد تابلوی دیواری (LCP)
 - 5 - ساخت و نصب فریمهای زیر تابلوهای MV و LV و کنترل و PLC
 - 6 - عملیات سینی گذاری و لوله گذاری برق و نصب جعبه اتصال (PULL BOX) و نصب سازه های فلزی لازم .
 - 7- عملیات کابل کشی MV و LV ، کنترل ، فیبر نوری و مونیتورینگ مطابق نقشه های پیوست (Cable list) و سربندی و اجرای کلیه مدارهای قدرت و کنترل مطابق نقشه ها .
 - 8 - عملیات اجرای سیستم ارتینگ
 - 9- سربندی و اجرای کلیه مدارهای قدرت و کنترل مطابق نقشه ها .
 - 10 - عملیات نصب تجهیزات از جمله: درایوهای DC ، ترانسفورماتورهای داخلی تابلوها، مقاومتهای ترمز، سلف ها و ... در داخل پانلهای موجود .

در شکل شماره (3) نمائی از سیستم جدید ارائه شده است. در شکل شماره (4) نمائی از سیستم جدید و قدیم و محل جانمایی آنها نمایش داده شده است.



شکل شماره (4) - محل نصب سیستم درایوهای جدید DC پست برق 4RP ذوب آهن اصفهان



شکل شماره (5) - محل نصب سیستم موتور و ژنراتورهای قدیم و سیستم جدید درایوهای جدید در ذوب آهن اصفهان



شکل شماره (6) - نمایی از محل نصب سیستم موتور اسکپ و بارابان کوره بلند شماره 1 ذوب آهن اصفهان



شکل شماره (7) - نمائی از محل نصب سیستم موتور زنگ کوره بلند شماره 1 ذوب آهن اصفهان

نتایج و بحث

سیستم زنگ و اسکوپ دو قسمت کوره بلند میباشند که با مشکل در این دو قسمت کوره توقف پیدا خواهد کرد. از طرفی سیستم 1AДП (موتور و ژنراتورها) که در متن مقاله به آن اشاره شد وظیفه تأمین برق به موقع و مطمئن را به سیستمهای زنگ و اسکوپ را به عهده دارند. به منظور کاهش هزینه ها و صرفه جوئی در مصرف انرژی و همچنین افزایش ضریب اطمینان برق رسانی به الکتروموتورهای زنگ و اسکوپ که با بحث های صورت گرفته لزوم تعویض آنها ضروری به نظر می رسد . هدف از اجرای این پروژه تعویض کلیه مدارهای قدرت و فرمان سیستم 1AДП با درایوهای جدید جهت عملکرد مطمئن مکانیزم بود. برخی از مزایای سیستم جدید عبارت است از:

- الف) - بالا بردن ضریب اطمینان سیستم با استفاده از درایوهای دیجیتال
- ب) - صرفه جوئی در مصرف انرژی با حذف سیستم واردلئونارد
- ج) - بالا بردن قابلیت ها و کارائی سیستم با استفاده از سیستم کنترل جدید و درایوهای مدرن
- د) - کاهش هزینه های نگهداری و تعمیر.
- ه) - ایجاد یکپارچگی در بین سیستم های برق و اتوماسیون
- و) - کاهش توقفات کارگاه با حذف سیستم قدیمی

نتیجه

تجهیزات الکتریکی دوار به دلیل ماهیت الکترودینامیکی آن در طی بهره برداری دچار اشکالات متعددی نظیر اشکال در سیستم روغنکاری یاتاقانها، خرابی یاتاقانهای ژورنال، ارتعاشات در نقاط مختلف ماشین، خرابی و فرسایش کلکتورهای آرمیچر و ضعف عایقی به دلیل نفوذ گرد و غبار به داخل ماشین می گردند. لذا سرویس های جاری، میانی طبق رژیم فوق سنگین تجهیزات را می طلبد. فرسایش مداوم ذغالهای الکتریکی که تأمین آن مشکل و پر هزینه می باشد از دیگر عیوب این سیستم بوده است. تجهیزات و تابلوهای مربوط به تبدیل بار و کنترل و حفاظت الکتروموتور و ژنراتورها بسیار قدیمی بوده که غیر مطمئن و سابقه بروز عیب و توقف را داشته است. با توجه به آزاد سازی یارانه ها در مرحله اول و همچنین افزایش بهای انرژی در آینده موضوع مصرف انرژی و لزوم صرفه جوئی را پررنگ تر می نماید. با توجه به موارد ذکر شده می توان نتایج حاصل از جایگزینی را به شرح زیر نام برد:

- 1- صرفه جوئی در مصرف انرژی الکتریکی با کاهش برق مصرفی. (مطابق جدول ارزیابی هزینه ها)
- 2- افزایش راندمان در سیستم.
- 3- رفع عیب سریعتر و کاهش زمان توقفات کوره بلند.
- 4- تهیه آرشو اتفاقات رخ داده و پارامترهای کوره بلند و تسهیلات اطلاعاتی برای تکنولوژی و امکان کنترل دقیق تر و سریعتر.
- 5- کاهش توقفات ناشی از عیوب تجهیزات الکتریکی.
- 6- عدم موجود بودن تجهیزات الکتریکی (رزرو) قدیمی نظیر کلکتورها، ذغالها و.....
- 7- کاهش هزینه های نگهداری و تعمیرات سیستم (مطابق جدول ارزیابی هزینه ها).

تشکر و قدر دانی

از مدیریت های مهندسی تولید و توزیع برق، کوره بلند، پژوهش، فن آوری و بومی سازی، مدیریت و معاونت امور فنی بهره برداری و معاون برق بخش کوره بلند تشکر و قدر دانی می گردد.

منابع

- [1] رضا ملکی، کتاب کوره بلند جلد دوم، از انتشارات آموزشگاه متالوژی ذوب آهن اصفهان
- [2] کاتالوگ و پاسپورت موتور و ژنراتورها
- [3] ماشینهای الکتریکی: تحلیل، بهره برداری، کنترل / تألیف: پی.سی. سن؛ ترجمه: دکتر مهرداد عابدی، مهندس نبوی