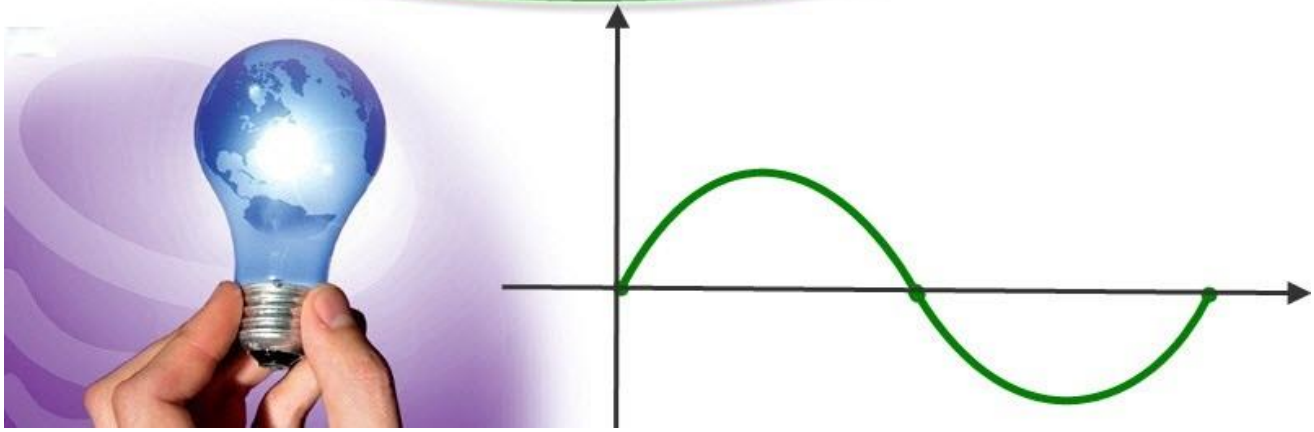
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

موضوع پروژه:

کنترل موتورهای القایی با اینورتر

WikiPower.ir

برای خرید فایل wordاین پروژه اینجا کلیک کنید.
(شماره پروژه = ۴۳۹)
پشتیبانی: ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

اینورترها:

همانطور که می دانیم وظیفه اینوتر تبدیل dc به ac می باشد که این کار هم در فرکانس ثابت و هم در فرکانس متغیر صورت می گیرد . ولتاژ خروجی می تواند در یک فرکانس متغیر یا ثابت دارای دامنه متغیر یا ثابت باشد که ولتاژ خروجی متغیر می تواند با تغییر ولتاژ ورودی dc و ثابت نگهداشتن ضریب تقویت اینوتر بدست آید . از سوی دیگر اگر ولتاژ ورودی dc ثابت و غیرقابل کنترل باشد

می توان برای داشتن یک ولتاژ خروجی متغیر از تغییر ضریب تقویت اینوتر که معمولاً با کنترل مدولاسیون عرض پالس (PWM) در اینورتر انجام می شود استفاده کرد. ضریب تقویت اینوتر عبارت است از نسبت دامنه ولتاژ ac خروجی به dc ورودی .

اینوترها به دو دسته تقسیم می شوند : ۱) اینوترهای تک فاز و ۲) اینورترهای سه فاز . که خود آنها نیز بسته به نوع کموتاسیون تریستورها به چهار قسمت تقسیم می شوند . الف. اینوتر با مدولاسیون عرض پالس (PWM) ، ب. اینوتر با مدار تشدید ،

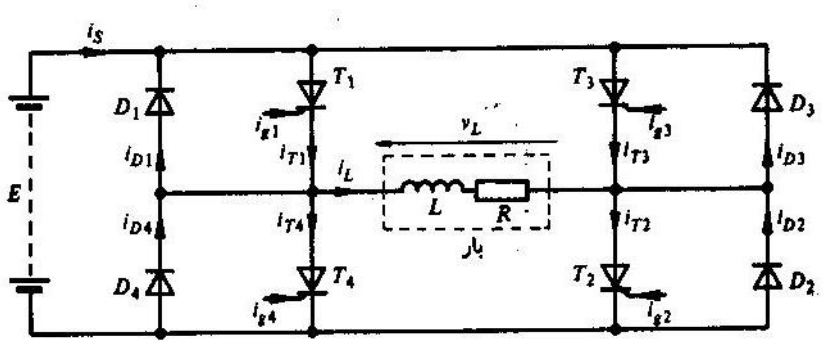
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

پ. اینوتر با کموتاسیون کمکی ، ت. اینوتر با کموتاسیون تکمیلی . که اگر ولتاژ ورودی اینوتر ، ثابت باشد ، اینوتر با تغذیه ولتاژ (VSI) و اگر ورودی ثابت باشد ، آن را اینوتر با تغذیه جریان (CSI) می نامند .

از بین اینورترهای تکفاز دو نوع معروف به نام اینوتر تکفاز با سر وسط و اینوتر پل تکفاز می باشد که در اینجا به اختصار نوع پل تکفاز آن را بررسی کرده و سپس راجع به اینوترهای سه فاز توضیح خواهیم داد .

۱-۱) اینوترپل تکفاز

در این نوع اینوتر همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است با آتش شدن تریستور مکمل T_4 تریستور T_1 خاموش می گردد . اگر بار سلفی باشد جریان بار بلافاصله معکوس نمی شود و لذا وقتی کموتاسیون کامل شد تریستور T_4 خاموش می شود و جریان بار به دیود D_4 منتقل می شود . فرمان کموتاسیون نسبت به زمان فرکانس بار اینوتر خیلی کوتاه می باشد . در اینجا ما کموتاسیون را ایده آل فرض می کنیم .



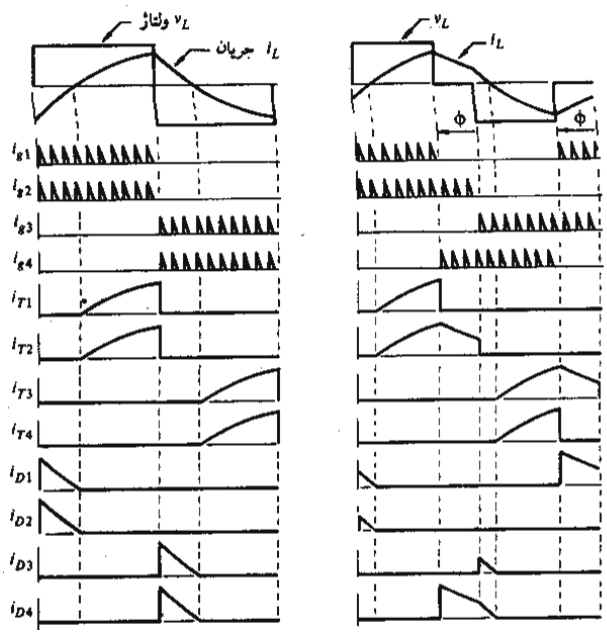
شکل ۱ – مدار اینوترپل تکفاز

حال اگر بار مقاومتی خالص باشد روشن کردن متناوب T_1T_2 و T_3T_4 باعث می شود که یک شکل موج مربعی دو سر بار قرار گیرد هر چند در حالت بار سلفی شکل موج جریان تأخیر دارد ولی مربعی می باشد . این شکل موج مربعی در شکل ۲- الف نشان داده شده است . تریستور با استفاده از یک قطار پالس که به صورت 180^o به آن اعمال می شود روشن می شود . به وسیله انتهای نیم پریود مثبت معلوم می شود که جریان بار مثبت بوده و به صورت نمایی افزایش می یابد . وقتی که تریستور T_1 و T_2 خاموش می شوند تریستورهای T_3 و T_4 روشن شده و ولتاژ بار معکوس می گردد ولی جریان بار تغییر نمی کند و مسیر جریان بار دیودهای D_3 و D_4 می باشند که منبع dc را به دو سر بار وصل می کنند و ولتاژ معکوس شده و انرژی تا زمانی که جریان به صفر برسد از بار به منبع منتقل می شود از آنجایی که در لحظه صفر شدن بار جریان تریستورها نیاز به تحریک (آتش شدن) مجدد دارند لذا یک قطار پالس آتش نیاز است تا هر لحظه که جریان صفر شد بلافاصله تریستورهای بعدی را روشن کند .

می توان ولتاژ خروجی را به صورت شکل موج مربعی با پریود صفر نیز درست کرد . همانطور که در شکل ۲- ب نشان داده شده این نوع شکل موج را می توان با جلو بردن زاویه آتش تریستورهای مکمل T_1T_4 نسبت به تریستورهای T_2T_3 درست کرد همانطور که از شکل دیده می شود قطار پالس آتش تریستور T_1 و T_4 به اندازه ϕ درجه عقب تر از قطار پالس تریستور T_2 و T_3 می باشد . در شکل ۲- ب فرض کنیم با خاموش شدن تریستور T_1 ، تریستور T_4 روشن شود ، جریان بار به دیود D_4 منتقل می

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شود اما از آنجاییکه تریستور T_2 هنوز روشن است جریان بار در مسیر D_4 و T_2 جاری می شود ، بار اتصال کوتاه شده و ولتاژ بار صفر می شود . وقتی که تریستور T_2 خاموش و تریستور T_3 روشن می شود تنها مسیر جریان بار دیود D_3 می باشد و منبع dc در جهت منفی به بار متصل می شود و تریستورهای T_3 و T_4 بلافاصله بعد از صفر شدن جریان بار هدایت می کند لذا شکل جریان تریستور و دیود متفاوت می شود .

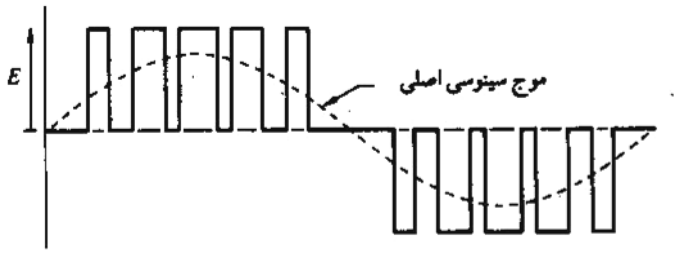


شکل ۲- الف- خروجی شبه مربعی - ب - موج خروجی مربع شکل

۲-۱) اینوتر تکفاز PWM

اینوتر کنترل شده جهت تولید شکل موج مدوله شده عرض پالس دارای شکل موجی مطابق شکل ۳ می باشد . همانطور که از شکل دیده می شود دراین روش سعی شده است که در نقاط نزدیک پیک پریود روشن بودن طولانی تر باشد این روش را

کنتـرل مدولاسـیون پهنـای پـالس (PWM) مـی نامنـد . درایـن روش هـا مونیکهـای مرتبـه پایین در شکل موج مدوله شده پهای پالسی خیلی کمتراز شکل موجهای دیگراست .



شکل۳- اینوتر کنترل شده جهت تولید PWM

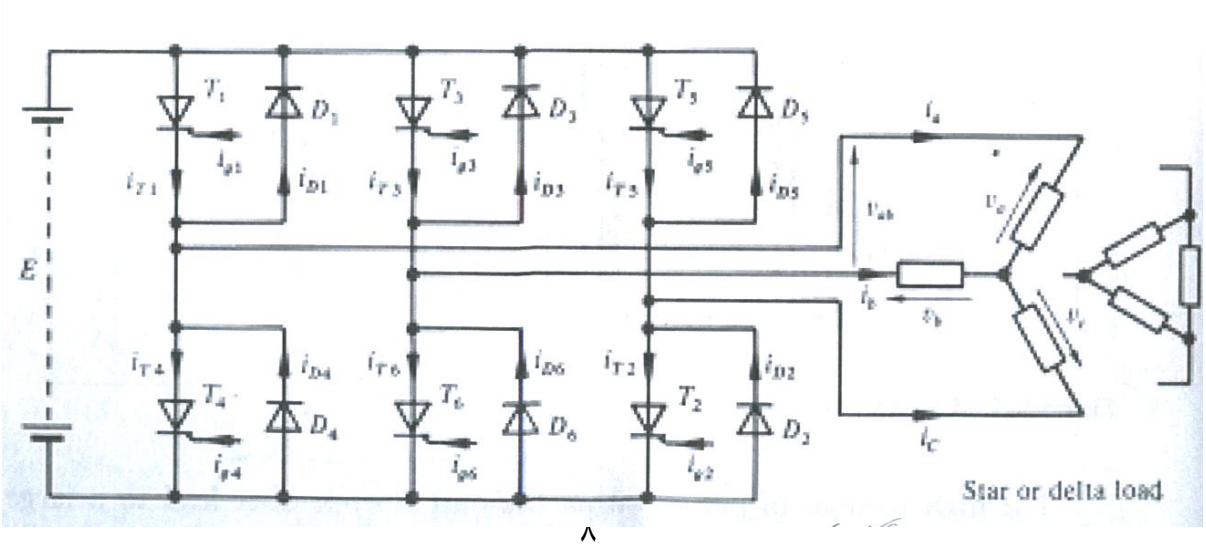
بـا توجـه بـه شـکل ۳ ملاحظـه مـی کنیـد کـه در برخـی از فواصـل ولتـاژ اعمـال شـده بـه مـدار مصـرف بایـد صـفر باشـد کـه عملـی کـردن آن بـه ایـن صـورت اسـت کـه در طـی ایـن فواصـل یـا تریسـتورهای T_1 و T_3 بطـور همزمـان روشـن هسـتند و یـا تریسـتورهای T_2 و T_4 . بـه هـر حـال ، خـروج دیـود و تریسـتور کـه بـه صـورت سـری بـا بـار قـرار مـی گیرنـد باعـث اتصـال کوتـاه شـدن بـار مـی شـوند . در ایـن روش بایـد توجـه شـود کـه در هـر سـیکل تعـداد کموتاسیون ، حداقل بوده و نیز تریستورها به صورت قرینه روشن شوند .

بـرای تولیـد یـک شـکل مـوج هماننـد شـکل ۳ نیازمنـد اعمـال کموتاسـیونهای زیـادی درهـر سـیکل هسـتیم از آنجـایی کـه در انتهـا و ابتـدای هـر سـیکل ، بایـد دو سـر بـار اتصـال کوتاه شده و ولتـاژش صـفر شـود لـذا بایـد یـک تریسـتور در ابتـدا و انتهـای سـیکل قطـع شـود که این عمـل تلفـات ناشـی از کموتاسـیون را افـزایش مـی دهـد . امـا بـرای کـاهش ایـن تلفـات بایـد مقـدار کموتاسـیون درهـر سـیکل کـاهش یابـد کـه ایـن کـاهش تعـداد کموتاسـیون بـه

صورت زیر می باشد که در انتهای هر پالس تنها یکی از دو تریستور هادی جریان قطع گردد و هیچ تریستور دیگری به منظور اتصال کوتاه کردن دو سر بار روشن نگردد . و در شروع پالس بعدی ، آن تریستوری که در انتهای پالس قبلی خاموش شده بود بار دیگر روشن گردد .

۲- اینورترهای سه فاز

در کاربردهای با توان بالا (یا سایر جاهایی که به سه فاز نیاز باشد) از اینورترهای سه فاز استفاده می شود . اینوتر سه فاز را می توان با اتصال موازی سه اینورتر تکفاز پل درست کرد و همچنین باید توجه داشت که جریان گیت آنها باید با هم 120^{o} اختلاف فاز داشته باشد تا ولتاژهای سه فاز متقارن ایجاد گردد . برای حذف هارمونیکهای مضرب سه در ولتاژ خروجی می توان از یک تراشی درخروجی اینوتر استفاده کرده و اتصال ثانویه آن را ستاره می بندد و بار را نیز یا مثلث یا ستاره بست . مطابق شکل ۴ که یک مدار اینوتر سه فاز را نشان می دهد شامل ۶ تریستور ، ۶ دیود و منبع تغذیه می باشد .



شکل ۴- اینوترپل سه فاز

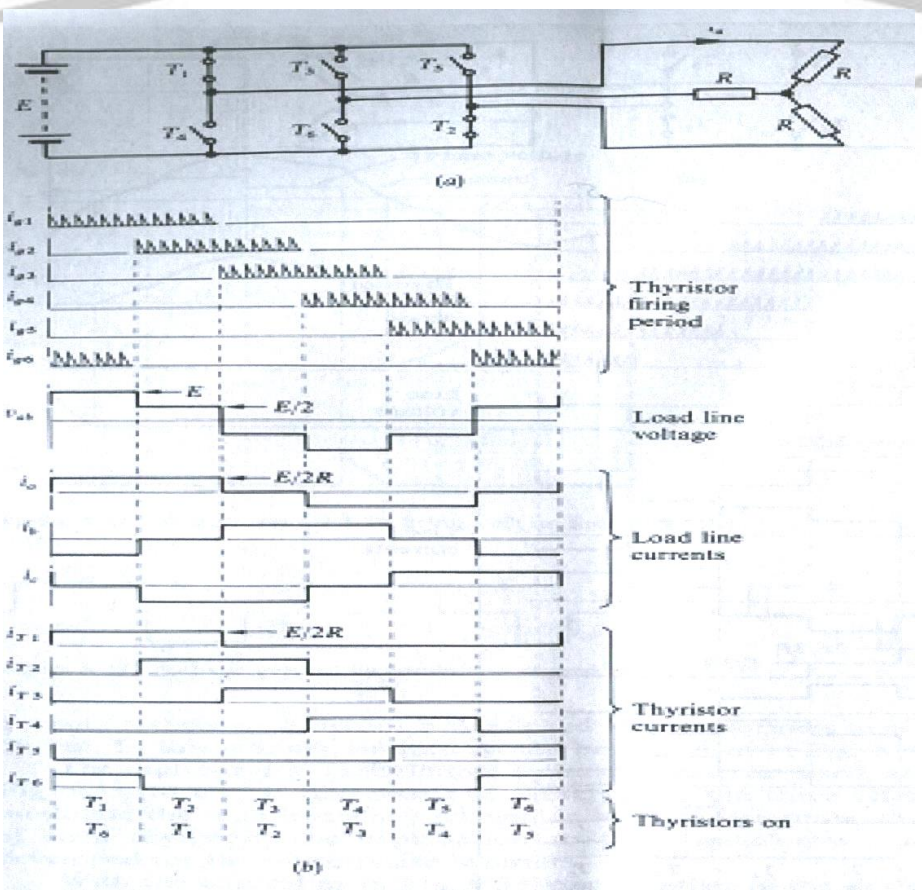
این اینوترها دارای ساختمان کلی مطابق شکل ۴ بوده و براساس نحوه سیگنال فرمان به دو دسته تقسیم می شوند . ۱- در هر لحظه دو تریستور هدایت می کند . ۲- در هر لحظه سه تریستور هدایت می کند .

با وجود این دو روش سیگنال فرمان گیت ها باید به گونه ای باشد که در هر فاصله 60^{O} ، به گیت وصل یا از آن قطع شود و همچنین اینوترها نیز به گونه ای طراحی شده اند که هر کدام بتوانند 180^{O} هدایت کنند . و همچنین اگر باری که توسط اینورتر تغذیه می شود سلفی باشد جریان بار در هر فاز نسبت به ولتاژ پس فاز می شود .

۱- روش اول : در این روش در هر لحظه دو تریستور هدایت می کند چون کلاً ۶ تریستور داریم جمعاً $120*6=720^{O}$ هدایت داریم و در هر 360^{O} تعداد تریستورهایی که هدایت می کنند برابر است با : $\frac{720}{360}=2$

یعنی در هر لحظه دو تریستور به صورت همزمان هدایت می کنند که یکی از تریستورها جریان را به بار می برد و دیگری نیز جریان را از بار برمی گرداند . مطابق شکل ۵ ملاحظه می شود که با قطع شدن جریان گیت ig_1 ، جریا گیت ig_4 وصل می شود در عمل باید یک زمان کافی برای خاموش شدن تریستور T_1 باشد از انجا که پس از قطع ig_1 ، جریان گیت ig_4 عمل می کند لذا تریستور T_1 زمان کافی برای خاموش شدن خود ندارد و لذا هنگام اعمال تریستور T_4 و قطع شدن T_1 منبع توسط آنها اتصال کوتاه می شوند هر چند که اگر زمان کافی برای خاموش شدن تریستور T_1 در نظر گرفته

شود و لیکن کموتاسیون به خوبی صورت نگیرد باز هم یک اتصال کوتاه مخرب در منبع تغذیه رخ می دهد . که این یکی از عیبهای روش دوم است . با استفاده از روش دو تریستوری خطر اتصال کوتاه شدید منبع را می توان حل کرد در این حالت یک فاصله زمانی 60^{o} بین ابتدای پالس فرمان یک تریستور و انتهای پالس فرمان مربوط به تریستور دیگری که با آن سری شده است وجود دارد که این خود مدت زمان بیشتری را برای خاموش شدن تریستور اول فراهم می کند علاوه بر این اگر هر گونه تأخیر در قطع شدن تریستور T_1 ، به هر علت ناشی از عیبهای مختلف تنها منجر می گردد جریان بار دو مسیر جهت عبور داشته باشد که این عمل می تواند موجب نامتعادلی جریان بار شود و هرگز اتصال کوتاه شدید منبع تغذیه را در بر نخواهد داشت .



شکل ۵- اینوترپل سه فاز با هدایت 120^{o}-

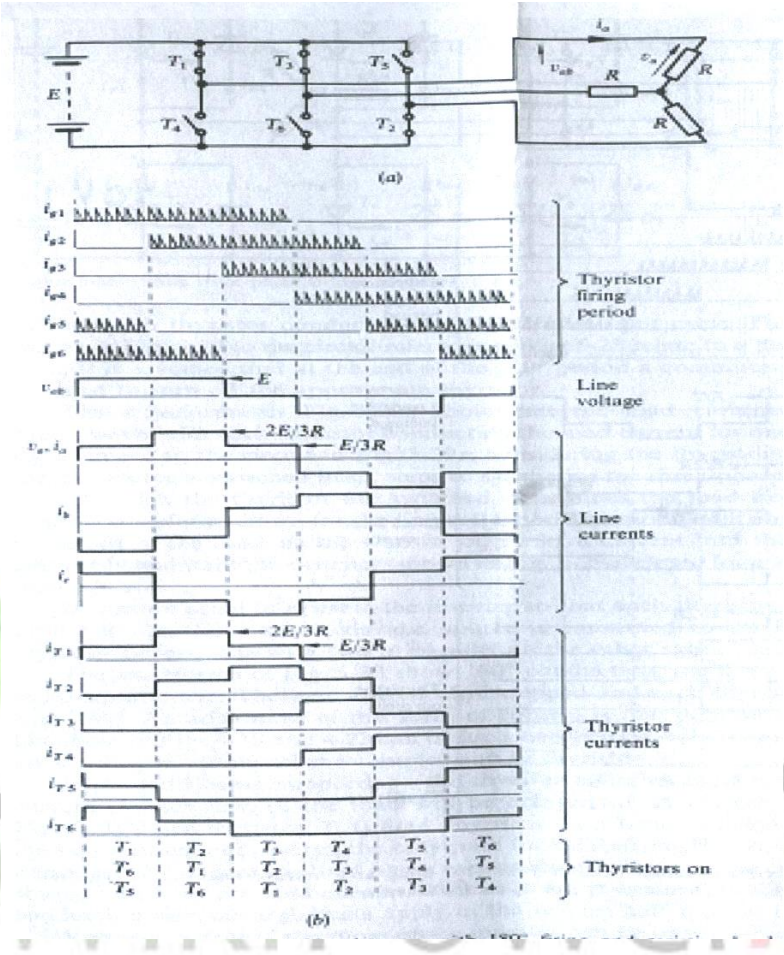
a) ترتیب کلیدزنی را نشان می دهد . b) شکل موجها

در این وضعیت هر ۶ فرمان قطع در هر پریود لازم خواهد بود پس در این حالت سیگنال فرمان هم هر سیکل را می تواند به ۶ فاصله زمانی مطابق شکل ۵-b تقسیم بندی کند . از آنجا که در هر تریستور با اتمام سیگنال فرمانش قطع می شود پس در حالتی که بار غیراهمی باشد پتانسیل تنها دو ترمینال خروجی اینورتر در هر لحظه قابل بیان است .

روش دوم : در این روش در هر لحظه سه تریستور هدایت می کند . روندی که در این روش برای سیگنال های فرمان در نظر گرفته می شود بدین صورت است که در این حالت هر تریستور فاصله 180^{o} را هدایت می کند و چون کلاً ۶ کلید داریم لذا کل هدایت می شود :

$$6 * 180^{o} = 1080^{o}$$

که باز هم مثل روش قبل اگر آنرا بر 360^{o} تقسیم کنیم معلوم می شود که درهر لحظه $\frac{1080^{\circ}}{360^{\circ}} = 3$ کلید باید وصل شود که در این حالت یک یا دو کلید جریان را به بار می برند و دو یا یک کلید جریان را از بار برمی گرداند . ترتیبی که در این حالت برای سیگنالهای فرمان در نظر گرفته می شود در شکل ۶ نشان داده شده است . که در آن سه تریستور به طور همزمان در حال هدایت جریان می باشند .



شکل ۶- پل اینوتری سه فاز با هدایت 180^{o} و بار مقاومتی

a) ترتیب کلیدزنی را نشان می دهد b) شکل موجها

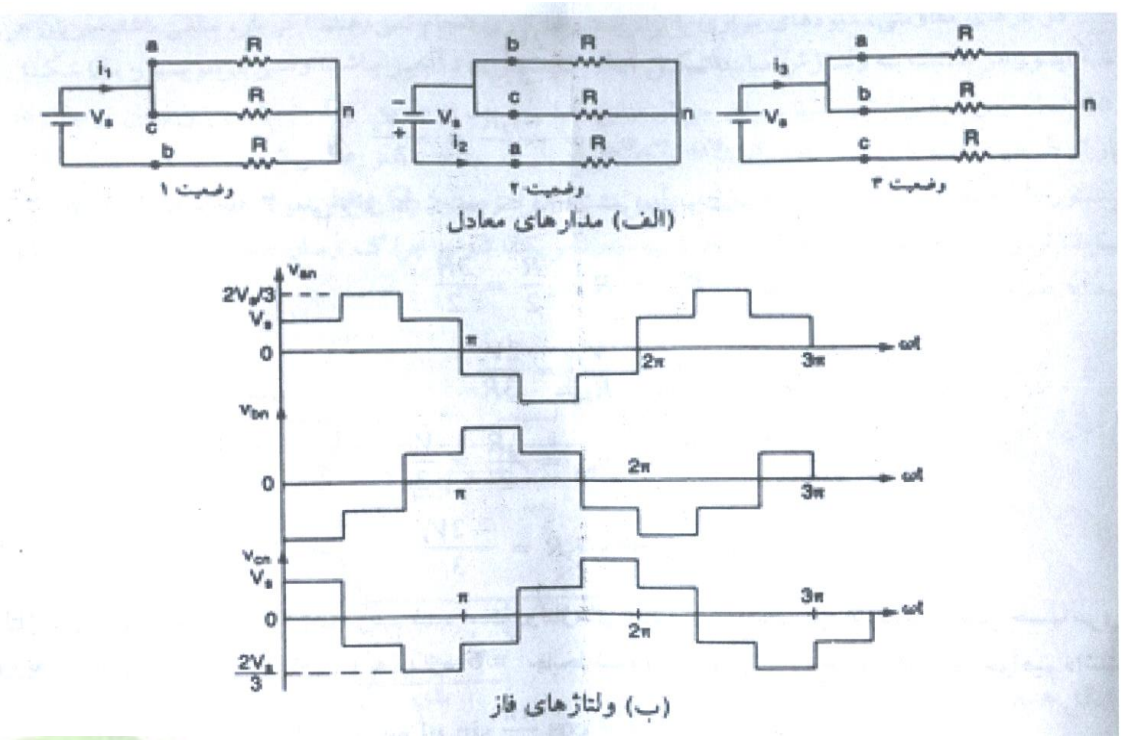
به راحتی می توان پتانسیل ترمینالهای خروجی اینوتر را درهر یک از فواصل زمانی این سیگنالهای فرمان تعیین نموده و از آنجا ولتاژهای خط خروجی را معین نمود . در این حالت یک گروه ولتاژ متناوب سه فاز متعادل خواهیم داشت . به طوریکه این ولتاژها تحت تأثیر شرایط بار مصرف واقع نمی شوند و مجزا از متعادل یا نامتعادل بودن و یا خطی یا غیرخطی بودن بار عمل می کنند . اگر بار مصرفی خطی بوده و دارای

اتصال مثلث باشد جریان شاخه ها را می توان با استفاده از ولتاژ حساب کرد اگر بار خطی بوده و اتصال آن نیز ستاره باشد در اینصورت با استفاده از روش جمع آثار می توان جریان شاخه های بار و ولتاژ فازی بار را بدست آورد .

در پایان هر یک از فواصل مشخص شده در شکل ۶-b مربوط به ولتاژ خطی ، سیگنال فرمان از روی گیت یک تریستور برداشته می شود که در اکثر شرایط بار ، می بایست قطع اجباری در مورد آن صورت پذیرد . پس در هر پریود ۶ مرتبه عمل قطع اجباری باید انجام شود . فرمان گیت کلیدها در شکل داده شده دیده می شود که در $\frac{1}{6}$ اول T_6-T_1 ، در $\frac{1}{6}$ دوم سیکل T_1-T_2 و به همین ترتیب T_2-T_3 ، T_3-T_4 ، T_4-T_5 ، T_5-T_6 هدایت می کنند . یکی از شکل موجها را رسم می کنیم و سپس بقیه شکل موجها به همین روش مشخص می شوند .

- بررسی شکل موج ولتاژ در $\frac{1}{6}$ ابتدای سیکل کلیدهای 1 و 6 فرمان دادند پس مدار به صورت شکل ۷ در می آید و داریم :

$$V_{an} = \frac{V_S}{2}$$



شکل ۷- مدار معادل بار مقاومتی ستاره

یکی از موارد خاص مورد توجه ، در به کارگیری این اینورتر با یک مدار مصرفی مقاومتی متعادل با اتصال ستاره می باشد که در شکل ۷-الف نشان داده شده وضعیتهای 1 , 2 , 3 مدار معادل سیستم را در سه پریود متوالی از سیکل ولتاژ خط نشان می دهد . با تقسیم ولتاژ روی مدارهای شکل۷-۲ الف ولتاژهای فازی مدار مصرف را می توان تعیین نمود و از آنجا شکل موج ولتاژهای فازی مطابق شکل ۶ بدست می آید .

با یک بار اهمی ، تنها تریستورها هادی جریان بوده و بنابراین از دید تئوری می توان دیودها را حذف نمود بدون آنکه در عملکرد مدار خللی وارد آید .

اما در ادامه در $\frac{1}{6}$ دوم سیکل کلیدهای ۱ و ۲ وصل شده و داریم :

$$V_{an}=\frac{V_S}{2}$$

و در $\frac{1}{6}$ سوم سیکل کلیدهای ۲ و ۳ وصل شده و داریم :

$$V_{an}=0$$

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در $\frac{1}{6}$ چهارم سیکل کلیدهای ۳ و ۴ وصل و در $\frac{1}{6}$ سیکل پنجم نیرو کلیدهای ۴ و ۵ وصل شده و داریم :

$$V_{an} = -\frac{V_S}{2}$$

و در $\frac{1}{6}$ پایانی سیکل کلیدهای ۵ و ۶ وصل شده و داریم :

$$V_{an} = 0$$

V_b و V_c نیز مشابه V_{an} ولی با 120^o اختلاف فاز خواهند بود .

۳- اینورتر با تشدید سری

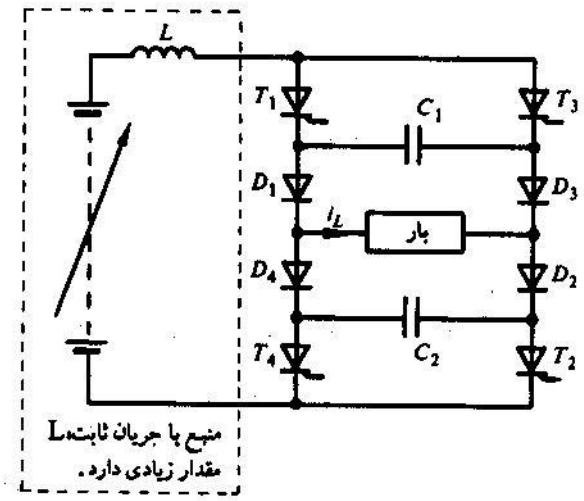
اینورترهای تشدید سری براساس نوسان جریان تشدید کار می کنند . عناصر کموتاسیون و کلیدزنی ، با بار سری شده و یک مدار با میرایی ضعیف را تشکیل می دهد . به علت مشخصه طبیعی مدار ، جریان عناصر کلیدزنی صفر می شود . اگر عنصر قطع و وصل یک تریستور باشد ، مدار را خود کموتاسیون می گویند . این نوع اینورتر ، شکل موج تقریباً سینوسی با فرکانس زیاد از 200 Hz تا 100 KHz تولید می کند و عموماً برای قدرت های نسبتاً ثابت (مثل کوره ها القائی ، مولد اولتراسونیک ، لامپهای فلورسنت و یا امواج رادار زیر آبی) به کار می رود . به علت فرکانس بالای قطع و وصل ، اندازه عناصر کموتاسیون کوچک است .

۴- اینورترهای منبع جریان :

در بخش قبلی دیدیم که اینورترها از یک منبع ولتاژ تغذیه می شوند و جریان بار باید از مثبت به منفی و برعکس نوسان می کند . برای بارهای سلفی ، لازم است که دیودهای هرزگرد همراه المانهای قدرت باشند در صورتیکه در یک اینورتر منبع جریان ، ورودی یک منبع جریان است ، جریان خروجی بدون توجه به بار اینورتر ،

ثابت نگهداشته شده لیکن ولتاژ خروجی ، مجبور به تغییر می شود . در عمل اینورتر جریان ثابت از یک منبع dc با اندوکتانس بزرگ تغذیه می شود . تغییری که در ولتاژ اینورتر رخ می دهد برابر است با : $L\frac{di}{dt}$ و چون $\frac{di}{dt}$ کوچک است بنابراین در پریودهای کوچک سطح جریان منبع تغذیه تقریباً ثابت باقی می ماند .

در اینورتر منبع جریان ، مدارات کموتاسیون تنها به خازن نیاز داشته و ساده تر هستند . (شکل ۸ را ببینید)



(الف)

شکل ۸- اینورتر تحفار با منبع جریان ثابت

فرض کنید که T_1 و T_2 در حال هدایت بوده و خازنهای C_1 و C_2 با پلاریته ای شارژ شوند به گونه ای که صفحه سمت چپ آنها مثبت گردد . با آتش شدن تریستورهای T_3 و T_4 ، تریستورهای T_1 و T_2 به صورت معکوس با یاس می شوند . پس T_1 و T_2 خاموش می شوند . اکنون جریان از مسیر $T_3C_1D_1$ ، بار و $D_2C_2T_4$ عبور می

کنند . خازنهای C_1 و C_2 تخلیه شده و با سرعت ثابتی که توسط جریان بار تعیین می شود دوباره شارژ می شوند . وقتی جریان C_1 و C_2 صفر می شود ، جریان بار از دیود D_1 به D_3 و از دیود D_2 به دیود D_4 منتقل می شود . D_1 و D_2 زمانی که جریان بار کاملاً معکوس شود قطع می شوند . اگر تریستورهای T_1 و T_2 در نیم سیکل بعدی آتش شوند خازن ها ، تریستورهای T_3 و T_4 را خاموش می کنند . زمان کموتاسیون بستگی به جریان و ولتاژ بار دارد . دیودهای نشان داده شده در شکل در واقع خازنها را از ولتاژ بار ، ایزوله می کنند . نمونه ای از کاربرد این اینورتر تغذیه موتور القایی می باشد . برای یک پریود طولانی ، سطح جریان براساس نیاز بار تغییر خواهد کرد و در شرایط حالت دائمی به سطح ولتاژ منبع بستگی دارد .

۴-۱ اینوتر منبع جریان سه فاز

شکل ۹-۲ الف اینورتر منبع جریان سه فاز را نشان می دهد که توسط منبع جریان I_d تغذیه می شود . در این اینوتر از ۶ کلید S_1 تا S_6 با کموتاسیون خودی استفاده شده است که به صورت متناوب با پریود 120^o و با اختلاف فاز 60^o هدایت می کند . نوبت هدایت هر کلید به ترتیب شماره آنهاست . شکل ۹ ب فرمان هدایت هر کلید از کلیدها را نشان می دهد . در شکل ۹ ج هر پریود از جریان خروجی به 6 دوره تقسیم شده است . با توجه به فرمان هدایت کلیدها ، هدایت هر کلید مطابق جدول زیر است .

روشن است که رد هر لحظه دو کلید بطور همزمان هدایت می نمایند .

کلیدهای هادی	فاصله	کلیدهای هادی	فاصله
S_4 , S_3	IV	S_1 , S_6	I
S_5 , S_4	V	S_2 , S_1	II
S_6 , S_5	VI	S_3 , S_2	III

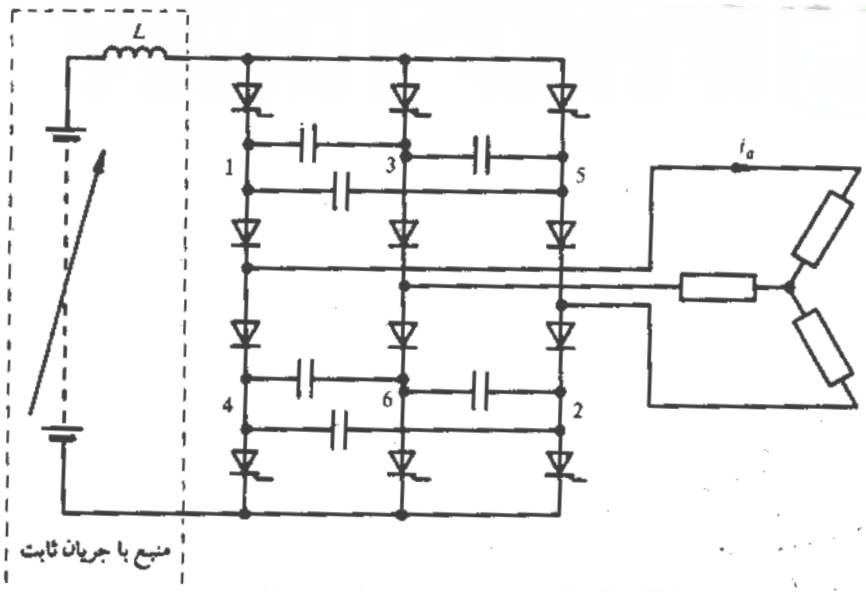
یک کلید از گروه بالا (S_5 , S_3 , S_1) و یک کلید از گروه پایین (S_6 , S_4 , S_2) .

شکل ۹ج شکل موج جریان خط i_A را نیز نشان می دهد که موج مربعی شش پله می باشد . جریانهای i_B و i_C همانند جریان i_A می باشد با این تفاوت که به ترتیب اختلاف فاز 120^o و 240^o نسبت به آن دارند .

در لحظه $\omega t = 0$ ، جریان i_A از صفر به I_d جهش می نماید . اگر از مجموعه های خازنی C در سرهای ورودی موتور استفاده نشود ، جریانهایش به طور لحظه ای از صفر به I_d جهش می نماید . در نتیجه ، به علت وجود اندوکتانس پراکندگی ولتاژ لحظه ای بزرگی بر روی ولتاژ فاز V_{an} ایجاد می شود . اضافه ولتاژ فوق در هر لحظه که جریان فاز تغییر می نماید ایجاد می شود . این امر باعث می شود که ولتاژ نامی قطعه افزایش یابد . مجموعه های خازنی مسیری برای عبور جریان در لحظه اول تغییرات ایجاد می

نمایند . این امر سبب می شود که اضافه ولتاژ V_{an} تقلیل یابد . در نتیجه ولتاژ نامی کلید نیز تقلیل می یابد .

اضافه ولتاژ فوق با افزایش اندوکتانس پراکندگی موتور افزایش می یابد . لذا جهت محدود نمودن اضافه ولتاژ لحظه ای لازم است از خازن با ظرفیت بزرگتری استفاده شود . درنتیجه ، زمان لازم جهت جابجایی جریان از یک فاز به فاز دیگر افزایش می یابد . همچنین ، محدوده عملکرد فرکانس اینورتر تقلیل می یابد . لذا لازم است از موتور با اندوکتانس پراکندگی کوچک استفاده شود . باید توجه داشت که نیاز فوق بر خلاف نیاز مورد نظر در اینورترهای ولتاژ می باشد . در آنجا برای کاهش آثار هارمونیک ها و فیلتر نمودن آنها ، موتورهای بار راکتانس پراکندگی بالا ترجیح داده می شوند .



شکل ۰ - اینورتر منبع جریان سه فاز

بجـای کلیـدهای S_1 تـا S_6 مـی تـوان از GTO و تریسـتور بـا کموتاسـیون اجبـاری استفاده نمـود . از آنجـایی کـه در حالـت قطـع در برخـی از زمانهـا ، ولتـاژ معکـوس بـر روی کلید اعمـال مـی شـود لازم اسـت از GTO بـا قابلیـت قطـع حالـت معکـوس اسـتفاده شـود . اگـر GTO امکـان فـوق را نداشـته باشـد . مـی تـوان از یـک دیـود سـریع سـری بـا GTO اسـتفاده نمود .

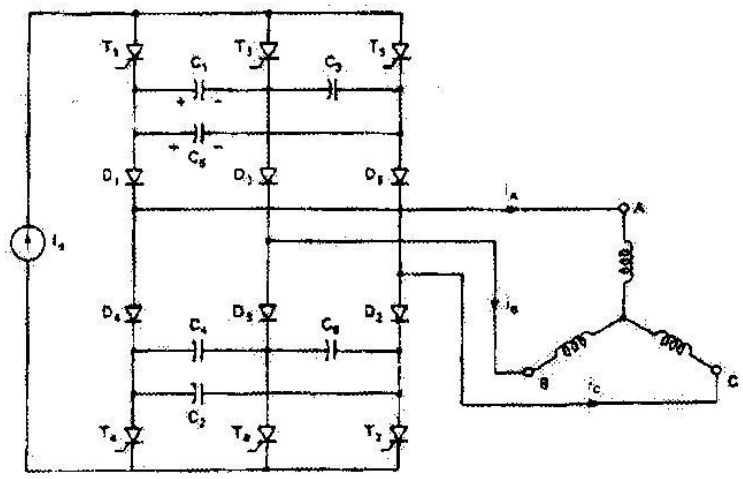
اگر از تریستور استفاده گـردد بـه مـدار کموتاسـیون اجبـاری نیـاز مـی باشـد . مجموعـه خـازنی مـورد نیـاز جهـت کـاهش اضـافه ولتـاژ در لحظـه تغییـر جریـان ، مـی توانـد بـه منظـور کموتاسـیون تریسـتورها نیـز بـه کـار بـرده شـود . اگـر خازنهـای شـکل ۹ بـه گونـه ای انتخـاب شـوند کـه مجموعـه خـازن و موتـور دارای ضـریب قـدرت پـیش فـاز گردنـد تریسـتورها بطـور طبیعـی مـی تواننـد قطـع شـوند . ایـن نحـوه کموتاسـیون بـه نـام کموتاسـیون بـار شـناخته مـی شـود . ضـریب قـدرت پـیش فـاز بایسـتی در کلیـه حالتهـای موتـوری و اینـورتری ایجـاد گـردد . بـا تغییـر فرکـانس اینـورتر و بـار موتـور بایسـتی ظرفیـت C نیـز تغییـر نمایـد . ایـن عمـل بـا بکـارگیری جبـران سـازهای اسـتاتیک راکتیـو VAR مـی توانـد ایجـاد شـود . حضـور جبـران سـاز VAR قیمـت و پیچیـدگی محرکـه را افـزایش مـی دهـد ولـی اضـافه ولتـاژ و کموتاسـیون را بهبود می بخشد .

مـدارهای مختلـف دیگـری نیـز وجـود دارنـد کـه بـا تغییـر مکـان خازنهـا امکـان آن را فراهم مـی سـازند تـا کموتاسـیون مناسـب و اضـافه ولتـاژ مربـوط بـه آن را حـذف نمایـد . یکـی از متـداولترین آنهـا کـه دارای امکـان کموتاسـیون خـودی متـوالی (ASC) اسـت در شـکل

۱۰ نشان داده شده است . کموتاسیون اجباری تریستورها به کمک شش خازن C_1 تا C_6 انجام می گردد . آرایش خازنهای فوق باعث می گردد که جریان موتور در لحظه کموتاسیون به تدریج و آهسته تغییر نماید . لذا باعث جلوگیری از اضافه ولتاژ لحظه ای بر روی کلید می گردد . دیودهای مدار نیز کمک می نمایند تا خازنها با پلاریته مناسب جهت کموتاسیون تریستورها شارژ گردند . هر تریستور دارای مدار حفاظتی ضربه گیر و کنترل می باشد . عناصر مربوط به مدارهای حفاظتی در شکل نشان داده نشده است . فرمان هدایت تریستورها مطابق شکل ۹ب (i_{C_1} تا i_{C_6}) می باشند . بنابراین تریستورها با اختلاف فاز ۶۰ درجه و به ترتیب شماره تریستورها ، فرمان هدایت را دریافت می کنند . لذا در هر لحظه دو تریستور بطور همزمان هدایت را به عهده می گیرند .

در حالت دائمی ، رفتار مدار در هر کلیدزنی مشابه و یکسان می باشد لذا برای بررسی عملکرد مدار کافی است رفتار اینورتر در یک دوره کموتاسیون مورد بررسی قرار گیرد . برای این منظور فرض کنید تریستورهای T_1 و T_2 در لحظه اول هدایت می نمایند .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

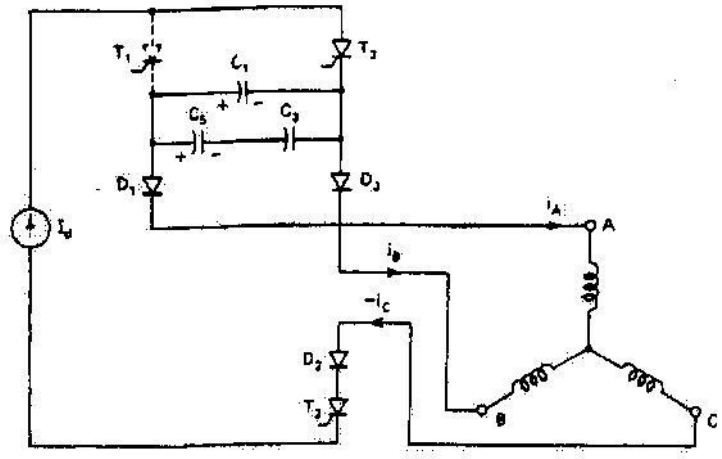


شکل ۱۰- اینورتر منبع جریان با کموتاسیون خودی متوالی

لذا جریان منبع تغذیه I_d از طریق T_1 و D_1 و فاز A و فاز C موتور و D_2 و T_2 جاری می گردد . تریستور بعدی که می بایستی روشن شود T_3 است . زمانیکه کموتاسیون و انتقال جریان به پایین رسید ، تریستورهای T_2 و T_3 هادی خواهند بود و جریان منبع I_d از مسیر شامل تریستور T_3 ، دیود D_3 ، فاز B ، فاز C ، دیود D_2 و تریستور T_2 عبور خواهد کرد . بنابراین کلیدزنی شامل ، قطع تریستور T_1 و انتقال جریان I_d از فاز A به فاز B است . در اینجا چگونگی این عمل مورد بررسی قرار خواهد گرفت . همانگونه که بیان شد ، D_2 ، T_2 ، T_1 D_1 هدایت می نمایند . فرض کنید که خازنهای C_1 و C_5 با پلاریته هایی مطابق شکل ۱۱ درپریود قبلی کموتاسیون شارژ شده اند . در لحظه ای که T_3 فرمان هدایت را دریافت می کند . تمامی ولتاژ C_1 به صورت معکوس به T_1 اعمال می شود . لذا کموتاسیون T_3 و T_1 انجام می پذیرد . در لحظه کموتاسیون آرایش مدار مطابق با شکل

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۱۱ می باشد . جریان I_d از طریق T_3 و یک شاخه موازی تشکیل شده از ترکیب سری C_1 , C_3 , C_5 ، دیود D_1 ، فاز A ، فاز C ، دیود D_2 و تریستور T_2 برقرار می گردد . دیود D_3 به علت ولتاژ معکوس خازن C_1 که از طریق D_2 به موتور اعمال می شود در حالت قطع باقی می ماند . جریان ثابت I_d باعث می گردد که ولتاژ خازنهای C_1 , C_3 , C_5 سری شده ، بطور خطی تغییر نمایند . این عمل تا زمانی ادامه می یابد که دیود D_3 درگرایش مستقیم قرار گیرد .



شکل ۱۱- مدار معادل اینورتر شکل ۱۰ در طی مرحله جابجایی جریان

وقتی که دیود D_3 هادی شده جریان از طریق فاز B برقرار می گردد . جریان فاز A کاهش و همزمان با ان جریان فاز B افزایش می یابد . نرخ تغییر جریان بستگی به ظرفیت خازنهای مدار دارد . بنابراین جریان فاز A به تدریج به فاز B منتقل می گردد . در این انتقال C_1 شارژ می گردد بطوری که صفحه سمت راست خازن C_1 و صفحه سمت چپ خازن C_3 پلاریته مثبت دارد . (شکل ۱۰) .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بنابراین خازن C_3 به گونه ای شارژ شده است که آماده کموتاسیون T_3 و T_5 می باشد .

همانگونه که اشاره شد در لحظه کموتاسیون T_1 ، فاز C_1 به طور معکوس به تریستور T_1 متصل می شود . طول دوره این فرمان بستگی به C_1 و I_d دارد . با انتخاب مناسب C_1 و با توجه به I_d ، فرمانهای مناسب و کافی جهت قطع تریستورها بدست می آیند .

به منظور جلوگیری از اضافه ولتاژ در لحظه کموتاسیون به خازنهای با ظرفیت بالا نیاز می باشد . لذا با توجه به افزایش ظرفیت C ، تریستورهای متعارف در این آرایش می توانند مورد استفاده قرار گیرند . این در حالی است که در اینورترهای ولتاژ استفاده از تریستورهای گران و سریع لازم است . ولی درمقابل به علت حضور خازنهای با ظرفیت بالا ، حداکثر فرکانس کار اینورتر جریان بسیار پایین می باشد .

اینورتر Asc در کاربردهای قدرت متوسط و بالا به طور وسیع مورد استفاده قرار می گیرند .

۵- منابع جریان :

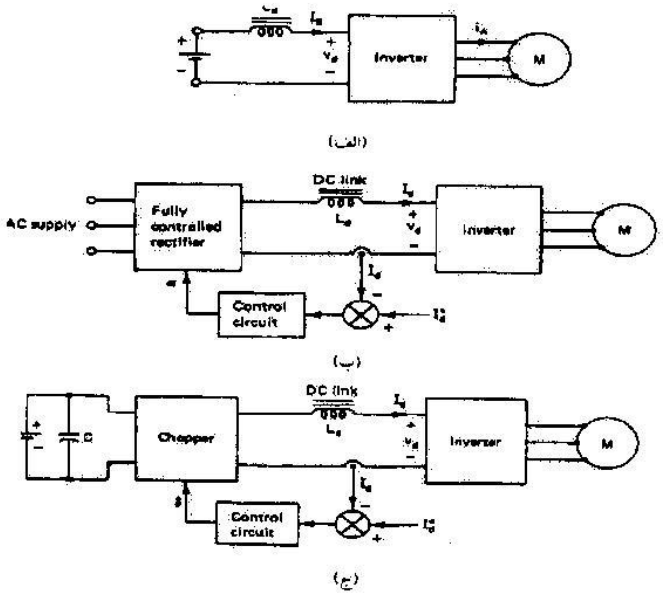
منابع جریان مربوط به اینورتر جریان توسط آرایشهای مختلفی که در شکل ۱۲ نشان داده شده اند بدست می آیند . در شکل ۱۲ الف ، اینورتر توسط منبع ولتاژ dc و از طریق یک اندوکتانس L_d تغذیه می شود . اگر اندوکتانس L_d بزرگ باشد جریان I_d ،

صاف و بدون اعوجاج خواهد بود . زمانیکه اینورتر بصورت روش تشریح شده در بخش قبل تغذیه شود ، شکل موج شش پله ای جریان به صورت شکل ۷ ب بدست می آید . بنابراین ترکیب I_d و اینورتر ، اینورتر منبع جریان نامیده می شود . ولی در واقع ، این طرح به صورت یک منبع جریان عمل نمی کند . هر تغییری در امپدانس ماشین ، مقدار I_d و جریانهای فاز ماشین را تغییر می دهد . برای آنکه دامنه و شکل موج جریان I_d مستقل از نقطه کار ماشین باشد . از طرح شکل ۱۲ب و ج استفاده می شود . در این آرایشها از کنترل حلقه بسته جریان استفاده شده است . طرح شکل ۱۲ در شرایطی قابل استفاده است که شبکه ac در دسترس باشد . مقدار واقعی جریان I_d با مقدار مرجع I_d^* مورد نظر مقایسه می گردد . سیگنال خطا در کنترل کننده پردازش می شود و زاویه آتش α مربوط به یکسوکننده را تعیین می کند . بط.ری که I_d معادل I_d^* گردد . اگر به جای منبع ac منبع dc در دسترس باشد از آرایش شکل ۱۲ج استفاده می شود . در اکثر قریب به اتفاق محرکه های موتورهای القائی از آرایش ۱۲ب یا ۱۲ج استفاده می شود . در محرکه های موتورهای تکفاز گاهی اوقات از آرایش ۱۲الف نیز استفاده می شود .

در قدرتهای پایین از طرح شکل ۱۲ب تکفاز نیز استفاده می شود ولی در مواردی که فقط منبع تغذیه تکفاز در اختیار باشد (نظیر قطارهای برقی) از آرایش تکفاز در قدرتهای بالا نیز استفاده می شود .

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

اصلی ترین مشکل یکسوکننده منبع جریان ضریب قدرت کم آن در ولتاژهای کم اتصال dc می باشد . مشکل فوق با استفاده از روشهایی نظیر یکسوکننده با هرزه گرد کنترل شده یا مدولاسیون پهنای پالس بر طرف می شود .



شکل ۱۲- منابع جریان

۵-۱) مدولاسیون پهنای پالس در یک اینورتر منبع جریان تریستوری

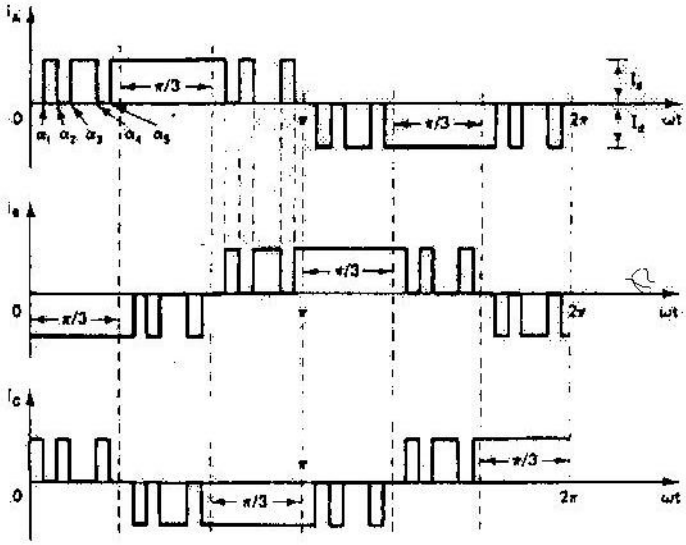
در اینورترهای منبع جریان ، دامنه مؤلفه اصلی جریان موتور با تغییر I_d می تواند کنترل شود . لذا مدولاسیون پهنای پالس فقط برای بهبود شکل موج جریان به کار برده می شود . همانطور که در بخش قبل ذکر گردید ، برای اینورترهای تریستوری شکل ۱۰ ضربه های کلیدزنی به کمک خازنها و با ایجاد تأخیر در انتقال جریان بین فازها در لحظه کموتاسیون تضعیف می شوند . تأخیر در جابجایی جریان ، فرکانس کار اینورتر را تقلیل می دهد . ظرفیت خازنی بزرگ ، اضافه ولتاژ را تقلیل و زمان جابجایی جریان را افزایش می دهد . لذا فرکانس کار اینورتر نیز تقلیل می یابد . فرکانس کار به ترکیب

مدار بستگی دارد و به ظرفیت کلیدزنی تریستور بستگی ندارد . لذا برای فرکانسهای بالا لازم است از تریستورهای اینورتری (سریع) بجای تریستورهای یکسوسازی (کند) استفاده گردد .

از آنجایی که فرکانس کار مبدلهای تریستوری کم است لذا روش PWM در فرکانس پایین قابل استفاده است . بنابراین فقط در سرعتهای کمتر از ۱۰٪ سرعت نامی و به منظور حذف نوسانات گشتاور از روش PWM استفاده می شود .

پیاده سازی مدولاسیون پهنای پالس دراینورتر Asc (شکل ۱۰) در شکل ۱۳ نشان داده شده است .

در بخش قبلی رفتار اینورتر برای کموتاسیون T_3 با T_1 مورد بررسی قرار گرفت . با این عمل جریان خط A به B منتقل می شود . در این وضعیت جریان فاز C منفی می باشد . جریان فاز C توسط تریستور T_2 حمل می شود . کلیدزنی فوق باعث می گردد که ولتاژ فاز C معکوس گردد . عمل کموتاسیون در حالت فوق با قطع جریان i_A در نیم سیکل مثبت و آغاز هدایت جریان i_B در نیم سیکل مثبت وقتی که جریان i_C در نیم سیکل منفی قرار دارد ، انجام می گردد .



برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۱۳- شکل موجهای جریان اینورتر منبع جریان PWM

با بررسی ولتاژ خازن و پلاریته آن مشاهده می گردد که امکان بازگشت جریان از فاز B به فاز A وجود دارد . در زمانی که هنوز جریان فاز C در نیم سیکل منفی قرار دارد .

پس دنباله انتهایی نیم سیکل مثبت i_A و پیشانی نیم سیکل مثبت i_B به نحوی در معرض مدولاسیون پهنای پالس قرار می گیرند که پریود خاموشی پالس در یک خط برابر با پریود روشنی پالس در خط دیگر باشد . با تکرار این روند در تمام تریستورهای بالایی T_1 , T_3 , T_5 هر دو انتهای نیم سیکل های مثبت سه جریان خط را می توان مدولاسیون پهنای پالس نمود . بطریق مشابه ، هر دو انتهای نیم سیکل های منفی سه جریان خط را با تکرار همین روند برای گروه پایینی تریستورها ، T_2 , T_4 , T_5 می توان مدولاسیون پهنای پالس نمود .

اگر هر سه فاز به صورت متقارن مدوله شوند ، پهنای پالس ها در لبه پیشانی یک فاز با پهنای برشها در دنباله انتهایی یکسان می باشد . لذا بطور کلی مدولاسیون تقارن نیم موج خواهد داشت . وقتی دو فاز با کنترل پهنای پالس مدوله می شوند فاز دیگر نبایستی مدوله شود . بنابراین حداقل پهنای پالس میانی نبایستی کمتر از $\frac{\pi}{3}$ انتخاب گردد که این موضوع در شکل ۱۳ نشان داده شده است.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۶- مقایسه محرکه های اینورتر منبع جریان و ولتاژ

مهمترین مزایا و معایب محرکه های اینورتر منبع جریان CSI و منبع ولتاژ VSI به شرح زیر می باشد .

۱- در اینورتر CSI ، هدایت همزمان دو کلید واقع در یک شاخه اینورتر ، در نتیجه فرمان غلط به تریستورها یا ناشی از کموتاسیون ناموفق ، موجب افزایش جریان (جریان اتصال کوتاه) نمی گردد . به دلیل حضور یک اندوکتانس بزرگ L_d ، برای کنترل زاویه آتش یکسوکننده فرصت کافی وجود دارد تا جریان محدود بماند . لذا حفاظت اتصال کوتاه خروجی اینورتر منبع جریان ساده می باشد . در حالت اینورتر منبع ولتاژ VSI ، اتصال کوتاه خروجی فقط توسط فیوزهای با سرعت قطع بالا حفاظت می گردد . بنابراین اینورترهای منبع جریان نسبت به اینورترهای منبع ولتاژ قابل اعتمادتر و مطمئن تر می باشند .

۲- قابلیت عملکرد محرکه CSI ، در حالت ترمز ژنراتوری زمانی که از شبکه ac تغذیه می گردد ساده تر از محرکه VSI می باشد . در محرکه VSI ، یکسوکننده کنترل شده دیگری علاوه بر یکسوکننده ولتاژی که در حالت موتوری عمل می نماید لازم است . یکسوکننده مزبور باعث انتقال قدرت ترمزی از محرکه به شبکه ac می گردد . اگر شبکه ac قطع گردد ، هیچ یک از محرکه های فوق قابلیت عملکرد در حالت ترمز

ژنراتوری را نخواهند داشت . در چنین حالتی برای یک محرکه VSI ، امکان ترمز دینامیکی وجود دارد ، اما برای محرکه CSI اینگونه نیست .

در شرایطی که محرکه با یک منبع ولتاژ dc تغذیه می شود ، ترمز ژنراتوری در یک محرکه VSI در صورتی امکان پذیر است ، که از روش کنترل PWM استفاده شده باشد . در محرکه های VSI و CSI شش پله ای بایستی برشگر تک مربعی با برشگر دو مربعی جایگزین گردد تا امکان شرایط ترمز ژنراتوری ایجاد گردد .

۳- به علت وجود اندوکتانس بزرگ L_d ، پاسخ دینامیکی محرکه CSI در مقایسه با محرکه VSI از نوع PWM کندتر می باشد . در محرکه VSI شش پله ای ، به علت حضور خازنهای با ظرفیت بزرگ ، پاسخ دینامیکی مشابه محرکه CSI می باشد .

WikiPower.ir

۴- در محرکه های VSI ، استفاده از روش کنترل PWM ، اجازه می دهد که محرکه با راندمان بالا ، بطور ملایم و بدون ضربان های گشتاور عمل نماید . در یک اینورتر تریستوری بدلیل پایین بودن فرکانس کار ، استفاده از روش PWM فقط درسرعتهای پایین عملی است . بنابراین ضربانهای گشتاور در سرعتهای پایین حذف می شوند اما در سرعتهای بالا باقی می مانند . اگر چه حضور نوسانات گشتاور در سرعتهای بالا تأثیری بر روی رفتار محرکه ندارد ولی عمر مفید موتور را کاهش می

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

دهـــد . در صـــورتیکه از GTO اســـتفاده شـــود . امکـــان بکـــارگیری روش PWM در CSI و در سرعت بالا نیز وجود دارد . اما در این شرایط ، کنترل سیستم پیچیده خواهد بود .

۵- در شـرایطی کـه منبـع dc اسـت ، یـک محرکـه VSI بـا کنتـرل PWM بسـیار ارزان تر از یک محرکه CSI با قدرت برابر می باشد .

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل ۲

مقدمه :

در ایـن بخـش هـدف مـا بررسـی روشـهای کنتـرل سـرعت موتـور القـایی مـی باشـد در گذشته هر جا نیاز بـه کنتـرل سـرعت دقیـق بـود از موتورهـای جریـان دائـم اسـتفاده مـی شـود ولی اخیرا" بـا پیشـرفت در صـنایع الکترونیـک قـدرت کنتـرل موتـور القـایی رونـق یافتـه اسـت امـا مـا در ایـن بخـش بـا فـرض اینکـه خواننـده کـاملا" براسـاس کـار موتـور القـایی و مـدار معـادل آنهـا تسـلط دارد دیگـر وارد ایـن مباحـث نمـی شـویم و کنتـرل سـرعت و روشـهای کنترل سرعت موتور القایی را توضیح خواهیم داد.

۱. اصول کنترل سرعت موتورهای القایی

تغییر و کنترل سرعت چرخش موتورهای القایی به سه روش امکان پذیر است :

الف- تغییر تعـداد قطبهـا : بـرای ایـن منظـور بایـد سـیم پیچـی اسـتاتور بـه نحـو مناسـب طراحـی و در شـیارها تعبیـه شـود، ضـمنا" سرسـیم هـای مربـوط بـه کلافهـای مختلـف هـر فـاز به محیط خـارج منتقـل و در اختیـار باشـند بـه ایـن ترتیـب مـی تـوان بـا سـری و مـوازی کـردن سـیم پیچهـا تعـداد قطبهـا را تغییـر داد. بـه عنـوان مثـال از ماشـین مـی تـوان بـه صـورت ۲

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

قطب، ۴ قطب و یا ۶ قطب استفاده کرد در این صورت چنانچه فرکانس برق تغذیه Fs باشد سرعت چرخش موتور حالت تعادل متناسب با Fs , Fs/2 , Fs/3 خواهد بود. تغییر سرعت در این روش به صورت پله ای می باشد .

ب – تغییر مقاومت موثر رتر در موتورهای القایی با رتور سیم پیچی شده :

ج – تغییر سرعت با استفاده از تغییر ولتاژ (یا جریان) و فرکانس برق تغذیه : در این روش ممکن است علاوه بر کنترل سرعت به متغیر اصلی ، متغیرهای دیگری از قبیل جریان (یا ولتاژ) ، شار و یا فرکانس لغزشی هم کنترل شوند.

۲. کنترل لغزش

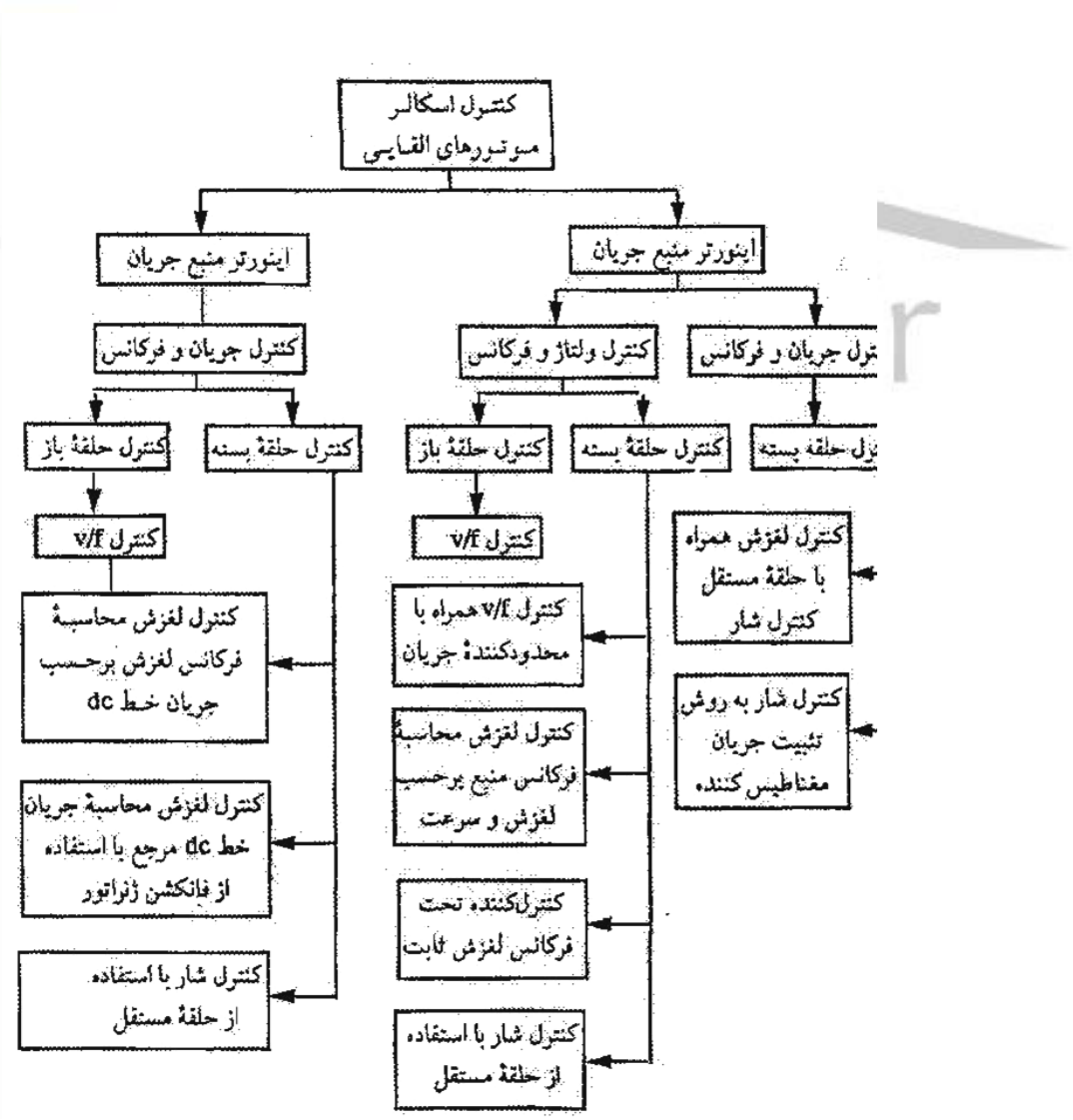
معمولا" موتور القایی باید در ضریب قدرت و بازده بالا کار کند لذ فرکانس رتور باید کمتر از حد فرکانس شکست باشد. چنانچه فرکانس رتور یا فرکانس لغزش بیش از حد فرکانس شکست گردد، ضریب قدرت کم و میزان گشتاور تولیدی هم نسبت به ولت آمپر کم خواهد بود. به عنوان مثال موتوری را در نظر بگیرید که تحت ولتاژ و فرکانس نامی راه اندازی می شود (در این شرایط فرکانس رتور بیشترین مقدار ممکنه را داراست) حال با توجه به اینکه ، جریان ۵ تا ۶ برابر مقدار نامی می باشد، ملاحظه می گردد که گشتاور حتی نمی تواند از گشتاور نامی بیشتر گردد. در محرکه های با فرکانس قابل تنظیم، فرامین سیستم کنترل باید به نحوی باشد که همواره عملکرد تحت فرکانس لغزش کم انجام گردد تا عملا" در ناحیه پایدار و با ضریب قدرت بالا کار کنیم. در این شرایط میزان گشتاور تولیدی نسبت به جریان کشیده شده زیاد بوده

و حداکثر جریان مجاز مورد نیاز اینو رتر هم کاهش می یابد. در سیستم های با حلقه باز در مواقع تغییر ناگهانی سرعت مرجع، میزان تغییرات فرکانس منبع تغذیه شدید بوده و این امر باعث می گردد که فرکانس رتور بیش از فرکانس شکست گردد. برای ایجاد محدودیت عملکرد در لغزش کم می توان از یک مدار شیب دهنده استفاده کرد این مدار باعث می گردد که در مواقع فوق الذکر میزان تغییرات فرکانس منبع تغذیه محدود و به صورت تدریجی انجام گیرد. در این شرایط سرعت موتور تغییرات آرام فرکانس استاتور را دنبال کرده و فرکانس رتور (یا فرکانس لغزش) همواره از فرکانس شکست بیشتر خواهد بود. در مواری که عملکرد دینامیکی موتور هم مد نظر باشد لازم است که میزان فرکانش لغزش رتور به طور مستقیم و یا غیرمستقیم کنترل شود. کنترل غیرمستقیم فرکانس لغزش در حالتی است که جریان و شار فاصله هوایی هر دو به طور مستقیم کنترل می شوند. در روش کنترل مستقیم فرکانس لغزش نیاز به اندازه گیری دقیق سرعت رتور است.

۳. روشهای کنترلی موتورهای القایی، کنترل کننده های اسکالر

امروزه تکنیک های متعددی با درجه پیچیدگی های متفاوت جهت کنترل موتورهای القایی مطرح است و می توان آنها را به دو دسته اصلی تقسیم بندی کرد. کنترل اسکالر که از طریق کنترل اندازه متغیرها انجام می گیرد و در آن کنترل پاسخ حالت دائمی سیستم مورد نظر است. کنترل برداری که در آن اندازه و فاز متغیرها کنترل می شوند در این روش علاوه بر پاسخ حات دائمی ، پاسخ حالت دینامیکی

نیزکنترل می شود و کنترل اسکالر و برداری به روشهای متعدد قابل اجرا هستند. در این روش جهت تغذیه موتور از انواع اینورترها مانند اینورتر منبع ولتاژ، منبع جریان و یا سیکلوکنورتر استفاده می گردد. همچنین به کارگیری انواع روشهای کنترلی حلقه باز یا بسته و کنترل متغیرهای مختلف امکان پذیر می باشد. در جدول (1) یک نوع دسته بندی برای انواع کنترل کننده های اسکالر ملاحظه می گردد. ضمنا" در موتورهای القایی با رتور سیم پیچی شده کنترل درایو با استفاده از تنظیم توان لغزش نیز امکان پذیر است.



برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

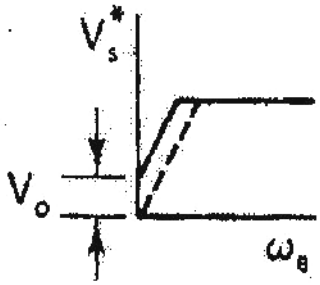
جدول ۱) انواع روشهای کنترل اسکالر موتورهای القایی

۴. کنترل کننده اسکالر درایورهای موتور القایی در حالت تغذیه توسط اینورتر VSI با کنترل ولتاژ و فرکانس :

جهت عملکرد مطلوب درایوهای موتور القایی در ناحیه کوپل ثابت و در محدوده سرعت های بین صفر تا سرعت مبنا میزان شار و به منبع نسبت Es/We باید ثابت باقی بماند، این مطلب در عملکرد تحت فرکانس نامی صادق است چون میزان افت ولتاژ RsIs در این حالت در بار کامل حدود ۴٪ است و اثر آن برروی شار فاصله هوایی ناچیز است ولی در 1/10 فرکانس نامی و تغذیه تحت شرایط Vs/We ثابت، میزان افت ولتاژ Is.Rs تحت جریان نامی برابر ۴۰٪ کل ولتاژ خواهد بود. بنابراین این روش فقط برای سرعت های بالا مناسب بوده و در سرعتهای نزدیک صفر، افت ولتاژ برروی مقاومت استاتور را باید جبران کرد. برای این منظور مقدار Vs بر حسب We توسط تابعی به شکل (1) بیان می گردد. به این ترتیب مقدار ولتاژ V0 اضافی به سیستم اعمال می گردد تا اثر افت ولتاژ روی مقاومت استاتور را جبران کند و مقدار Es/Ws و شار را

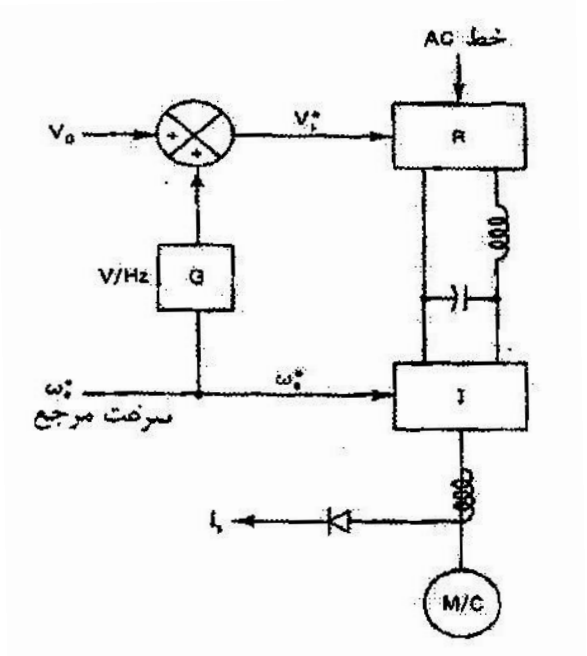
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

تقریبا" ثابت نگاه دارد. مدار کنترل کننده مورد نیاز را میتوان به صورت مدار باز و یا مدار بسته طراحی کرد.



۴-۱ کنترل کننده سرعت ، مدار باز :

در شکل (2) یک نمونه کنترل کننده اسکالر سرعت حلقه باز ملاحظه می گردد. جهت تغذیه موتور ابتدا ولتاژ ac توسط سیستم یکسوکننده کنترل شونده به ولتاژ dc تبدیل شده و پس از عبور آن از یک فیلتر LC به اینورتر سه فاز اعمال می گردد. فرکانس مرجع عامل تعیین کننده مقدار فرکانس تغذیه موتور می باشد. چون مایل هستیم مقدار نسبت Vs/Fs ثابت باقی بماند لذا مقدار We با توجه به ضریب گین ثابت G ، عامل تعیین کننده مقدار ولتاژ تغذیه Vs خواهد بود.



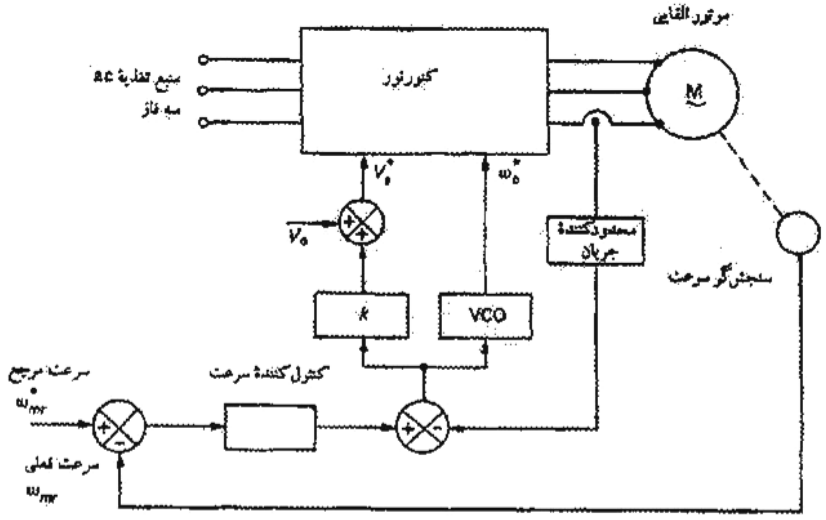
شکل (2) کنترل کننده حلقه باز با استفاده از نسبت ولتاژ به فرکانس

ثابت ولتاژ V0 اعمال شده به سیستم جهت جبران افت ولتاژ برروی مقاومت Rs می باشد. در شرایط کار پایدار چنانچه مقدار گشتاور بار افزایش یابد، مقدار لغزش افزایش خواهد یافت و با تعادل گشتاور تولیدی، سیستم دوباره به حالت پایدار می رسد. در این کنترل کننده با افزایش فرکانس مرجع ورودی به مقدار بیش از فرکانس مبنا مقدار ولتاژ تولیدی یکسو کننده به حد اشباع رسیده و ثابت باقی می ماند، لذا با توجه به اینکه W=Es/We ، شار کاهش می یابد، پس از ناحیه کوپل ثابت به ناحیه تضعیف شار منتقل می شویم.

۴-۲ کنترل کننده سرعت مدار بسته با محدود کننده جریان :

روش کنترل مدار باز داری عملکرد دینامیکی ضعیفی می باشد و میتوان به جای آن از روش کنترل کننده مدار بسته استفاده کرد. به این ترتیب سرعت موتور به خوبی با مقدار مرجع تطبیق پیدا کرده و از میزان حساسیت آن نسبت به تغییر بار مکانیکی کاسته می شود. حلقه بسته کنترل سرعت، عملکرد خوب سیستم را در رنج کامل فرکانس تضمین کرده و باعث حذف مشکل کاهش پایداری می گردد. این مشکل خصوصا" در درایوهای با فرکانس قابل تنظیم در حالت حلقه باز و برای فرکانس های کم بروز می کند. در شکل (3) یک نمونه از بلوک و دیاگرام با حلقه بسته کنترل

سرعت نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می گردد سرعت مرجع W*mr با سرعت واقعی Wmr مقایسه شده و خطای آنها به کنترل کننده سرعت داده می شود. خروجی این کنترل کننده مقدار ولتاژ و فرکانس اینورتر را تعیین میکند. ضمنا" از یک سیگنال اضافی مربوط به محدود کننده جریان در سیستم کنترل استفاده شده این سیگنال تنها در مواقعی که جریان موتور از حداکثر مجاز بیشتر گردد وارد عمل می شود (فقط در این مواقع کلید مدار آن بسته می شود). بنابراین این سیگنال باعث کنترل میزان شیب تغییرات ولتاژ و فرکانس مرجع اینورتر خواهد شد، لذا اگر سرعت مرجع به طور ناگهانی زیاد شود، جریان موتور سریعا" تا حد محدود کننده جریان افزایش یافته و پس از آن سیگنال جریان منفی به خروجی کنترل کننده سرعت اضافه شده و آن را کاهش می دهد. بنابراین مقدار فرکانس و ولتاژ مرجع تعیین شده به صورت تدریجی افزایش خواهند یافت و سرعت موتور، فرکانس اینورتر را دنبال خواهد کرد و فرکانس شکست رتور نیز افزایش نیافته و ماشین به علت وجود محدودکننده جریان تحت گشتاور ثابت شتاب می گیرد. این امر تا رسیدن سرعت به مقدار مرجع ادامه می یابد. پس از آن جریان به مقداری کمتر از مقدار مشخص شده در محدود کننده جریان تنزل کرده و سیستم به حالت پایدار در می آید.



شکل (3) مدار حلقه بسته کنترل سرعت در حالت کنترل v/f و همراه با محدودکننده جریان

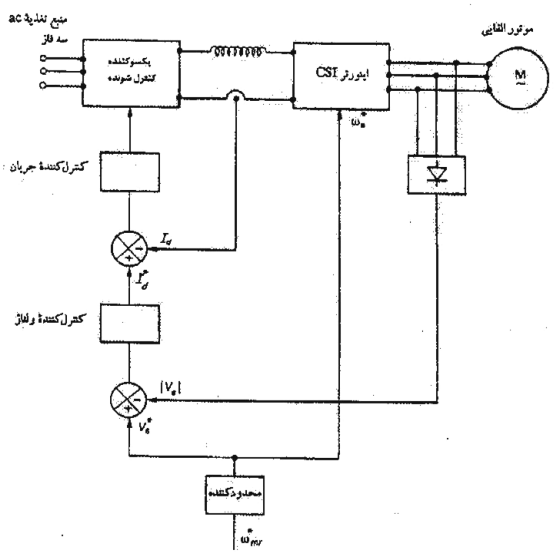
۵) کنترل کننده سرعت مدار باز، در شرایط کنترل **v/f** :

چنانچه در مواردی از کاربردهای صنعتی نخواهیم از سنسور سرعت استفاده کنیم، از بلوک دیاگرام های کنترلی مشابه به شکل (4) کمک خواهیم گرفت. در این سیستم کنترل موتور در حالت حلقه باز سرعت و با به کارگیری پس نور ولتاژ استاتور و اینورتر CSI انجام گرفته است. در این بلوک تحت v/f ثابت استفاده شده است. ابتدا سرعت مرجع به یک محدودکننده شیب داده میشود، خروجی آن معادل W^*e فرکانس مرجع و V^*s ولتاژ مرجع است. ولتاژ سر ترمینال استاتور توسط یکسوکننده دیودی یکسو شده و پس از عبور از فیلتر با V^*s ولتاژ مرجع است. ولتاژ سر ترمینال استاتور توسط یکسوکننده دیودی یکسو شده و پس از عبور از فیلتر با V^*s مقایسه

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شده و خطای آنها از یک کنترل کننده ولتاژ عبور کرده و I^*_d را میسازد و همچنین از خطای $I^*_d - I_d$ و عبور آن از کنترل کننده جریان، زاویه آتش یکسوکننده ها تعیین می گردند. بنابراین جریان موتور به نحوی تنظیم می گردد که مقدار ولتاژ مرجع را تولید کند. لذا مقدار شار فاصله هوایی را می توان تقریبا" ثابت فرض کرد به شرط آن که اثر مقاومت استاتور از یک ولتاژ جبران کننده اضافی استفاده می شود

.



شکل (4) کنترل موتور در حالت حلقه باز سرعت در شرایط کنترل v/f

۶) کنترل برداری

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در روشهای مختلف کنترل اسکالر، ولتاژ یا جریان همراه با فرکانس به عنوان متغیرهای کنترل کننده موتور القایی می باشند. در این حالت گشتاور و شار هر دو تابعی از ولتاژ (یا جریان) و فرکانسی هستند. لذا این دو متغیر اثر تزویجی متقابل بر یکدیگر داشته و باعث کندی پاسخ موتور القایی نسبت به تغییر سیگنال مرجع ورودی می گردد به عنوان مثال چنانچه گشتاور مرجع افزایشی یابد، مقدار فرکانس افزایش یافته تا گشتاور الکتریکی تولید شده افزایش یابد، ولی در این شرایط مقدار شار شروع به کاهش می کند. اگرچه این کاهش شار به واسطه وجود حلقه بسته کنترل شار و از طریق افزایش ولتاژ جبران می شود ولی پاسخ این سیستم تحت این شرایط دارای نوسان بوده و زمان استقرار آن هم افزایش خواهد یافت. امروزه در صنایع مختلف به خاطر وجود این مشکلات در روش کنترل اسکالر، از روش های کنترل برداری به علت عملکرد مطلوب آنها، در سطح گسترده ای استفاده می شود. کنترل برداری و یا به عبارت دیگر کنترل با جهت یابی شار (FOC) امکان کنترل موتور القایی به طور مشابه با یک موتور جریان دائم با تحریک مستقل را فراهم می سازد. دو روش اصلی کنترل برداری عبارتند از روش مستقیم و روش غیرمستقیم هر یک از این دو روش در سه حالت جهت یابی شار که عبارتند از : جهت یابی شار استاتور، شار رتور و شار فاصله هوایی قابل اجرا هستند، ضمنا" تغذیه موتور در هر حالت می تواند توسط منبع ولتاژ و یا منبع تجریان انجام گیرد.

۶-۱ انواع روشهای کنترل برداری

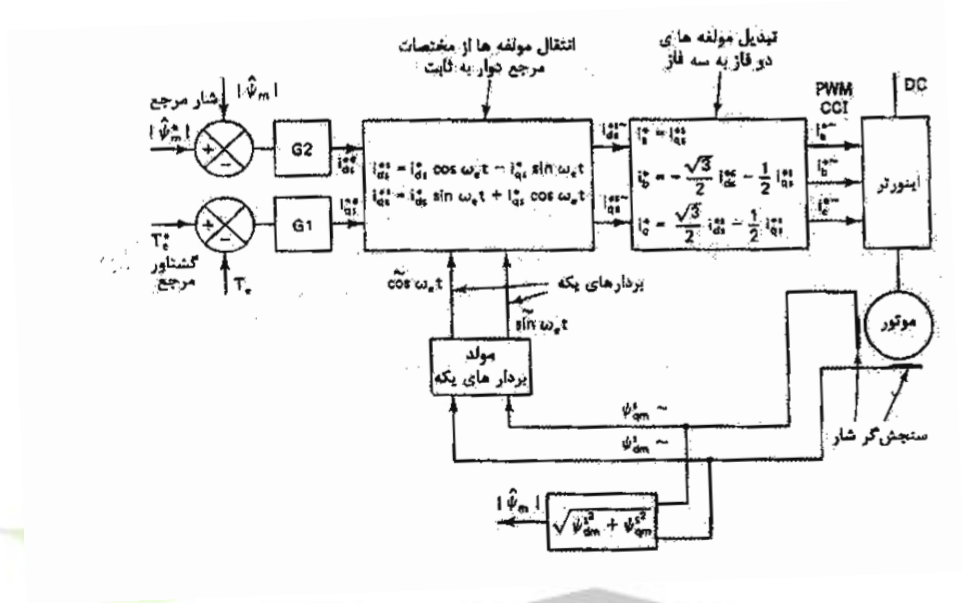
همانطور که ذکر گردید کنترل برداری به دو روش امکان پذیر است، کنترل برداری مستقیم و کنترل برداری غیرمستقیم. اختلاف اصلی در این دو روش نحوه تولید بردارهای یکه است. در روش اول جهت یابی شار به طور مستقیم و در دومی به طور غیرمستقیم انجام می گیرد. ضمنا" بر حسب روش انتخاب شده در نهایت مقادیر ولتاژ و یا جریان مرجع به عنوان خروجی سیستم کنترل کننده تولید می گردند. لذا برحسب نیاز از اینورترهای CSI,VSI جهت تغذیه موتور استفاده می گردد.

۶-۲ کنترل برداری مستقیم با جهت یابی شار فاصله هوایی و اینورتر PWM با جریان کنترل کننده :

در کنترل برداری مستقیم که ابتدا توسط Bloschke مطرح شده، مقادیر بردارهای یک مستقیما" از روی سیگنال های شار تولید شدند. شکل (5) بلوک دیاگرام کنترل برداری با استفاده از جهت یابی شار فاصله هوایی و اینورتر PWM CCI نشان می دهد. در این بلوک دیاگرام کنترل شار و گشتاور توسط حلقه بسته انجام می شود. لذا ابتدا شار مرجع با شار موجود مقایسه و خطای حاصله از یک کنترل کننده PI ، عبور داده می شود. خروجی این کنترل کننده i^{e*}_{ds} یعنی مولفه شار جریان استاتور خواهد بود. همچنین پس از مقایسه گشتاور مرجع با گشتاور موجود، مقدار خطای حاصله از یک کنترل کننده PI دیگر عبور داده میشود، خروجی این کنترل کننده معادل i^{e*}_{qs} یعنی مولفه گشتاور جریان استاتور خواهد بود. این دو مولفه جریان به صورت dc و منطبق بر مختصات مرجع دوار با سرعت سنکرون می باشند، در مرحله بعدی با استفاده

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

از مقادیر بردارهای یکه و معادلات زیر این دو مولفه جریان از مختصات مرجع دوار به مختصات مرجع ثابت منتقل می شوند.



شکل (5) بلوک دیاگرام کنترل برداری مستقیم

(1) $i^{s*}_{ds} = i^{e*}_{ds} \cos\theta_e - i^{e*}_{qs} \sin\theta_e$

(2) $i^{s*}_{qs} = i^{e*}_{ds} \sin\theta_e + i^{e*}_{qs} \cos\theta_e$

جهت اندازه گیری شار می توان مطابق شکل (5) از سنسورهای شار که برروی استاتور تعبیه شده اند استفاده نموده و سیگنال های شار ψ^{s}_{dm} را تولید کرد. مقدار شار فاصله هوایی و همچنین بردارهای یکه با توجه به معادلات زیر محاسبه می شوند :

(3) $\psi_m = \sqrt{(\psi^{s}_{dm})^2 + (\psi^{s}_{qm})^2}$

(4) $\cos\theta_e = \psi^{s}_{dm} / \psi_m$

(5) $\sin\theta_e = \psi^{s}_{qm} / \psi_m$

در مرحله بعدی لازم است مقادیر جریان های مرجع از سیستم دو فاز به سیستم سه فاز انتقال یابند، برای این منظور از معادلات زیر استفاده می شود :

(6) $i^*_a = i^{s*}_{qs}$

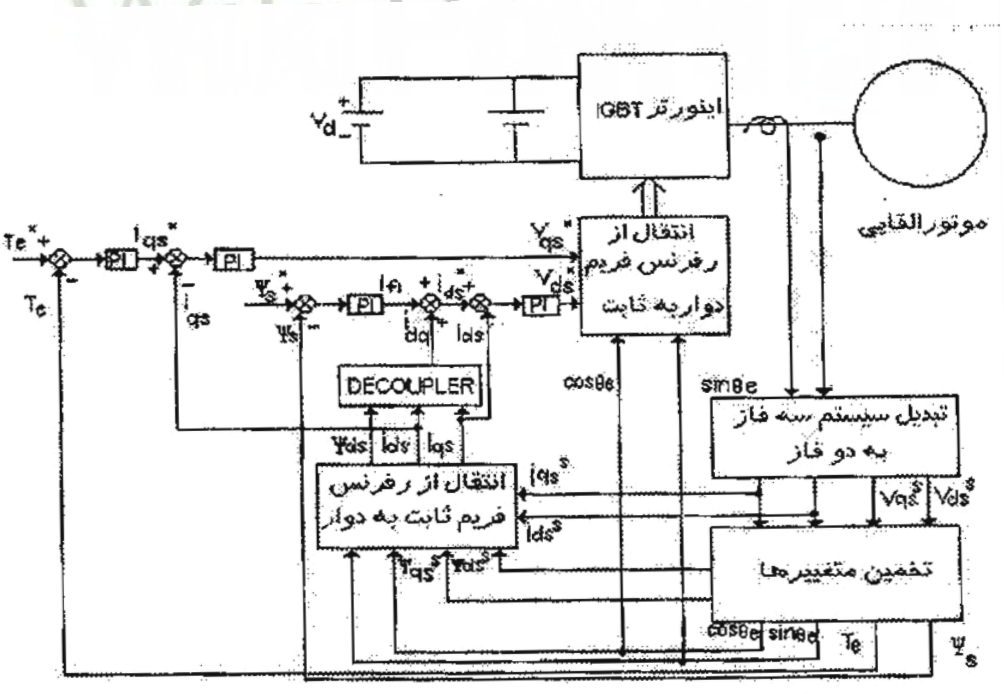
(7) $i^*_b = -\sqrt{3}/2\ i^{s*}_{ds} - 1/2\ i^{s*}_{qs}$

(8) $i^*_c = \sqrt{3}/2\ i^{s*}_{ds} - 1/2\ i^{s*}_{qs}$

جریان های سه فاز مرجع i^*_a و i^*_b و i^*_c توسط اینورتر تولید خواهند شد. در این بلوک دیاگرام شار و گشتاور کنترل شده اند، همچنین می توان حلقه کنترل سرعت هم به سیستم اضافه کرد. حلقه کنترل سرعت قبل از حلقه کنترل گشتاور است. جهت تعیین مقادیر شارهای فاصله هوایی، به جای اندازه گیری مستقیم می توان با استفاده از ولتاژ و جریان استاتور که اندازه گیری می شوند، این مقادیر را تخمین زد. مقادیر بردارهای یکه علاوه بر شار فاصله هوایی از روی شار رتور و یا استاتور هم قابل محاسبه می باشند. چنانچه در کنترل برداری مستقیم از کنترل جریان استفاده شود این امکان فراهم می گردد که گشتاور مستقیما" مرتبط با ولتاژ است. در حالت اول مقایسه ای ما بین جریان های سه فاز مرجع و جریان واقعی در هر لحظه انجام گرفته و خطای جریان از یک کنترل کننده PI عبور داده می شود. از خروج کنترل کننده ها به عنوان ولتاژهای مرجع سه فاز استفاده می شود. جهت تولید این ولتاژها میتوان از اینورتر PWM با روش موج کاربر مثلثی استفاده کرد. در این حالت کلیه سیگنالها سینوسی هستند و از آنها به عنوان سیگنال مرجع اینورتر استفاده خواهد شد. در روش دیگر جهت تولید جریان های مرجع سه فاز از اینورتر VSI با جریان کنترل شده به روش

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

باندهیستروزیس استفاده می گردد. در کنترل برداری مستقیم مقدار We به صورت مستقیم کنترل نمی شود آن به صورت غیرمستقیم و از طریق بردارهای یکه می باشد. بردارهای یکه با استفاده از مقادیر شار محاسبه می شوند لذا دقت در محاسبه شار ضروری است. شکل (6) دیاگرام برداری متغیرها مربوط به اجرای کنترل برداری مستقیم با استفاده از جهت یابی شار رتور می باشد. محورهای d^s , q^s نشان دهنده محورهای مختصات مرجع ثابت می باشند و محورهای d^e, q^e نشان دهنده محورهای مختصات مرجع دواری می باشند که منطبق بر محور بردار شار بوده و با سرعت سنکرون We در حال چرخش هستند جهت تحقق کنترل برداری بردار جریان های i^e_{ds} , i^e_{qs} باید منطبق بر محورهای مختصات مرجع دوار باشند.



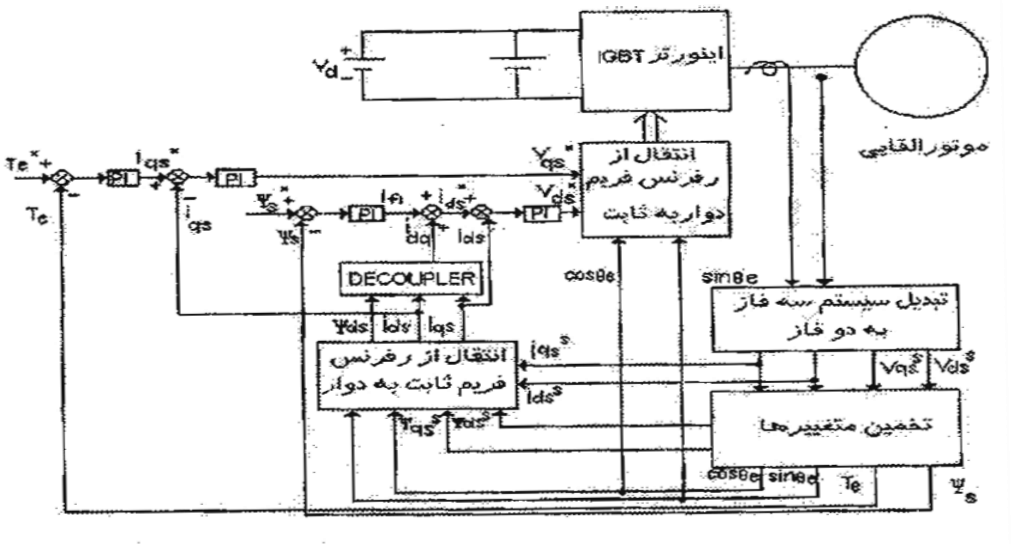
شکل (6) دیاگرام برداری [illegible]

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۶-۳ کنترل کننده برداری مستقیم با جهت یابی شار استاتور :

این کنترل کننده مشابه بلوک دیاگرام شکل (7) است. همانگونه که ملاحظه می گردد و با سنجشی ولتاژ و جریان و انتقال آنها از سیستم سه فاز به دو فاز و سپس توسط معادلات مربوطه مقادیر شار و گشتاور تخمین زده می شوند. در این بلوک همچنین مقادیر بردارهای یکه sinθe,cosθe تعیین می شود. خروجی دیگر این بلوک ψ^s_{qs} ، ψ^s_{ds} می باشد. از این مقادیر همراه با i^{-s}_{qs} و i^{-s}_{ds} ، در بلوک دیگر مقادیر i^{-e}_{ds} و i^{-e}_{qs} و ψ^e_{ds} محاسبه شده و نهایتا" در بلوک مربوط به محاسبه سیگنال مجزا کننده، مقدار iqd محاسبه می گردد. در ورودی این سیستم از مقایسه گشتاور مرجع و گشتاور تخمین زده شده و عبور آن از کنترل کننده PI ، مقدار if1 محاسبه می گردد. از جمع این مقدار با سیگنال مجزا کننده idq مقدار i^{e*}_{de} تولید می گردد. در این بلوک جهت تضمین تغذیه موتور توسط این دو جریان مرجع، از روش جریان کنترل شده استفاده نشده بلکه از کنترل ولتاژ متناظر کمک گرفته شده است. لذا جریان i^{e*}_{qs} مرجع با جریان i^{e}_{qs} واقعی مقایسه و خطای آنها از کنترل کننده PI عبور داده شده

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (7) بلوک دیاگرام کنترل کننده، برداری مستقیم با استفاده از جهت یابی شار استاتور

و به این وسیله V^{e*}_{qs} تولید شده است. V^{e*}_{ds} به طور مشابه تولید می گردد.

در مرحله بعدی با کمک بردارهای یکه V^{s*}_{qs} و V^{s*}_{ds} تولید و سپس این مقادیر از

سیستم دو فاز به سه فاز تبدیل شده اند. پس خروجی نهایی V^{*}_{a} , V^{*}_{b} , V^{*}_{c} است

این مقادیر توسط اینورتر تولید و موتور به وسیله آنها تغذیه شده است.

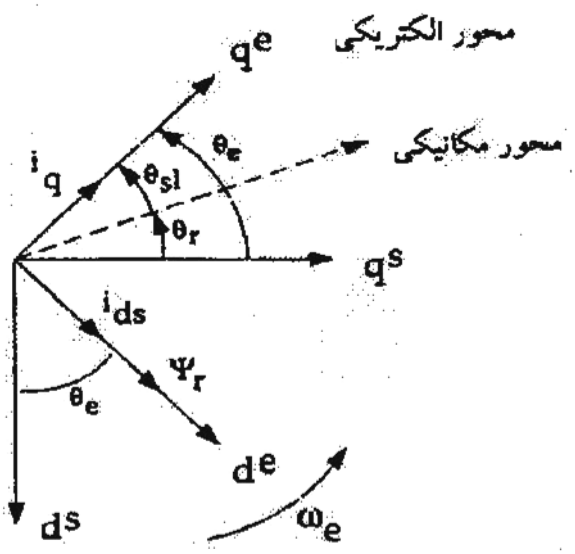
۴-۶ کنترل برداری غیرمستقیم با استفاده از جهت یابی شار رتور و اینورتر PWM با جریان کنترل شده :

اختلاف کنترل برداری غیرمستقیم با نوع مستقیم در نحوه تولید بردارهای یکه می باشد. در روش مستقیم بردارهای یکه با استفاده از سیگنال های شار تولید می شوند. و در روش غیرمستقیم با استفاده از سیگنال سرعت Wer و فرکانس لغزش Ws2 محاسبه می شوند. شکل (8) دیاگرام برداری متغیرها در حالت کنترل برداری غیرمستقیم را نشان می دهد. محورهای $d^{s} - q^{s}$ به صورت ثابت و محورهای $d^{e} - q^{e}$

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

به صورت دوار می باشند که با سرعت سنکرون We می چرخند. زاویه θe بوسیله حاصل جمع زاویه رتور θr و زاویه لغزش θsr بیان می شود. زاویه محور دوار q^e نسبت به محور ثابت q^s همواره توسط θe بیان می شود. جهت بررسی نحوه عملکرد ماشین در حالت کنترل برداری، معادلات شار رتور را در نظر می گیریم :

(9) $(D\psi^e_{q2} / dt) + R2/Lr\ \psi^e_{qr} - Lm/Lr\ Ri\ I^e_{qs} + Wsl\ \psi^e_{dr}$



شکل ۸- دیاگ ترل برداری

$(d\psi^e_{dr} / dt) + R2/Lr\ \psi^e_{dr} - Lm/Lr\ Rr\ i^e_{ds} + Wsl\ \psi^e_{qr}$ (10)

حال با استفاده از دیاگرام برداری شکل (8) و با توجه به این که در حالت تحقق کنترل برداری محور d^e منطبق بر محور شار رتور می باشد ، می توان نوشت :

(11) $\psi^e_{dr} = \hat{}\psi_r = cte$

(12) $d\ \psi^e_{dr} / dt = 0$

(13) $\psi^e_{qr} = d\ \psi^e_{qr} / dt = 0$

چنانچه مقادیر فوق را در معادلات ۹و ۱۰ قرار دهیم خواهیم داشت:

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

(14) $\psi_{sl} = Lm / \hat{}\psi r \; (Rr / Lr) \; i^{e} qs$

(15) $i^{e}_{ds} = \hat{}\psi r / Lm$

حال با استفاده از رابطه گشتاور و با توجه به اینکه در حالت تحقق کنترل برداری مقدار شار در راستای محور q^{e} معادل صفر است خواهیم داشت :

(16) $Te = 3/2 \; (P/2) \; Lm/Lr \; (i^{e} qs \; \psi^{e}_{dr} - i^{e}_{ds} \; \psi^{e}_{qr})$

(17) $Te = 3/2 \; (p/2) \; Lm / Lr \; i^{e} qs \; \psi^{e}_{dr}$

شکل (9) نحوه اجرای کنترل برداری غیرمستقیم را برای یک سیستم کنترل کننده وضعیت نشان می دهد. حلقه های بسته کنترل وضعیت و سرعت در دیاگرام ملاحظه می گردند. در مرحله اول خطای وضعیت از کنترل کننده Pl عبور داده می شود، خروجی آن معادل سرعت مرجع W*mr خواهد بود. مجددا" خطای سرعت از کنترل کننده Pl و سپس از یک محدودکننده عبور داده می شود. خروجی معادل جریان مرجع برروی محور qe دوار، یعنی i^{e*}_{qs} خواهد بود. مقدار جریان مرجع برروی محور de دوار یعنی i^{e*}_{ds} با استفاده از رابطه (15) به دست می آید. مقدار لغزش مرجع Wsl هم با استفاده ازرابطه (14) قابل محاسبه است. در مرحله بعدی با استفاده از مقدار سرعت رتور و لغزش مقدار We و از روی آن ، θe یعنی زاویه وضعیت حوزه دوار محاسبه می گردد و از روی آن مقادیر بردارهای یکه cos θe و sin θe محاسبه خواهند شد. در عمل مناسب است که ابتدا مقادیر θr زاویه وضعیت رتور، و θsl زاویه لغزش، و سپس θe با استفاده از رابطه زیر محاسبه کردند.

(18) $\theta r = \int Wer \; dt$

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

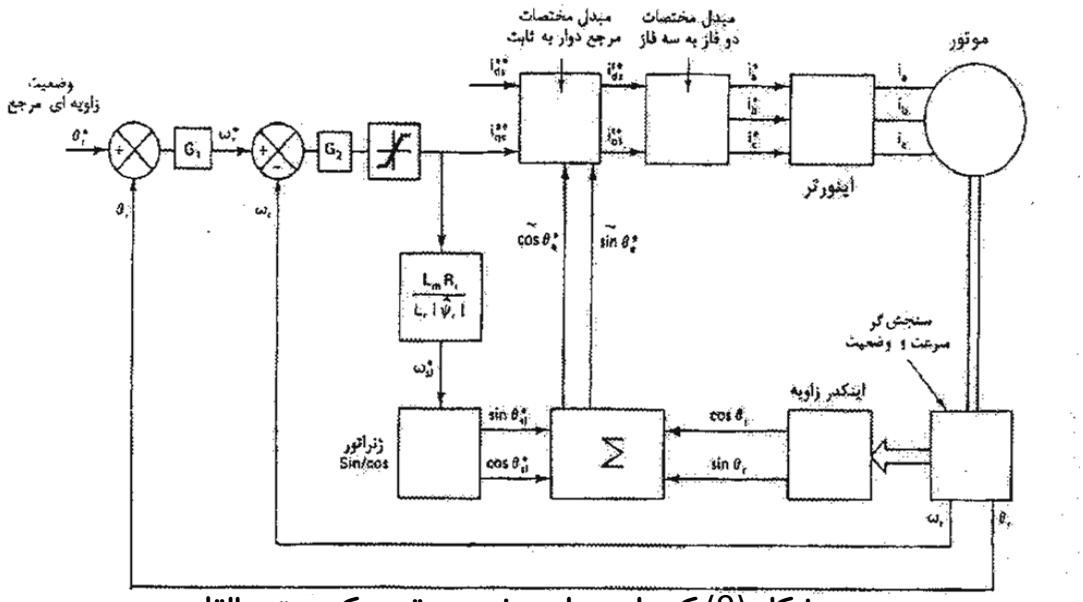
(19) $\theta sl = \int Wsl\, dt$

(20) $\theta e = \theta sl + \theta r$

محاسبات مربوط به تبدیل جریان های مرجع از مختصات مرجع دوار به ثابت و سپس تبدیل جریان ها از سیستم دو فاز به سه فاز عینا" مشابه کنترل برداری مستقیم است که قبلا" توضیح داده شد. کنترل برداری غیرمستقیم می تواند در چهار ناحیه گشتاور سرعت به خوبی کار کند. این سرعت در سرعت های پائین و نزدیک به صفر به خوبی کار می کند. در این روش مشکل وجود هارمونی در سیگنال های اندازه گیری شده که باعث ایجاد اختلال در روش مستقیم می شود، موضوعیت ندارد. مشکل اصلی در این روش تغییر پارامترهای ماشین است که باعث اختلال در تخمین لغزش مرجع می شود، این امر نهایتا" منجر به کوپله شدن متغیرها گشته و در نتیجه سیستم از حالت کنترل برداری خارج می گردد. البته امروزه روشهای متعددی جهت جبران اثر تغییر پارامترها مطرح شده است.

۶-۵ کنترل برداری با استفاده از اینورترها PWM و در شرایط کنترل ولتاژ :

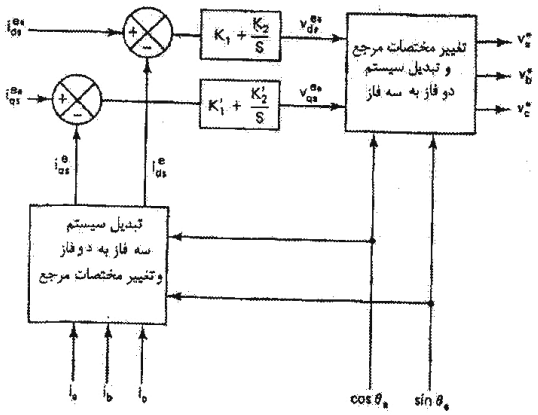
در هر دو روش کنترل برداری مستقیم و غیرمستقیم که از اینورتر در حالت جریان کنترل شده استفاده می گردد، چنانچه عملیات در ناحیه سرعت کم انجام گیرد میزان emf مخالف ایجاد شده در ماشین کم خواهد بود .



شکل (9) کنترل برداری غیرمستقیم یک موتور القایی

در سرعت های بالا در بعضی از قسمت های سیکل جریان، با توجه به بزرگ بودن emf مخالف، جهت تامین جریان مورد نظر باید ولتاژ ورودی بزرگی تولید و به موتور اعمال شود. این باعث می گردد که سیستم اینورتر وارد اشباع گردد لذا اندازه جریان تولیدی نسبت به جریان مرجع کمتر خواهد بود. ضمنا" فاز آن نسبت به فاز مورد نظر دچار اختلال می گردد. این مسائل مب تواند باعث اختلال در عملکرد روش کنترل برداری گردد. برای رفع این مشکلات می توان مطابق بلوک دیاگرام (10) به جای استفاده از روش جریان کنترل شده از ولتاژ کنترل شده استفاده کرد. یکه تولید شده در بلوک تخمین شار، مقادیر جریان های واقعی برروی مختصات مرجع دوار یعنی i^e_{qs} , i^e_{ds} محاسبه می گردند. از مقایسه این جریانها و عبور آنها از بلوک های PI مقادیر V^{e*}_{qs} , V^{e*}_{ds} مرجع تولید می گردد، سپس با استفاده از بردارهای یکه مقادیر V^{s*}_{qs} , V^{s*}_{ds} محاسبه و سپس این مقادیر به سیستم سه فاز تبدیل می

گردنـد. پـس ولتاژهـای مرجـع V^*_a , V^*_b , V^*_c را خـواهیم داشـت. ایـن مقـادیر توسـط اینورتر PWM تولید و موتور توسط آن تغذیه می گردد.



شکل (10) تولید سیگنال های ولتاژ مرجع با استفاده از سیگنال های جریان مرجع

استـفاده از فیـدبک جریـان در مختصـات مرجـع دوار باعـث مـی گـردد کـه دامنـه و فـاز جریـان تولیـدی بـا جریـان مرجـع بـه خـوبی منطبـق باشـد. البتـه در ایـن روش بـا توجـه بـه اضافه کردن حلقهـه کنترلـی اضـافی و همچنـین بلـوک هـای جبـران سـاز باعـث مـی گـردد کـه پاسـخ هـای سیسـتم در حالـت کنتـرل بـرداری دچـار اشـکالاتی گـردد، کـه در زیـر بـه علـت و طریـق برطـرف سـاختن آن اشـاره مـی گـردد. چنانچـه معـادلات ولتـاژ اسـتاتور در مختصـات مرجـع منطبـق بـر شـار رتـور نوشـته شـود ملاحظـه مـی گـردد کـه در هـر دو سـطر معـادلات ولتـاژ و جریـان مربـوط بـه هـر دو محـور q,d ظـاهر مـی گـردد، در حـالی کـه مـی خـواهیم i^e_{sd} , i^e_{sq} هـر یـک مسـتقیما" و مسـتقلا" توسـط ولتـاژ مربـوط بـه خـود کنتـرل شـود، لـذا لازم اسـت کـه از مـدارهای مجـزا کننـده اسـتفاده شـود. لـذا مـثلا" در کنتـرل بـرداری مسـتقیم بـا روش ولتـاژ کنتـرل شـده، پـس از تولیـد V^{e*}_{ds} و V^{e*}_{qs} لازم اسـت کـه سـیگنال هـای

مجزا کننده هم با آنها جمع شده و به این ترتیب مقادیر ولتاژ مرجع نهایی برروی محورهای q,d دار تولید خواهند شد.

۶-۶ کنترل برداری با استفاده از اینورتر CSI

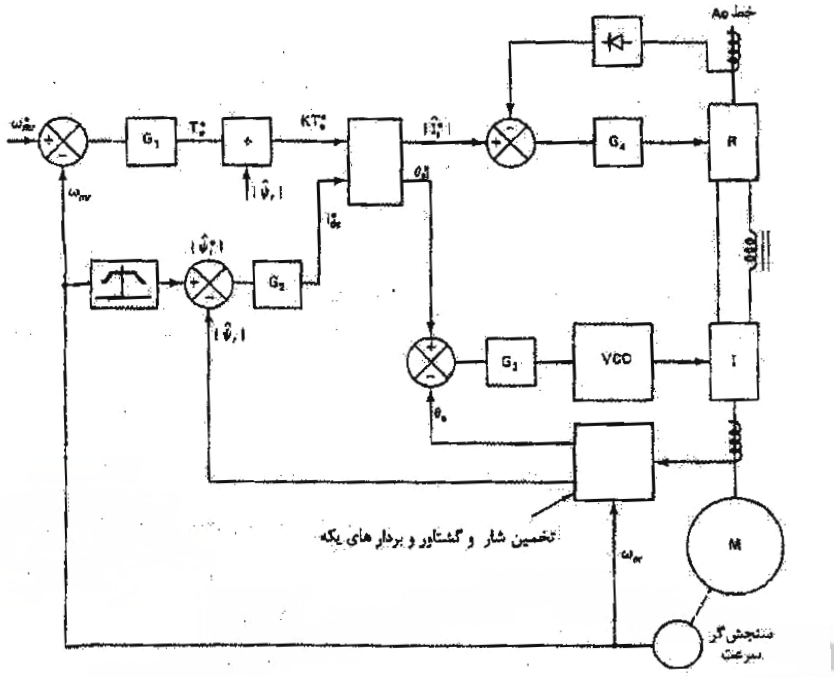
کنترل برداری به روش مستقیم و غیرمستقیم با استفاد از اینورترهای منبع جریان CSI هم امکان پذیر است. در شکل (11) استفاده از این اینورتر در کنترل برداری مستقیم نشان داده شده است. این کنترل کننده در ناحیه گشتاور ثابت و همچنین ناحیه تضعیف شار قابل استفاده می باشد. گشتاور مرجع با استفاده از عبور خطای سرعت از کنترل کننده PI تولید می گردد. مقدار $\hat{\psi}^*_r$ با استفاده از یک فانکشن مناسب برحسب سرعت به نحوی تولید می گردد که میزان شار در ناحیه گشتاور ثابت (سرعت از صفر تا مبنا) ثابت باقی مانده و در ناحیه توان ثابت متناسب با معکوس سرعت کاهش یابد. I^{e*}_{ds} معادل خروجی خطای شار از یک کنترل کننده PI می باشد و I^{e*}_{qs} معادل است با :

(23) $I^{e*}_{qs} = Te^* / K\hat{\psi}r$

سپس مقدار جریان مرجع به فرم برداری، توسط $|I^*s|$ اندازه جریان و θ زاویه بین بردار جریان و محور de دوار با استفاده از روابط زیر محاسبه می گردد.

(24) $|I^*_s| = \sqrt{I^{e*2}_{ds} + I^{*2}_{qs}}$

(25) $\theta^* = \tan^{-1} i^{e*}_{qs} / i^{e*}_{ds}$



شکل (11) کنترل برداری در شرایط استفاده از اینورتر منبع جریان

جهت تولید جریان به نحوی که اندازه آن معادل $|I_{sl}^*|$ باشد باید زاویه آتش یکسوکننده به نحو مقتضی تعیین گردد. برای این منظور از فیدبک جریان خط dc و مقایسه آن با $|I_{sl}^*|$ استفاده شده است. در روش مشابه دیگر با توجه به این که $|I_{sl}^*|$ مرتبط با جریان خط ac تغذیه کننده مدار یکسو کننده است، لذا جریان خط ac یکسو شده وبا $|I_{sl}^*|$ مقایسه و خروجی از کنترل کننده عبور داده شده و زاویه آتش مناسب تعیین می گردد. درمرحله بعدی جهت تعیین زاویه های هدایت دراینورتر CSI زاویه

θ^*_{is} بردار جریان مرجع نسبت به محور d^s با توجه به شکل (14) و با استفاده از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$\theta^*_{is} = \theta^* + \theta_e \quad (26)$$

در این رابطه θ_e معادله زاویه محور d^e و یا به عبارت دیگر زاویه بردار شار نسبت به محور d^s ثابت است. این زاویه در بلوک تخمین محاسبه می گردد. این روش برای سرعت از صفر تا سرعت های بالا و در چهار ربع کنترلی قابل اجرا می باشد.

WikiPower.ir

چکیده

از جمله کاربردهای متنوع موتورهای القایی، استفاده از آن به عنوان گرداننده شفت پمپهای گریز از مرکز است. بنابراین پمپها یکی از مصرف کنندگان بزرگ انرژی الکتریکی در شبکه های صنعتی و مصرف داخلی نیروگاههای بخار به شمار می آیند. درسیستمهای هیدرولیکی و چرخه بخار برای کنترل دبی از شیر فلکه و یا از سیستمهای کوپلینگ هیدرولیکی در سر راه پمپ استفاده می شود. استفاده از این روشها به خصوص استفاده از شیر فلکه، تلفات توان را به دنبال دارد. با توجه به این موضوع در الکترو پمپهای نیروگاهی، قسمت قابل توجهی از انرژی به صورت تلفات (هم در

سیستم الکتریکی و هم در سیستم مکانیکی) از دست می رود. این پروژه در پی یافتن روشی برای کاهش تلفات و افزاش راندمان مجموعه الکترو پمپها است به این منظور با تحلیل معادلات حاکم بر جریان عبوری از پمپ و با توجه به اینکه مشخصه گشتاور سرعت جزو منحنیهای معمول یک پمپ نیست، ابتدا مشخصه گشتاور سرعت پمپ را با روش جدید و به منظور همگونی آن با منحنیهای موجود در سیستمهای الکتریکی بدست می آوریم، پس با بررسی همزمان آن با مشخصه گشتاور – سرعت موتور القایی روشهای بهبود راندمان این بار خاص را تحلیل می کنیم. با توجه به ضعف روش کنترل دبی با این روشها (به خصوص شیر فلکه) در نهایت روش کنترل دبی با استفاده از کنترل دور موتور القایی را پیشنهاد و مورد بررسی قرار می دهیم. کاربرد خاص این روش پیشنهادی در کنترل دبی پمپهای آب تغذیه بویلر در سیکل بخار بوده و البته در کاربرد عام، یعنی پمپهای مورد مصرف صنایع نیز قابل پیاده سازی است.

مقدمه :

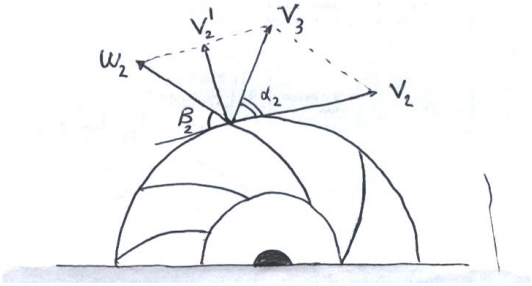
یکی از کاربردهای مهم موتور القایی، استفاده از آن به عنوان محرک و گرداننده محور پمپهای گریز از مرکز است چنین استفاده از موتورهای الکتریکی باعث ظهور نوعی خاص از پمپها به نام الکترو پمپ گریز از مرکز شده است این عضو از خانواده بزرگ پمپها ، همچون فن ها، در واقع حلقه اتصال مهندسی برق – قدرت با مهندسی مکانیک – سیالات بوده و یکی از مصرف کنندگان بزرگ انرژی الکتریکی در صنعت محسوب می شود. بنابراین بررسی و تحلیل شرایط کاری این وسیله و تحلیل اثرات

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

جانبی آن روی موتور القایی گرداننده اش، نیاز به دید الکتریکی و مکانیکی به طور همزمان دارد. یکی از پرتوان ترین پمپهای جهان، پمپهای موجود در نیروگاههای سیکل بخار می باشند. این پمپها در شرایط کاری مختلف که شبکه توان خاصی را از نیروگاه می طلبد، با افزایش و کاهش مقدار دبی و فشار سیال عامل در سیکل، توان تولیدی توربین و توان تولیدی ژنراتور را تغییر می دهند. پمپهای تغذیه در سیکل های نیروگاهی ، به طور پیوسته حجم بسیار بالایی از سیال را عبور داده لذا بیشترین سهم را در مصرف داخلی نیروگاه به خود اختصاص می دهند. از طرفی تغییرات دبی تولیدی این پمپها، متعاقبا" تغییرات میزان مصرف انرژی را نیز به دنبال دارد. در استفاده معمول از پمپها ، برای کنترل دبی سیال معمولا" از یک شیر فلکه در سر راه پمپ استفاده میشود شیر فلکه مقاومت هیدرولیکی مسیر سیال را تغییر می دهد. و از یک طرف با ایجاد اصطکاک در مسیر سیال باعث اتلاف انرژی آن شده و از طرف دیگر با مسدود کردن حرکت سیال، باعث باقی ماندن مقداری از سیال در محفظه پمپ می شود. باقی ماندن سیال در محفظه پمپ، چرخش بیهوده سیال در فضای داخلی و مصرف انرژی را به دنبال دارد بنابراین در زمانی که به دبی کمتر و به عبارتی به انرژی کمتری برای پمپاژ نیاز باشد، موتور باز هم انرژی را بیهوده هدر می دهد. این پدیده برای پمپهای نیروگاهی که دارای مصرف انرژی فوق العاده بالایی هستند میزان قابل توجهی از اتلاف انرژی را موجب می شود، بنابراین بررسی دقیق تر آن ضروری است.

۲. استخراج رابطه میان گشتاور، سرعت و دبی یک پمپ

در تحلیل بارهای مکانیکی، گشتاور بار از اهمیت خاصی در طراحی یا انتخاب موتور برخوردار است. لذا وقتی صحبت از بار می شود وجود مشخصه یا رابطه گشتاور آن برحسب تغییرات سرعت، ضروری است. در مکانیک شاره ها، به فاکتور گشتاور یا مشخصه گشتاور بر حسب سرعت سیال در پمپ اشاره مستقیمی نمی شود و این در حالی است که برای تحلیل شرایط مختلف کاری پمپ از دید موتور الکتریکی گرداننده اش وجود معادله گشتاور سرعت پمپ یک ضرورت است. بنابراین در قدم بعدی با دید مهندسی مکانیک و به منظور رسیدن به ساختاری متناسب با مشخصه های بار ماشینهای الکتریکی، مشخصه گشتاور – سرعت پمپ را بدست می آوریم. عمل اصلی انتقال انرژی به سیال در پمپ، ضمن عبور سیال از فضای میان پرده های درحال چرخش اتفاق می افتد بررسی دقیق چگونگی حرکت سیال داخل محفظه پمپ به آنالیز مثلث سرعتها روی پرده های پمپ مطابق شکل (1) نیاز دارد.



شکل ۱- مثلث سرعت در خروجی پره های پمپ

با استفاده از رابطه بین نیرو و اندازه حرکت یعنی با در نظر گرفتن اینکه مقدار نیرو اعمال شده به یک جسم برابر با تغییرات اندازه حرکت آن است خواهیم داشت :

$$F=\Delta(M\times V) \qquad (1)$$

در این رابطه F نیرو، M حجم و V سرعت جسم می باشد که بردار نیرو و سرعت در یک راستا هستند. از طرفی داریم :

$$Qm=Qv\times Y / g \qquad (2)$$

که در این رابطه : Qv دبی حجمی ، Y وزن مخصوص ، g شتاب جاذبه و Qm دبی جرمی می باشد.

از طرفی گشتاور (T) برابر حاصلضرب نیرو در شعاع دوران می باشد و با در نظر گرفتن این رابطه که گشتاور انتقال به سیال داخل پمپ برابر با اختلاف گشتاور بین ورودی و خروجی دهانه پمپ است، مقدار گشتاور تحویلی به سیال برابر خواهد بود با :

$$T=Qv.Y / g\ (Y2.V2.\cos\alpha 2) \qquad (3)$$

توضیح اینکه w سرعت دورانی محور (شفت) برحسب دور در دقیقه می باشد. با استفاده از روابط موجود در مکانیک سیالات داریم که توان اعمالی به سیال، برابر حاصلضرب هد سیال (H) ، دبی حجمی(Q) و وزن مخصوص سیال (Y) می باشد به طوری که خواهیم داشت :

$$H_{Th} = \frac{T.w}{Qv.Y}$$

با قرار دادن رابطه گشتاور ۳ در فرمول فوق و با استفاده از مثلث سرعتها در ورودی و خروجی پره های پمپ و ساده سازی روابط خواهیم داشت:

$$H_{th}= 1/g \cdot U2 \cdot (U2-Qv/2\pi.r2.b2.\cot\beta 2)$$

$$T_{shaft} = P_{shaft} / w = g.p.Qv.Hth/w \qquad (5)$$

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

که در این رابطه b2 شعاع خروجی پمپ می باشد به این ترتیب رابطه گشتاور پمپ گریز از مرکز بدست خواهد آمد.

$$T_{shaft} = 1/\eta \ . p.Qv.r2w.(r2w-Qv/2\pi r2.b2 \cot \beta 2) \quad (6)$$

معادله حاصل ، رابطه ای است ریاضی با دو متغیر مستقل که عبارت از سرعت و دبی میباشد لذا در حالت کلی داریم :

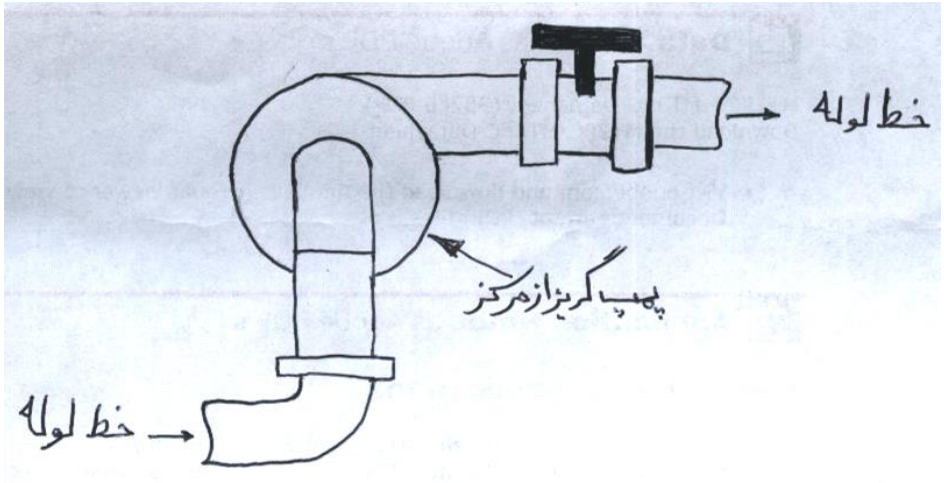
$$T_{shaft} = f(Qv.w) \quad (7)$$

برای جلوگیری از تحلیل معادله در فضای سه بعدی ، ساده ترین راه، ثابت در نظر گرفتن مقدار سرعت است. این روش معمول ترین تکنیک در طراحی و استفاده از پمپهای گریز از مرکز در مکانیک سیالات می باشد.

۳. ارزیابی به کارگیری شیرفلکه به عنوان روش معمول کنترل دبی پمپ :

در روش معمول به کارگیری پمپها، سرعت دوران پمپ ثابت در نظر گرفته می شود و تمامی معادلات در حالت سرعت ثابت ترسیم و تحلیل می شوند در کابردهایی که پمپ باید دبی ثابتی را در سیستم فراهم سازد، قرار دادن یک پمپ با سرعت دوران ثابت، نیاز مربوط به آن را رفع می نماید. بنابراین در چنین مواردی از میان انواع موجود بهترین پمپ را از لحاظ تامین دبی مطلوب و پایین بودن هزینه انتخاب کرده و از آن استفاده می کنیم اما در کاربردهایی که به تغییرات دبی احتیاج است مطابق شکل (2) از یک شیر فلکه در مسیر لوله و درست بعد از پمپ استفاده می شود.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۲- پمپ گریز از مرکز و کنترل دبی با شیر فلکه

با توجه به رابطه (2) ، در سرعت ثابت یا تغییرات دبی، ملاحظه میشود که در دبی های کمتر و در دبی های بیشتر به گشتاور بار بیشتر و توان بالاتری احتیاج است. با توجه به ساختمان و طرز کار شیرفلکه، با باز و بسته کردن آن در مواقع مقاومت هیدرولیکی مسیر افزایش یا کاهش می یابد چنین روندی منطقی به نظر میرسد اما در عمل وضع متفاوت است. اگر به پمپ و شیر فلکه به صورت مجزا نگاه کنیم، بستن شیر فلکه تنها دبی خروجی از شیر را کاهش می دهد و اثری روی مقدار سیال موجود داخل محفظه پمپ ندارد. بنابراین از دید موتور الکتریکی که تامین کننده گشتاور و توان لازم برای مجموعه پمپ است، مقدار باررروی شفت هیچ تغییری نکرده است و حتی در زمان بسته بودن شیر فلکه، که توان کمی مورد نیاز است، مقدار قابل توجهی از انرژی صرف چرخش بیهوده سیال داخل پمپ می گردد. این مسئله در مورد پمپهای بزرگ، به ویژه پمپهای تغذیه نیروگاه، رقم قابل توجهی از انرژی اتلافی را شامل می شود. ملاحظه می شود که در استفاده از شیر فلکه به منظور کنترل دبی مورد نیاز ، بخش قابل توجهی از

انرژی از دست می رود. به منظور یافتن راه حلی مناسب و جایگزین ، مجددا" به سراغ معادله (6) می رویم.

۴. ارزیابی روش کنترل دور موتور القایی به منظور کنترل دبی سیال :

با بررسی بردارهای سرعت در مثلث سرعتها و داشتن شعاع b1 ورودی پمپ، رابطه زیر را بدست می آوریم :

$$Qin=(2\pi.r^2_1.b1.\tan\beta1) \cdot w \quad (8)$$

مشاهده می کنیم که دبی ورودی به پمپ رابطه مستقیمی با سرعت دوران محور خواهد داشت. این معادله همراه معادله (7) تشکیل یک دستگاه می دهند :

$$T_{shaft} = f1(Qv,w)$$

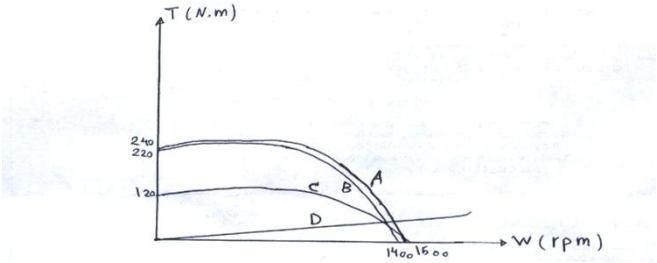
$$Qv=Qin=f2\ (w) \qquad (9)$$

بنابراین به منظور رسیدن به یک دبی مطلوب کافی است سرعت مورد نیاز برای این دبی را با استفاده از رابطه (8) بدست آوریم و سپس با جایگزین کردن آن در معادله (6) مقدار گشتاور یا توان مورد نیاز پمپ را محاسبه نماییم. در این روش نیازی به شیر فلکه نیست، بلکه باید برای رسیدن به دبی مطلوب، گشتاور مورد نیاز پمپ را از طریق موتور القایی فراهم ساخت. هر نقطه روی مشخصه گشتاور پمپ دارای یک سرعت و متناظر با این سرعت دارای یک دبی مشخص می باشد به این ترتیب با حرکت برروی این مشخصه متناظر با هر سرعت به یک دبی می رسیم که هر چند مقدار سرعت افزایش یابد، به همان نسبت مقدار دبی هم افزایش یافته و برای این

افـزایش سـرعت و دبـی بـه گشـتاور بیشـتری هـم نیـاز داریـم. نکتـه بـاقی مانـده، چگـونگی حرکـت روی ایـن مشخصـه اسـت چنانچـه محـرک پمـپ یـک موتـور القـایی باشـد ترسـیم همزمـان مشخصـه گشـتاور موتـور، منحنـی A شـکل (3) و پمـپ، منحنـی D در شـکل (3) را بـه دنبـال دارد. بـا توجـه بـه توضـیحات پیشـین، اگـر بتـوانیم بـه طریقـی نقطـه کـار را روی مشخصـه گشـتاورها حرکـت دهـیم، آنگـاه بـه نقـاطی متفـاوت از نظـر سـرعت، دبـی و گشـتاور مورد نیـاز خـواهیم رسـید. بـه ایـن منظـور مـی تـوان از روشـهای معمـول در کنتـرل دور موتـور القایی استفاده کـرد. سـاده تـرین روش بـرای تغییـر نقطـه کـار و سـرعت موتـور القـایی، تغییـر ولتاژ ترمینال است بـه ایـن ترتیـب بـه ازای هـر سـرعت خـاص، موتـور مقـدار گشـتاور کمتـری خواهـد داشـت بـه نحـوی کـه مطـابق منحنـی c در شـکل (3) مشخصـه گشـتاور – سـرعت بـه منطقـه بـا گشـتاورهای کمتـر منتقـل خواهـد شـد، منحنیهـای بدسـت آمـده بـه ازای ولتاژهـای مختلـف موتـور (مشـابه منحنیهـای A,C) ، در نقطـه ای کـه سـرعت برابـر سـرعت سـنکرون و گشـتاور برابـر صـفر اسـت، مشـترک هسـتند. بـه ایـن ترتیـب در اثـر اتلافـی منحنـی مشخصـه گشـتاور – سـرعت پمـپ بـا مشخصـه موتـور، نقطـه کـار جدیـدی بـه دسـت خواهـد آمـد و امکان دستیابی بـه سـرعتهای کمتـر نیـز میسـر خواهـد شـد. البتـه تغییـر ولتـاژ ترمینـال موتـور نیـز دارای محـدودیتهایی مـی باشـد، زیـرا افـزایش بـیش از حـد آن باعـث کـم شـدن بـیش از حد گشـتاور خواهـد شـد کـه مطلـوب نمـی باشـد امـا در مـواردی کـه تغییـر سـرعت محـدودی مد نظر است با توجـه بـه سـادگی و ارزان قیمـت بـودن، تغییـر ولتـاژ ترمینـال موتـور بـه صـرفه اسـت. بـه دلیـل محـدودیت تغییـر ولتـاژ ترمینـال، اسـتفاده از درایوهـای دور متغیرهـای روش

V/f ثابت و VVVf (Variable Voltage Variable Frequency) ترجیح داده می شود. در روش اخیر ولتاژ و فرکانس تغذیه استاتور طوری تغییر داده می شودکه نسبت آنها همواره ثابت بماند این مقدار متناسب با شار استاتور می باشد و به این ترتیب از اشباع موتور و یا کاهش زیاد گشتاور جلوگیری خواهد شد و در عین حال سرعت نیز تغییر خواهد کرد. (منحنی B درشکل ۳) ، به طوری که برای رسیدن به سرعتی معادل حالت ولتاژ متغیر، ولتاژ به میزان کمتری کم می شود و در عوض فرکانس تغذیه موتور نیز کاهش می یابد. روش کنترل دور موتور ازطریق تغییر فرکانس نیز از لحاظ صرفه جویی در مصرف انرژی موتور مشابه روش v/f ثابت عمل می کند. در این روش نقطه تقاطع منحنی گشتاور موتور با محور سرعت به نقطه ای با سرعت کوچکتر از سرعت سنکرون منتقل می شود. در واقع قسمت خطی منحنی به سمت مبداء مختصات (سرعتهای کمتر) حرکت می کند، بدون اینکه در مقادیر گشتاور آن تغییری حاصل شود امروزه با پیشرفت تکنولوژی نیمه هادیها و سوئیچینگ ، روشهای جدید با سرعت پاسخ بسیار سریع و دقت بالا به منظور کنترل دور موتور بیان می شود که از آن جمله می توان به انواع روشهای کنترل برداری و DTC (Direct Torque Control) اشاره کرد در این روشها به منظور اعمال تغذیه مناسب برای موتور می توان از معکوس کننده های جریان (SI) یا معکوس کننده های ولتاژ (VSI) ، مدولاسیون پهنای باند (PWM) و ... استفاده کرد. انواع روشهای فوق تفاوتهایی در پیاده سازی دارند و در شرایط خاص و لحظه ای مثلا" تغییر بار یا بروز اغتشاش، دارای سرعت پاسخهای

متفاوتی هستند اما از لحاظ میزان صرفه جویی انرژی الکتریکی ماندگار یکسان عمل می کنند و در این پروژه کار کرد دائم پمپها و موتورهای القایی مورد نظر است.



شکل ۳- منحنی مشخصه گشت آور سرعت موتور در زمان طراحی و استفاده از شیر فلکه A و کنترل Vy ثابت B کنترل تغییر ولتاژ C، پمپ گریز از مرکز D

به جز تکنیک های فوق می توان از روش های دیگر نیز سود جست، از آن جمله می توان به تغییر مقاومت رتور سیم پیچی شده و یا استفاده از چند سیم پیچ استاتور اشاره کرد. دو روش اخیر تخریب گسسته ای از درایوهای سرعت متغیر ایجاد می کند روش تغییر مقاوت رتور نسبت به کوپلینگهای هیدرولیک ارجعیت دارند. اما در زمان افزایش مقاومت رتور، تلفات روتور افزایش یافته و میزان صرفه جویی انرزی های التکریکی موتور نسبت به درایوهای دور متغیر کاهش می یابد به این ترتیب این روش برای درایوهای با ضریب بار بالا اقتصادی می باشد. همچنین جاروبکهای واسلیپ رینگها، خود تعمیرات و نگهداری سنگین را ایجاب می کنند، ضمن این که قابلیت اطمینان موتور نیز کاهش می یابد این روش در کتاب BEI توصیه نمی شود.

همانطور که قبلا ذکر شده موتورها اکثرا برای ماکزیمم خروجی و تحت بدترین شرایط طراحی می شوند. به همین دلیل زمانی که در حالت عادی کار می کنند یا بار متغیری دارند، راندمان و ضریب توانشان کاهش می یابد. همچنین زمانی که کنترل دبی سیال عبوری از پمپ یا فن موتور توسط روشهای مکانیکی صورت می گیرد باز هم موتور تمام انرژی الکتریکی حالت عادی خود را مصرف و تبدیل به کار مکانیکی می کند. که این کار باعث افزایش توازن مصرفی می شود اما در زمان استفاده از درایوهای دور متغیر تمام دمیرها و یا شیرهای کنترل برداشته یا کاملا باز می شوند. بدین ترتیب هد مسیر عبور سیال کاهش یافته و راندمان افزایش می یابد. به این نکته نیز باید توجه داشت که شیرهای Throttling در تنظیم قلوی بالای ۸۰ الی ۹۰ درصد و کمتر از ۲۰ الی ۳۰ درصد دقت کمی دارند. این در حالی است که در موقع استفاده از درایو دور متغیر برای موتور، موتور قادر خواهد بود در رنج بسیار وسیعی از سرعت (حتی در سرعتهای بسیار پایین) با دقت خوبی کار کند همچنین سرعت پاسخ موتور با تغییرات سریع شرایط کار افزایش می یابد.

به علاوه با بهبود ضریب توان (البته با کمی افزایش هارمونیک) تلفات انرژی در کابلها و ترانسفورماتورهای تغذیه کاهش می یابد. قابلیت اطمینان نسبت به حالتی که از شیرهای Throttling و دمپرها استفاده می شود، به خصوص در مواقعی که شیرها شدیدا" غیرخطی کار می کنند، افزایش می یابد و به دلیل جدا شدن موتورها از ولتاژ خط تغییرات ولتاژ و عدم تعادل فازها باعث استرس موتور نمی شود. از دیگر مزایای

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ASD می توان به حفاظت ولتاژ و جریان آشکار سازی خطای زمین و اتصال سیم پیچ ها و اضافه جریان و تلفات میدان اشاره کرد، به علاوه ASD باعث بهبود عملکرد موتور می شود یعنی شتابگیری (مثبت یا منفی) را در زمان راه اندازی یا تطبیق سرعت نرم می کند، محدوده کار را افزایش می دهد به نحوی که کارکرد موتور در سرعتهای خیلی پائین نیز مهار می شود و ضریب قدرت را تصحیح و گشتاور راه اندازی و شکست را کاهش می دهد. با اضافه کردن ASD به تغذیه موتور، راندمان سیستم در بارهای کم، نسبت به روش شیرهای فشار شکن افزایش می یابد. البته باید به این نکته توجه داشت که موتور به طور بهینه برای کار در شرایط نامی خود طراحی شده است و قسمتهای الکترونیکی به کار رفته با واحدهای کنترل و سوئیچینگهای قدرت در درایو باعث افزایش تلفات می شوند، به طوری که در بار نامی سرعت ۳ الی ۴ درصد زیر سرعت نامی موتور خواهد بود و راندمان ۹۳ تا ۹۴ درصد کاهش خواهد یافت اما خوشبختانه میزان افزایش راندمان در بارهای کم بیش از کاهش راندمان در سرعتهای حول نامی می باشد.

۵. مقایسه نتایج حاصل از روشهای مختلف کنترل دبی سیال :

به منظور بررسی و مقایسه روشهای کنترل شیر فلکه و کنترل به روش ولتاژ متغیر و v/f ثابت، نرم افزار صنعتی شبیه ساز الکترو پمپ گریز از مرکز تهیه شده که مشخصات موتور، پمپ ولتاژ و فرکانس اعمال شده به موتور و دبی عبوری از پمپ (Q0 که ممکن است متفاوت از دبی طراحی باشد) را به عنوان ورودی گرفته ، پس از

تحلیل ریاضی و حل معادلات برنامه نتایج شبیه سازی را برای تحلیل مختلف به عنوان خروجی می دهد. در تحلیل اول، مقادیر دبی، سرعت، گشتاور، توان مکانیکی، الکتریکی، راندمان و متغیرهای الکتریکی موتور را در طراحی اولیه پمپ و با مقادیر نامی ولتاژ و فرکانس محاسبه می کند در تحلیل دوم میزان کاهش ولتاژ استاتور برای عبور دبی معادل Q0 از پمپ را محاسبه می کند . در این حالت نیز تمام پارامترهای ذکر شده در فوق به عنوان خروجی داده می شود. در بخش سوم این تحلیل میزان کاهش ولتاژ و فرکانس در صورت استفاده از درایو در متغیر به روش v/f ثابت ، به منظور عبور Q0 ، محاسبه می شود. در این بخش ، این سه تحلیل برای مجموعه پمپ و موتوری که مشخصات آن در جداول (1) , (2) موجود می باشد انجام شده است تا دور موتور به میزان مناسب کاهش یابد. همانطور که قبلا" توضیح داده شد در تغییرات دبی با استفاده از شیر فلکه، از دید موتور گرداننده، پمپ، توان الکتریکی مصرفی تغییری نخواهد کرد. در این حالت دبی عبور از پمپ ۴۵٪ متر مکعب در ثانیه، توان مکانیکی برابر 7530/8 و توان الکتریکی مصرفی برابر 8261/7 وات و راندمان موتور 91/09 درصد می باشد (راندمان پمپ به صورت ثابت برابر با ۸۵ درصد در نظر گرفته شده است) با توجه به توضیحات بخشهای قبل، این میزان توان درحالی که از روشهای کنترل دور استفاده می شود کمتر خواهد شد مطابق جدول (3) اگر فرضا" فرایند به ۹۹ درصد دبی نامی نیاز داشته باشد، سرعت موتور باید از ۱۴۲۵ به ۱۴۱۹ دور بر دقیقه کاهش یابد، در صورت استفاده از شیرفلکه توان مکانیکی و الکتریکی تغییر نخواهند کرد. اما

در هر دو روش کنترل دور (ولتاژ، متغیر، V/F ثابت)، توان مکانیکی موتور 2/9 درصد کاهش خواهد یافت و توان الکتریکی مصرفی در حالت تغییر ولتاژ حدود 1/67 درصد و با استفاده از روش V/F ثابت 1/26 درصد کم می شود به نظر می رسد که درتغییرات کم دبی، استفاده ازروش تغییر ولتاژ ترمینال به صرفه خواهد بود اما اگر دبی سیکل ۱۰ درصد کم شود در جدول (4) توان مکانیکی در هر دو روش دور متغیر 26/73 درصد نسبت به زمان استفاده از کنترل ولو کاهش می یابد. توان الکتریکی درروش تغییر ولتاژ 15/19 درصد کم می شود و با استفاده از درایو V/F ثابت این میزان به 24/7 درصد می رسد، به علاوه راندمان موتور نسبت به روش تغییر ولتاژ بهبود بسیار چشمگیری دارد که علت آن در افت کمتر ولتاژ ترمینال می توان جستجو نمود. ملاحظه می شود که اگر از روش تغییر ولتاژ استفاده شود، ولتاژ باید 43/58 درصد کاهش یابد و در صورت استفاده از ASD ولتاژ تنها 10/4 درصد باید کم شود.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

جدول (۱) پارامترهای طراحی موتور.

تعداد قطب	اندوکتانس مغناطیس‌کنندگی (H)	اندوکتانس روتور (H)	اندوکتانس استاتور (H)	مقاومت روتور (اهم)	مقاومت استاتور (اهم)	فرکانس	ولتاژ فاز استاتور (ولت)
۴	۰/۰۶۹۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۸۱۶	۰/۴۳۵	۵۰	۲۲۰

جدول (۲) پارامترهای طراحی پمپ.

تعداد پره‌ها	دور پمپ (دور بر دقیقه)	هد طراحی پمپ (متر)	دبی طراحی پمپ (مترمکعب بر ثانیه)
۷	۱۴۲۵	۵	۰/۰۴۵

جدول (۳) تغییرات متغیرهای الکتریکی و مکانیکی موتور و پمپ به ازای تغییرات دبی ۰/۳۵ و ۱ درصد به منظور مقایسه دو روش تغییر ولتاژ و V/f ثابت.

درصد کاهش دبی (درصد)	-۰/۳۵		-۱	
روش کاهش دبی	ولتاژ متغیر	ASD	ولتاژ متغیر	ASD
میزان دبی عبوری (مترمکعب بر ثانیه)	۰/۰۴۴۸	۰/۰۴۴۸	۰/۰۴۴۵۵	۰/۰۴۴۵۵
دور موتور (دور بر دقیقه)	۱۴۱۹	۱۴۱۹	۱۴۱۱/۰۸	۱۴۱۱/۰۸
ولتاژ ترمینال استاتور (ولت)	۲۱۰/۹۸	۲۱۹	۲۰۰/۹۱۹	۲۱۸
کاهش ولتاژ (درصد)	-۴/۱	-۰/۴۵	-۸/۶۷	-۰/۹۱
فرکانس (هرتز)	۵۰	۴۹/۸۴	۵۰	۴۹/۵۲
کاهش فرکانس (درصد)	-	-۰/۳۳	-	-۰/۹۶
توان مکانیکی پمپ (وات)	۷۴۳۴	۷۴۳۴	۷۳۱۲/۱۴	۷۳۱۲/۱۴
کاهش توان مکانیکی (درصد)	-۱/۳۵	-۱/۳۵	-۲/۹	-۲/۹
توان مصرفی موتور (وات)	۸۲۰۷/۵	۸۲۱۵	۸۱۳۱/۷	۸۱۶۳/۱
کاهش توان مصرفی موتور (درصد)	-۰/۷۵	-۰/۶۳	-۱/۶۷	-۱/۲۶
راندمان (درصد)	۹۰/۶	۸۸/۸	۸۹/۹	۸۹/۶

جدول (٤) تغییرات متغیرهای الکتریکی و مکانیکی موتور و پمپ به‌ازای تغییرات دبی ۵، ۱۰ و ۲۵ درصد به‌منظور مقایسه دو روش تغییر ولتاژ و V/f ثابت.

درصد کاهش دبی (درصد)	-۵		-۱۰		-۲۵	
روش کاهش دبی	ولتاژ متغیر	ASD	ولتاژ متغیر	ASD	ولتاژ متغیر	ASD
میزان دبی عبوری (مترمکعب بر ثانیه)	۰/۰۴۲۷۵	۰/۰۴۲۷۵	۰/۰۴۰۵	۰/۰۴۰۵	۰/۰۳۳۷۵	۰/۰۳۳۷۵
دور موتور (دور بر دقیقه)	۱۳۵۴/۰۶	۱۳۵۴/۰۶	۱۲۸۲/۸	۱۲۸۲/۸	۱۰۶۹	۱۰۶۹
ولتاژ ترمینال استاتور (ولت)	۱۵۴/۳۷	۲۰۹	۱۲۴/۱۱	۱۹۷	۸۲/۵۲	۱۶۳
کاهش ولتاژ (درصد)	-۲۹/۸۳	-۵	-۴۳/۵۸	-۱۰/۴	-۶۲/۵	-۲۵/۹۱
فرکانس (هرتز)	۵۰	۴۷/۴۶۶	۵۰	۴۴/۸۴۴	۵۰	۳۷/۰۷
کاهش فرکانس (درصد)	-	-۵/۰۶	-	-۱۰/۳	-	-۲۵/۸
توان مکانیکی پمپ (کیلووات)	۶۴۷۳/۲۳	۶۴۷۳/۲۳	۵۵۱۷/۷	۵۵۱۷/۷	۳۲۲۱	۳۲۲۱
کاهش توان مکانیکی (درصد)	-۱۴/۰۴	-۱۴/۰۴	-۲۶/۷۳	-۲۶/۷۳	-۵۷/۲۳	-۵۷/۲۳
توان مصرفی موتور (کیلووات)	۷۴۲۰/۳	۷۳۴۵/۱	۷۰۱۳/۱	۶۲۲۱/۷	۵۲۶۴/۷	۳۵۸۰/۵
کاهش توان مصرفی موتور (درصد)	-۷/۸۵	-۱۱/۱۵	-۱۵/۱۹	-۲۴/۷	-۳۶/۸۳	-۵۶/۷
راندمان (درصد)	۸۵	۸۸/۱	۷۸/۹	۸۸/۷	۶۱/۲	۹۰

لازم به ذکر است که ولتاژ ترمینال موتور را نمی توان از حد مشخصی کمتر نمود ، زیرا حمل تلاقی مشخصه های موتور و پمپ به منطقه ناپایدار موتور منتقل می شود. در اینجا تنها به دلیل نشان دادن تفاوت بین دو روش ASD و ولتاژ متغیر، این محدودیت برای ولتاژ در نظر گرفته نشده است با توجه به نتایج جدول (3) ، در مواقعی که کاهش دبی بیش از ۵ درصد باشد درصد کاهش مصرف انرژی در تکنیک V/F ثابت، نسبت به تغییر ولتاژ افزایش چشمگیری می یابد و به همین دلیل در مواقعی که ضریب بار موتور کم باشد، استفاده از درایوهای دور متغیر پیشنهاد می شود.

۶ ارزیابی اقتصادی به کارگیری ASD

قبل از هر گونه پیشنهاد استفاده از درایوهای دور متغیر، باید یک ارزیابی اقتصادی در مورد هزینه خرید و نصب درایو و همچنین قیمت انرژی صرفه جویی شده توسط درایو، صورت گیرد. بدین منظور لازم است که ابتدا از پروفیل خروجی موتور مورد نظر برای نصب درایو اطلاع داشته باشیم، به عبارتی باید محاسبه کرد که فن یا پمپ مرتبط با موتور در چه مدتی از سال کار می کند و در چه زمانهایی چه مقدار بار دارد. به این ترتیب باید میزان انرژی صرفه جویی شده را محاسبه کرده و آنرا با هزینه خرید و نصب درایو دور متغیر محاسبه کرده و آن را با هزینه خرید و نصب درایو دور متغیر مقایسه کرد. اگر میزان سرمایه گذاری اولیه نسبت به انرژی صرفه جویی شده پس از گذشت یک سوم از عمر طرح قابل برگشت باشد استفاده ازدرایو دور متغیر منطقی است.

WikiPower.ir

نتایج

روشهای کنترل دبی از طریق ایجاد شیر مکانیکی در مسیر عبور سیال (Volve Control) و با کوپلینگهای هیدرولیکی باعث می شود تا مواقعی که به دبی کمتر نیاز است، موتور باز هم انرژی الکتریکی نزدیک به حالت بار کامل خود را صرف کند در صورتیکه با استفاده از روشهای مختلف با استفاده از درایوزهای دور متغیر و یا کاهش ولتاژ ترمینال استاتور از طریق تپ ترانسفورماتور بالای باس تغذیه موتور، می توان انرژی مصرفی موتور را متناسب با دبی مورد نظر کاهش داد. د رصورت اعمال روشهای

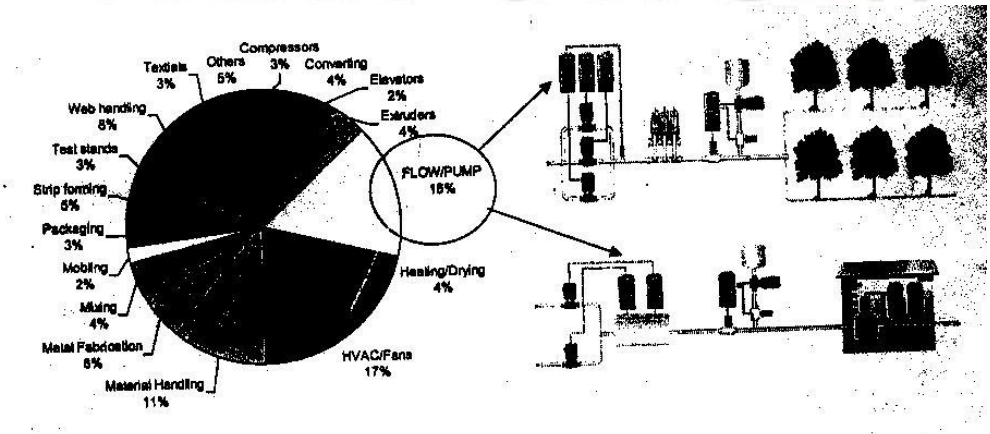
اخیر بر پمپهای بزرگ نیروگاهی از جمله پمپ آب تغذیه بویلر در سیکل بخار، می توان به میزان قابل توجهی از مصرف انرژی الکتریکی کاست. به منظور بررسی و مقایسه انرژی مصرفی موتور و پمپ در روشهای کنترل ولو، ولتاژ متغیر و ASD نرم افزار صنعتی شبیه ساز الکترو پمپ گریز از مرکز تهیه شده لازم به ذکر است که میزان کاهش مصرف انرژی الکتریکی موتور در تمامی روشهای مختلف درایوهای دو متغیر در حال ماندگار، تقریبا" یکسان است و به همین دلیل در شبیه سازی به روش V/F ثابت اکتفا شده است. روش تغییر دور موتور از طریق تپ ترانس تغذیه با توجه به محدودیت کاهش در ولتاژ ترمینال و همچنین افت شدید راندمان، برای دبی بالای ۹۹ درصد دبی نامی توصیه میشود. اما درایوهای دور متغیر، به دلیل اینکه در مقایسه با تکنیک تغییر ولتاژ، کاهش کمتری در ولتاژ تغذیه را لازم دارند و به علاوه راندمان و کاهش مصرف انرژی الکتریکی آن در مقایسه بالاتر است، برای مواردی که سیکل در اکثر مواقع احتیاج به دبی کمتر از ۹۹ درصد دبی نامی دارد، پیشنهاد می شود. البته قبل از استفاده از درایوهای دور متغیر باید بررسیهای اقتصادی مربوطه نیز صورت گیرد تا سرمایه گذاری اولیه حداقل پس از گذشت یک سوم عمر در نظر گرفته شده برای تجهیزات جبران شود.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مقدمه:

امروزه صنعت آب به جهت حفظ محیط زیست (استفاده بهینه آب) و بالا بردن کیفیت آب و همچنین مصرف بهینه انرژی الکتریکی در پروسه های آبرسانی نیاز به درگونی و مدرنیزه شدن دارد. لذا در این راستا استفاده از کنترل دورها بر روی پمپ ها در این صنعت رو به فزونی گذارده و در حال حاضر سهم حدود ۱۶٪ از فروش کنترل دورها را به خود اختصاص داده است.

WikiPower.ir



شکل1-نمونه ای از کاربرد کنترل دور در صنعت پمپ و درصد فروش کنترل دور در این صنعت

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شرکت وکن در زمینه ساخت کنترل دورها به صورت اختصاصی از سال ۱۹۹۳ تولید این محصول را شروع کرده و به جهت تخصصی بودن در این رشته راه حل های کاربردی و راه حل های پروسه ای ارائه داده است. راه حل پروسه ای آب صنعت استخراج آب، ذخیره و تصفیه و توزیع آن، جمع آوری فاضلاب و تصفیه آن و همچنین آبیاری مزارع و کشتزارها را در برمی گیرد. راه حل های کاربردی پمپ در تک تک فعالیت های این پروسه نقش مهمی را ایفا می کند و استفاده از کنترل دور وکن منافع ذیل را در سیستم تامین می کند:

۱- استفاده بهینه از انرژی الکتریکی و حفظ محیط زیست

۲- محافظت الکتریکی موتورها

۳- محافظت ضربه های فشار آب در شبکه لوله ها و ضربات قوچی به هنگام متوقف کردن پمپ ها

۴- کاهش شک های مکانیکی در پمپ ها

۵- کنترل پذیر شدن فشار در لوله ها از جهت تنظیم و پیوستگی تغییرات فشار

۶- کاهش جریان راه اندازی در شبکه های برق رسانی به ایستگاه های آب

۷- حذف سیستمهای کنترل و اصطلاح ضریب قدرت خط

۸- کاهش در تجهیزات مکانیکی شامل شیرهای قابل کنترل، مخازن و ساده شدن شبکه های لوله کشی

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۹- کاهش در استفاده از تجهیزات متعدد الکتریکی به جهت کنترل پروسه ها (حذف PLC و قابلیت انتقال داده های شبکه از طریق ارتباطات سری و اینترنت

۱۰- خدمات طراحی مهندسی و خدمات پس از فروش شرکتها با سابقه ۱۵ سال در صنعت کنترل دور و دارا بودن گواهینامه یک بین المللی خدمات پس از فروش از شرکت وکن و ارائه خدمات در سطح منقطه خاورمیانه.

در این پروژه به موضوع زیر توجه شده است:

الف) منحنی پمپ و سیستم و مباحث تاثیر دور متغیر در پمپ ها و روش های کنترل فلو

ب) مبحث محاسبه توان در روش های کنترل قلو

ج) کنترل دورها شرکت وکن و پرفورمنس های سخت افزاری و نرم افزاری آن

د) راه اندازی پمپ ها و مقایسه روش ها

س) راه حل های صنعت آب و فاضلاب

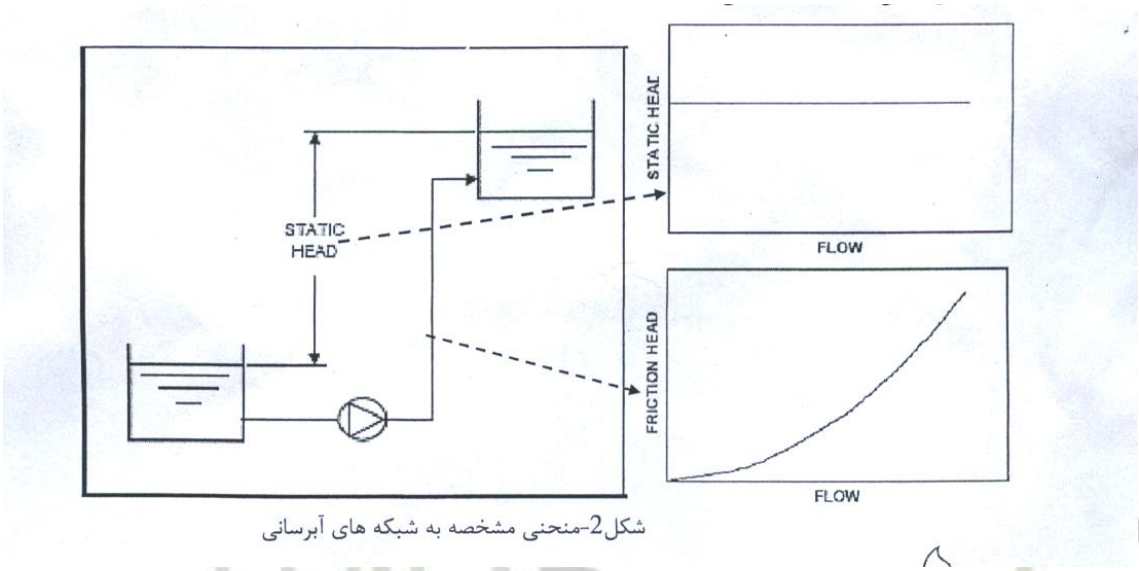
ش)راه حل های آبیاری مزارع

ر) برنامه های کاربردی پمپ در کنترل دورهای وکن

ز) برنامه محاسبه صرفه جویی انرژی

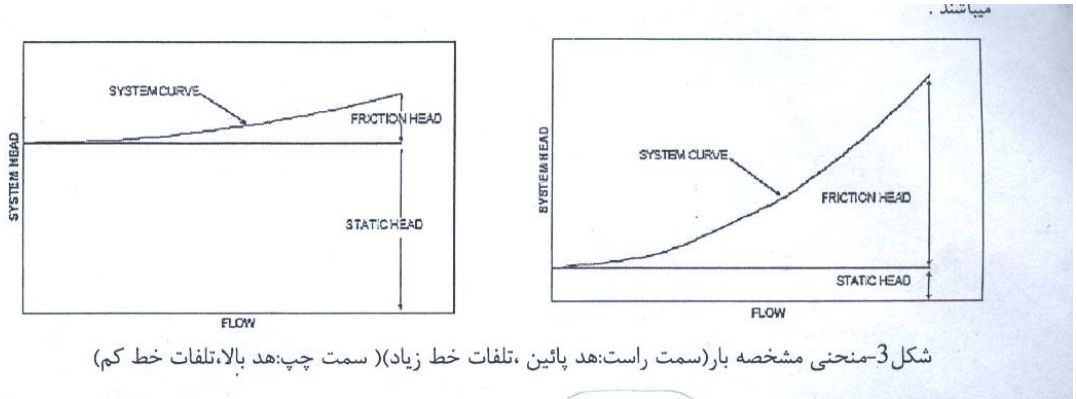
۱- مشخصه های سیستم پمپ و بار و طبقه بندی پمپ ها

منحنی مشخصه سیستم بار در شبکه های آبرسانی متشکل از هد (head) استاتیک و منحنی تلفات خط لوله و تجهیزات وساط می باشد در ذیل منحنی هداستاتیک و منحنی تلفات خط نشان داده شده است.



شکل2-منحنی مشخصه به شبکه های آبرسانی

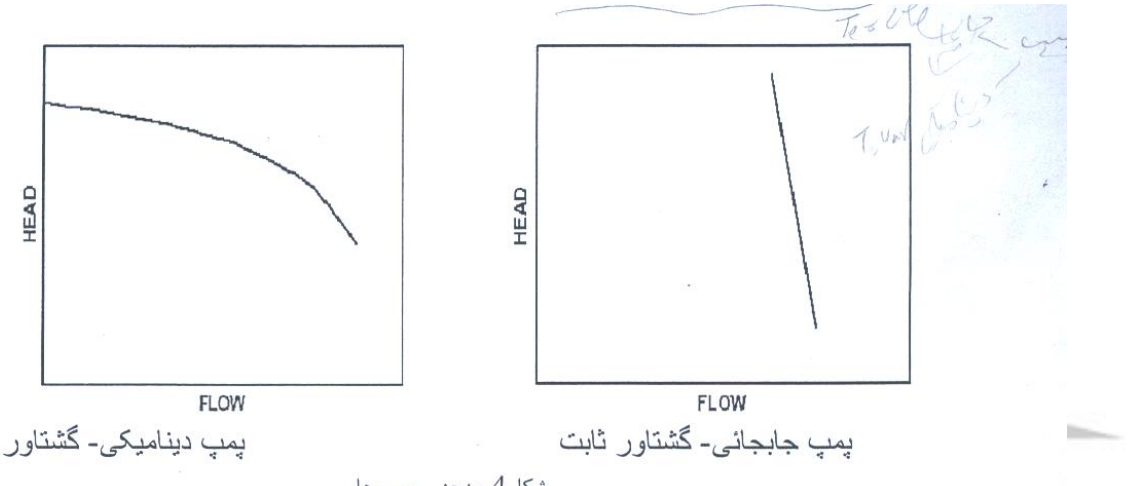
دو محور مختصات هد (Head) بر حسب متر (m) و فلو (Flow) بر حسب متر مکعب (m^3/s) بیان می گردند. منحنی مشخصه بارها معمولا با توجه به کاربرد به صورت ترکیبی از دو نوع منحنی فوق به فرم منحنی های سیستم نمایش داده شده در ذیل می باشند.



شکل3-منحنی مشخصه بار(سمت راست:هد پائین ،تلفات خط زیاد)(سمت چپ:هد بالا،تلفات خط کم)

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

پمپ ها نیز عموما به دوسته کاربردی پمپ های جابجایی (پمپهای رفت و برگشتی – پیستونی – گردشی – اسکرو – دیافراگمی) و پمپ های دینامیکی (تورپوپمپها – توربو پمپ سانتریفوژ – پمپ محوری – پمپهای محیطی) تقسیم می گردند. که پمپهای جابجایی با گشتاور ثابت و پمپهای دینمیکی با گشتاور متغیر شناخته می شود. منحنی پمپها در محورهای مختصاتی فلو و هد به فرمت ذیل می باشند.



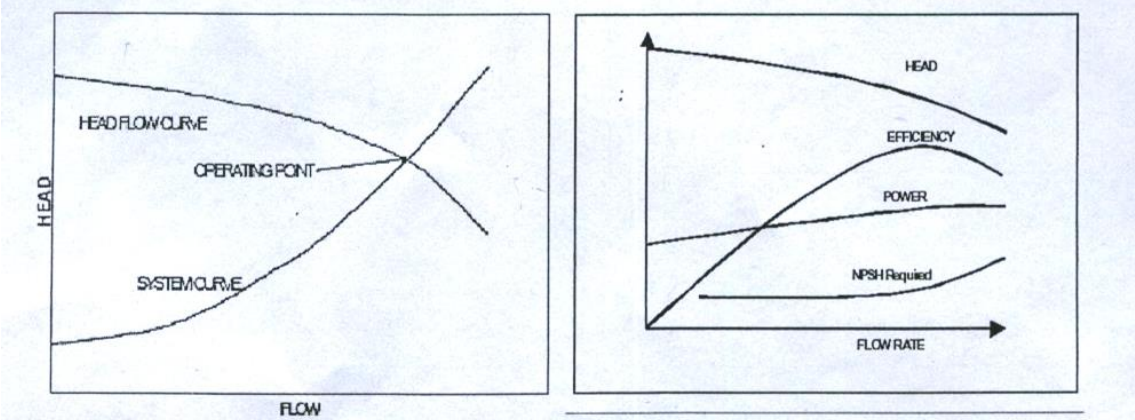
شکل 4-منحنی پمپ ها

دامنه کاربرد پمپهای دینامیکی در پروژه های صنعتی و دشاورزی و ابرسانی فوق العاده زیاد می باشد و معمولا این پمپ ها نیازهای این صنعت را از جهت دبی و هد (Head) پوشش می دهند.

۲- مشخصه پمپ های روتودینامیک

پمپ سانتریفیوژیا روتودینمیک وسیله ای دینامیکی جهت افزایش فشار مایع است. مایع به هنگام عبور از چرخ گردنده انرژی دریافت کرده و شتاب دهندگی پیرامون چرخ ناشی از سرعت آن تبدیل به فشار در مایع می گردد.

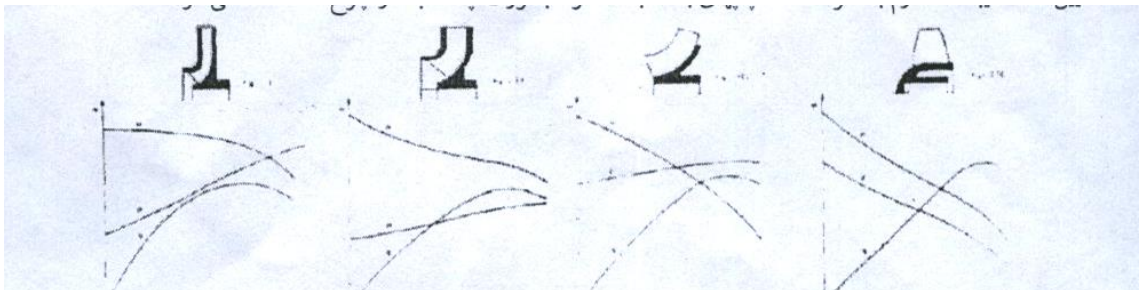
در صنعت پمپ این فشار به عنوان تولید کننده هد (Head) شناخته می شود و در منحنی های پمپ (منحنی مشخصه پمپ) دبی (Flow) در محور افقی و هد (head) در محور عمودی و نقطه کار پمپ با توجه به تلاقی منحنی مشخصه پمپ و منحنی بار که در مختصات داده می شود تعیین می گردد. نمونه ای از منحنی پمپ در تصویر سمت راست و همچنین مشخصات راندمان و توان و منحنی مشخص مکش پمپ (NPSH) در تصویر سمت چپ آمده است.



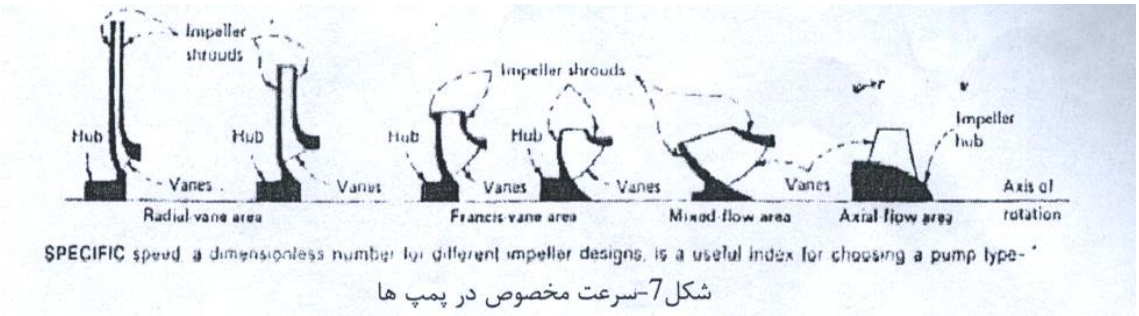
شکل5-منحنی پمپ های روتودینامیک

۳- تاثیر سرعت متغیر پمپ روی منحنی عملکرد ان

پمپ به عنوان تولید کننده هد براساس کاربردهای صنعتی دارای چرخ های با اشکال مختلف می باشد که نوع چرخ (impeller) و زوایای پره (vane) تعیین کننده سرعت مخصوص (nq) بوده و این پارامتر جهت دسته بندی پمپ ها در کاربرد هد بالا یا دبی بالا تعیین کننده می باشد. لازم به ذکر است که پمپهای هد بالا معمولا به صورت چند طبقه از چرخ ها استفاده می گردد.



برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل7-سرعت مخصوص در پمپ ها

پمپ های سانتریفوژ به جهت تبعیت از قوانین Affinity روابط ریاضی ذیل بر عملکرد آنها حاکم است.

$$Q \propto N$$

$$H \propto N^2$$

$$P \propto N^3$$

Q = Flow rate

H = Head

P = Power a bsordeb

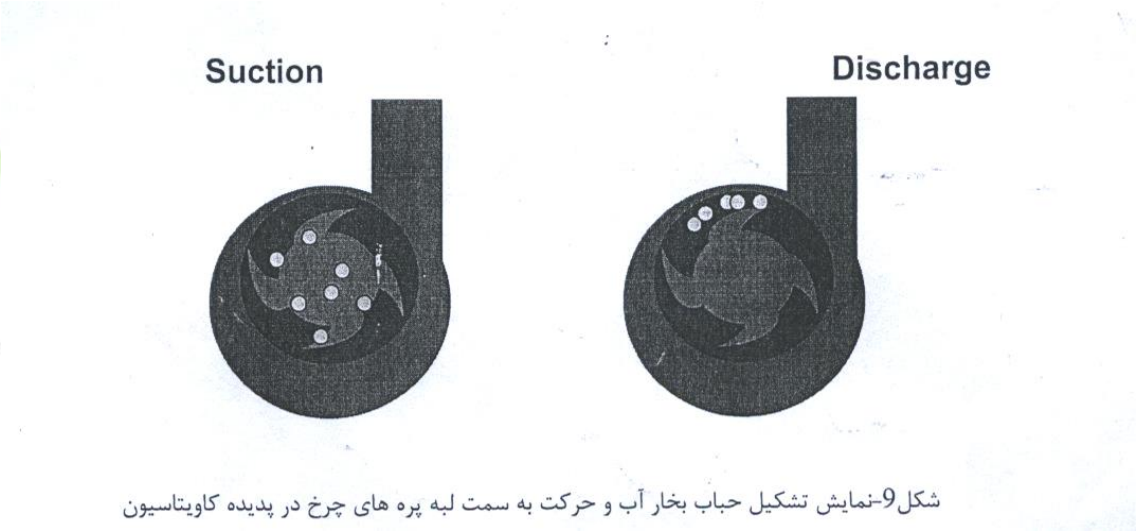
N = Rotating speed

Efficiency is essentially independent of speed

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

حرکت می کند. حال در فشار بالا اگر بخار تقطیر شود به علت کاهش حجم ذرات مایع اطراف این بخار سرعت فوق العاده ای حتی تا ۱۰ برابر پیدا کرده و به پرده ها برخورد می کنند و ایجاد تخلخل در پرده ها می کنند که این عمل را کاویتاسیون گویند.



شکل9-نمایش تشکیل حباب بخار آب و حرکت به سمت لبه پره های چرخ در پدیده کاویتاسیون

۱- خوردگی شدید پره ها

۲- افزایش نویز و لرزش در پمپ

۳- کاهش پرفرومنس پمپ ناشی از کاویتاسیون در نتیجه کاهش مقدار هد پمپ تا حدود ۳٪

مقدار عدد که فشار مکش پمپ از حد فشار تبخیر آب تجاوز می کند با منحنی NPSH (Net Positive Suction Head) در پمپ ها معرفی می گردد. لازم به ذکر

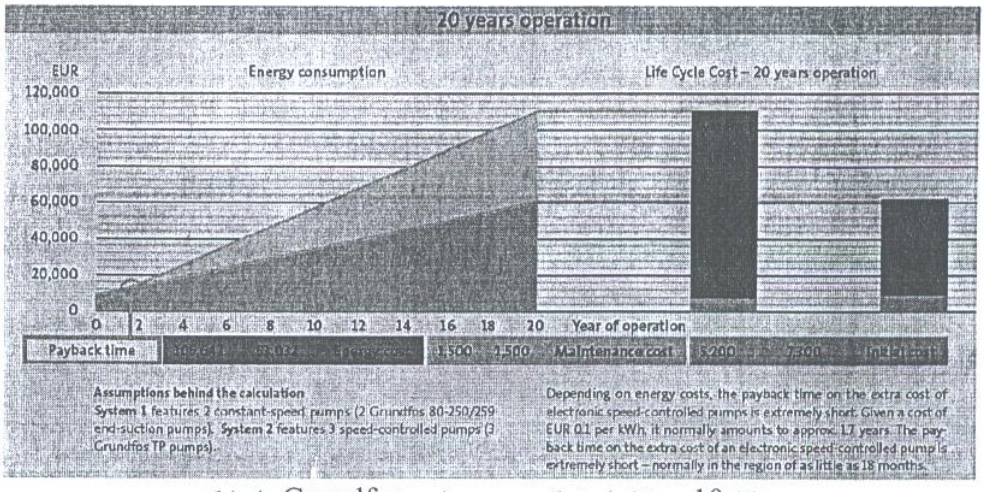
است که مقدار NPSH مورد نیاز (NPSH Required) که در پمپ ها کاویتاسیون اتفاق نیافتد متناسب با توان دوم سرعت می باشد.

توجه مهم و اساسی در منحنی های NPSH به هنگام استفاده از دور متغیر آنست که NPSH در دور حدود صفر به سمت صفر تمایل پیدا نمی کند و مقدار مینیممی دارد که بدین جهت نمی بایست پایین تر از این سرعت کار کند.

۵- نیازهای عملیاتی پمپ ها

پمپ ها به دلیل نیاز عملیاتی متغیر بودن فلو و یا فشار در شرایط کاری مختلف معمولاً به صورت OVER SIZE طراحی می شوند و این مسئله باعث کارکرد آنها در نقاط کاری با راندمان پایین می باشد و از آنجائیکه هزینه های مربوط به دوره طول عمر پمپ ها شامل تعمیرات و نگهداشت حدود 2-5% و 90% هزینه های مربوط به مصرف انرژی آنها می شود .

اهمیت بهینه سازی مصرف برق مشهود می باشد . در منحنی زیر در طول یک دوره بیست ساله (LCC) هزینه های System 1 که پمپ بدون درایو بوده و هزینه های System 2 که پمپ با درایو می باشد ملاحظه نمائید .



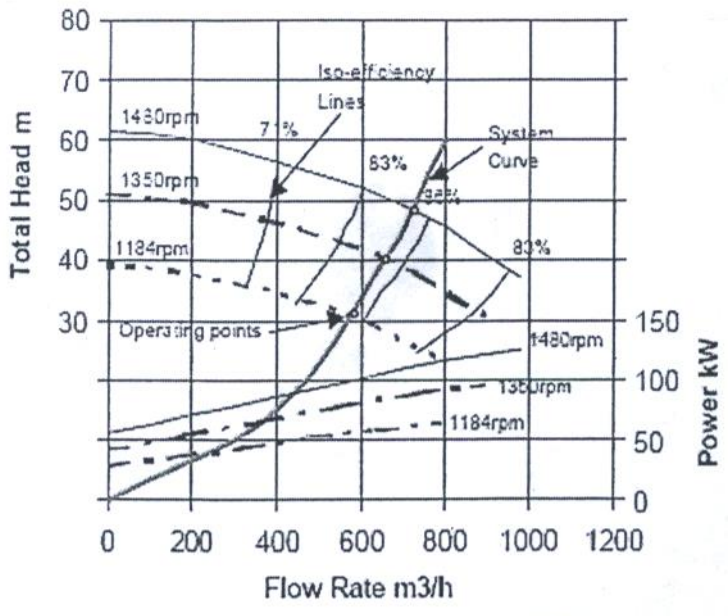
شکل10-به نقل از شرکت پمپ سازی Grundfos دانمارک

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

همانطور که در شکل فوق مشاهده می کنید هزینه های این پمپ ها با درایو حدود 60/000 یورو و بدون درایو حدود 115/000 یورو می باشد .

۶- راندمان پمپ :

در این بخش دو نوع از منحنی های سیستم با منحنی پمپ با دور متغیر به منظور مشاهده راندمان پمپ ها به هنگام استفاده از کنترل دور موتور توضیح داده می شود در منحنی اول فرض بر آن است که بار سیستم پمپ کلاً تلفاتی بوده و پمپاژ در هد استاتیک صفر می باشد .

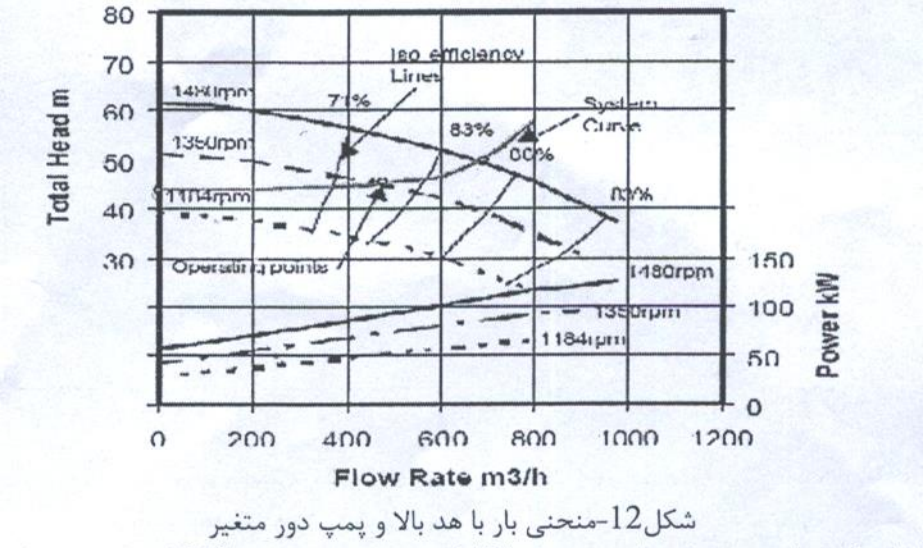


شکل 11-منحنی سیستم تلفاتی و پمپ دور متغیر

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

همانطوریکه در این شکل مشاهده می کنید با تغییر سرعت پمپ از دور 1480 دور بر دقیقه تا دور 1184 دور بر دقیقه درراندمان تغییری ایجاد نمی شود و حدود 85% می باشد .

در منحنی دوم بار (System Curve) بصورت تلفاتی با هد استاتیک بالا است .



شکل12-منحنی بار با هد بالا و پمپ دور متغیر

WWW.WIKIPOWER.IR

دراین حالت همانطوریکه مشاهده می نمایید با تغییر ۱۴۸۰ دور بر دقیقه تا حدود ۱۲۵۰ دور بر دقیقه راندمان پمپ حدود 4% کاهش یافته است در ضمن نکته قابل تعمق دیگری که در منحنی مشاهده می گردد این است که تغییرات جزئی سرعت تغییرات عمده دبی خروجی پمپ را ایجاد می کند و تا حدود 15% تغییرات در می توان رنج 50% تغییرات دبی داشته باشیم . توجه کنید در حالت قبل تغییرات دور در دامنه وسیعتری می توانست تغییرات دبی فوق را داشته باشد .

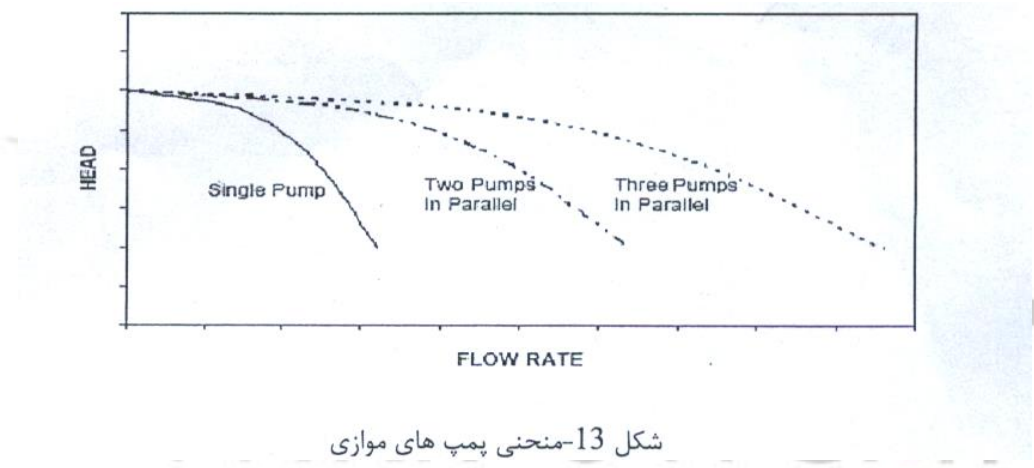
همچنین همانطوریکه مشاهده می کنید در دور حدود ۱۱۰۰ دور پایین تر پمپ دیگر هد کافی جهت پمپ مایع در سیستم ایجاد نمی کند و راندمان پمپ و دامنه فلو صفر می گردد و در این صورت انرژی تنها به مایع منتقل می شود و مایع شدیداً گرم خواهد شد . توجه کنید که همواره بهترین روش کنترل دبی رگولاسیون سرعت بوده و از روش کنترل شیر بمراتب بازدهی بیشتری دارد چرا که پمپ در دور پایین تر علاوه بر صرفه جویی انرژی الکتریکی فشار هیدرولیکی روی چرخ پمپ (براساس پروفایل فشار در داخل کیس پمپ با توان دوم سرعت متناسب است) کاهش می یابد و همچنین نیروی روی بیرنگ کاهش یافته و عمر بیرنگ ها را افزایش می دهد . نکته حائز اهمیت دیگر اینکه در پمپ های روتودینامیک عمر بیرنگ ها متناسب با معکوس توان هفتم سرعت است . همچنین با کاهش سرعت لرزش و نویز کاهش یافته و عمر آبندی پمپ (Seal) افزایش می یابد .

با توجه به مطالب بالا این نتیجه نیز گرفته می شود که پمپ ها در سرعت بالاتر از سرعت نامی توان بالاتری جذب می کنند و همچنین استرس شفت و بارگذاری روی بیرنگ های آن بیشتر می شود بدین جهت همواره بخاطر داشته باشید که موتور پمپ می بایست در دور بالاتر از دور نامی کار نکنند . در مورد آبندی یا Seal پمپ ها در کاربرد دور متغیرها به جهت اینکه Seal مکانیکی مرسوم معمولاً در دور پایین مشکلی ندارند . دور میمیمی بر ایشان تعریف نمی شود و تنها در نوع Seal گازی می بایست دور محیطی چرخ از 5 m/s کمتر نشود .

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

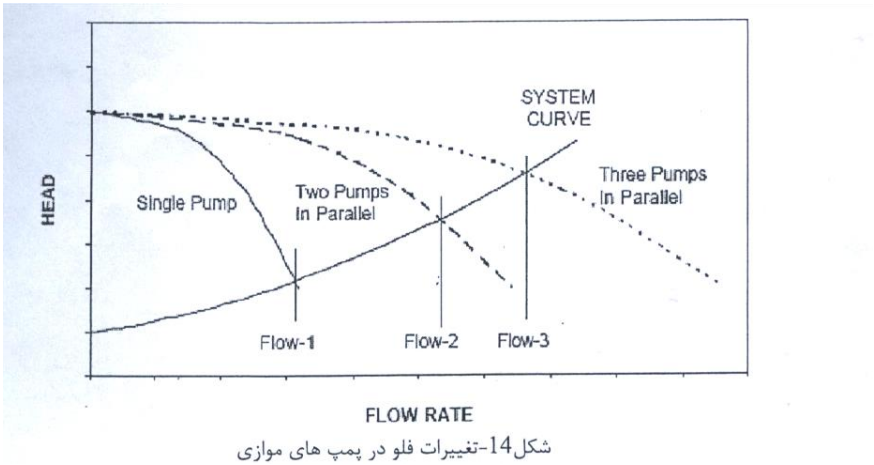
۷- پمپ های موازی

یکی دیگر از روشهای مؤثر مصرف انرژی در کنترل فلو مخصوصاً در سیستمهای که دارای هد استاتیک بالا هست نصب دو یا چند پمپ به صورت موازی است . در روشهای قدیمی معمولاً تغییرات در مقدار فلو بصورت خاموش و روشن کردن پمپ ها ایجاد می گردد منحنی تغییرات فلو و هد در ترکیب دو یا چند پمپ در شکل زیر نشان داده شده است :



شکل 13-منحنی پمپ های موازی

برای سیستمی که دارای هد بالا و تلفاتی است منحنی تلاقی بار سیستم با پمپ بصورت زیر است :



شکل14-تغییرات فلو در پمپ های موازی

همانطوریکه در منحنی فوق مشاهده می نمائید سه نقطه کار Flow 1 ، Flow 2 ، Flow 3 متناظر با شرایط کارکرد یک پمپ یا دو پمپ یا سه پمپ می باشد و بایستی توجه کنید که اندازه فلو برای سه پمپ سه برابر فلو یک پمپ نیست و تقریباً اگر منحنی سیستم تنها هد ثابت استاتیک باشد می تواند این امر محقق شود . در ضمن توجه نمائید که در حالت موازی کردن پمپها ممکن است نقطه کار یک پمپ به تنهایی در وضعیت قابل قبولی از جهت تأمین منحنی NPSHR نباشد .

۸- کنترل **ON/OFF** پمپ های موازی

دراین روش کنترل فلو پمپ ها بصورت ON/OFF کار می کنند و نیاز به مخزن ذخیره می باشد و این مخزن به جهت تأمین فلو دائمی سیستم به هنگام شرایط کارکرد پله ای می باشد . البته در این روش کنترل در نقطه کاری درخواستی چه به هنگام ON وجه به هنگام OFF قرار نمی گیریم بدین جهت هیچگونه صرفه جوئی انرژی نیز نداریم و قطع و وصل متناوب پمپها اثرات مخرب روی تجهیزات انتقال انرژی و گرما در موتور را ایجاد می نماید توجه کنید دفعات قطع و وصل می بایست منطبق با دستورات سازنده پمپ باشد .

همچنین در این روش تنها با داشتن منبع ذخیره می توان از مزیت زمان خاموش بودن در زمان تعرفه های کم هزینه های انرژِی الکتریکی در ساعات شبانه روز استفاده کرد و همچنین به جهت مینیمم کردن مصرف انرژی بهتراست در فلو کمتری نسبت به

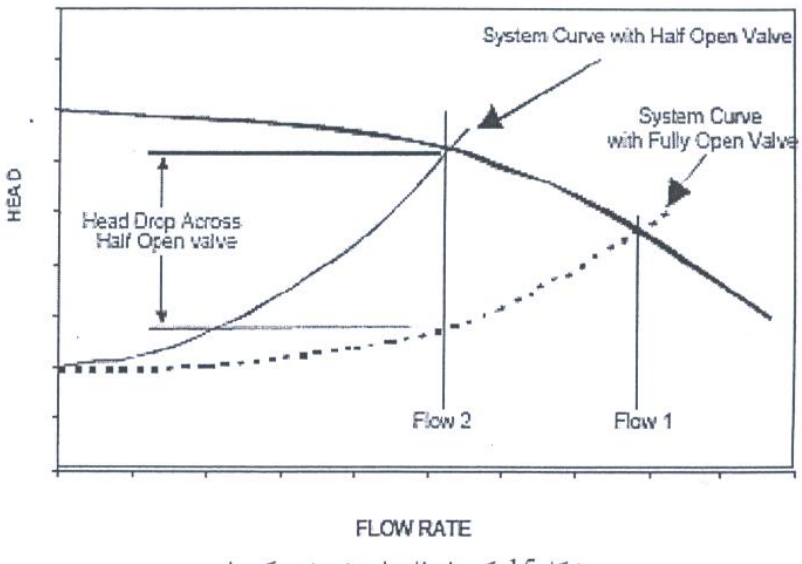
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

حد مجاز عمل پمپ را انجام دهیم چرا که تلفات در لوله ها کاهش می یابد و از پمپ های کوچکتری استفاده می کنیم برای مثال پمپ در نصف میزان فلو برای دو دفعه در یک پریود زمانی ، مصرف انرژی آن حدود ۱/۴ می گردد .

۹-۱ کنترل فلو با روش شیر کنترل

با این روش کنترل می توان پمپ را بصورت پیوسته روشن نگه داشت و تنها توسط باز و بسته کردن شیر فلو مورد نیاز را تنظیم نمود.

کنترل فلو دراین روش در دوحالت شیر باز و شیر نیمه بسته در منحنی فوق نمایش داده شده است وقتی که شیر را کمی می بندیم تلفات اضافی اصطکاکی که متناسب با مربع فلو می باشد اضافه می گردد .



شکل15-کنترل فلو با روش شیر کنترل

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در نقطه کار 2 FLOW اختلاف هد بین دو منحنی افت فشار روی شیر می باشد و انرژی بصورت تلفات مقاومتی روی شیر ظاهر می گردد . در کاربردهای عملی با کنترل شیر به دلیل تلف کردن انرژی روی این شیر هزینه های تعمیراتی شیر مخصوصاً خوردگی و آلودگی ذرات مایع روی آن و در نتیجه هزینه های زمان کارکرد شیر بالا است و همچنین راندمان سیستم به جهت اضافه کردن تلفات حرارتی کاهش می یابد .

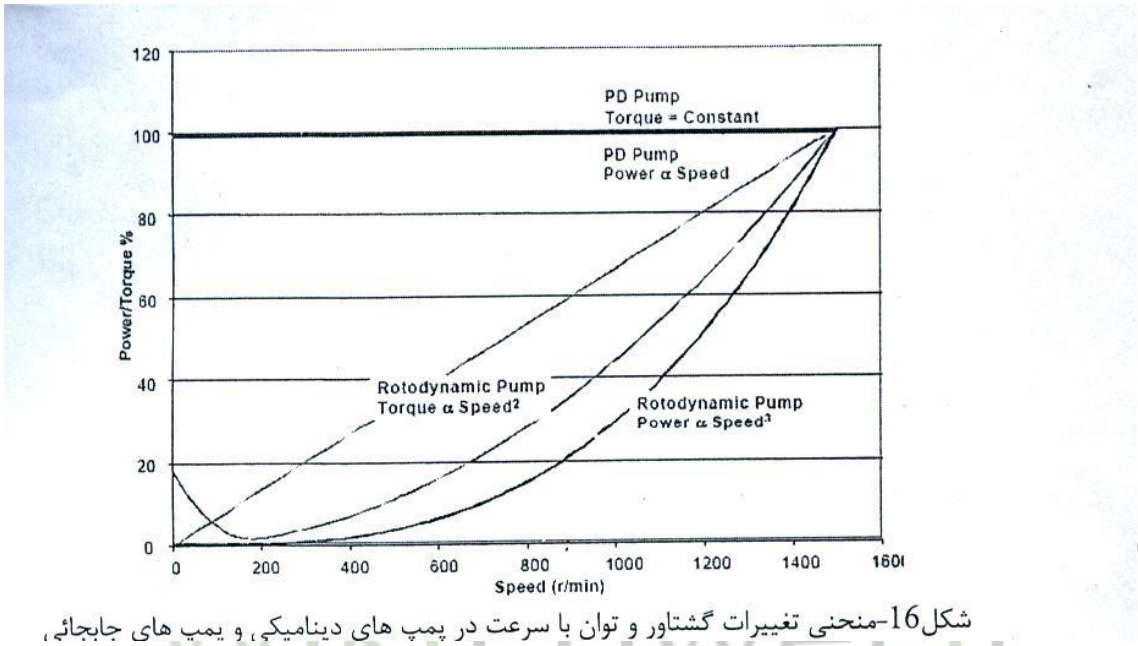
۹-۲ کنترل فلو با روش شیر Bypass

در این مدل کنترل پمپ به صورت دائم در ماکزیمم شرایط پروسه بوده و تنها یک شیر بای پاس از خط ورودی به خروجی اضافه می گردد بدین جهت با باز کردن این شیر فلو خط خروجی به جهت بازگشت مایع از مسی BY-PASS به ورودی را می توان کنترل نمود ، البته در این روش توسط ذخیره مایع در مخزن تغییرات درخواست فلو پروسه را تأمین می نماید و در صورت سر ریز شدن مخزن مجدداً این مایع به ورودی پمپ منتقل می گردد .

در این روش راندمان بهتری نسبت به روش قبل داریم و معمولاً به جهت کارکرد پمپ در ناحیه Safe همواره شیر بای پاس را کمی باز می گذاریم تا پمپ در فلو صفر کار نکند .

۹-۳ کنترل فلو توسط درایوهای دور متغیر :

در ایـــن روش بـــه جهـــت تبعیـــت درخواســـت گشـــتاور براســـاس قـــوانین افینیتـــی در پمپهای روتودینامیـک کـه گشـتاور متناسـب بـا تـوان دوم سـرعت و تـوان مصـرفی متناسـب بـا توان سوم سرعت می باشد . بطور مثال با کاهش سرعت صرفه جوئی

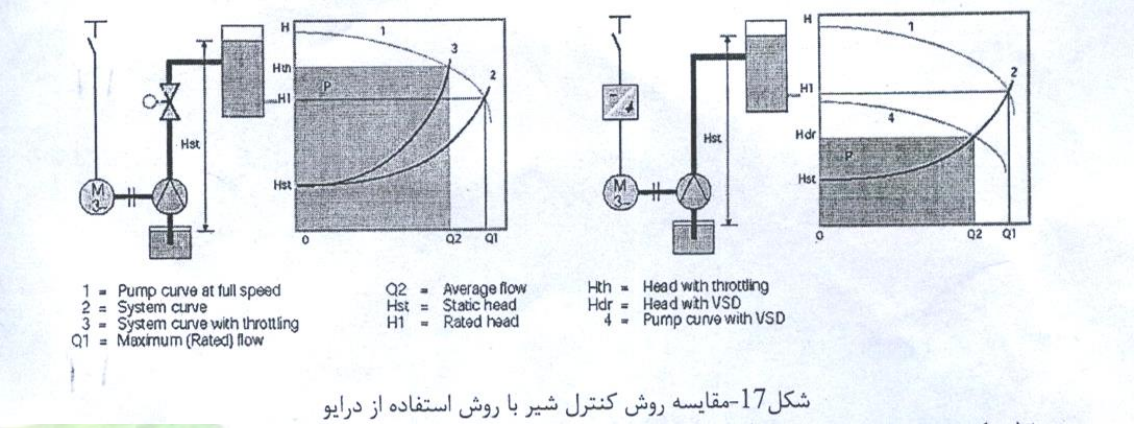


شکل16-منحنی تغییرات گشتاور و توان با سرعت در پمپ های دینامیکی و پمپ های جابجائی

انـرژی الکتریکـی قابـل توجـه ای حاصـل مـی گـردد بـا کـاهش 10% سـرعت پمـپ ، مصرف انرژی به حدود 70% سرعت نامی میرسد .

البتـه در شـکل فـوق منحنـی پمپهـای رفـت و برگشـتی یـا Positive Displacement نیز نشـان داده شـده اسـت کـه درایـن پمپهـا گشـتاور بصـورت ثابـت و تـوان مصـرفی بصـورت

خطی با سرعت متناظر است .



شکل17-مقایسه روش کنترل شیر با روش استفاده از درایو

همانطوریکه در منحنی سمت چپ ملاحظه می کنید منحنی شماره ۱ منحنی پمپ بوده و منحنی شماره ۲ منحنی سیستم بار به هنگام باز بودن شیر و منحنی شماره ۳ منحنی سیستم به هنگام بستن شیر جهت کاهش فلو از مقدار Q_1 مقدار Q_2 می باشد . توان مصرفی درپمپ ها متناظر با حاصلضرب دبی در هد بوده بنابراین مساحت مستطیل نمایش داده شده توان مصرفی P از شبکه برق می باشد .

حال به شکل دوم که در سمت راست می باشد توجه کنید ، در این شکل در ورودی سه فاز موتور درایو دور متغیر گذارده شده و شیر کنترل خروجی پمپ حذف گردیده است .

در ایـن شـکل بـه جهـت ثابـت بـودن منحنـی سیسـتم (منحنـی شـماره ۱) در دو حالـت هنگامیکـه پمـپ در سـرعت نـامی خودکـار مـی کنـد (منحنـی شـماره ۱) و هنگامیکـه پمـپ توسط درایو سرعتش کم شده است (منحنی شماره ۴) نشان داده شده است .

حال توان مصرفی (P) در ایـن حالـت بـا توجـه بـه مسـاحت تـوان نسـبت بـه شـکل چـپ قابل تعمق می باشد .

لازم به ذکر است که فرمول محاسبه توان مفید در پمپها بصورت زیر می باشد .

$$P = \rho.g.Q.H$$

ρ = جرم مخصوص (Kg/m^3)

H = هد یا ارتفاع (m)

Q = دبی (m^3/s)

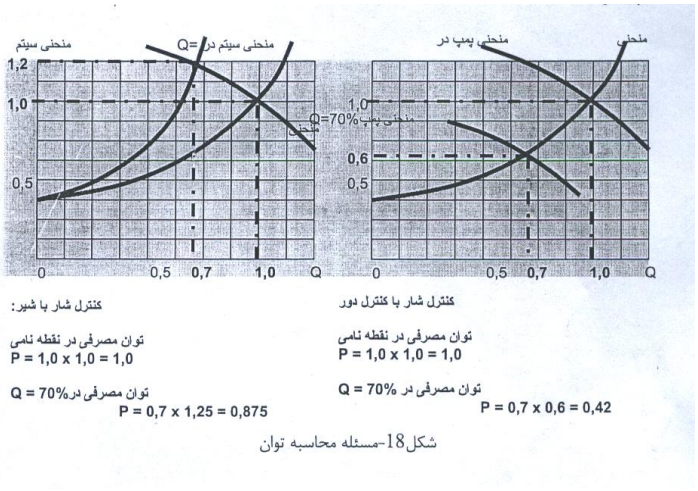
g = شتاب جاذبه (m/s^2)

WikiPower.ir

برای توضیح بیشتر راجع به کنترل فلو توسط دور متغیر به مثال زیر توجه نمائید .

مسـئله : تـوان مصـرفی را در دو حالـت کنتـرل فلـو توسـط درایـو دور متغیـر و کنتـرل فلو توسط شیر به هنگام کاهش 30% فلو محاسبه نمائید ؟

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل18-مسئله محاسبه توان

در شکل فوق منحنی سمت چپ با استفاده از روش کنترل فلو توسط شیر کنترل مصرف انرژی الکتریکی حدود 0.875 محاسبه شده است .

۱۰- آبیاری در مزارع (Irrigation)

امروزه کارشناسان این صنعت برای توسعه آبیاری و مصرف بهینه آب در مزارع به جهت حفظ محیط زیست نیازمند کنترل دقیق و باندازه آب می باشند . لذا استفاده از کنترل دور با مزایای ذکر شده در روشهای آبیاری ذیل قابل انجام می باشد :

۱- آبیاری پیوسته (Flood irrigation)

۲- روش آبفشانی (Sprinklers)

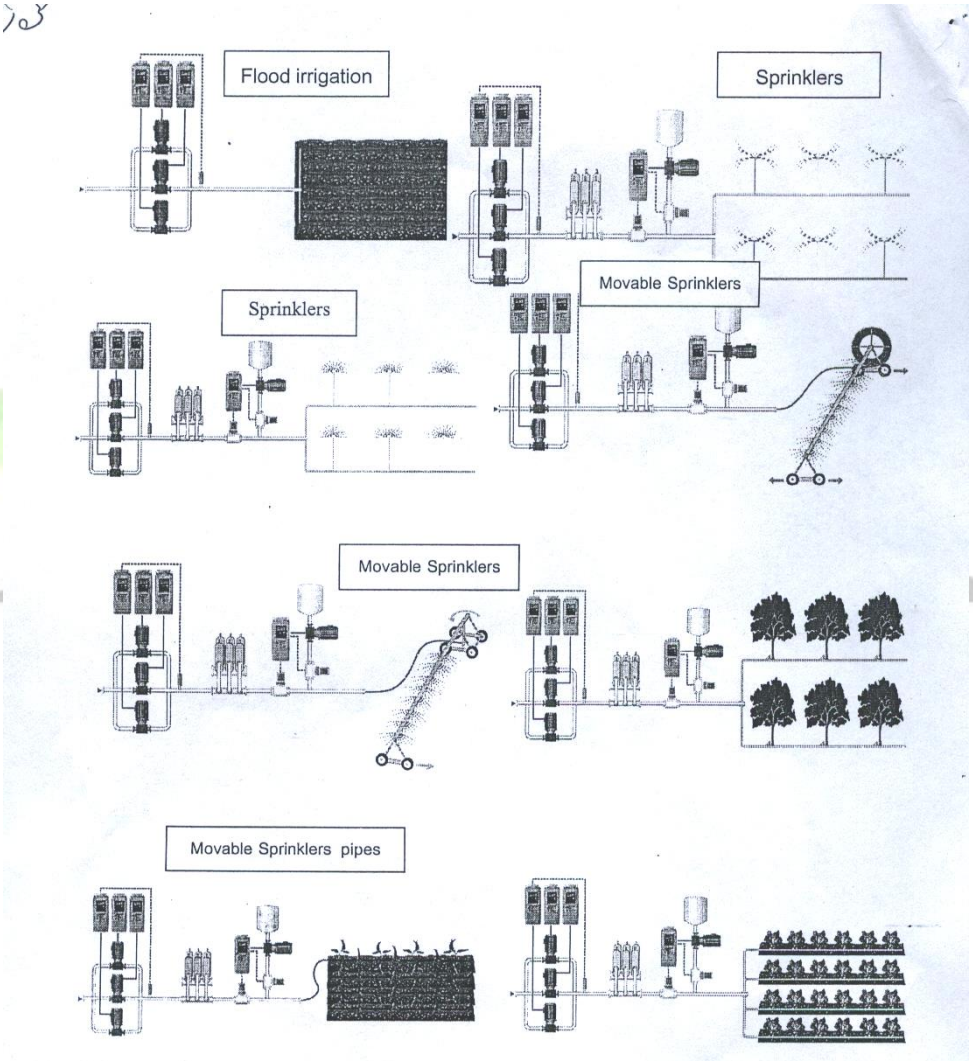
۳- روش آبفشانی متحرک (Movable Sprinklers)

۴- آبیاری قطره ای (Droppess)

۵- آبیاری لوله های منفذ دار متحرک(Movable Porous Pipes)

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در کلیه روشهای فوق در صورت نیاز به سیستم کود افشان (Fertilizers) اتوماتیک نیز به توسط کنترل دور قابل اجرا می باشد که در روش آبفشانی متحرک نمایش داده شده است .



شکل ۱۹- روشهای آبیاری

۱۱- روشهای مختلف استفاده از درایو برای کنترل پمپ

۱۱-۱ روش مالتی مستر Multi Master

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

دراین روش حداکثر سه درایو با هم کار می کنند . سه درایو سرعت و بار سه پمپ که بطور موازی کار می کنند را تنظیم می کنند . هر یک از این درایوها دارای یک کنترل کننده PID داخلی بوده و مقدار مرجع و فیدیک به هر یک از این سه درایو اعمال می شوند . در هر لحظه از زمان یکی از این سه درایو عمل رگولاسیون را بر عهده می گیرند .

هر درایو ممکن است در یکی از این سه مد زیر باشد :

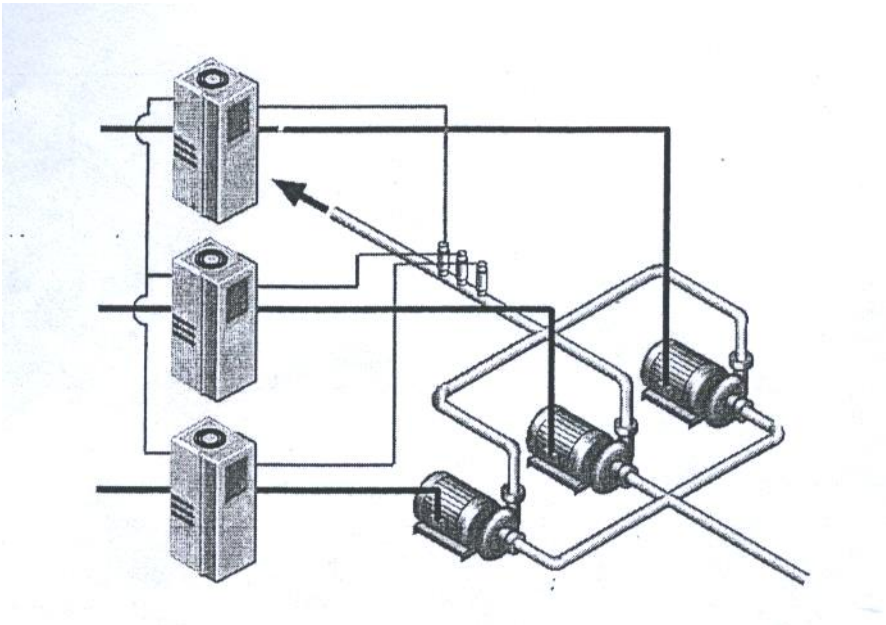
الف) رگولاسیون (Master) : عمل تنظیم فشار یا دبی را بر عهده دارد . درایو مستر درایوی است که در این مد قرار دارد . (در هر لحظه تنها یک درایو می تواند در این مد باشد)

ب) Standby : در این مد موتور درایو در وضعیت Stop بوده و در صورت نیاز می تواند به وضعیت رگولاسیون درآید .

ج) کار در سرعت متناظر با بار نامی .

تشریح کنترل در روش مالتی مستر

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

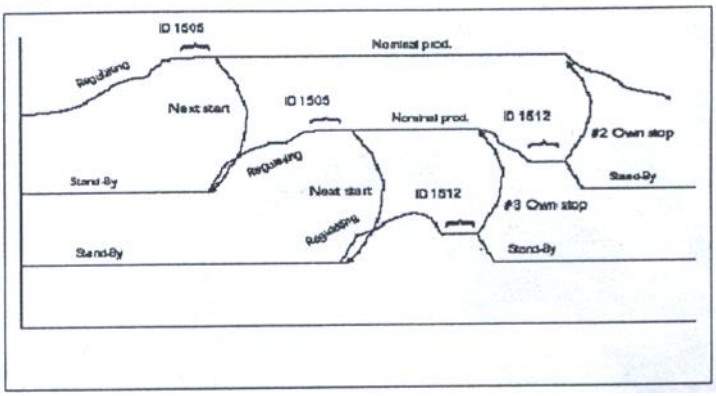


شکل ۲۰-کنترل مالتی مستر

در هنگام تنظیم فشار توسط یک درایو ، کنترل کننده PID با حس کردن افزایش بار با افزایش سرعت پمپ بار مورد نیاز را تأمین می نماید مگر اینکه سرعت پمپ به مقدار نامی اش رسیده باشد و هنوز بار مورد نیاز تأمین نشده باشد .

در این حالت سرعت پمپ در مقدار نامی اش قفل شده و عمل تنظیم را درایو بعدی (اولویت دوم) بر عهده می گیرد در هنگام رگولاسیون هرگاه درایو کاهش باشد درایو Stop شده به حالت Standby رفته و عمل رگولاسیون را درایو قبلی (اولویت قبل) که اکنون دربار نامی کار می کند ، به عهده می گیرد .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



WikiPower.ir

شکل ۲۱- رگولاسیون در برنامه مالتی مستر

در صورتی که درایو آخر (دو درایو دیگر در مد sleep باشند) برای مدت مشخصی (par2.1.17) ، به حداقل سرعت مجاز (برای پمپ) خود برسد و همچنان بار در حال کاهش باشد درایو به حالت خواب (sleep) می رود و در این وضعیت می ماند تا زمانی که بار افزایش یابد و در آن صورت به حالت بیدار شدن (Wake up) خواهد رفت .

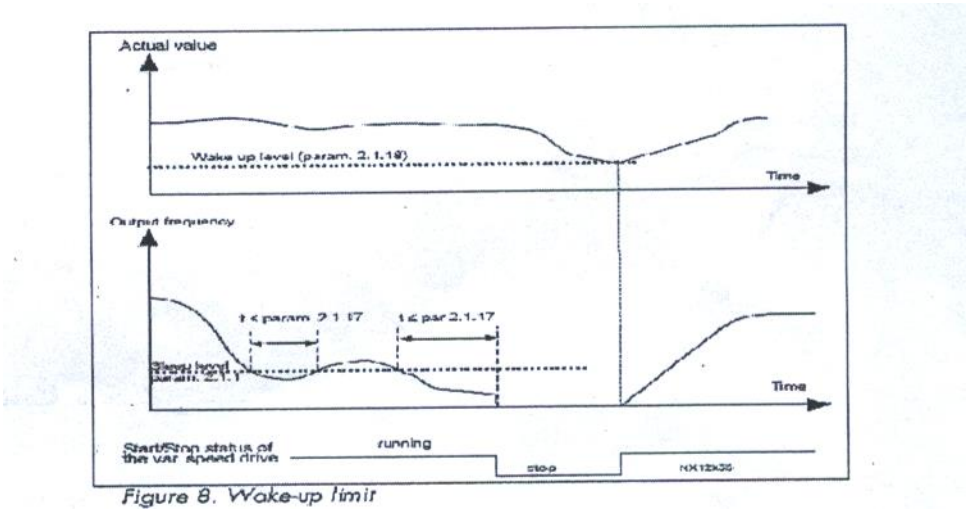


Figure 8. Wake-up limit

شکل ۲۲- نمودار Sleep و Wake-up در مالتی مستر

۲-۱۱ روش Multi Follower

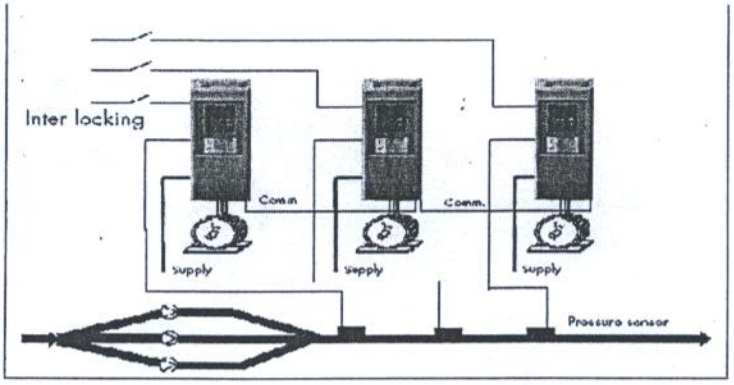
در این روش حداکثر سه درایو با هم کار می کنند . سه درایو سرعت و بار سه پمپ که به طور موازی کار می کنند . هر یک از این درایوها دارای یک کنترل کننده PID داخلی بوده مقدار مرجع و فیدبک به هر یک از این سه درایو اعمال می شوند . در هر لحظه از زمان یکی از این سه درایو عمل رگولاسیون را بر عهده می گیرند .

هر درایو ممکن است در هر یک از این سه مد باشد :

الف) رگولاسیون (Master) : عمل تنظیم فشار یا دبی را بر عهده دارد . درایو مستر درایوی است که در این مد قرار دارد . (در هر لحظه تنها یک درایو می تواند در این مد باشد)

ب) Standby : در این مد موتور درایو در وضعیت Stop بوده و درصورت نیاز می تواند به وضعیت رگولاسیون درآید .

ج) کار در سرعت متناظر با بار نامی .



شکل ۲۳- کنترل Multi Folower

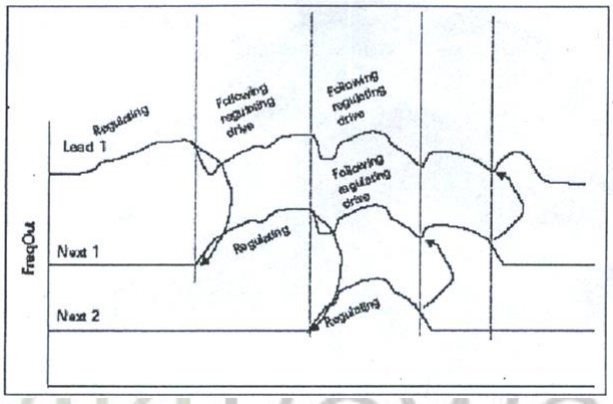
تشریح کنترل در روش **Multi Follower**

هنگامی که یک درایو در هنگام تنظیم سرعت کنترل دور براساس تقاضای بار بیش از ظرفیتش مواجه شود تقاضای START NEXT را بر روی خط ارتباطی بین درایوها قرار می دهد . در این هنگام درایو بعدی استارت شده عمل رگولاسیون را به عهده می گیرد و فرکانس مرجع خود را در خروجی آنالوگش قرار می دهد . درایو قبل که این مقدار را در ورودی آنالوگ خود می بیند سرعت خود را با آن تنظیم می کند . بدین ترتیب سرعت هر دو پمپ برابر شده و بار بین آنها تقسیم می شود . رگولاسیون بر عهده درایو دوم (مستر) است .

درصورتی که باز هم با افزایش بار مواجه شوند دوم (مستر) تقاضای NEXT START را روی خط ارتباطی قرار داده درایو سوم استارت شده عمل رگولاسیون را بر عهده می گیرد (درایو سوم مستر شده دو درایو دیگر پیرو خواهند شد) و سرعت دو

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

درایو پیرو با سرعت مستر برابر خواهد شد . چون در این روش همواره سرعت دو درایو تابع دیگر است به این روش Multi Follower می گویند . در هنگام کاهش بار هم در صورتی که درایو تنظیم کننده به حداقل سرعتش رسیده باشد Stop شده ، به مد Standby رفته و عمل رگولاسیون را به درایو با اولویت بالاتر می دهد . در صورتی که هر دو درایو دیگر در مد Stand by باشند . درایو به مد Sleep می رود .

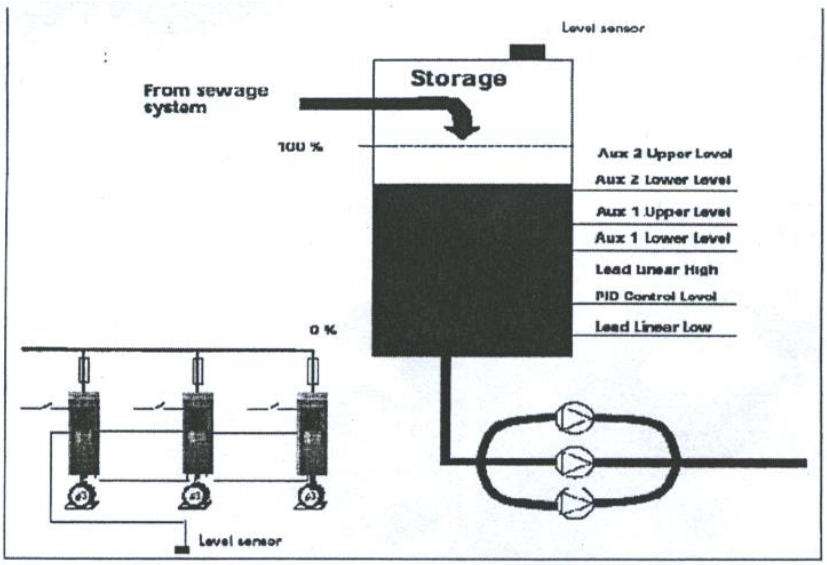


شکل ۲۴-منحنی رگولاسیون در برنامه Multi Follower

۳-۱۱ تشریح عمل کنترل در روش Advance Level Control

این روش قادر است تا سه درایو را که عمل پمپ از یک تانک ذخیره سازی را بر عهده دارند را کنترل کنند . در این روش یک پمپ عمل تنظیم سطح را بر عهده داشته و بقیه پمپ ها تنها هنگامی که این درایو با حداکثر توان خود قادر به حفظ سطح نباشد و سطح مایع به نزدیک لبه ها برسد وارد عمل می شوند و در این روش جریان مایع از تانک تا حد ممکن یکنواخت است مگردر حالتی که جریان ورودی از جریان خروجی

یک پمپ بیشتر بوده و فضای باقی مانده از تانک رفته رفته پر شود ، در این حالت پمپ های کمکی برای جلوگیری از سر ریز تانک استارت می شود .



شکل ۲۵-کنترل سطح در مخازن

نحوه عمل این برنامه کاربردی بدین صورت است که درایو اول سطح آب را کنترل می کند در این مرحله دو مد PID و مد خطی وجود دارد . در مد PID سرعت درایو را کنترل کننده تعیین می کند ولی در مد خطی سرعت درایو متناسب با سطح مایع است یعنی در load linear low با حداقل سرعت در load linear high با حداکثر سرعت کار میکند و ما بین این دو سطح سرعتی متناسب با سطح مانع است . تا به سرعت نهایی خود برسد اگر همچنان سطح مایع بالا باشد هرگاه مقدار سطح آب به مقدار از پیش تعیین شده Aux 1 lower level برسد درایو Aux 1 پمپ خود را به حرکت در می آورد مقدار سرعت می تواند یا حداکثر مقدار خود باشد و یا متناسب با سطح مایع به صورت خطی افزایش یابد (linear) یعنی در سطح Aux 1 lower level

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مقدار سرعت حداقل و در سطح از پیش تعیین شده Aux 1 Upper level سرعت حداکثر مقدار خود را داشته باشد . در بین دو مقدار هم سرعت به صورت خطی خطی مقدار خواهد داشت . چنانچه با حداکثر شدن سرعت پمپ دوم باز هم سطح مایع بالاتر رود و به حد Aux 2 lower level برسد درایو Aux 2 پمپ خود را به حرکت در می آورد تا سطح مایع پایین بیاید .

بدین جهت با توجه به سطح مایع درایو تانک این سیستم به صورت اتوماتیک عمل تخلیه را انجام می دهد . در ضمن برای اینکه بار را پمپ ها به طور مساوی بر عهده بگیرند قابلیت Auto Change نیز در برنامه پیش بینی شده است .

قابلیت Auto Change بدین معنی است که در این مد هر درایو برای مدت زمان مشخصی کار می کند پس از سر آمدن زمان تنظیمی خود به خود خاموش شده عمل رگولاسیون را تحویل یک درایو دیگر می دهد .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مقدمه

بحث انرژی از دو دیدگاه اقتصادی و زیست محیطی حائز اهمیت است . بهینه سازی مصرف انرژی به این معنی است که بتوان با استفاده از تجهیزات و یا مدیریت بهتر همان کار را ولی با مصرف انرژی کمتر انجام بدهیم .

صرفه جوئی انرژی می تواند با استفاده از تجهیزات بهتر نظیر : عایق بندی مطلوب ، افزایش راندمان سیستمهای حرارتی، و بازیابی تلفات حرارتی بدست آید از طرف دیگر اعمال مدیریت انرژی، بمنظور درک سیستمهای موجود و طریقه استفاده از آنها، میتواند در کاهش مصرف انرژی نقش مهمی داشته باشد. در سیاست گذاری انرژی باید سازمانها رویکرد سیستمی داشته باشند. برای مثال در بهینه سازی مصرف انرژی الکتریکی هدف تنها کاهش هزینه های انرژی یک یا چند الکتروموتور مشخص نیست، بلکه باید آثار اقدامات مورد نظر روی سایر سیستمها نیز بدقت مورد توجه قرار گیرد. در یک بنگاه اقتصادی صرفه جوئی انرژی میتواند موجب برتری رقابتی بنگاه گردد.

در اغلب بخشهای صنعتی انرژی الکتریکی مهمترین منبع انرژی صنعت بشمار می رود . از آنجا که موتورهای الکتریکی، مصرف کننده اصلی انرژی الکتریکی در کارخانجات صنعتی میباشند. لذا بهینه سازی مصرف انرژی در موتورهای الکتریکی که موضوع مقاله است از اهمیت ویژه ای برخوردار خواهد بود . برای درک اهمیت بهینه سازی مصرف انرژی به این مورد اشاره می کنیم که اگر راندمان موتورهای الکتریکی

القائی موجود در اروپا تنها به میزان ۱٪ افزایش یابد، هزینه مصرف انرژی الکتریکی به میزان ۱/۶ میلیارد دلار در سال کاهش خواهد یافت .

آمار منتشر شده از سوی وزارت نیرو نشان می دهد در سال ۱۳۷۳ ، ۳۸/۵٪ از کل انرژی الکتریکی مصرف شده در ایران توسط موتورهای الکتریکی بوده است[F1]. البته این میزان در کشورهای صنعتی تا ۶۵٪ می رسد و شاخص خوبی برای نشان دادن سطح صنعتی شدن یک کشور می باشد[10] . اهداف بهینه سازی مصرف انرژی را میتوان بصورت زیر بیان نمود:

- § استفاده منطقی از انرژی
- § حفظ منابع انرژی
- § اصلاح میزان مصرف انرژی در بخشهای مصرف کننده انرژی
- § کاهش گازهای گلخانه ای و آلودگی هوا
- § اصلاح وضعیت موجود
- § کسب برتری رقابتی در بنگاههای اقتصادی

می توان اقدامات مختلفی برای صرفه جوئی انرژی الکتریکی در الکتروموتورهای صنعتی بعمل آورد. در حالت کلی این اقدامات به دو دسته تقسیم میشود:

۱- اقدامات مربوط به طراحی موتور

۲- اقدامات مربوط به بهره برداری از موتورها

اقدامات مربوط به بهره برداری از موتورها را نیز میتوان به دو دسته تقسیم نمود:

۱- اقدامات روی موتور، نظیر تهویه، روغنکاری، و بارگذاری

۲- استفاده از درایو یا کنترل کننده دور موتور

در این مقاله نخست روشهای بهینه سازی مصرف انرژی در موتورهای الکتریکی را مورد بحث قرار می دهیم سپس کاربرد درایوها در کنترل موتورهای الکتریکی و تاثیری که آنها می توانند در صرفه جوئی مصرف انرژی بگذارند مورد بررسی قرار خواهد گرفت .

۱- مصرف انرژی در موتورهای الکتریکی

در سالهای اخیر بهینه سازی مصرف انرژی در صنایع بدلایل اقتصادی و زیست محیطی اهمیت بیشتری یافته و موجب شده است که اقدامات عملی گسترده ای در این زمینه بعمل آید. علی رغم اینکه یکی از بزرگترین مصرف کنندگان انرژی الکتریکی در بخش صنعت موتورهای الکتریکی می باشند ، لیکن در زمینه افزایش بازدهی مبدلهای انرژی الکتریکی به مکانیکی مستقر در صنایع اقدامات عملی چندانی بعمل نیامده است. بدیهی است که افزایش بازدهی محرک های صنعتی نه تنها از نظر اقتصادی مورد توجه استفاده کنندگان می باشد بلکه در برنامه‌ریزی انرژی در سطح ملی نیز حائز اهمیت است .

مطالعات انجام شده در صنایع ایران حکایت از وضعیت نابسامان انتخاب و بهره برداری از موتورهای الکتریکی دارد [F1]. بر اساس این تحقیقات اغلب موتورها بزرگتر از میزان نیاز انتخاب شده و در شرائط بدی نگهداشت میشوند. استفاده از

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

موتورهـای بـا رانـدمان بـالا در ایـران رایـج نبـوده و گـزارش مـوثری از اسـتفاده از درایـو جهـت صـرفه جـوئی انـرژی در دسـت نیسـت. کاربردهـای صـنعتی بسـیاری مـی تـوان یافـت که موتورها در بـازدهی بسـیار پـایین تـر از مقـدار حـداکثر قـرار دارنـد . بعنـوان مثـال در یکـی از کارخانجـات صـنعتی کشـورمان در یـک مـورد ، متوسـط تـوان مصـرفی در یـک موتـور القـائی سـه فـاز صـنعتی تنهـا ۲۸٪ تـوان نـامی انـدازه گیـری شـده اسـت [F1]. بـدیهی اسـت پـایین بـودن تـوان خروجـی، تـا ایـن حـد تـاثیرات منفـی قابـل تـوجهی بـر بـازدهی و ضریب توان موتور خواهد داشت .

از سـوی دیگـر دولـت نیـز نتوانسـته اسـت در تـرویج فرهنـگ اسـتفاده بهینـه از انـرژی الکتریکـی توفیقـات خـوبی داشـته باشـد. بعنـوان مثـال وزارت نیـرو و سـازمانهای وابسـته بـه آن که مشخصـا در زمینـه بهینـه سـازی مصـرف انـرژی الکتریکـی در سـطح کـلان عمـل میکنـد هنـوز در ارتبـاط بـا کـاهش مصـرف داخلـی نیروگاههـا اقـدام مـوثری بعمـل نیـاورده اسـت. در حالیکه پتانسیل صرفه جوئی انرژی الکتریکی زیادی در نیروگاهها وجود دارد.

۲- موانع در سیاست گذاری انرژی

در ایـران مـوانعی کـه سـر راه بهینـه سـازی مصـرف انـرژی الکتریکـی وجـود دارد را میتوان بصورت زیر دسته بندی نمود:

- سیاست دولت در پرداخت سوبسید به صنایع
- عدم آگاهی مدیران صنایع از روشهای صرفه جوئی انرژی الکتریکی
- ضعف دانش فنی مهندسین مرتبط با بهینه سازی مصرف انرژی

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

- نگرانی از ضریب اطمینان درایو و آثار منفی آن روی شبکه و موتور
- نداشتن یک رویکرد سیستمی در استفاده از موتورهای با راندمان بالا

۳- انتخاب موتور مناسب

موتورهای القائی سه فاز و یک فاز به دلیل تنوع مصرف در کاربردهای زیادی مورد استفاده قرار می گیرند. مشخصه های بارمکانیکی ناشی از کاربرد و مورد مصرف می باشد. بدیهی است موتور در صورتی می تواند بار مکانیکی متصل به آن را تامین کند که مشخصه عملکردی موتور منطبق بر مشخصه بار مکانیکی باشد .

۳-۱- تطابق موتور و بار ۱-۱-

همانطور که در بالا اشاره شد موتور و بار دارای مشخصه های خاص خود می باشند . منظور از تطابق بین موتور و بار انطباق بین مشخصه های موتور و مشخصه های بار متصل به محور موتور میباشد .

مشکل اصلی در صنایع کشور آن است که در اغلب موارد تطابق مطلوبی بین مشخصه های بار و موتور وجود ندارد. توان اغلب موتورها بیش از بار متصل به محور شان می باشد و با توجه به اینکه قیمت تمام شده موتور متناسب با توان آن می‌باشد، لذا بدیهی است انتخاب موتور با توان بیش از نیاز بار، علاوه بر افزایش هزینه اولیه موتور موجب افزایش سایر هزینه ها از قبیل کابل کشی و نصب و راه اندازی و تعمیر خواهد شد .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

از طرف دیگر در صورتیکه موتور انتخاب شده بزرگتر از حد لازم باشد در این صورت موتور در حالت بار کامل و یا نزدیک به بار کامل کار نکرده و لذا بازدهی آن پایین تر از مقدار حداکثر آن خواهد بود . و خود این امر اشکالات جدی در بهینه سازی مصرف انرژی ایجاد خواهد کرد .

در موتورهای القائی سه فاز در صورت کاهش میزان بازدهی موتور ، به ویژه به میزان کمتر از ۸۰٪ بار کامل ، شاهد کاهش قابل توجه در بازدهی موتور خواهیم بود . متاسفانه در اکثر موارد به این نکته توجه نشده و تنها تاثیر نامطلوب انتخاب موتور بزرگتر از حد لازم بر هزینه اولیه مورد توجه قرار می گیرد . در صورتیکه محاسبات انجام شده حاکی از آن است که تاثیر انتخاب نامناسب موتور بر هزینه های متغیر (هزینه اتلاف انرژی اضافی) قابل توجه و بمراتب بیش از افزایش هزینه ثابت اولیه می باشد .

WikiPower.ir

یک مثال این موضوع را روشن خواهد کرد :

مثال : فرض می کنیم برای انجام یک کار مکانیکی ، موتور القائی سه فاز با توان خروجی ۱۱۰ کیلو وات مناسب باشد و بجای آن موتور با توان ۱۳۲ کیلو وات انتخاب شود . اطلاعات زیر را مورد توجه قرار می دهیم :

- بازدهی موتور در بار کامل = ۹۴/۲٪
- بازدهی موتور در ۸۳/۳٪ بار کامل = ۹۲/۵٪
- طول عمر مفید موتور = ۱۵ سال
- ضریب کارکرد = ۰/۸

با انجام کمی محاسبات می توان نتیجه گرفت که مصرف انرژی در طول ۱۵ سال بمقدار ۹۳۷/۶۰۰ کیلو وات ساعت افزایش پیدا خواهد کرد. مطالب فوق این واقعیت را بیان می کند که انتخاب موتور مناسب به لحاظ اقتصادی حائز اهیمت فراوان بوده و لذا تطابق بین بار و موتور از اهمیت ویژه ای برخوردار است . انتخاب موتور بزرگتر از حداقل مورد نیاز به دلایل زیر غیر اقتصادی می باشد :

۱- با افزایش توان موتور قیمت آن یعنی هزینه اولیه افزایش می یابد .

۲- با افزایش توان موتور هزینه های نگهداری و تعمیرات آن افزایش می یابد .

۳- با افزایش توان موتور بدلیل پایین آمدن ضریب بار ، بازدهی موتور کاهش یافته و بدین ترتیب انرژی تلف شده افزایش می یابد .

۳-۲- موتورهای با راندمان بالا (Energy Efficient Motors)

گرچه قیمت موتورهای با راندمان بالا بیشتر از موتورهای استاندارد است، ولی در اغلب کاربردها استفاده از آنها کاملا اقتصادی است. مخصوصا در کاربردهائی که:

- مدت زمان روشن بودن موتور بیش از زمان خاموش بودن ان باشد
- مدت زمان روشن بودن موتور بیش از ۲۰۰۰ ساعت در سال باشد
- گشتاور بار نسبتا ثابت بوده و موتور بدرستی به بار تطبیق شده باشد.

استفاده از موتورهای با راندمان بالا توصیه میشود. بارهائی چون میکسرها، نقاله ها و فیدرها از این نوع هستند. اهمیت موضوع وقتی آشکار میشود که توجه کنیم که

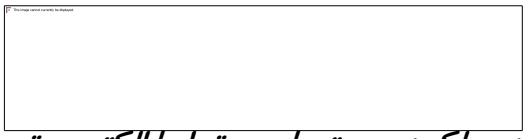
هزینه انرژی مصرفی یک الکتروموتور در طول عمر مفید آن ۱۰ تا ۲۰ برابر قیمت موتور است[16]. موتورهای با راندمان بالا علاوه بر صرفه جوئی انرژی معمولا مزیتهای دیگری نیز دارند. برای مثال آنها جریان های بیشتری را در هنگام راه اندازی تحمل میکنند و حرارت و نویزکمتری تولید میکنند. هر چند که موتورهای با راندمان بالا تنها ۲ تا ۳ درصد راندمان را بهبود میدهند، اما اگر در انتخاب و بکارگیری آنها بجای یک موتور کل سیستم در نظر گرفته شود، اثر بخشی کار بالا خواهد رفت. با رویکرد سیستمی به موضوع و در نظر گرفتن عوامل دیگر نظیر هزینه های تعمیر و نگهداشت و بهره برداری میتوان به کارائی این موتورها بیشتر پی برد. میزان صرفه جوئی انرژی در صورت استفاده از موتور با راندمان بالا، به جای موتورهای استاندارد از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$\text{صرفه جوئي} = hp \times 0.746 \times l \times hr \times c \times \left[\frac{100}{\eta std} - \frac{100}{\eta ee}\right]$$

در رابطه فوق hp توان موتور بر حسب اسب بخار، l ضریب بار(در صد از بار کامل تقسیم بر ۱۰۰)، hr ساعات کار در طول سال، c متوسط قیمت انرژی (قیمت هر کیلووات ساعت انرژی)، ηstd راندمان موتور استاندارد (٪)، و ηee راندمان موتور با راندمان بالا (٪) است.

توصیه میشود هنگام خرید موتور و یا سفارش ساخت ماشین به سازندگان ماشین از موتورهای با راندمان بالا استفاده گردد. همچنین معمولا اقتصادی است که بجای سیم پیچی کردن موتورهای سوخته و استفاده مجدد از آنها، از موتورهای با راندمان بالا

استفاده گردد. زمان بازگشت سرمایه(به سال) در خرید این نوع موتورها، بطور ساده عبارت خواهد بود از:



۴- اقدامات مورد نیاز برای بهبود عملکرد سیستمهای مرتبط با الکتروموتورها

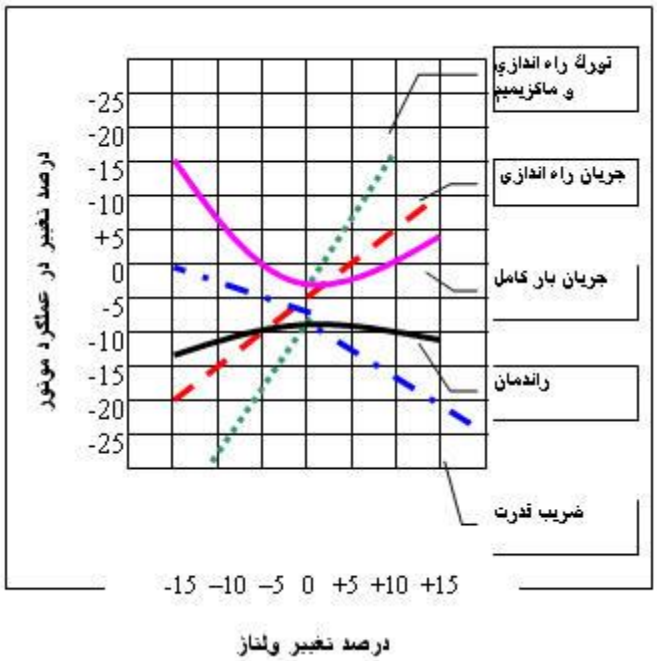
یک موتور معمولا با اجزا و سیستمهای دیگر در ارتباط است. برای بهبود عملکرد الکتروموتورها لازم است سیستمهای مرتبط با موتور نیز در نظر گرفته شود. این سیستمها شامل شبکه برق، کنترل کننده های موتور، الکتروموتور و سیستم انتقال نیرو میگردد.

۴-۱- کیفیت توان Power Quality

مسائل کیفیت توان شبکه شامل کلیه اختلالات شبکه برق مثل عدم تقارن در ولتاژ، افت ولتاژ، چشمک زدن، اسپایک، سیستم ارت بد ، هارمونیکها و نظایر آن میشود [۵]. از آنجا که کیفیت توان تاثیر زیادی در اتلاف انرژی دارد، لازم است یک مهندس مجرب وضعیت شبکه برق تاسیسات را زیر نظر داشته باشد.

۴-۲- تثبیت ولتاژ شبکه

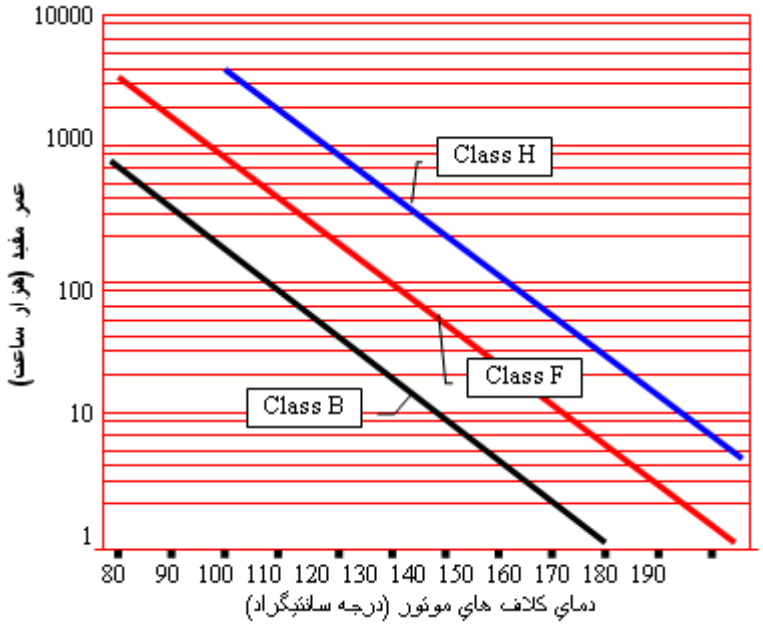
تا آنجا که ممکن است باید ولتاژ اعمالی به موتور نزدیک به ولتاژ کار موتور باشد. گرچه تغییرات ۱۰٪ در ولتاژ موتور مجاز است اما از نقطه نظر اتلاف انرژی میزان انحراف از ولتاژ نامی موتور باید کمتر از ۵٪ باشد. تغییر ولتاژ موتور موجب افت ضریب قدرت، عمر مفید موتور و راندمان میگردد [۶]. شکل(۱)



شکل(۱): بررسی تاثیر تغییرات ولتاژ اعمالی به موتور روی تورک، جریان راه اندازی، جریان بار کامل، راندمان و ضریب قدرت

اگر ولتاژ موتور بیش از ۵٪ کاهش پیدا کند، راندمان بین ۲ تا ۴ درصد افت پیدا کرده و دمای موتور حدود ۱۵ درجه افزایش می یابد و این افزایش دما عمر عایق موتور را کاهش خواهد داد. در شکل(۲) عمر موتور در دماهای کار مختلف و با کلاسهای عایقی مختلف نشان داده شده است.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۲): بررسی تاثیر دمای کلافهای موتور روی عمر مفید آن برای موتورهای با کلاس عایقی مختلف

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۴-۳- عدم تقارن فاز

عدم تقارن فاز باید کمتر از ۱٪ باشد. عدم تقارن فاز بصورت زیر توسط NEMA تعریف شده است:

$$100\% \times \left(\frac{\text{متوسط ولتاژ سه فاز} - \text{حداکثر انحراف ولتاژ از مقدار ولتاژ متوسط}}{\text{متوسط ولتاژ سه فاز}} \right)$$

برای مثال اگر ولتاژهای فاز بترتیب ۴۶۲ و ۴۶۳ و ۴۵۵ ولت باشد. متوسط ولتاژ سه فاز برابر با ۴۶۰ ولت میشود و در صد عدم تقارن بصورت زیر محاسبه خواهد شد:

$$\frac{460-455}{460} \times 100\% = 1.1\%$$

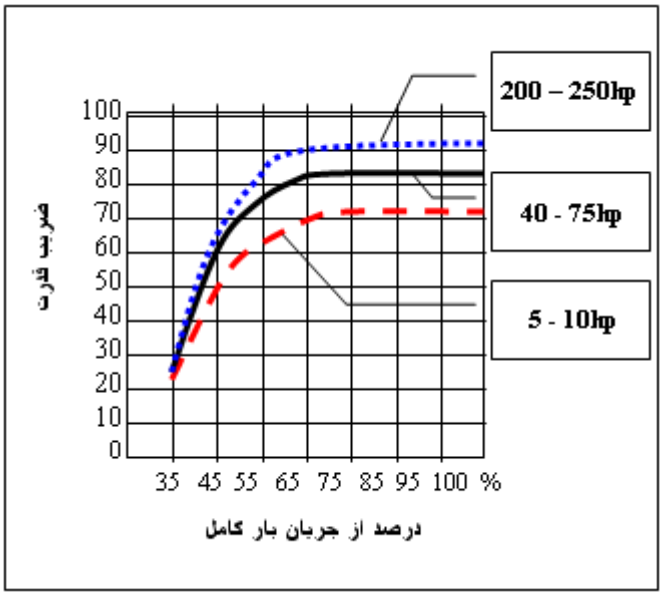
WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

WikiPower.ir

۴-۴- ضریب قدرت

ضریب قدرت پائین موجب افزایش جریان کابلها و ترانسقورماتورها و افت ولتاژ شده و بدین ترتیب باعث کاهش ظرفیت سیستم تغذیه میشود[7] . ضریب قدرت پائین ناشی از بار کم در شفت موتور است. در شکل (۳) منحنیهای ضریب قدرت برای بارهای مختلف و رنجهای توانی متفاوت موتورها آمده است[8] . بوضوح مشاهده میشود با کاهش بار موتور ضریب قدرت تغییرات قابل توجهی میکند.



شکل (۳): تغییرات ضریب قدرت متناسب با بار موتور

۵- روشهای عملی برای افزایش بازدهی موتور

اشاره شد که بالا بردن بازدهی متوسط موتورهای القائی به لحاظ اقتصادی از اهمیت ویژه ای برخوردار است . بدیهی است نحوه عمل و دستیابی به نتایج مطلوب وابسته به نوع و اندازه موتور ، شرایط بارگذاری ، نحوه نگهداری و غیره بوده و لذا نمی

توان دستور العمل کلی برای ارتقاء بازدهی کلیه موتورهای القائی ارائه داد. بطور کلی اقدامات لازم برای بالا بردن بازدهی موتورهای القائی را می توان به دو دسته تقسیم نمود . دسته اول تمهیداتی است که در زمان طراحی و ساخت موتور باید بکار گرفت . دسته دوم شامل مجموعه اقدامات عملی جهت بالا بردن بازدهی موتورهای القائی در حال کار در صنایع می شود .

اقدامات عملی ساده ای منجر به افزایش راندمان کار می گردد به عنوان مثال مقدار معمول جریان بی باری در موتورهای القائی سه فاز در محدوده ۳ تا ۵ درصد جریان نامی موتور است . ولی در بررسی های بعمل آمده مشاهده شده است که در اکثر موراد جریان بی باری موتور بیشتر از این مقدار بوده و در برخی موارد تا ۱۲٪ جریان نامی افزایش یافته است . این افزایش در جریان بی باری موتور بعلت عدم نگهداری صحیح از موتور است . در اکثر موارد این شرائط نامطلوب در حالات بارگذاری نیز مشاهده می شود. به این معنی که با اعمال بار مکانیکی غیر مفید به محور موتور ، بصورت اصطکاکهای مکانیکی ناشی از عدم نگهداری صحیح، موجب میشود که موتور بار اعمال شده را در جریان الکتریکی بیشتری تامین می کند . و در واقع بخشی از توان الکتریکی ورودی صرف تامین بار و قسمت دیگر آن برای غلبه بر اصطکاک مکانیکی مصرف می شود .

بدین ترتیب موارد زیر را در ارتباط با تلفات اهمی موتور میتوان بیان کرد :

۱- تلفات اهمی موتور متغیر بوده و تابعی از میزان و نحوه بارگذاری موتور می باشد .

۲- در بسیاری از موارد عدم نگهداری صحیح از قسمتهای چرخان موتور به ویژه بلبرینگ محور موتور ، موجب ایجاد بار مجازی ناشی از افزایش اصطکاک مکانیکی شده و لذا جریان ورودی موتور در حالت بی باری و بار از حد مطلوب و اعلام شده توسط سازنده بیشتر خواهد شود

۳- افزایش جریان ورودی موتور موجب بالا رفتن تلفات اهمی و حرارت ایجاد شده در سیم پیچ شده و لذا درجه حرارت اطراف سیم پیچ افزایش خواهد یافت .

از مشخصات بارز تلفات مکانیکی موتور دشواری محاسبه میزان و تعیین منابع آن است . بخش عمده تلفات مکانیکی در قسمت های چرخان موتور بوده و ناشی از اصطکاک و بار می باشد و لذا میزان تلفات مکانیکی تا حد زیادی وابسته به شرایط نگهداری موتور دارد . با روغن کاری مناسب و بموقع بلبرینگ و نظافت قسمتهای چرخان موتور و همچنین اطمینان از بالانس بودن محور ، میتوان تلفات مکانیکی موتور را به حداقل رساند بدین ترتیب در ارتباط با تلفات مکانیکی موتور میتوان موارد زیر را اظهار داشت :

۱- میزان تلفات مکانیکی تابعی از شرایط نگهداری موتور می باشد .

۲- با انجام اقدامات مناسب در نگهداری موتور می توان تلفات مکانیکی را بسادگی در مقدار حداقل خود نگه داشت.

۳- تلفات مکانیکی نیز منجر به افزایش درجه حرارت بویژه در قسمتهای چرخان موتور می شود .

انواع تلفات موتور بدون توجه به نوع آن منجر به ایجاد حرارت می شود بدین ترتیب خنک کاری موتور بویژه در شرائطی که موتور زیر بار است از اهمیت ویژه ای برخوردار است . بالا رفتن درجه حرارت موتور باعث کاهش عمر مفید آن می‌شود .

در موارد زیادی مشاهده شده است که بدلیل عدم رعایت نکات ساده و مهم در نگهداری موتور باعث کاهش بازدهی سیستم خنک کن شده و درجه حرارت موتور در حالت بار نامی افزایش پیدا کند . در این گونه موارد گاهی اوقات بجای رفع اشکال نگهداری، اقدام به جایگزین کردن موتور با توان بیشتر می شود که این امر خود منجر به کاهش بازدهی سیستم و اتلاف انرژی خواهد شد .

نوع دیگری از اشکالات مربوط به سیم پیچی موتورهای معیوب توسط افراد غیر متخصص می شود. مشاهدات نشان می دهد که در برخی از موارد موتور بدفعات مورد سیم پیچی قرار می گیرد . عدم رعایت نکات فنی در عایق بندی موتور سیم پیچی شده و همچنین استفاده از ابزار و آلات غیر اصولی در درآوردن سیم پیچی سوخته شده موتور نتایج بدی بدنبال دارد .

بعنوان یک اصل تجربی موتورهائی که به این شیوه سیم پیچی مجدد می شوند برای کار با اینورتر یا کنترل کننده دور موتور مناسب نیستند. اغلب این موتورها بدلیل آسیب هائی که به مدار مغناطیسی آنها در حین سیم پیچی وارد می شود از جریان بی

باری بالاتر از حد معمول برخوردار بوده و عایق بندی آنها برای کار با اینورتر مناسب نمی باشد . این نوع موتورها حرارت بیشتری نسبت به موتورهای سالم دارند و تلفات انرژی زیادی ایجاد می کنند . ضمناً این موتورها بمراتب آسیب پذیرتر از موتورهای فابریک می باشند . توصیه می شود در سیم پیچی موتورهای آسیب دیده از تکنیسین های مجرب و ابزارآلات مناسب استفاده شود . ضمناً تا زمانیکه اطمینان از فرآیند کار حاصل نشده باشد از استفاده از این نوع موتورها همراه با کنترل کننده دور موتور اجتناب گردد .

توصیه می شوداگر قصد تعویض این نوع موتورها را دارید و یا میخواهید موتورهای جدیدی تهیه کنید، موتورهائی تهیه کنید که راندمان بالاتری داشته باشند.

۶- دستور العملهای لازم برای بهبود عملکرد موتورهای الکتریکی

اشاره شد که عوامل موثر در بازدهی موتورهای الکتریکی را می توان بصورت زیر بیان نمود :

- عوامل موثر در مراحل طراحی و ساخت
- عوامل موثر در بهره برداری

بررسی عوامل موثر فوق خارج از حوصله این مقاله است. یک مطالعه خوب از عوامل فوق توسط آقای دکتر اوروعی در سال ۱۳۷۳ انجام گرفته است[F1]. در اینجا بطور خلاصه به عوامل موثر در بهره برداری از موتور که به افزایش بازدهی آنها منجر خواهد شد اشاره میشود.در جدول(1) خلاصه ای از عوامل موثر در بازدهی موتورهای الکتریکی آمده است .

عامل		توضیحات
وابسته به شرایط بارگذاري موتور	بار کامل	بازدهي موتور عموماً در صورتي حداکثر خواهد بود که بار موتور در حدود ۸۰ تا ۱۰۰ درصد بار نامي شود.
	سرعت	تغيير سرعت بايد توسط کنترل کننده دور موتور انجام گيرد.
	بار ثابت	براي جلوگيري از هر گونه تغيير سرعت در موتور
	ولتاژ ثابت	براي جلوگيري از کاهش گشتاور موتور
وابسته به شرايط نگهداري موتور	تهويه	براي اطمينان يافتن از عدم افزايش دماي موتور از حد مجاز و برخورداري از عمر مفيد مورد نظر
	روغن کاري	براي جلوگيري از اعمال بار مجازي بر محور موتور ناشي از افزايش اصطکاک

جدول (۱) عوامل موثر در بازدهی موتورهای الکتریکی

همان طور که مشاهده می شود مجموعه اقدامات ساده فوق خصوصاً اقداماتی که به عوامل وابسته به شرایط نگهداری موتور می شود می تواند منجر به صرفه جوئی اقتصادی قابل توجهی شود .

برای اطمینان یافتن از اینکه بازدهی موتورهای مستقر در صنایع و سایر کاربردها در حد مطلوب قرار دارد می توان نسبت به تدوین شناسنامه صنعتی برای هر موتور (و بویژه موتورهای بزرگ) اقدام نموده و با ثبت اطلاعات مورد نظر از جمله موارد زیر بازدهی این موتور ها را مورد بررسی قرار داد :

- میزان بار (درصد از بار کامل)
- میزان تغییرات بار (درصد از بار کامل)

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

- میزان تغییرات سرعت (درصد از سرعت سنکرون)
- میزان تغییرات ولتاژ شبکه (درصد از ولتاژ نامی)

توصیه میشود کارخانجاتی که در آنها تعداد موتور مورد استفاده زیاد می باشد نسبت به جمع آوری اطلاعات فوق و اقدامات اصلاحی اقدام نمایند.

۷- دسته بندی اقدامات لازم برای بهینه سازی مصرف انرژی

برای روشن شدن تاثیر اقدامات مختلف برای افزایش بازدهی موتورهای الکتریکی در جدول(۲) نتایج قابل انتظار این اقدامات برای دسته ای از موتورهای القائی با توان خروجی ۲/۲ تا ۳۰ کیلو وات نمایش داده شده است[F1] .

مرحله	نوع اقدام	پیش بیني ميزان افزايش بازدهي %
طراحي	بهينه سازي طرح	۵-۱۵
توليد	بكارگيري تكنولوژي مدرن	۰-۵
بهره برداري	بار كامل و ثابت	۱۰-۱۵
بهره برداري	ولتاژ ثابت	۰-۵
بهره برداري	تهويه مطلوب	۴-۶
بهره برداري	اصطكاك كم	۵-۸

جدول (۲) : اقدامات محتلف برای افزایش بازدهی موتورهای الکتریکی با توان ۲/۲ تا ۳۰ کیلو وات .

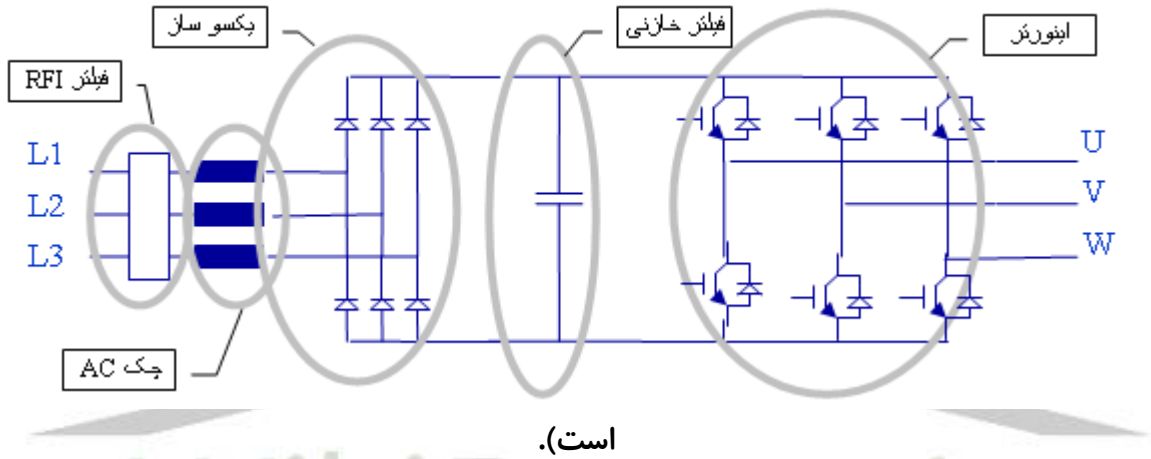
۸- تکنولوژی الکترونیک قدرت و درایوهای AC

تکنولوژی الکترونیک قدرت(Power Electronics)، بهره وری و کیفیت فرایندهای صنعتی مدرن را بی وقفه بهبود میبخشد. امروزه با کمک همین تکنولوژی امکان استفاده از منابع انرژی غیرآلاینده بازیافتی(Renewable Energy)، نظیر باد و

فتو ولتائیک فراهم شده است. تخمین زده میشود که با استفاده از الکترونیک قدرت، حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد امکان صرفه جوئی انرژی الکتریکی وجود دارد[17]. در واقع با کاهش بیوقفه قیمت ها در عرصه الکترونیک قدرت زمینه برای حضور آنها در کاربردهای صنعتی، حمل ونقل و حتی خانگی فراهم میگردد.

نیروی محرک بیشتر پمپها و فن ها موتورهای القائی هستند که در دور ثابت کار میکنند. لیکن در سالهای اخیر با پیشرفتهای انجام گرفته در زمینه تکنولوژی الکترونیک قدرت ، استفاده از موتورهای القائی قفس سنجابی همراه با کنترل کننده دور موتور (AC DRIVE یا اینورتر یا بطور ساده درایو) رو به گسترش است . درایوها دستگاههائی هستند که توان ورودی با ولتاژ و فرکانس ثابت را به توان خروجی با ولتاژ و فرکانس متغیر تبدیل میکنند. باید توجه کرد که دور یک موتور تابعی از فرکانس منبع تغذیه آن است. برای این منظور یک درایو نخست برق شبکه را به ولتاژ DC تبدیل کرده و سپس آنرا با استفاده از یک اینورتر مجددا به ولتاژ AC با فرکانس و ولتاژ متغیر تبدیل میکند. در شکل(۴) قسمتهای اصلی یک درایو ولتاژ پائین نشان داده شده است. همانطور که مشاهده میکنید قسمت اینورتر متشکل از سوئیچهای قدرتی است که در سالهای اخیر تغییرات تکنولوژیک زیادی پیدا کرده اند. در واقع با معرفی سوئیچهای قدرتی چون IGBT با قیمتهای رو به کاهش، زمینه برای عرضه درایوهای با قیمت مناسب فراهم شد. در هر حال خاطر نشان میکنیم که شکل موج خروجی درایو ترکیبی از پالسهای DC با دامنه ثابت است. این موضوع موجب میشود که خود درایو

منشا اختلالاتی در کار موتور شود. برای مثال کیفیت شکل موج خروجی درایو میتواند سبب اتلاف حرارتی اضافی ناشی از مولفه های هارمونیکی فرکانس بالا در موتور شده و یا موجب نوسانات گشتاور Torque Pulsation در موتور گردد. با این حال درایوهای امروزی بدلیل استفاده از سوئیچهای قدرت سریع این نوع مشکلات را عملا حذف کرده اند.



است).

کنترل کننده های دور موتورهای الکتریکی هر چند که ادوات پیچیده ای هستند ولی چون در ساختمان آنها از مدارات الکترونیک قدرت استاتیک استفاده می شود و فاقد قطعات متحرک می باشند، از عمر مفید بالائی برخوردار هستند . مزیت دیگر کنترل کننده های دور موتور توانائی آنها در عودت دادن انرژی مصرفی در ترمزهای مکانیکی و یا مقاومت های الکتریکی به شبکه می باشد . در چنین شرائطی با استفاده از کنترل کننده های دور مدرن می توان از اتلاف این نوع انرژی جلوگیری نمود . بطوریکه در برخی کاربردها قیمت انرژی بازیافت شده از این طریق ، در کمتر از یکسال معادل هزینه سرمایه گذاری سیستم بازیافت انرژی می شود .

۹- کنترل کننده های دور موتور

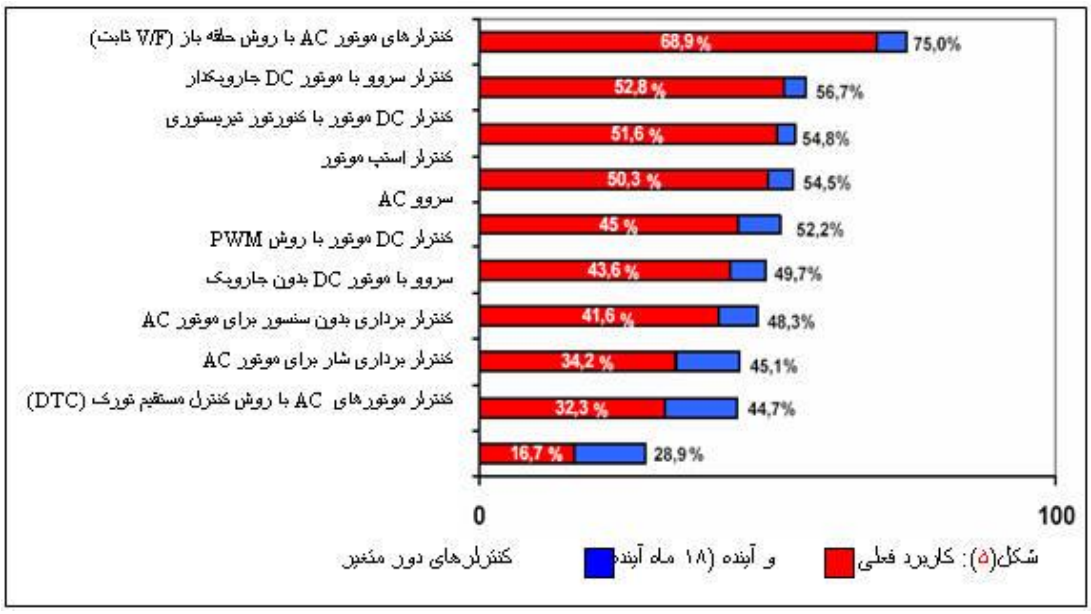
تا اینجا درمورد مجموعه اقداماتی که برای بهینه سازی مصرف انرژی میتوانستیم روی موتورهای الکتریکی اعمال کنیم بحث شد. اشاره شد که در کشور ایران در سال ۷۳ بیش از ۳۵ درصد مصرف انرژی در موتورهای الکتریکی بخش صنعت بوده است . البته این مقدار در کشورهای صنعتی تا ۶۵ در صد نیز میرسد. این امر اهمیت بهینه سازی مصرف انرژی در موتورهای الکتریکی را نشان میدهد. در این قسمت از مقاله در مورد تاثیر استفاده از کنترل کننده های دور موتور در کاهش مصرف انرژی صحبت خواهیم کرد. سعی میکنیم با استفاده از تعدادی مثال اهمیت موضوع را نشان دهیم . بطور خلاصه در کاربردهای صنعتی زیادی، صرفه جوئی که با استفاده از کنترل کننده دور موتور در مصرف انرژی حاصل میشود بمراتب بیشتر از اقدامات برشمرده در قسمتهای قبلی مقاله است.

استفاده از موتورهای مجهز به کنترل کننده دور موتور ، امکان اعمال تغییرات لازم در سرعت موتور فن و یا پمپ را بطور دائم فراهم آورده و بدین ترتیب می توان با توجه به فرآیند مورد نظر از اتلاف انرژی ایجاد شده در تنظیم کننده های مکانیکی جلوگیری نمود . با استفاده از درایو موتور به بار تطبیق داده شده ، و هر گونه نیاز به خاموش و روشن کردن موتور و یا ادوات تنظیم کننده نظیر شیر یا دمپر حذف می گردد . همچنین کنترل سرعت دقیق و متعاقب آن توان خروجی قابل دسترسی بوده و با توجه به استفاده از مدارات الکترونیکی ، استهلاک قسمتهای کنترل کننده در حد بسیار پایین خواهد بود . تصمیم گیری در مورد استفاده از موتور با کنترل کننده دور

متغییر بستگی به نوع کاربرد مورد نظر دارد . از آنجا که هزینه اولیه این سیستمها (کنترل کننده دور موتور) بیش از سایر روشها می باشد و با توجه به اینکه صرفه جوئی ناشی از بالا بودن بازدهی تنها بصورت کاهش هزینه راهبری نمایان می شود، لذا استفاده از موتورهای مجهز به کنترل کننده دور در طول زمان منجر به صرفه جوئی اقتصادی می شود . معمولاً بسته به نوع کاربرد زمان بازگشت سرمایه گذاری بین یک تا سه سال متغیر خواهد بود .

متاسفانه در اکثر موارد مهمترین عامل در انتخاب محرک قیمت اولیه است. بدین معنی که سیستم بر مبنای کمینه سازی هزینه اولیه انتخاب می شود. در حالیکه در طول عمر مفید آن هزینه قابل توجهی صرف انرژی تلف شده و یا تعمیر و نگهداری می شود .

در شکل(۵) میزان استفاده از کنترلرهای دور متغیر نشان داده شده است.



برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

کنترل کننده های دور موتور انواع مختلفی دارند. آنها قادرند انواع موتورهای AC و DC را کنترل کنند. قیمت کنترلرها وابسته به نوع تکنولوژی بکار رفته در ساختمان آنها میباشد. ساده ترین روش کنترل موتورهای AC روش تثبیت نسبت ولتاژ به فرکانس(یا کنترل V/F ثابت) میباشد. اینک این روش، بطور گسترده در کاربردهای صنعتی مورد استفاده قرار میگیرد. این نوع کنترلرها از نوع اسکالر بوده و بصورت حلقه باز با پایداری خوب عمل میکنند. مزیت این روش سادگی سیستمهای کنترلی آن است. در مقابل این نوع کنترلرها برای کاربردهای با پاسخ سریع مناسب نمیباشند.

روبوتها و ماشینهای ابزار نمونه هائی از کاربردهای با دینامیک بالا هستند. در این کاربردها روشهای کنترلی برداری استفاده میشود. در روشهای کنترلی برداری با تفکیک مولفه های جریان استاتور به دو مولفه تورک ساز و فلو ساز، و کنترل آنها با استفاده از رگولاتورهای PI ترتیبی داده میشود که موتور AC نظیر موتور DC کنترل شود. و بدین ترتیب تمام مزایای موتور DC از جمله پاسخ گشتاور سریع آنها در موتورهای AC نیز در دسترس خواهد بود. برای مثال پاسخ گشتاور در روشهای برداری حدود 10 – 20ms و در روشهای کنترل مستقیم گشتاور(Direct Torque Control) این زمان حدود 5ms است. اینک روشهای کنترل برداری متعددی پیاده سازی شده است که بررسی آنها خارج از حوصله این مقاله است. در هر حال نوع کنترلر مطلوب، متناسب با کاربرد انتخاب میگردد. در شکل(۶) خلاصه ای از انواع روشهای کنترل موتورهای AC نمایش داده شده است.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۱-۱-۱-۱- ۱۰- مزایای استفاده از کنترل کننده های دور موتور

مزایای استفاده از کنترل کننده های دور موتور هم در بهبود بهره وری تولید و هم در صرفه جوئی مصرف انرژی در کاربردهائی نظیر فنها ، پمپها، کمپروسورها و دیگر محرکه های کارخانجات ، در سالهای اخیر کاملا مستند سازی شده است. کنترل کننده های دور موتور قادرند مشخصه های بار را به مشخصه های موتور تطبیق دهند. این اسباب توان راکتیو ناچیزی از شبکه میکشند و لذا نیازی به تابلوهای اصلاح ضریب بار ندارند. در زیر به مزایای استفاده از کنترل دور موتور اشاره میشود:

۱- در صورت استفاده از کنترل کننده های دور موتور بجای کنترلرهای مکانیکی، در کنترل جریان سیالات، بطور مؤثری در مصرف انرژی صرفه جوئی حاصل میشود. این صرفه جوئی علاوه بر پیامدهای اقتصادی آن موجب کاهش آلاینده های محیطی نیز میشود.

۲- ویژگی اینکه کنترل کننده های دور موتور قادرند موتور را نرم راه اندازی کنند موجب میشود علاوه بر کاهش تنشهای الکتریکی روی شبکه ، از شوکهای مکانیکی به بار نیز جلو گیری شود. این شوکهای مکانیکی میتوانند باعث استهلاک سریع قسمتهای مکانیکی ، بیرینگها و کوپلینگها، گیربکس و نهایتا قسمتهائی از بار شوند. راه اندازی نرم هزینه های نگهداری را کاهش داده و به افزایش عمر مفید محرکه ها و قسمتهای دوار منجر خواهد شد.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۳- جریان کشیده شده از شبکه در هنگام راه اندازی موتور با استفاده از درایو کمتر از ۱۰٪ جریان اسمی موتور است.

۴- کنترل کننده های دور موتور نیاز به تابلوهای اصلاح ضریب قدرت ندارند.

۵- در صورتی که نیاز بار ایجاب کند با استفاده از کنترل کننده دور ، موتور میتواند در سرعتهای پائین کار کند . کار در سرعتهای کم منجر به کاهش هزینه های تعمیر و نگهداشت ادواتی نظیر بیرینگها، شیرهای تنظیم کننده و دمپرها خواهد شد.

۶- یک کنترل کننده دور قادر است رنج تغییرات دور را ، نسبت به سایر روشهای مکانیکی تغییر دور، بمیزان قابل توجهی افزایش دهد. علاوه بر آن از مسائلی چون لرزش و تنشهای مکانیکی نیز جلو گیری خواهد شد.

۷- کنترل کننده های دور مدرن امروزی با مقدورات نرم افزاری قوی خود قادرند راه حلهای متناسبی برای کاربردهای مختلف صنعتی ارائه دهند.

۱-۱-۱-۲- ۱۱- مدیریت بهینه سازی مصرف انرژی و نقش کنترل کننده های دور موتور

۱-۱-۱-۳- امروزه در کشورهای صنعتی الزامات زیست محیطی از یکسو و رقابت بنگاههای اقتصادی از سوی دیگر ، مدیریت بهینه سازی انرژی را در بصورت یک امر غیر قابل اجتناب در آورده است. مجموعه اقداماتی که برای صرفه جوئی انرژی در کارخانجات صورت میگیرد شامل مواردی چون جایگزینی موتورهای الکتریکی با انواع موتورهای با بازدهی بالا، استفاده از کنترل کننده های دور موتور در کاربردهائی که اتلاف انرژی در آنها زیاد است، بازیافت انرژی از پروسه های حرارتی

و نظـایر انهـا میشـود. نتـایج اعمـال چنـین اقـداماتی نشـان میدهـد در مـوارد زیـادی ، و بخصـوص در جاهـائی کـه از فنهـا ، پمپهـا، و کمپروسـورها در فراینـد تولیـد اسـتفاده میشـود، بکـارگیری کنتـرل کننـده هـای دور موتـور عـلاوه بـر انعطـاف پـذیر نمـودن کنتـرل فراینـد، تـاثیر قابـل تـوجهی در کـاهش مصـرف انـرژی داشـته اسـت. در بسـیاری از مـوارد زمـان بازگشت سرمایه بین یک تا سه سال میباشد.

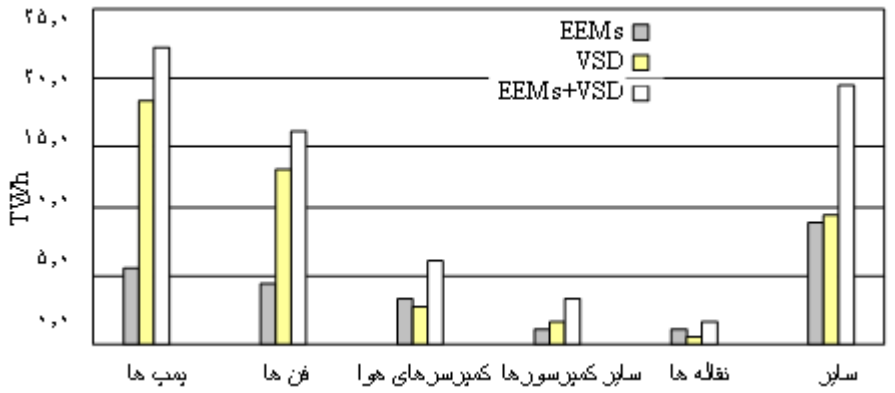
کمتـر از ۱۰٪ موتورهـا مجهـز بـه درایـو هسـتند. در حالیکـه در بـیش از ۲۵٪ آنهـا استفاده از درایو توجیه اقتصادی دارد[16].

بـر اسـاس مطالعـات انجـام گرفتـه توسـط اتحادیـه اروپـا [10] تـا سـال ۲۰۰۵ مـیلادی پتانسـیل صـرفه جـوئی انـرژی بـالغ بـر 63.5 TWh در صـنایع کشـورهای عضـو اتحادیـه اروپـا وجـود دارد. کـه از ایـن میـزان بـیش از 44.7 TWh آن توجیـه اقتصـادی دارد. ایـن میـزان صـرفه جـوئی انـرژی تنهـا در سـایه اسـتفاده از موتورهـای بـا رانـدمان بـالا و درایـو بدسـت میایـد. کـه سـهم درایـو در صـرفه جـوئی دارای توجیـه اقتصـادی حـدود 63% اسـت. نتـایج چنین مطالعاتی را بطور خلاصه در جدول(۳) مشاهده میکنید.

		موتور راندمان بالا IEEM	کنترل کننده دور موتور VSD	VSD+EEM
پتانسيل فني	بخش صنعت	۱۲,۰	۲۵,۵	۴۶,۲
	ساير	۵,۷	۱۲,۲	۱۷,۲
	جمع (TWh)	۱۷,۸	۴۷,۸	۶۳,۵
پتانسيل اقتصادي	بخش صنعت	۱۲,۰	۲۲,۴	۲۳,۶
	ساير	۵,۷	۵,۷	۱۱,۱
	جمع (TWh)	۱۷,۸	۲۸,۱	۴۴,۷

جدول(۳): پتانسیل فنی و اقتصادی صرفه جوئی انرژی با استفاده از موتورهای با راندمان بالا(EEM) و کنترل دور(VSD) در کشورهای عضو اتحادیه اروپا تا سال ۲۰۰۵.

مطالعه فوق با تفکیک بار پتانسیل اقتصادی صرفه جوئی انرژی را نیز در اتحادیه اروپا مشخص نموده است. که نتایج آنرا در شکل(۷) مشاهده میکنید.

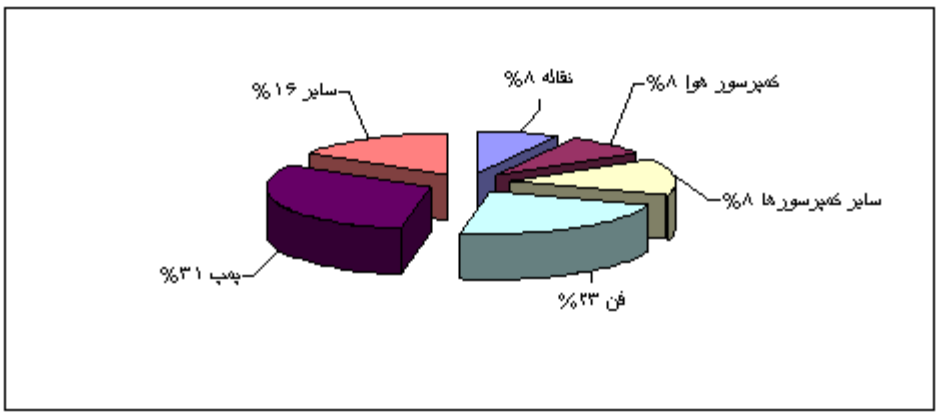


شکل(۷): پ ع بار

۱-۱-۱-۴- ۱۲- پمپها و فنها

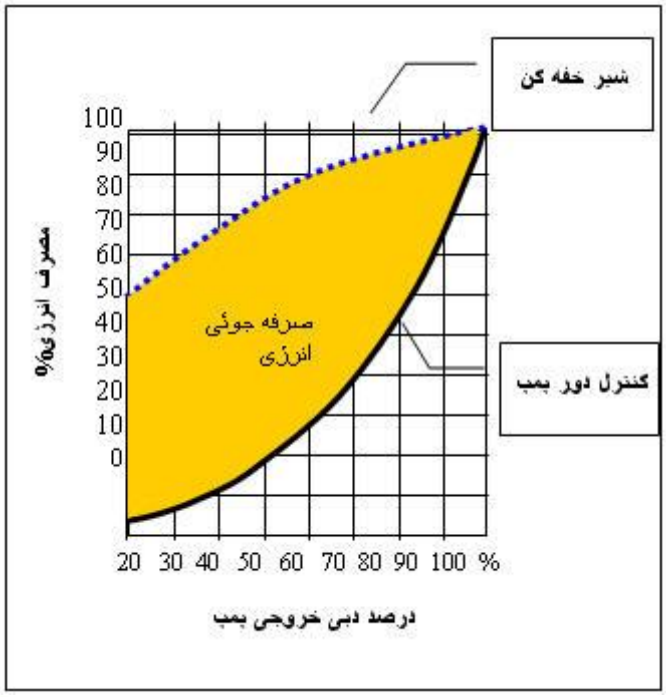
چیزی حدود ۴۰ درصد انرژی مصرفی در بخش صنعت در پمپها و فنها مصرف میشود. برای مثال در انگلستان ترکیب مصرف کنندگان انرژی در موتورها و در کاربردهای صنعتی بصورت زیر است[15].

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل(۸): میزان انرژی مصرفی توسط بارهای مختلف در انگلستان

اغلب این سیستمها از موتورهای القائی با روتور قفس سنجابی استفاده میکنند. و خروجی توسط ادواتی چون شیرهای تنظیم کننده و دمپرها کنترل میشوند. متاسفانه مقادیر قابل توجهی انرژی توسط این فنها و پمپها تلف میشوند. موتورهای بکار رفته در اغلب این ادوات از مقدار مورد نیاز بزرگتر بوده و سیستمهای مکانیکی تنظیم کننده جریان سیالات در آنها بسیار تلفاتی میباشند. به این عوامل باید هزینه های قابل توجه تعمیر و نگهداشت نیز اضافه شود. با توجه به اینکه هزینه های خرید پمپ معمولا کمتر از ۵ درصد هزینه های بهره برداری آن در طول عمر سیستم پمپ است، کیفیت بهره برداری عامل مهمتری در تصمیم گیری برای انتخاب سیستمهای پمپ بشمار میرود.



شکل(۹): مقایسه انرژی مصرفی کنترل فلو با شیر و درایو

انتخاب پمپ ها معمولا بر اساس حداکثر دبی مورد انتظار صورت میگیرد. در حالیکه اغلب اوقات هرگز فلوی ماکزیمم مورد استفاده قرار نمیگیرد. این امر منجر به بزرگ شدن پمپ ها شده و بدین ترتیب مقدمات کار برای اتلاف انرژی و استهلاک هر چه سریعتر سیستم های پمپ فراهم میشود. اگر یک پمپ در دور نامی خود کار کند و دبی خروجی پمپ به مصرف برسد سیستم در راندمان مطلوب خود کار خواهد کرد. اما اگر تنها ۵۰ درصد دبی حداکثر مورد نیاز باشد چه اتفاقی خواهد افتاد؟ بدیهی است که در این حالت نیز موتور در دور نامی خود کار خواهد کرد و توان مصرفی اضافی توسط موتور تلف خواهد شد. از سوی دیگر برای کنترل دبی خروجی لازم خواهد بود از ادوات مقاومتی نظیر شیر خفه کن استفاده گردد. با استفاده از کنترل کننده های دور موتور میتوان جریان سیالات در پمپ ها را با اعمال تغییر دور موتور ، کنترل نمود.

امروزه این روش بدلیل انعطاف پذیری و صرفه جوئی اقتصادی قابل توجه جایگزین روشهای سنتی متکی بر تنظیم جریان سیال با استفاده از شیرهای تنظیم کننده مکانیکی و دمپرها میشود. در شکل(۹) تفاوت دو روش در میزان مصرف انرژی نشان داده شده است.

۱۳- قوانین افینیتی در کاربردهای پمپ و فن

قوانین افینیتی در کاربردهای پمپ و فن های سانتریفوژ پایه نظری صرفه جوئی انرژی با استفاده از درایو هستند. بر طبق این قوانین و در یک پمپ یا فن سانتریفوژ، روابط زیر حاکم است:

N : سرعت , Q : فلو یا حجم $Q \sim N$

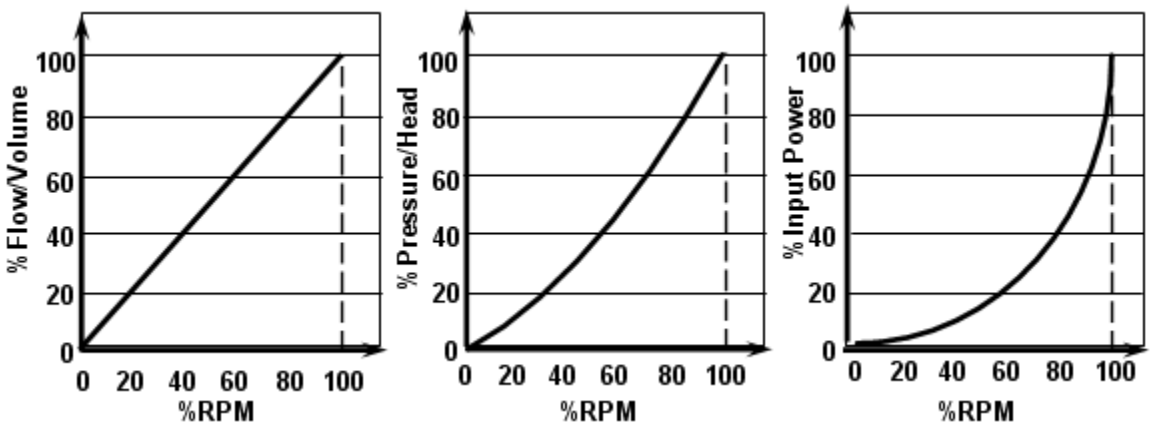
H : هد یا فشار $H \sim N^2$

P : توان ورودی $P \sim N^3$

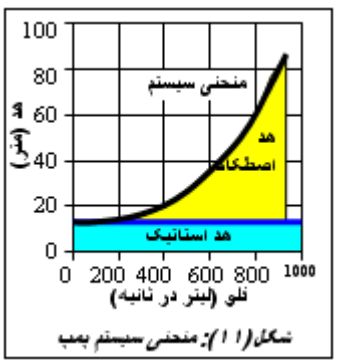
WikiPower.ir

با توجه به شکل(۱۰) فلو/ ولوم بصورت خطی با دور پمپ/فن تغییر میکند. برای مثال اگر دور موتور نصف شود فلو نیز نصف خواهد شد. از طرف دیگر با توجه به منحنی وسط فشار یا هد متناسب با مربع دور تغییر میکند. در این حالت اگر دور موتور نصف شود، فشار یا هد چهار برابر کاهش پیدا کرده و به ۲۵٪ خواهد رسید. منحنی سمت راست نشان میدهد که اگر دور موتور نصف شود مصرف توان ۸ برابر کاهش پیدا کرده و به ۱۲,۵٪ خواهد رسید

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



به خاطر میسپاریم با استفاده از کنترل کننده های دور موتور و کاهش تنها ۱۵ درصد دور میتوان به میزان ۴۰ درصد در مصرف انرژی صرفه جوئی کرد. حال اجازه بدهید کمی دقیقتر به رفتار یک پمپ توجه کنیم. شکل(۱۱) مشخصات یک سیستم پمپ را نشان میدهد. هد استاتیک عبارتست از اختلاف ارتفاع پمپ و تانک مقصد. بدیهی است که اگر یک پمپ نتواند به این ارتفاع غلبه کند دبی خروجی صفر خواهد بود. مولفه دوم هد اصطکاکی است . که در واقع بیانگر توان مورد نیاز جهت غلبه بر تلفات ناشی از عبور سیال از لوله ها، شیرها، زانوها و دیگر اجزای سیستم لوله کشی میباشد. این تلفات کلا وابسته به سرعت عبور سیال بوده و غیر خطی است. با اضافه کردن دو منحنی، منحنی سیستم بدست میاید.



شکل(۱۱): منحنی سیستم پمپ

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در شکل(۱۲) منحنی های سیستم و منحنی پمپ باهم نشان داده شده است. نقطه کار یک پمپ محل تلاقی منحنی پمپ و منحنی سیستم می باشد. با توجه به این منحنی ها روشن میشود که میزان فلو در این سیستم ۸۰۰ لیتر در ثانیه و هد ۶۰ متر میباشد. اگر بخواهیم نقطه کار را تغییر بدهیم لازم خواهد بود چیزی به سیستم اضافه نمائیم.

شکل۱۳): عملکرد شیر خفه کن

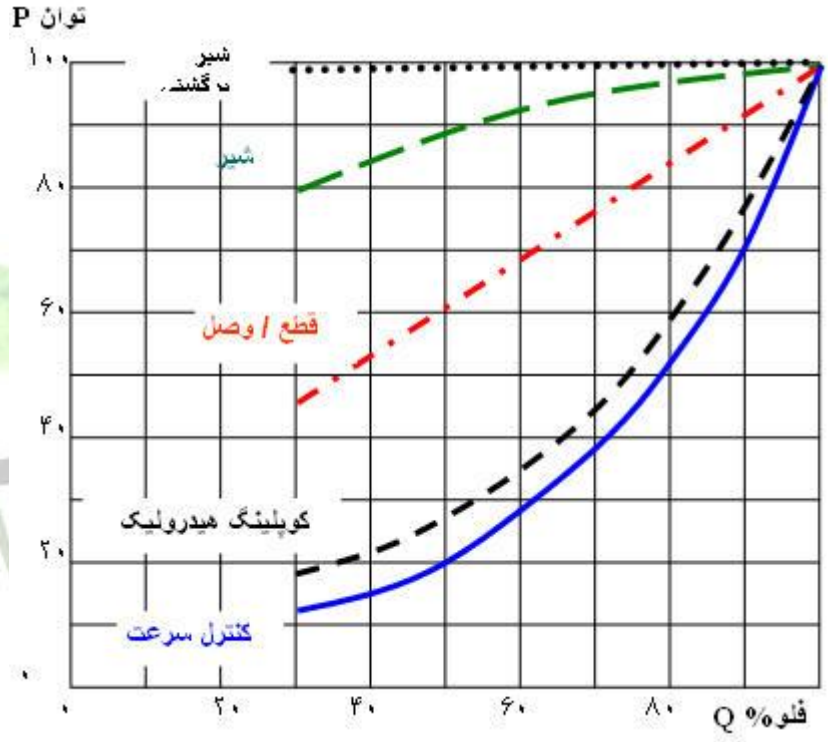
شکل(۱۲): نقطه کار سیستم

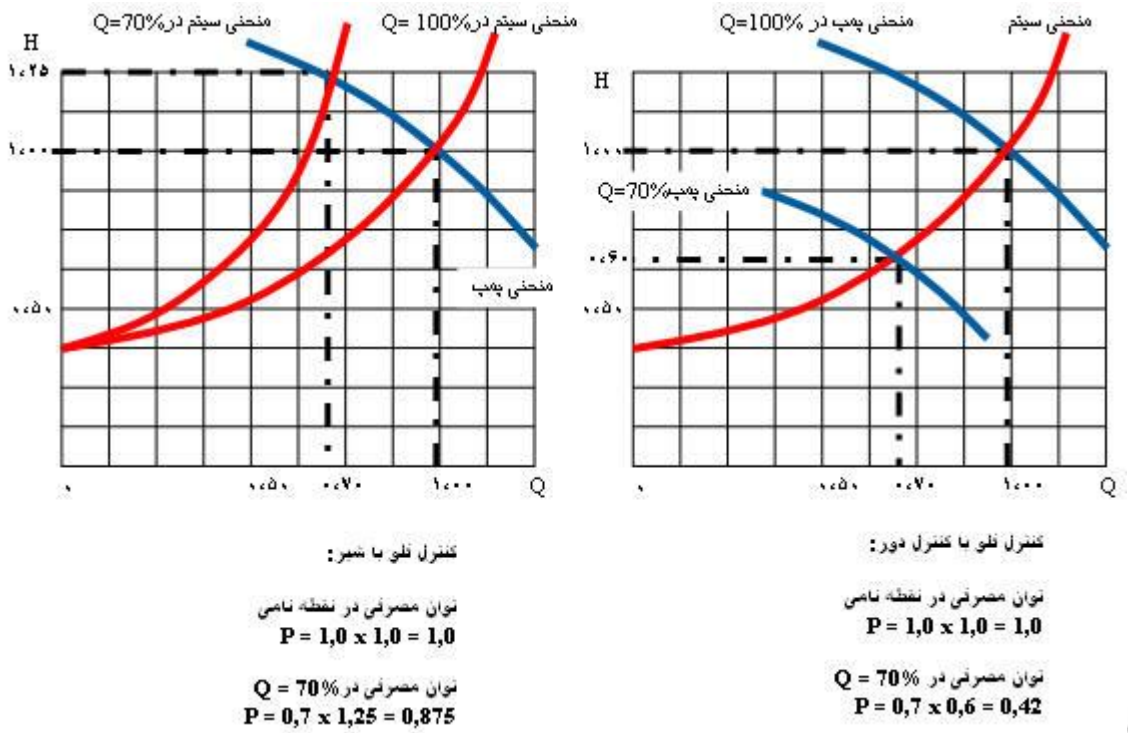
یک روش متداول در اینجا استفاده از شیر خفه کن است. در شکل(۱۳) تاثیر عملکرد شیر خفه کن در نقطه کار پمپ را مشاهده میکنید. در واقع شیر اصطکاک مسیر سیال را افزایش داده و باعث افت فلو میگردد. با وجود اینکه با حضور شیر فلو به ۶۰۰ لیتر در ثانیه کاهش پیدا کرده ولی در توان مصرفی سیستم تغییر محسوسی ایجاد نشده است. حال نگاهی دقیقتر به موضوع خواهیم داشت. همانطور که در شکل(۱۴) مشاهده میکنید، برای دستیابی به فلوی مورد نظر از دو روش کنترل فلو با استفاده اشیر

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

و کنترل با استفاده از درایو استفاده شده است . در روش کنترل فلو با شیر میزان توان مصرفی 0.875 درصد و در کنترل فلو با درایو توان مصرفی 0.42 درصد توان نامی میباشد. برای مثال اگر توان نامی پمپ 100KW باشد. تفاوت توان مصرفی دو روش برابر خواهد بود با:

(100KW x 0.875) – (100KW x 0.42) = 45.5KW





شکل(۱۴) مقایسه توان مصرفی یک سیستم پمپ در دو حالت: الف) کنترل فلو با استفاده از شیر خفه کن (شکل سمت چپ) . ب) کنترل فلو با استفاده از درایو (شکل سمت راست).

شکل (۱۵) – میزان مصرف انرژی در یک پمپ در پنج حالت : با استفاده از شیر برگشتی، با استفاده از شیر خفه کن، با قطع و وصل پمپ، با استفاده از کوپلینگ هیدرولیک، با استفاده از کنترل کننده دور موتور

هر چند که در سیستمهائی که هد استاتیک بالا ئی دارند با تغییر دور، راندمان پمپ هم به میزان زیادی تغییر میکند، ولی مزایای دیگر درایو استفاده از آن را بخوبی توجیه میکند. برای مثال میزان فشار هیدرولیک وارد شده به پره های پمپ سانتریفوژ

با مجذور سرعت افزایش میابد. این نیروها به بیرینگهای پمپ اعمال شده و عمر مفید آنها را کاهش خواهد داد. خاطر نشان میشود که عمر بیرینگها بطور معکوس با توان هفتم سرعت متناسب است. از سوی دیگر با کاهش دور نویز و نوسانات سیستم نیز کاهش پیدا میکند.

درشکل (۱۵) میزان مصرف انرژی در یک پمپ در پنج حالت : با استفاده از شیر برگشتی، با استفاده از شیر خفه کن، با قطع و وصل پمپ، با استفاده از کوپلینگ هیدرولیک، و با استفاده از کنترل کننده دور موتور نمایش داده شده است. با توجه به این شکل تاثیر قابل توجه کنترل کننده دور موتور در کاهش انرژی مصرفی ، نسبت به روشها، مشاهده میشود. در روش شیر برگشتی متناسب با نیاز مقداری از دبی خروجی پمپ به وروی آن عودت داده میشود. بدیهی است که در این حالت توان مصرفی برای هر دبی خروجی ثابت خواهد بود.

امروزه در کشورهای پیشرفته بعنوان یک برخورد اولیه در کاهش سریع مصرف انرژی، مجهز نمودن این نوع فنها و پمپها به درایو میباشد.

نکاتی که باید در طراحی سیستمهای پمپ مورد توجه قرار گیرند عبارتند از:

- سیستم را بزرگ انتخاب نکنید. حتی اگر بعدها نیاز به توسعه پیدا کردید. باز مطلوب آن است که بعدا کنار سیستم موجود پمپ بیشتری اضافه کنید

- توجه کنید که هزینه های خرید پمپ در مقایسه با هزینه های انرژی آن در طول عمر پمپ ناچیز است. پس پمپهای با راندمان بالا را استفاده کنید.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

- از درایو برای کنترل فلو استفاده کنید

- بجای استفاده از یک پمپ بزرگ از تعدادی پمپ کوچک بطوریکه مجموع آنها ظرفیت مورد نیاز را تامین نماید، استفاده کید. بدین ترتیب میتوانید در صورت عدم نیاز به ظرفیت اضافی آن را از مدار خارج کنید.

۱۴- مثال از محاسبات صرفه جوئی انرژی در فن ۱,۱,۱,۴,۱,۱,۱

برای روشن شدن تاثیر استفاده از درایو در کاربرد فن به مثال زیر توجه میکنیم.

نخست اشاره میکنیم به قوانین حاکم بر فن که موسوم به قوانین افینیتی (Affinity Laws) میباشد:

Eq. 1: $(N1 / N2) = Q_1 / Q_2$

Eq. 2: $(N1 / N2)^2 = P_1 / P_2$

Eq. 3: $(N1 / N2)^2 = T_1 / T_2$

Eq. 4: $(N1 / N2)^3 = HP_1 / HP_2$

در معادلات فوق N معرف سرعت، Q معرف میزان جریان سیال، T معرف گشتاور، HP معرف توان مصرفی و P معرف فشار است.

حال فرض میکنیم یک فن با موتور 250hp با راندمان ۹۵٪ موجود است. و سیکل کار آن را در هر هفته بصورت زیر در نظر میگیریم:

سرعت	بار	ساعات کار
۱۰۰٪	۱۰۰٪	۴۰
۷۵٪	۴۲٪	۸۰
۵۰٪	۱۲٪	۴۰

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بدون استفاده از درایومیزان انرژی مصرفی در هر هفته برابر است با:

KWh/هفته = (hp x 0.746 x ساعات کار) / □
= (250 x 0.746 x 160) / 0.95 = 31,411 Kwh/هفته

با استفاده از درایومیزان انرژی مصرفی در هر هفته برابر است با:

KWh/هفته = (((250 x .746 x 40hrs)/.95) + ((105 x .746 x 80hrs)/.95) +
((31 x .746 x 40hrs) / .95)) = 15,422 KWh/ هفته

میزان صرفه جوئی انرژی در سال برابر است با:

صرفه جوئي انرژي = (31,411-15,422) * 50 = 800,000 KWh/سال

و اگر ارزش هر کیلووات ساعت انرژی را ۴ سنت در نظر بگیریم ارزش انرژی صرفه جوئی شده برابر خواهد بود با:

800,000KWh * .04 = 32,000 $

۱۵- یک مطالعه موردی در ایران:

گزارشی از وضعیت فعلی فنهای پیش گرمکن خط ۲ سیمان آبیک و بررسی امکان صرفه جوئی انرژی در آنها

گزارش زیر توسط مرکز تحقیقات سیمان آبیک آماده شده است:

فنها در صنعت سیمان کاربرد گسترده ای دارند. و برای انتقال گازهای ناشی از فرایند تولید سیمان و یا نتقال مواد از آنها استفاده میشود. از آنجائی که شرائط فرایندی با توجه به تغییرات پارامترهای آن ثابت نمی باشد. در نتیجه میزان تولید گازهای فرایندی با توجه به تغییرات پارامترهای آن ثابت نمی باشد. در نتیجه میزان تولید گازهای فرایندی نیز متغیر بوده و لازم ست این امر با تغییر هوادهی فنها تحت کنترل باشد. از متداول ترین روشهای کنترلی که برای فلوی گاز در فن ها تا بحال مورد

استفاده قرار گرفته است، کنترل فلو توسط دریچه در ورودی فن میباشد. اگر چه این روش، طریقه ای موثر در کنترل فلو بوده اما در مصرف انرژی تاثیر قابل ملاحظه ای نداشته است. در صورتی که کنترل فلوی گاز با استفاده از کنترل دور فن، علاوه بر کارائی بهتر بمیزان زیادی در مصرف انرژی الکتریکی فن صرفه جوئی انرژی ایجاد خواهد کرد.

بعنوان مطالعه موردی فن های پیش گرمکن واحد ۲ سیمان آبیک مورد بررسی قرار میگیرد. بمنظور آنکه بتوان میزان بالقوه انرژی قابل صرفه جوئی در این فن ها بدست اید از دو روش:

۱- محاسبه توان با استفاده از پارامترهای بدست آمده از فرایند

۲- اندازه گیری توان موتور درایو

استفاده کرده و یک بررسی مقایسه ای بین ایندو بعمل می آوریم. برای محاسبه توان از رابطه معمول آن:

$$P(KW) = \frac{Q \times \Delta P}{3600 \times 102 \times \eta}$$

استفاده کرده ایم. پارامترهای مورد نیاز برای محاسبه نیز در فرایند و در شرائط نرمال بهره وری اندازه گیری شد.

فلوی گاز $Q = 327{,}000\ m^3/h$

فشار هوا قبل از دریچه(شرائط فرایند) $P_1 = -560$ mm WG

فشار هوا بعد از دریچه و قبل از فن $P_{l1} = -1100$ mm WG

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فشار هوا بعد از دریچه(شرائط فرایند) $P_2 = -10$ mm WG

وضعیت دریچه 22% و دور موتور برابر با دور نامی 990RPM ، و توان نامی موتور فن 1300KW با راندمان 0.8 بود. در این شرائط میزان توان مصرفی فن با استفاده از پارامترهای بهره برداری و با توجه به $P\Delta$ فرایند :

$$P(KW) = \frac{327{,}000 \times (560 - 10)}{3600 \times 102 \times 0.8} = 612\ KW \qquad \overbrace{\Delta P}^{\text{فرایند}}$$

۱-۱-۵- و با استفاده از $P\Delta$ فن، یعنی تفاوت فشار ورودی و خروجی فن، توان مصرفی عبارت است از :

$$P(KW) = \frac{327{,}000 \times (1100 - 10)}{3600 \times 102 \times 0.8} = 1213\ KW \qquad \overbrace{\Delta P}^{\text{فن}}$$

و مقدار خوانده شده توسط دستگاه واتمتر برای هر دو فن شماره ۳۵ و ۳۶ (فن های پیش گرمکن) بصورت زیر بود:

$P_{35} = 1260$ KW

$P_{36} = 1210$ KW

مقایسه دو مقدار توان فن(محاسبه شده و اندازه گیری شده) حداقل دو مسئله را روشن میکند:

۱- صحت محاسبات انجام شده(عدد 1213 در مقابل 1260 و یا 1210).

۲- استفاده از دریچه باعث افزایش $P\Delta$ فن شده و این امر باعث افزایش توان مصرفی فن شده است.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مورد فوق بخوبی نشان میدهد که حذف دریچه ورودی و استفاده از کنترل دور میتواند شرائط کار فن را به شرائط فرایند نزدیکتر کرده و در آنصورت در مصرف انرژی فن کاهش قابل ملاحظه ای مشاهده خواهد شد. نهایتا بر روی فن شماره 36 کنترل دور نصب شد و در حالیکه دور فن روی 680RPM تنظیم شده بود شرائط فرایندی مشابه با حالت بدون کنترل دور فراهم شده و تولید نیز به حالت نرمال رسید.

در این حالت شرائط دریچه 100% باز و مقدار توان مصرفی موتور 560KW قرائت گردید. همانگونه که انتظار داشتیم با استفاده از کنترل دور توانستیم توان فن را به شرائط بهره برداری قبل رسانده و توان مصرفی را بمیزان زیاد کاهش دهیم. انتظار میرود با توجه به میزان سرمایه گذاری انجام شده جهت تهیه کنترل دور مورد نیاز، زمان بازگشت سرمایه ۳ سال باشد.

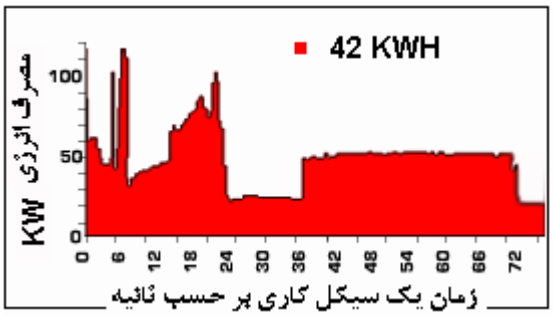
۱-۱-۶-۱۶- سیتمهای تهویه مطبوع

موضوع صرفه جوئی انرژی در دنیای رقابتی امروز حتی آثار خود را در سیستمهای تهویه مطبوع هتلها نیز خود را مطرح کرده است. در این مکانها امکان صرفه جوئی انرژی تا مرز ۵۰ درصد روی سیستمهای HVAC یا سیستمهای حرارتی و هواسازی و تهویه مطبوع ، وجود دارد. و سرمایه گذاری اولیه در مدت دو سال از محل صرفه جوئی انرژی قابل بازیابی میباشد.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۱-۱-۱-۷- ۱۷- ماشین تزریق پلاستیک

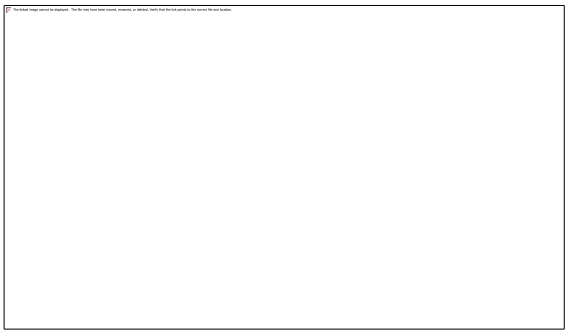
در یک ماشین تزریق پلاستیک استفاده از کنترل کننده دور موتور میتواند تا ۵۰ در صد صرفه جوئی در مصرف انرژی بدنبال داشته باشد[2]. برای روشن شدن این مطلب به دیاگرام زیر توجه میکنیم:



شکل (16) مصرف انرژی در یک سیکل کاری ماشین تزریق پلاستیک- بدون استفاده از درایو

در دیاگرام فوق مصرف انرژی در یک سیکل کاری نشان داده شده است. این حالت نرمال کار ماشین بوده و در این وضعیت از درایو استفاده نشده است. با استفاده از کنترل کننده دور موتور میتوان توان تلفاتی ماشین را بمیزان قابل توجهی کاهش داد. مضافا اینکه در این صورت ماشین خیلی نرمتر کار کرده و از شوکهای مکانیکی اجتناب خواهد شد. خود این امر منجر به کاهش هزینه های تعمیر و نگهداشت ماشین میشود . در دیاگرام زیر توان مصرفی ماشین در حالت کار با کنترل کننده دور موتور نمایش داده شده است:

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۱۷) مصرف انرژی در یک سیکل کاری ماشین تزریق پلاستیک- با استفاده از درایو

با مقایسه دو دیاگرام مشاهده میشود که مصرف انرژی از ۴۲ کیلوات ساعت به ۲۷ کیلووات ساعت تقلیل پیدا کرده است.

۱۸- صرفه جوئی انرژی در تاسیسات آب و فاضلاب

شرکت Vacon سازنده درایوهای AC گزارش کرده است [12] که درسیستم تصفیه فاضلاب شهر گرومز سوئد با استفاده از درایو 40.5% صرفه جوئی انرژی بدست آوده است. این درحالی است که در سیستم فوق و با استفاده از درایو مصرف مواد شیمیائی نیز 53% کاهش پیدا کرده است. اینک شرکت Vacon را ه حلهای جامعی در تاسیسات آب و فاضلاب ارائه میدهد. این راه حلها شامل طراحی این تاسیسات، انتخاب درایو، و محاسبات صرفه جوئی انرژی میشود [13]. برای اطلاعات بیشتر در این زمینه با شرکت پرتوصنعت تماس بگیرید.

۱۹- کمپرسورها

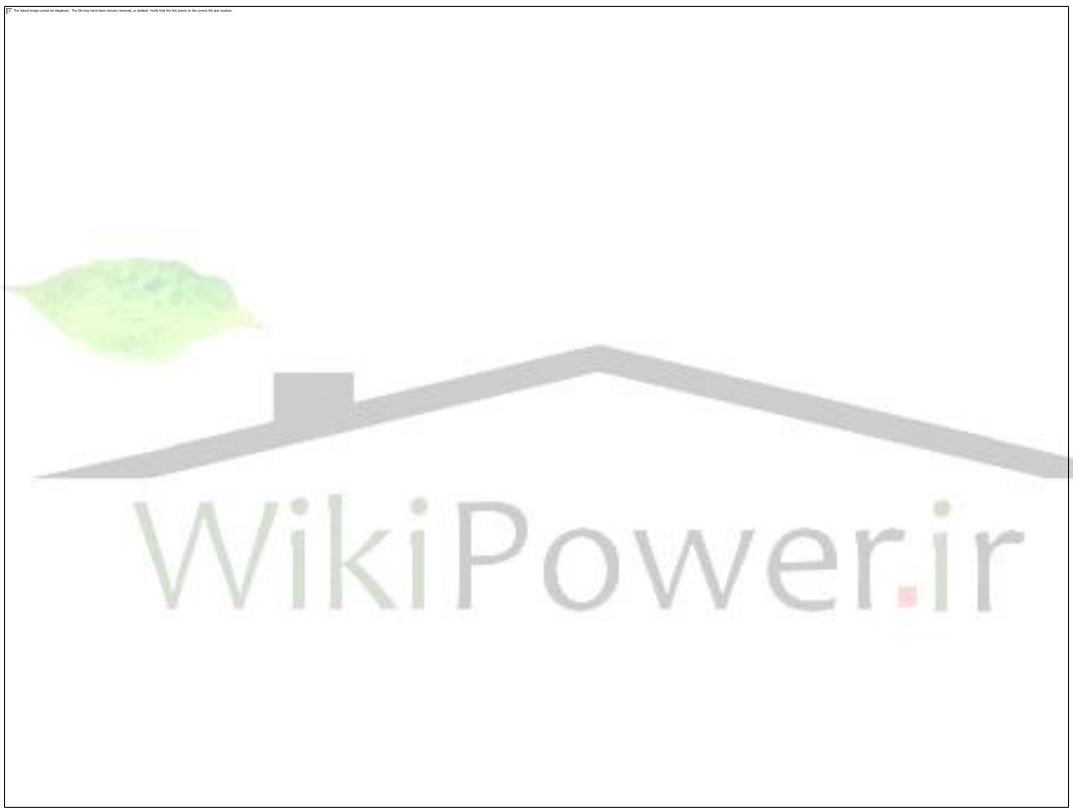
شرکت اطلس کوپکو موفق شده است با استفاده از درایو مصرف انرژی کمپروسورهای تولیدی خود را بمیزان ۳۵٪ کاهش دهد. در کنار این دستاورد مهم اطلس کوپکو توانسته است با استفاده از درایو فشار کمپروسور را با دقت و پایداری بیشتری کنترل کند، جریان راه اندازی را محدود نماید و ضریب قدرت را به بیش از ۹۵٪ برساند. و بدین ترتیب این کمپروسورها نیازی با خازنهای اصلاح ضریب قدرت ندارند. از سال ۱۹۹۴ ببعد که اطلس کوپکو این کمپروسورها را معرفی کرده است توانسته است بازار کمپروسورهای دنیا را تسخیر کند. این رویکرد سیستمی در طراحی و ارائه محصول با کیفیت، نمونه خوبی از افزایش مزیت رقابتی یک بنگاه اقتصادی میباشد.

۲۰- نیروگاهها

در نیروگاهها پتانسیل قابل توجهی برای صرفه جوئی انرژی وجود دارد. مصرف داخلی نیروگاههای بخاری میتواند بین ۵ تا ۱۴ درصد انرژی تولید شده توسط نیروگاه باشد. این میزان انرژی عمدتا در ID فن، FD فن، فید پمپ، فنهای کولینگ تاورف پمپهای سیرکولاسیون و خنک کن مصرف میشود. یک مطالعه موردی از نیروگاههای هند نشان میدهد[14] که از مجموع ۲۲ واحد نیروگاهی ۲۱۰ مگاواتی، با بکارگیری درایو در فنهای ID و یا پمپهای BFP ، سالانه بالغ بر ۱۵۸ میلیون کیلووات ساعت انرژی، به ارزش 11.3 میلیون دلار صرفه جوئی انرژی حاصل میگردد. این در حالی است که ارزش سرمایه گذاری ولیه ۲۵/۷ میلیون دلار بوده است. و بدین ترتیب

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

میتوان انتظار داشت که در کمتر از ۲/۳ سال سرمایه گذاری اولیه مستهلک شده و عواید سرشاری نصیب نیروگاهها گردد. در جدول(۴) خلاصه ای از این بررسی را مشاهده میکنید.

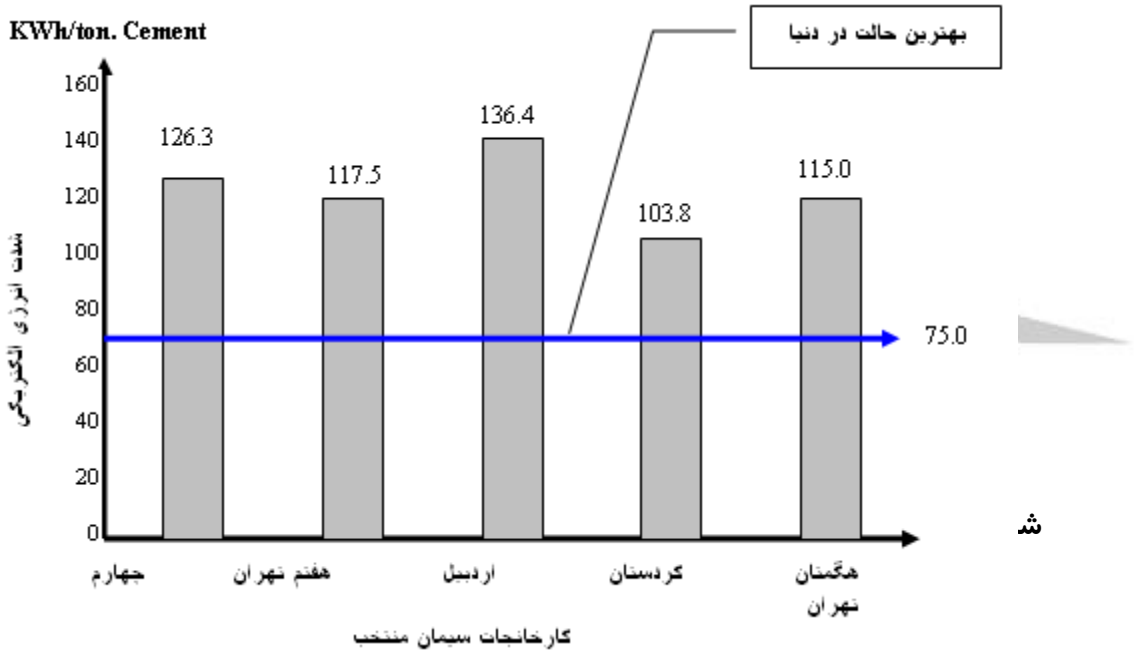


جدول(۴): بررسی نتایج استفاده از درایو در برخی از کاربردهای با مصرف انرژی بالا بمنظور کاهش مصرف داخلی نیروگاهها در کشور هند

۲۱- سیمان

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در ایـران حـدود ۹٪ انـرژی الکتریکـی صـنعتی در صـنایع سـیمان مصـرف میشـود. مطالعـاتی کـه در سـال ۲۰۰۲ توسـط آقـای علیرضـا شـیرازی در صـنایع سـیمان انجـام گرفـت نشـان داد[12] کـه میـزان مصـرف انـرژی در ایـن صـنایع نسـبت بـه اسـتانداردهای جهـانی آن خیلـی بـالا اسـت. در شـکل(۱۸) شـدت انـرژی الکتریکـی مـورد نیـاز در صـنایع سـیمان ایـران بـرای تولیـد هـر تـن سـیمان بـا بهتـرین حالـت جهـانی آن نشـان داده شـده اسـت. و در جدول (۵) خلاصه ای از این مطالعه نشان داده شده است.



کارخانه	مقدار انرژي الکتريکي Kwh/Ton	پتانسيل صرفه‌جوئي انرژي Kwh/Ton	پتانسيل صرفه جوئي انرژي Kwh
چهارم تهران	۱۲۶,۳	۵۱,۳	۲۰،۲۲۱،۲۷۵
هفتم تهران	۱۱۷,۵	۴۲,۵	۲۵،۹۶۹،۲۷۰
اردبيل	۱۲۶,۴	۶۱,۴	۴۲،۲۵۱،۱۱۴
کردستان	۱۰۳,۸	۲۸,۸	۱۶،۸۰۰،۴۸۰
هگمتان	۱۱۵,۰	۴۰	۲۲،۵۹۲،۴۰۰
		جمع :	۱۲۸،۰۲۵،۶۲۹

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

جدول (۵ب) پتانسیل صرفه جوئی سالانه انرژی الکتریکی در صنایع منتخب سیمان ایران در مقایسه با استاندارد جهانی

اطلاعات فوق نشان می‌دهد که در هر کارخانه سیمان می توان حدود 1.5 میلیون دلار در هر سال در مصرف انرژی الکتریکی صرفه‌جوئی نمود و اگر تعداد خطوط تولید سیمان را در حال حاضر ۶۰ خط تولید در نظر بگیریم میزان مصرف انرژی الکتریکی در صنایع سیمان سالانه بالغ بر ۹۰ میلیون دلار خواهد بود . برای بدست آوردن این نتایج ارزش هر کیلووات ساعت انرژی الکتریکی ۶ سنت در نظر گرفته شده است. هر چند که این مقدار صرفه جوئی انرژی تنها با استفاده از درایو بدست نمی آید ولی استفاده از درایو سهم عمده ای در این صرفه جوئی خواهد داشت.

۱-۱-۱-۸- ۲۲- قابلیتهای کنترل کننده های دور موتور مدرن

درایوهای مدرن امروزی بر اساس تکنولوژی مدولار ساخته میشوند. این امر هم در قسمتهای سخت افزاری و هم در قسمتهای نرم افزاری درایو رعایت میشود. ساختار مدولار قابلیت بر آورده سازی بسیاری از نیازهای مشتری را دارد. اغلب این درایوها از تکنولوژی کنترل برداری بهره میگیرند. این روش کنترل امکان کنترل موتور را با دقت و دینامیک زیاد فراهم میاورد. بطوریکه این درایوها اینک قادرند درست نظیر درایوهایDC رفتار نمایند. آنها را میتوان در کاربردهای کنترل سرعت و یا کنترل گشتاور بسهولت مورد استفاده قرارداد. بطوریکه سادگی و استحکام موتورهای القائی درکنار این درایوها مجموعه ای مطمئن و کارا از آنها میسازد . هر چند که این درایوها

از تکنولوژی الکترونیک قدرت پیچیده استفاده میکنند اما بدلیل استاتیک بودنشان هزینه های نگهداشت زیادی به صنعت تحمیل نمی کنند.

درایوهای مدرن قادرند بطور اتوماتیک فلو ی مغناطیسی در موتور را در سطح بهینه ان نگهدارند. این ویژگی در جاهائی که بار موتور کم است منجر به صرفه جوئی انرژی خواهد شد.

درایوهای مدرن امروزه در کاربردهای فیدبک و سرو نیز بسهولت بکار گرفته میشوند. ساختار مدولار آنها بگونه ای است که میتوان متناسب با کاربرد از کارتهای اختیاری استفاده نمود. این کارتها امکان تطبیق درایو با کاربرد مشتری را فراهم می آورند. در کنار این مقدورات سخت افزاری باید به برنامه های نرم افزاری متعددی نیز اشاره نمود، که معمولات توسط سازندگان درایو برای نیازهای مختلف صنعتی ارائه میشود. استفاده از این برنامه های کاربردی بسیار ساده بوده و کاربر میتواند برنامه دلخواه خود را انتخاب و در داخل درایو قراردهد. درایوهای امروزی میتوانند بسیاری از فیلد باسهای موجود را پشتیبانی کنند. امروزه پروفی باس به عنوان یک فیلدباس باز(Open) ، در بسیاری از کاربردهای صنعتی متداول شده است. سازندگان درایو با استفاده از Profi Drive بسهولت سازگاری خود را با پروفی باس برقرار میسازند.

درایوها علاوه بر ماموریتهای اصلی خود قابلیتهای بیشمار دیگری نیز دارند که از جمله میتوان به موارد زیر اشاره نمود:

- حفاظت کامل الکتروموتور در مقابل اضافه جریان و نوسانات ولتاژ

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

- انعطاف پذیری در کنترل پروسه
- سازگاری با نیازهای کاربردی موتور

سیستم نرم افزاری درایوهای ساخت شرکت Vacon از دو لایه تشکیل شده است. لایه اول نرم افزار سیستم و لایه دوم جهت توسعه نرم افزارهای کاربردی کاربر اختصاص یافته است. با کمک این لایه کاربر میتواند با کمک ابزار گرافیکی و با استفاده از زبانهای رایج برنامه نویسی برنامه های کاربردی خود را توسعه دهد. وکن تنها به همین اکتفا نکرده و با آماده نمودن صدها برنامه کاربردی به کاربر کمک میکند بسهولت برنامه کاربردی مورد نظر را در درایو نصب نموده و از آنها استفاده نماید. بعنوان نمونه میتوان به نرم افزارهای کاربردی زیر اشاره نمود:

۲۲-۱- نرم افزار کاربردی کنترل پمپ و فن

همانطور که از نام آن پیداست، این برنامه کاربردی جهت کنترل یک یا چند فن یا پمپ بکار میرود. این نرم افزار بطور اتوماتیک متناسب با فلوی مورد نظر یک یا چند پمپ را روشن کرده و فلو را کنترل میکند. برنامه بطور اتوماتیک تمام پمپ ها را در پریود زمانی مشخص بکار میگیرد.

۲۲-۲- نرم افزار کاربردی کنترل سطح پیشرفته

این نرم افزار کاربردی جهت کنترل دقیق سطح سیال در مخازن بکار میرود. این نرم افزار نیز بطور اتوماتیک تعدادی پمپ را مدیریت میکند.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۲۲-۳- نرم افزار کنترلی Master Follower

این برنامه قادر است تورک مورد نیاز بار را در تعدادی موتور تسهیم نماید. این موتورها متفقا یک بار را درایو میکنند. و این برنامه ناظر به هماهنگی دقیق آنها در تامین گشتاور مورد نیاز بار است

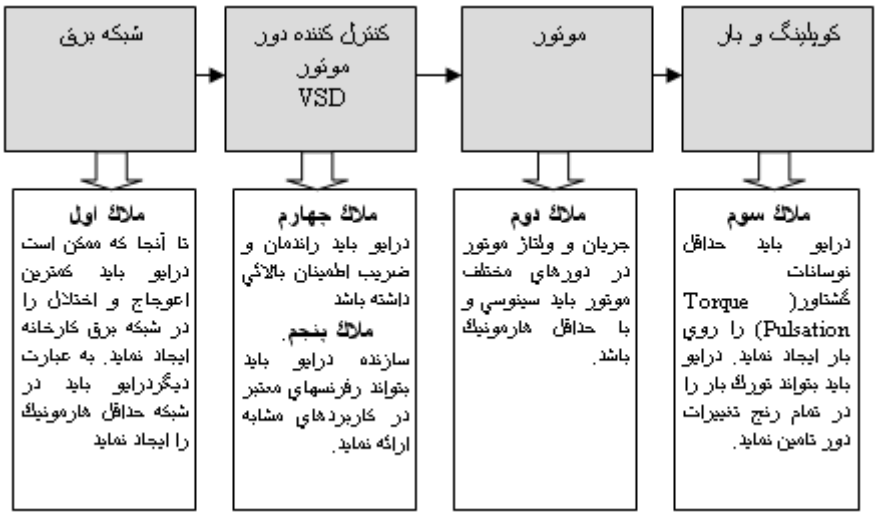
۲۳- درایوهای دور متغیر VACON مصداقی از درایوهای مدرن

کنترل کننده های دور موتور ساخت شرکت وکن نمونه کاملی از درایوهای مدرن امروزی است[3]. درایوهای وکن دارای ساختاری کاملا مدولار بوده و به کاربر اجازه میدهد با استفاده از نرم افزار قدرتمند داخلی، که بر اساس استاندارد IEC 611131-3 کار میکند، برنامه های خود را توسعه دهد. بدین ترتیب این درایو قادر است در کاربردهای زیادی نقش یک PLC را نیز بازی کرده و به کاربر اجازه میدهد بسهولت برای کاربردهای خود راه حل ارائه دهد. علاوه بر این قابلیت، شرکت وکن در اقدامی بی سابقه با طراحی و توسعه صدها برنامه کاربردی مختلف برای کاربردهای صنعتی، بهره برداری ار درایوهای خود را کاملا منعطف نموده است. اینها بخشی از ویژگیهای منحصر بفردی است که درایوهای وکن را تبدیل به نمادی از درایو حرفه ای برای هزاره جدید نموده است. توصیه میکنیم برای آشنائی بیشتر با این درایوهای قدرتمند با شرکت پرتو صنعت تماس بگیرید.

۲۴- مسائلی که درایوهای دور متغیر بوجود میاورند.

هـر چنـد کـه درایوهـا مزایـای زیـادی درانـد ولـی در انتخـاب و بکـارگیری آنهـا بایـد دقت کـافی بـه عمـل آیـد. خصوصـا اگـر درایوهـای مـورد بحـث توانهـای بـالائی داشـته و تولیـد کارخانه به عملکـرد آنهـا کـاملا مـرتبط باشـد. در واقـع تحقیقـات نشـان داده اسـت کـه نگرانـی از ضـریب اطمینـان درایـو بعنـوان یکـی از موانـع اصـلی در عـدم رغبـت صـنایع بـه اسـتفاده از آنها در صرفه جوئی انرژی میباشد[10] .

درایوهـــای ولتـــاژ متوســـط (Medium Voltage Drives) از تکنولـــوژی ســـاخت پیچیـــده ای برخوردارنـــد. اینهـــا معمـــولا ترکیبـــی از الکترونیـــک قـــدرت، کنتـــرل، میکروکامپیوترهـا، ترانسـفورماتورها و فیلترهـا میباشـند. پـر واضـح اسـت کـه ارزیـابی ایـن اجـزا و انتخـاب درایـو نهـائی امـری دشـوار و نیازمنـد زمـان و بسـیج کارشناسـان متخصـص خواهـد بـود. بـا ایـن حـال چهـارچوب سـاده زیـر میتوانـد خریـداران درایـو را در ارزیـابی و انتخـاب درایـو مـورد نظرشـان یـاری دهـد. در ایـن چهـارچوب پیچیـدگیهای داخلـی درایـو مـورد توجـه قـرار نمیگیـرد. بلکـه سـعی میشـود از آثـار جـانبی درایـو عملکـرد آن مـورد ارزیـابی قرارگیـرد. بـر ایـن اسـاس مطـابق شـکل(۱۹) مسـائل جـانبی درایـو را طبقـه بنـدی نموده و ملاکهائی برای ارزیابی آنها تعیین میکنیم.



شکل(۱۹): چهارچوب پیشنهادی برای ارزیابی درایوهای ولتاژ متوسط با توجه به آثار جانبی آنها

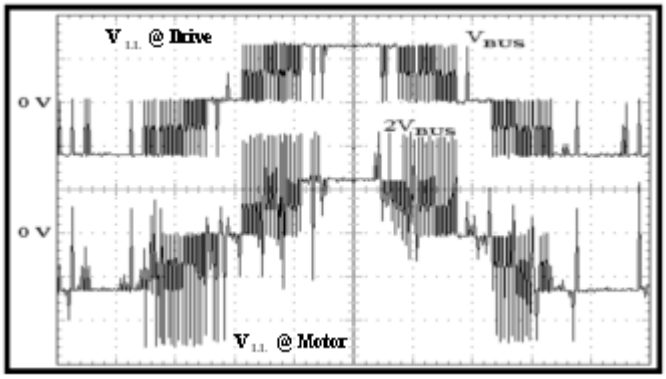
ملاک اول تضمین میکند که شبکه برق کارخانه تحت تاثیر عملکرد درایو قرار نگیرد. این موضوع وقتی اهمیت بیشتر پیدا میکند که توان درایوهای مورد بحث زیاد بالا باشد. اعوجاجهای ناشی از عملکرد درایو روی شبکه میتواند عملکرد سایر دستگاههای حساس کنترلی را مختل سازد، تداخل در خطوط مخابراتی کارخانه ایجاد نماید، و یا توان راکتیو از شبکه کشیده شود. و واکنش سازمانهای برق منطقه ای را بدنبال داشته باشد.

توصیه میشود استانداردهای IEEE519 در درایوهای ولتاژ متوسط یا Medium Voltage Drives رعایت شود. بطور خلاصه این استاندارد ملزم میکند که توتال هارمونیک ولتاژ در شبکه کمتر از ۵٪ و توتال هارمونیک جریان کمتر از ۳٪ باشد. همچنین لازم است ضریب قدرت درایو در تمام رنج تغییرات دور بالای ۹۵٪ باشد.

ملاک دوم تضمین میکند که برق خروجی از درایو تنشهای ولتاژ و جریان اضافی به موتور تحمیل نخواهد کرد. تنشهای ولتاژ میتواند عایق موتور را تحت فشار قراردهد. از سوی دیگر جریانهای هارمونیکی میتوانند باعث نوسانات گشتاور در موتور و بار بشوند. اعوجاج در ولتاژ و جریان موتور میتواند باعث القای جریانهای مخرب در

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بیرینگهای موتور شده و فرسایش سریع آن را بدنبال داشته باشد. مضافا اینکه جریانهای هارمونیکی در موتور منجر به ایجاد حرارت اضافی در موتور خواهد شد. در شکل(۲۰) شکل موجهای ولتاژ خروجی یک درایو نمونه را میتوانید مشاهده کنید. درشکل موج بالا ولتاژ خروجی در ترمینالهای درایو، و شکل موج پائین ولتاژ ورودی در ترمینالهای موتور را مشاهده میکنید. دامنه اسپایکهای ولتاژ حدود ۱۵۰۰ ولت است. این اسپایکها میتوانند عایق موتور را تحت فشار قرار دهند.



شکل(۲۰): شکل موج خروجی از یک درایو و اسپایکهای ناشی از عملکرد سوئیچهای

قدرت و خازنهای پراکندگی سیستم:

شکل موج بالا شکل موج خروجی درایو. شکل موج پائین شکل موج ورودی موتور

یک معیار خوب برای کیفیت توان خروجی درایو را میتوان محدودیت طول کابل موتور به درایو قرار داد. اغلب سازندگان درایو محدودیت های زیادی در طول کابل درایو به موتور اعمال میکنند. آنها میگویند اگر طول کابل مثلا از ۱۰۰ متر بیشتر باشد

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

لازم است از فیلتر برای سازگاری درایو به موتور استفاده گردد. از این رو برای حصول اطمینان از کیفیت توان خروجی درایو به سه معیار زیر توجه میکنیم:

- طول کابل خروجی از درایو به موتور نباید از سوی سازنده درایو محدود گردد.
- حتی الامکان در خروجی درایو ضرورتی برای استفاده از فیلتر نباشد.
- درایو باید سازگار با هر نوع موتور استاندارد موجود بوده و نیازی به کار مهندسی جهت تطبیق درایو به موتور نباشد.

ملاک سوم تضمین میکند که درایو حداقل تاثیر را روی بار و کوپلینگها داشته باشد. نوسانات گشتاور باعث استهلاک سریعتر بار و کوپلینگها میشود. اینها آستانه تحریک سیستم را نیز پائین میاورند. ضمنا درایو باید بتواند گشتاور مورد نیاز بار را در تمام سرعتها تامین نماید. توصیه میشود میزان نوسانات گشتاور یا Torque Pulsation در خروجی درایو کمتر از 0.5% در رنج تغییرات دور باشد.

ملاک چهارم تضمین میکند که درایو با هزینه کمتر کار خود را انجام بدهد و خود عاملی برای وقفه در تولید نگردد. همچنین درایو فانکشنهای ساده ای داشته و بسهولت قابل سرویس باشد. و از پشتیبانی فنی مطمئن و سریع برخوردار باشد.

ملاک پنجم میتواند از این لحاظ مورد توجه قرار گیرد که احتمال آن را بدهیم که مشتریان دیگری که از درایو مشابه استفاده میکنند، در انتخاب و بکار گیری درایوهایشان بررسی های کافی کرده اند.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

منابع:

F1- دکتر هاشم اورعی،"بهینه سازی مصرف انرژی در الکتروموتورهای صنعتی" مرکز تحقیقات نیرو، ۱۳۷۳.

F2- کاظم دولت آبادی، "ارزیابی و انتخاب درایو Medium Voltage"، شرکت پرتوصنعت، ۱۳۸۲.

1- http://www.greenbusiness.com

2- http://www.magnumllc.com/results.asp

3- http://www.vacon.com

4- Howard W. Penrose, ”A novel approach to industrial assessments for improved energy, waste stream, process and reliability”, Kennedy-Western University, 1999.

5- Shawn McNulty, Bill Howe, “Power Quality Problems and Renewable Energy Solutions”, 2002.

6- “Optimizing your motor-driven systems”,motor.doe.org.

7- “Reducing power factor cost”,motor.doe.org.

8- Determining Electric Motor Load and Efficiency”, motor.doe.org.

9- Dipl.Ing.(FH) Hugo Stadler ,"Energy Savings by means of Electrical Drives", Loher GmbH.

10-Anibal T. De Almeida, Paula Fonseca, & others,"Improving the penetration of Energy-Efficient Motors and Drives", University of Coimbra, Department of Electrical Engineering.

11-A.Shirazi, " Potential Fro Implementation Of Energy Saving Measures In Selected Cement Factories In Iran ", Flensbusg University , Germany , March , 2002.

12-"Lower energy and chemicals costs at swedish sewage treatment plant", http://www.vacon.com/what/swtplen.html.

13-http://www.water.vacon.com/

14-"Environmentally sound energy efficient strategies: a case study of the power sector in India ", http://www.uccee.org/Workpapers/execsum6.htm.

15-"Variable Speed Driven Pumps: Best Guide Practice", http://www.bpma.org.uk/Latest.asp

16-Kevin Wright,"Energy Solutions,"Rockwell Automation, July 2002.

Bimal K. Bose,"Energy, Environment, and Advances in Power Electronics," IEEE Trans. Power Electronics, VOL. 15, No. 4, July 2000

۱۷- الکترونیک قدرت و کنترل ماشین های الکتریکی AC

تالیف: B.K.Bose ، مترجمان: دکتر ابوالفضل واحدی – دکتر ....

۱۸- الکترونیک صنعتی، سیریل لندر

۱۹- کنترل موتورهای الکتریکی با مبدل های الکترونیک قدرت G.K.Dubey

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۲۰- الهام صادقیان : «کنترل سرعت موتور القایی به روش DTC» پایان نامه کارشناسی ارشد قدرت دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.

۲۱- اروینگ اج شیمز : «مکانیک سیالات» ترجمه مجتبی ضیایی.

۲۲- برنامه کاربردی پمپ، مقاله مهندس مجید زمانی، شرکت پرتو صنعت.

WikiPower.ir