



WHITE PAPERS

ASK-RD-ENG-042

R&D Department

ARYA SEPEHR KAYHAN (ASK) | SHAHID SALIMI INDUSTRIAL CITY, TABRIZ, IRAN

شرکت آریا سپهر کیهان با نام اختصاری ASK، طراح و تولیدکننده پمپ های گریز از مرکز و روتاری و ارائه دهنده راهکارهای بهینه سازی سیستم های فرایندی و پمپاژ می باشد.

توجه!

مقالات تخصصی با عنوان White Papers جهت افزایش دانش عمومی پمپ ها در بخش تحقیق و توسعه این شرکت نگارش شده است. استفاده از این مقالات رایگان می باشد و لازم است جهت استفاده از محتویات آن به موارد ذیل توجه فرمایید:

- 1- انتشار مجدد مطالب مقالات (به شکل اولیه و بدون تغییر در ساختار محتوایی و ظاهری) با ذکر منبع، بلامانع است.
- 2- استفاده تجاری از محتویات مقالات در نشریات مجاز نمی باشد.

هزینه تمام عمر پمپ

LCC

۱- مقدمه

۱-۱- بررسی هزینه‌ی تمام عمر پمپ‌های صنعتی

مصرف کنندگان و تولید کنندگان پمپ‌های صنعتی همواره اصرار به کاهش هزینه‌های تمام عمر (LCC^{۱۰۹}) پمپ‌های صنعتی داشته و دارند. اگر سازمانی دارای بخش تدارکات حرفه‌ای و با دانشی باشد، هیچگاه به دنبال خرید پمپی با هزینه‌ی اولیه‌ی خرید و نصب پایینی نخواهد بود. بلکه در پی محاسبه‌ی هزینه‌ی تمام عمر (LCC) آن پمپ که حدوداً ۵ برابر هزینه‌ی اولیه‌ی خرید و نصب و راه اندازی آن است، خواهد بود.

هدف اصلی بررسی صورت گرفته در این مقاله مینیموم کردن هزینه‌ی تمام عمر (LCC) و ایجاد مصالحه بین اجزای آن خواهد بود. به عبارت دیگر، این مقاله به سوال زیر پاسخ خواهد گفت:

« صرفه جویی در هزینه‌ی اولیه‌ی خرید یک پمپ صنعتی با ارزش تر است یا صرفه جویی در هزینه‌های بعد از خرید آن (مثلاً هزینه‌ی نگهداری، تامین انرژی، بیکاری و ...)؟! »

۱-۲- هزینه‌ی تمام عمر (LCC)

هزینه‌ی تمام عمر (LCC) به مجموعه هزینه‌هایی اطلاق می‌شود که از لحظه‌ی تدارک پمپ مورد نظر تا برچیدن و اتمام ماموریت آن به مالک تحمیل می‌شود. این پارامتر همچنین ابزار مفیدی برای مدیر واحد صنعتی است تا تشخیص دهد پمپ مورد نظر را تعمیر کند یا پمپ جدیدی جایگزین آن کند.

اگر فرض شود عمر مفید یک پمپ صنعتی ۲۰ سال است، جدول ۱ هزینه‌های محقق شده در این ۲۰ سال را مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهد. از میان ۸ بخش هزینه‌های طول عمر، تنها دو بخش تعمیر و نگهداری و انرژی منجر به حدود نیمی از هزینه‌ها می‌شوند. این بخش‌ها را می‌توان بنا بر کنترل خریدار بر هزینه‌ها در سه بخش قرار داد:

۱. کنترل کم شامل هزینه‌های محیطی و اتمام ماموریت
۲. کنترل متوسط شامل هزینه‌های اولیه، عملکردی و نصب و راه اندازی
۳. کنترل زیاد شامل هزینه‌های بیکاری، تعمیر و نگهداری و انرژی

اغلب خریداران پمپ هزینه‌های اولیه‌ی خرید را فاکتور اصلی می‌دانند در صورتی که این هزینه تنها ۱۰ درصد از تمامی هزینه‌هایی است که پمپ مورد نظر برای آنها در پی دارد. به نظر می‌رسد بهترین راه یافتن یک نقطه‌ی مصالحه بین هزینه‌های اولیه‌ی خرید و سایر هزینه‌هاست. به این ترتیب می‌توان با صرف کمی هزینه‌ی بیشتر هنگام خرید، هزینه‌های ناخواسته و غیر قابل پیش بینی را در طول عمر پمپ را کاهش داد.

شایان ذکر است که مدیریت بعضی از هزینه‌ها مانند هزینه‌های محیطی، اتمام ماموریت یا نصب و راه اندازی از عهده‌ی خریدار خارج است و به همین دلیل بیشترین کنترل هزینه‌ی روی بخش‌های نگهداری، انرژی و بیکاری (که بیشترین پتانسیل صرفه جویی در هزینه‌ها را دارند) انجام خواهد شد.

¹⁰⁹ Life Cycle Cost

۲- مدل WIMEC برای محاسبه ی LCC پمپ های سانتریفیوژ

مدل WIMEC توسط کمپانی Waters برای محاسبه ی LCC پمپ های مختلف سانتریفیوژ تولید شده توسط کمپانی های مختلف ارائه شده است. همانطور که پیشتر بیان شد، LCC یک پمپ سانتریفیوژ از اجزای زیادی تشکیل شده است که این مدل همگی آنها را در بر نمی گیرد. دلیل عدم در نظر گرفتن مواردی همچون نصب، زمان بیکاری و اتمام ماموریت در این مدل، تشابه مقدار آنها در پمپ های با کاربرد مشابه تولید شده توسط کمپانی های مختلف است. به همین دلیل این مقادیر کمکی به درک تفاوت پمپ های مختلف نمی کند.

بنابراین موارد تاثیر گذار در این مدل عبارتند از:

۱. هزینه های اولیه (هزینه ی خرید پمپ)
۲. هزینه ی انرژی
۳. هزینه های نگهداری (برنامه ریزی شده و بی برنامه)

این مدل همچنین مقدار کربن را بر حسب الکتریسیته ی مصرفی و کربن درج شده توسط سازنده محاسبه می کند. هزینه های کربن به صورت جدا از هزینه های LCC محاسبه و ارائه می شود.

این مدل در یک فایل با پسوند xls (فایل اکسل) نوشته شده است که فضای آن مشابه شکل ۳ است. جلوی بعضی از خانه ها حرف P و جلوی بعضی حرف S نوشته شده است. P یعنی توسط خریدار پر شود و S یعنی فروشنده اطلاعات را تکمیل نماید.

در قسمت asset life عمر مورد انتظار خریدار بر حسب سال درج می شود.

در قسمت operation خریدار اطلاعات پمپ درخواستی خود را درج می کند. این اطلاعات شامل دبی، هد و میزان کارکرد می شود. در همین قسمت فروشنده بازده پمپ و بازده الکتروموتور را وارد می کند. با وارد کردن این اطلاعات، سایر بخش ها از جمله توان، ساعت کارکرد و ... به صورت خودکار محاسبه می شود.

در قسمت pump unit details تولید کننده ی پمپ (فروشنده) باید اطلاعات پمپ پیشنهادی خود را وارد کند. این اطلاعات به خریدار کمک می کند که نزدیکی مشخصات پمپ به عملکرد دلخواه خود را بسنجد. اگر پمپ در بازه ی ۸۰٪ تا ۱۰۵٪ بهترین نقطه ی عملکرد خود، مشخصات مورد نیاز خریدار را داشته باشد، ردیف دبی مورد نیاز خریدار در قسمت operation سبز خواهد شد. در غیر این صورت، ردیف دبی به رنگ قرمز در خواهد آمد.

جدول ۱

LCC	محیط	استهلاک ناشی از افت های ناشی از	7%	
		بارهای ناشی از عملکرد خشن (بیش از حد مجاز)		
	اتمام ماموریت	از هم باز کردن اجزا	4%	
		اتمام ماموریت		
	هزینه های عملکرد	کارگر نفر - ساعت	9%	
	زمان بیکاری ^{۱۱۰}	توقف تولید	9%	
	انرژی	مصرف سالانه ی انرژی ضرب در قیمت انرژی ضرب در طول عمر پمپ	32%	
		انرژی مصرف شده توسط ادوات جانبی پمپ مانند کنترلر های سیستم		
	تعمیر و نگهداری	شارژ سالانه ی نگهداری ضرب در طول عمر پمپ	20%	
		قطعات یدکی		
		ابزارها		
		کارگر نفر - ساعت		
	نصب و راه اندازی	کارگر	9%	
		برقکاری و سیم کشی		
آموزش				
هزینه های اولیه	خرید	هزینه های تولید	10%	
	مهندسی	مواد اولیه (81%)		
	تست	کارگر (17%)		
	بازرسی	انرژی و حمل و نقل (2%)		

در قسمت LCC assement خریدار تخفیف مورد نظر خود را درج می کند و تولید کننده جمع لیست قیمت اولیه ی کلیه ی خدمات را ارائه می کند. در بخش دیگر این قسمت باید اطلاعات مربوط به هزینه های انرژی توسط خریدار درج شود. برای خریدار در ایران، قیمت الکترونیسیته ی صنعتی به صورت میانگین ۴۵۵ ریال بر کیووات ساعت است که معادل ۰/۰۱ پوند بر کیلووات ساعت می باشد. با درج این اطلاعات، میزان و هزینه ی انرژی در طول عمر پمپ به صورت خودکار محاسبه می شود. شایان ذکر است که مقادیر به دست آمده با این فرض محاسبه شده اند که با گذشت زمان بازده پمپ ثابت می ماند.

¹¹⁰ Downtime

اما در واقع با گذشت زمان بازده پمپ کاهش می یابد. به همین دلیل در قسمت drop-off in efficiency فروشنده باید درصدی را به عنوان مقدار کاهش بازده به ازای هر ۱۰۰۰ ساعت کارکرد وارد کند. با وارد کردن این مقدار، محاسبات مربوط به مقدار واقعی میزان و هزینه ی انرژی و مقدار کاهش بازده در طول عمر پمپ محاسبه می شود.

در بسیاری از موافق، تولید کننده (فروشنده) پمپ میزان ساعاتی را تعیین می کند که پس از آن جهت بهبود بازده، پمپ از مدار خارج و دی مونتاز و تعمیر می شود. در این صورت، فروشنده باید در ردیف pump unit overhaul interval میزان ساعات دوره ی تعمیر را وارد کند. با وارد کردن این مقدار، مقادیر نهایی مربوط به انرژی و هزینه های آن به صورت خودکار محاسبه می شود.

فروشنده در قسمت Labor cost دستمزد یک ساعت کار نیروی تعمیرکار خود را در واحد پوند درج می کند. در سه بخش متوالی هزینه های تعمیر لیست می شود. در بخش اول هزینه های مربوط به تعمیرات برنامه ریزی شده ی بعد از ساعت کارکرد به خصوص، در بخش دوم هزینه های مربوط به تعمیرات برنامه ریزی شده ی هر چند ماه یک بار و در بخش سوم هزینه های مربوط به تعمیرات بدون برنامه لیست شده است. هر کدام از این بخش ها از ستون هایی تشکیل شده اند که فروشنده باید نام تعمیر، دوره ی تکرار (فاصله ی تعمیرات)، مدت زمانی که تعمیر طول می کشد، تعداد نیروی کاری و هزینه ی متریکال مورد استفاده را در آنها درج کند. بعد از درج این اطلاعات هزینه ی هر تعمیر به صورت جداگانه و در انتها کل هزینه ی تعمیرات محاسبه می شود.

در آخرین قسمت سئوالی مطرح شده است که تولید کننده باید به آن با آری یا نه پاسخ دهد. اگر الکتروموتور مورد استفاده در زیر دسته ی EFF1 بود باید Y به نشانه ی آری قرار گیرد. و در غیر این صورت N به نشانه ی خیر.

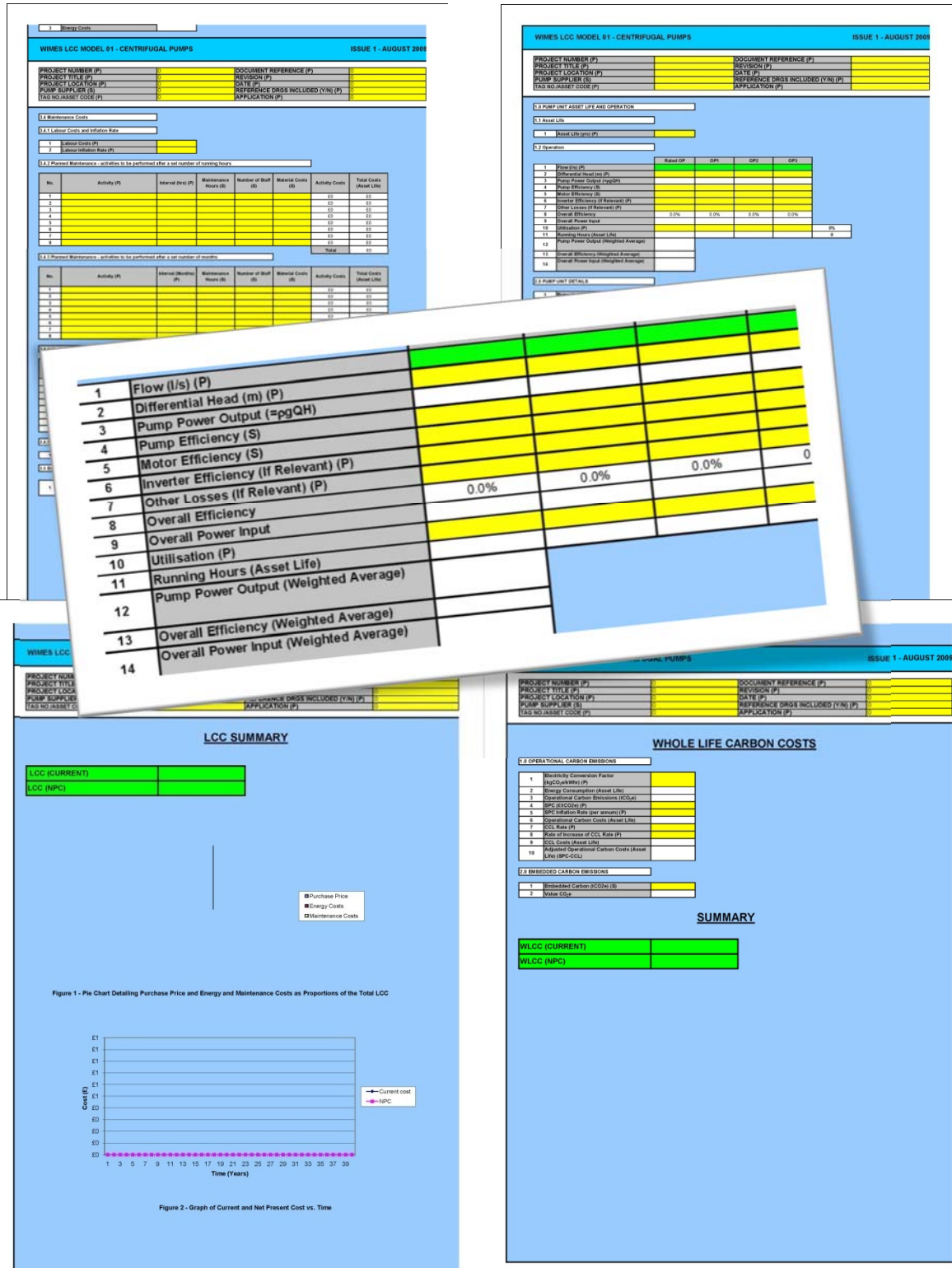
پس طی مراحل فوق، دو نمودار و دو عدد توسط مدل به عنوان پاسخ نهایی ارائه می شود. دو عدد ارائه شده به شرح زیر است:

۱. LCC (Current) : بیانگر کل هزینه ها در حال حاضر می باشد.

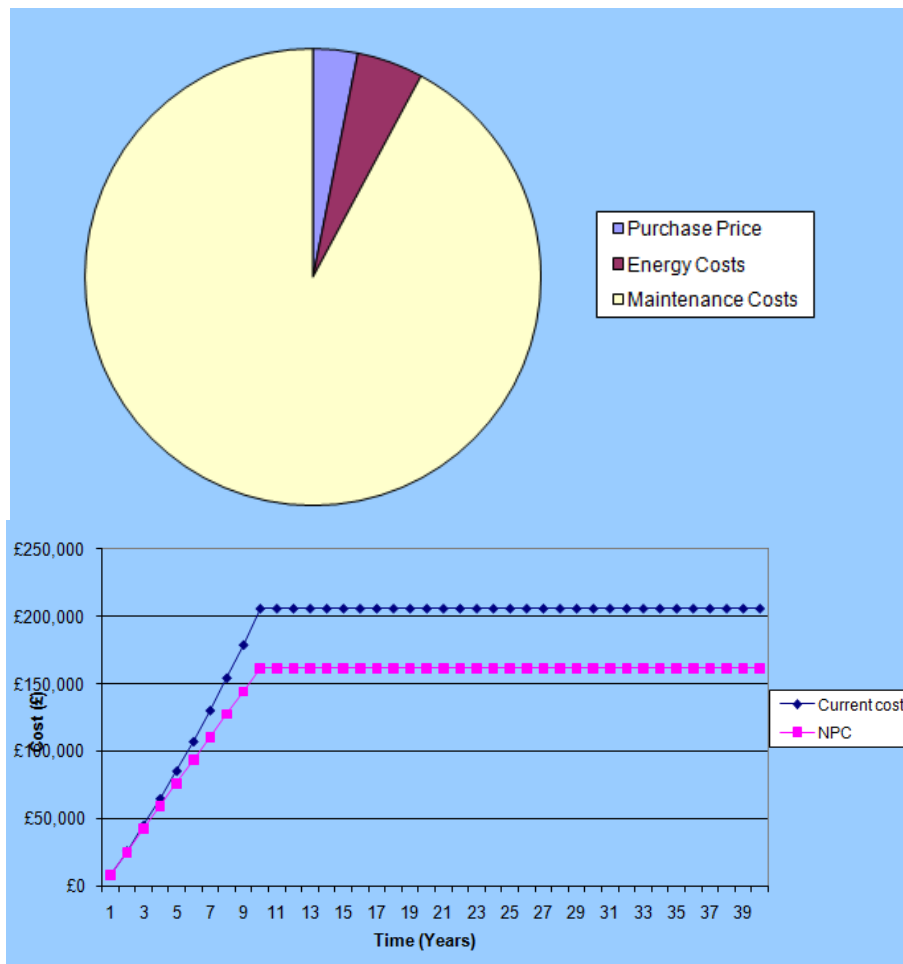
۲. LCC (NPC) : بیانگر کل هزینه ها بعد از اعمال تخفیف می باشد.

نمودار دایره ای ارائه شده، سهم هر بخش را در هزینه های کل نشان می دهد. با توجه به این نمودار میزان سهم کم قیمت پمپ بیش از پیش جلوه می کند.

نمودار سال-هزینه ی ارائه شده نیز تفاوت هزینه ها در سال های متمادی را نشان می دهد. نمونه هایی از این نمودارها در شکل ۴ ارائه شده است.



شکل ۳



شکل ۴

۳- روش های کاهش هزینه های نگهداری

معمولا خریداران استراتژی نگهداری از پمپ را با توجه به نوع پمپ تعیین نمی کنند، بلکه روشی را انتخاب کرده و در همه ی شرایط و برای همه ی انواع پمپ از آن استفاده می کنند. به ترتیب سختگیرانه بودن، برای نگهداری پمپ ۴ استراتژی وجود دارد:

۱. استراتژی واکنشی^{۱۱۱}
۲. استراتژی پیشگیری^{۱۱۲}
۳. استراتژی پیشگویانه^{۱۱۳}
۴. استراتژی پیش گستر^{۱۱۴}

111 Reactive
 112 Preventive
 113 Predictive
 114 Proactive

استراتژی واکنشی : طی این استراتژی، با توجه به مشکلاتی که در عملکرد و نگهداری پمپ به وجود می آید، تیمی برای تعمیر در نظر گرفته می شود.

استراتژی پیشگیرانه : طی این استراتژی، توسط پرسنل تست ها، بازرسی ها، تعویض قطعات و تنظیمات جهت جلوگیری از اتفاق افتادن خطا در عملکرد پمپ انجام می شود.

استراتژی پیشگویانه : طی این استراتژی، شرایط قطعات و ابزارهای در حال کار از پیش مشخص می شود تا زمان نیاز به تعمیر و نگهداری آن قابل پیش بینی باشد. مهمترین پارامتر این استراتژی تخصیص زمان مناسب اصلاح سیستم جهت پرهیز از هر اتفاق غیر مترقبه در آن است.

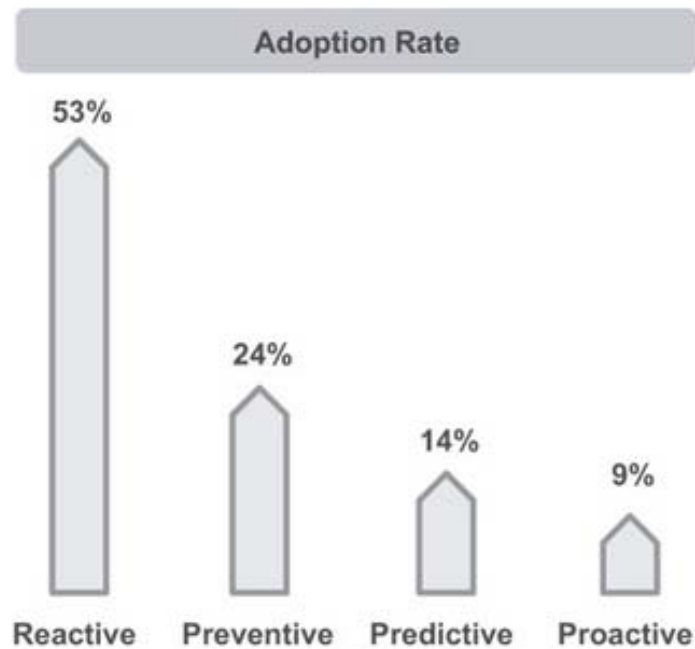
استراتژی پیش گستر : اعمال این استراتژی به معنای اعمال همزمان دو استراتژی پیشگیرانه و پیشگویانه است و طی آن زمان های مشخصی برای توقف تولید جهت تعمیر، بازرسی و تست تخصیص داده می شود.

شکل ۵ نمودار گزارش شده توسط کارشناسان صنعتی پیرامون میزان پذیرش هرکدام از این استراتژی ها می باشد.

واضح است که هیچکدام از استراتژی ها بهترین استراتژی نیست. مثلا استفاده از استراتژی واکنشی برای کاهش هزینه های نگهداری همیشه بد نیست و استفاده از استراتژی های پیشگویانه و پیش گستر برای پمپ های غیر بحرانی مقرون به صرفه نیست.

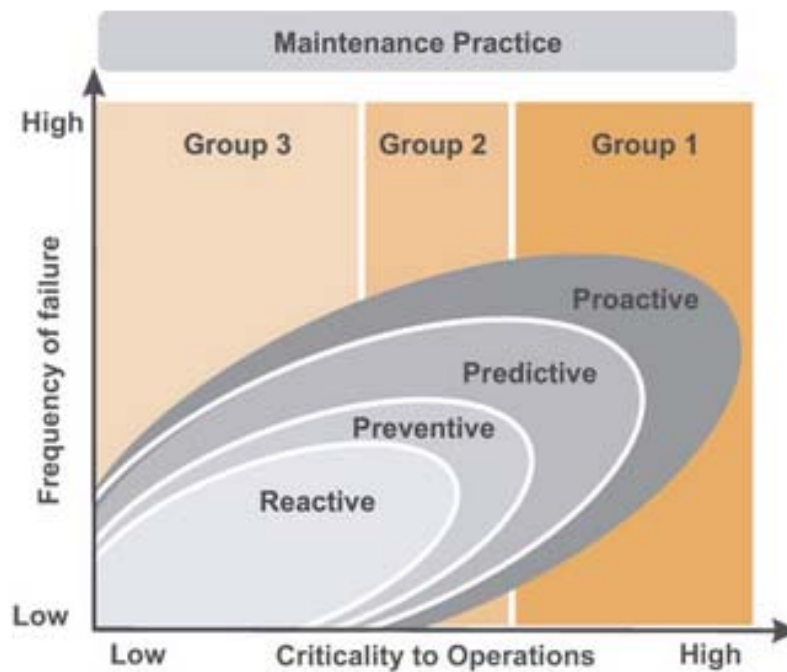
پمپ های صنعتی را بسته به تاثیر روی بهره وری واحد صنعتی می توان به سه دسته تقسیم کرد:

۱. پمپ های کم حجم، بحرانی و پر ارزش.
۲. پمپ هایی با حجم، بحران و ارزش متوسط.
۳. پمپ های پر حجم، غیر بحرانی و کم ارزش.



شکل ۵

با توجه به شکل ۶ محدوده‌ی استفاده از استراتژی‌های ۴گانه مشخص شده است. با استفاده از هر استراتژی در موقعیت و نوع پمپ مناسب هزینه‌های نگهداری پمپ به صورت چشمگیری کاهش می‌یابد.



شکل ۶

۳-۱- کاهش هزینه‌ی انرژی

همانطور که از جدول ۱ پیداست، انرژی بیشترین سهم از هزینه‌های LCC را داراست. خریداران اغلب به دنبال پمپی با بازده انرژی بالا می‌باشند تا این هزینه‌ها را کاهش دهند. اما علاوه بر بازده انرژی فاکتورهای دیگری نیز در مصرف انرژی تاثیر گذار است:

- نصب پمپ‌های بزرگ منجر به دبی حجمی بالاتر، افزایش مصرف انرژی و کاهش عمر مفید پمپ می‌شود.
- استفاده از لوله‌کشی پر پیچ و خم انرژی بیشتری از پمپ می‌گیرد.
- انرژی پمپاژ یک پمپ معین، بستگی به نوع مایع پمپ شده دارد. اگر ویسکوزیته‌ی مایع یا مقدار آن افزایش یابد، انرژی پمپاژ بیشتری مصرف می‌شود.
- خوردگی در دیواره‌های پمپ، انرژی مصرفی را افزایش می‌دهد.
- هنگامی که عملکرد پمپ کنترل و رصد نشود و به خوبی از آن نگهداری نشود، مصرف انرژی بالا می‌رود.
- هنگامی که پمپ خیلی دور از نقطه‌ی بهترین عملکرد (BEP) کار کند، مصرف انرژی به صورت چشمگیری افزایش می‌یابد.

برای بهبود مصرف انرژی باید موارد زیر را رعایت کرد:

- پمپ باید به صورت هوشمندانه با توجه به دبی و مشخصه‌های مهم سیال انتخاب شود.
- از پمپ‌های بسیار بزرگ یا بسیار کوچک استفاده نشود. بنا بر نیاز از دو یا چند پمپ به صورت موازی استفاده شود. با توجه به نیازهای سیستم، با جایگزینی آرایش موازی می‌توان تا ۲۰ درصد در مصرف انرژی صرفه جویی کرد.
- بهتر است از VFD^{۱۱۵} استفاده شود.

۳-۲- کاهش هزینه‌ی بیکاری

برای کاهش زمان بیکاری ماشین‌آلات، تمامی قطعات یدکی باید در محل نگهداری شود. معمولاً خریداران قطعات بحرانی را شناخته و تعداد زیادی از آنها را از پیش خریداری می‌کنند. در نتیجه، به تناوب علاقه به انبار کردن افزایش یافته و خریدار متحمل هزینه‌های انبار کردن بیشتری می‌شود. برای تولیدکننده‌ی ادوات اورجینال پمپ، ۴۰ درصد سود کل در فروش یدکی هاست.

برای داشتن وضعیت برد-برد برای خریدار و تولیدکننده بهترین راه حل ایجاد انبار امانات^{۱۱۶} است. انبار امانات انباری است که در محل واحد صنعتی خریدار ایجاد می‌شود و در آن قطعات یدکی انبار می‌شود. در حالی که این قطعات متعلق به تولیدکننده است. خریدار تنها هنگامی که یک قطعه را از انبار امانات خارج می‌کند باید هزینه بپردازد. به این ترتیب خریدار هر موقع که بخواهد قطعه‌ی یدکی خواهد داشت ولی هزینه‌اش را دیرتر پرداخت می‌کند.

¹¹⁵ Variable Frequency Drive

¹¹⁶ consignment stock

۳-۳- طراحی سیستم پمپاژ

طراحی سیستم پمپاژ مناسب، مهمترین بخش کاهش هزینه های LCC است. همه ی سیستم های پمپاژ از زیر سیستم های زیر تشکیل شده اند:

۱. یک پمپ
۲. یک محرک
۳. تاسیسات لوله کشی
۴. کنترلر های عملکرد

هر کدام از این زیر سیستم ها را می توان به صورت منفرد مورد بررسی قرار داد. یک طراحی مناسب باید بر هم کنش بین پمپ و سایر زیر سیستم ها و همچنین محاسبات نقطه (نقاط) عملکرد را در نظر بگیرد. مشخصه های سیستم لوله کشی باید منطبق بر عملکرد دلخواه پمپ طراحی شود.

مجموع هزینه های تهیه و هزینه های راه اندازی پمپ، کل هزینه ی نصب در طول عمر آن را مشخص می کند. مقدار هزینه های نصب و راه اندازی به صورت مستقیم به قطر لوله کشی و اجزای آن وابسته است. مقدار قابل توجهی از اتلافات فشار در شیرهای کنترلی به وجود می آید.

قطر لوله کشی با توجه به پارامتر های زیر تعیین می شود:

۱. شرایط اقتصادی کل تاسیسات (پمپ و سیستم)
۲. کمترین سرعت جریان مورد نیاز با توجه به کاربرد (جهت پرهیز از رسوب)
۳. کمترین قطر داخلی مورد نیاز با توجه به کاربرد (جهت انتقال ذرات جامد)
۴. کمترین سرعت جریان مورد نیاز جهت کمینه کردن خطر فرسایش لوله ها و اتصالات
۵. قطر استاندارد لوله ی واحد صنعتی

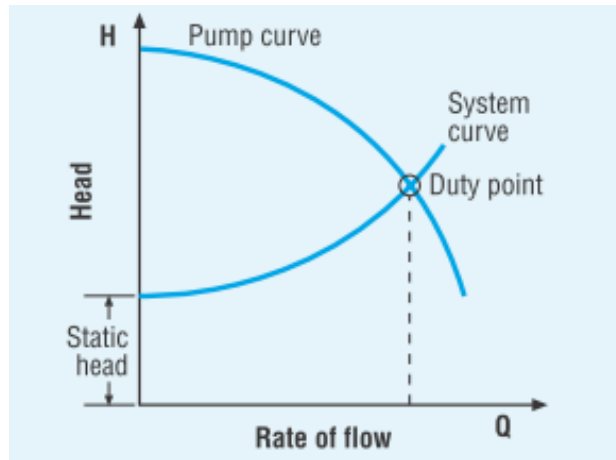
کم کردن قطر لوله ها تاثیرات زیر را در پی دارد:

۱. هزینه ی تهیه و نصب اجزای لوله کشی کاهش می یابد.
۲. هزینه های عملکرد پمپ در نتیجه ی افزایش اتلافات جریان و نیازهای متعاقب برای پمپ هایی با هد بالا و موتور های بزرگ تر، افزایش می یابد. در نتیجه هزینه ی الکتریسیته نیز افزایش می یابد.
۳. هزینه های عملکرد در نتیجه ی افزایش مصرف انرژی افزایش می یابد.

همانطور که مشخص است با کاهش قطر لوله کشی برخی از هزینه ها کاهش و برخی دیگر افزایش می یابند. در نتیجه یک قطر بهینه که با آن هزینه ی کل کمترین مقدار ممکن باشد قابل انتخاب است.

نقطه ی عملکرد پمپ از تلاقی منحنی پمپ و منحنی سیستم مطابق شکل ۷ به دست می آید. شایان ذکر است که ممکن است با توجه به کاربرد پمپ، نقاط عملکرد متعددی وجود داشته باشد که در این حالت بیشترین دبی و هد نقطه ی عملکرد را مشخص می کند.

در جدول ۲ چک لیست پیشنهادی برای بررسی موارد ممکن کاهش هزینه ها ارائه شده است.



شکل ۷

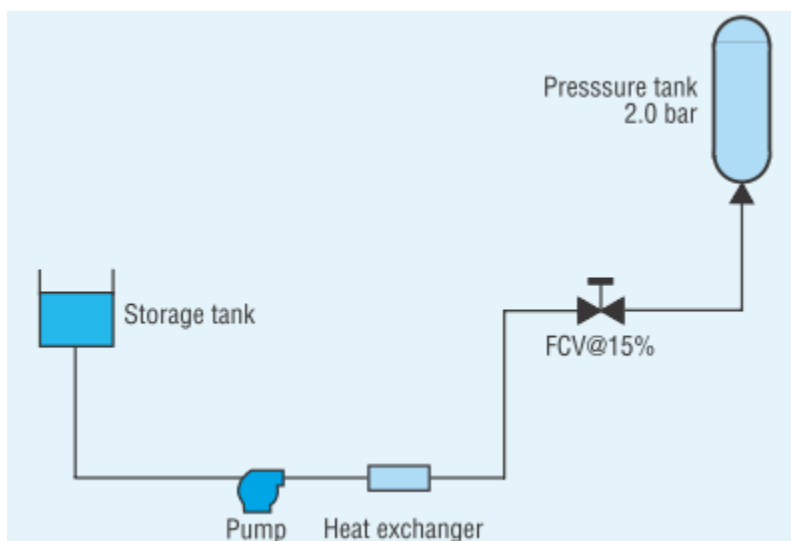
۴- حل یک نمونه : سیستم پمپاژ با مشکلاتی در شیر کنترل

در این بخش برای تبیین مطالب بیان شده یک مثال از مشکلی در سیستم پمپاژ بیان می شود.

در سیستم مورد نظر، که در شکل ۸ نشان داده شده است، آنالیزهای مربوط به LCC برای یک سیستم پمپاژ با شیر کنترل انجام می گیرد. سیستم مورد نظر، از یک پمپ تشکیل شده است که سیال کاری (که شامل ذرات جامدی است) را از تانکر مخزن به تانکر تحت فشار پمپاژ می کند. یک مبدل حرارتی به سیال گرما می دهد و یک شیر کنترل مقدار دبی پمپاژ شده به تانکر تحت فشار را روی ۸۰ متر مکعب در ساعت تنظیم می کند.

جدول ۲

<input type="checkbox"/>	تمامی هزینه های مربوطه جهت برآورد هزینه ی طول عمر پمپ محاسبه شود
<input type="checkbox"/>	با توجه به LCC در نظر گرفته شده پمپ و سیستم های آن تهیه شود
<input type="checkbox"/>	با توجه به هزینه های تهیه و راه اندازی پمپ بیان شده، کل هزینه ها بهینه شود
<input type="checkbox"/>	مقدار عملکرد هر پمپ به صورت جداگانه در نقطه ی عملکردش در نظر گرفته شود
<input type="checkbox"/>	تجهیزات منطبق بر نیازهای سیستم انتخاب شود
<input type="checkbox"/>	نوع پمپ متناسب با وظیفه ی آن انتخاب شود
<input type="checkbox"/>	پمپ بزرگتر از حد مورد نیاز انتخاب نشود
<input type="checkbox"/>	محرک با توجه به کاربرد انتخاب شود
<input type="checkbox"/>	از موتور های راندمان بالا استفاده شود
<input type="checkbox"/>	ادوات انتقال قدرت با توجه به ویفه ی پمپ انتخاب شود
<input type="checkbox"/>	کارائی سیستم ارزیابی شود
<input type="checkbox"/>	پمپ و سیستم های آن توسط کنترلر در حالت بیشترین سود نگهداری شوند
<input type="checkbox"/>	میزان انرژی اتلافی توسط شیرهای کنترلی در نظر گرفته شود
<input type="checkbox"/>	سرویس های جانبی با مهارت انجام شود
<input type="checkbox"/>	از روش نگهداری پیشگیرانه استفاده شود
<input type="checkbox"/>	لقی های داخلی پمپ مورد توجه باشد
<input type="checkbox"/>	به راهنمایی های موجود در دفترچه راهنمای هر موتور، پیرامون بازپیش موتور ها توجه شود
<input type="checkbox"/>	سیستم کنونی پمپ آنالیز شود تا فرصت های بهینه سازی پیش رو مشخص شود
<input type="checkbox"/>	از راهنمایی های بیان شده در دفترچه راهنمای هر پمپ به عنوان منبع ایده استفاده شود



شکل ۸

مهندس فرضی این مسئله در سایت با مشکلاتی پیرامون عملکرد شیر کنترل سیال مواجه است. به گونه ای که این شیر در اثر خوردگی ناشی از کلویتاسیون از عملکرد مطلوب خود خارج می شود. این شیر هر ۱۰ تا ۱۲ ماه خراب شده و هزینه ی تعمیر آن ۴۰۰۰ یورو می باشد. گزینه ای که مورد توجه قرار گرفته است، تعویض شیر با شیر دیگری است که مقاومت آن در مقابل خوردگی بیشتر باشد. مهندس پروژه ی فرضی این مسئله دیدگاه دیگری دارد. او می خواهد سیستم دقیقاً بررسی شود تا راه حل های جایگزین معرفی شود.

سیستم چگونه عمل می کند؟

اولین گام این است که بدانیم سیستم چگونه عمل می کند و در واقع چه اتفاقی می افتد که در پی آن شیر از عملکرد مطلوبش خارج می شود. پس از این مرحله می توان به فکر راه حل بود.

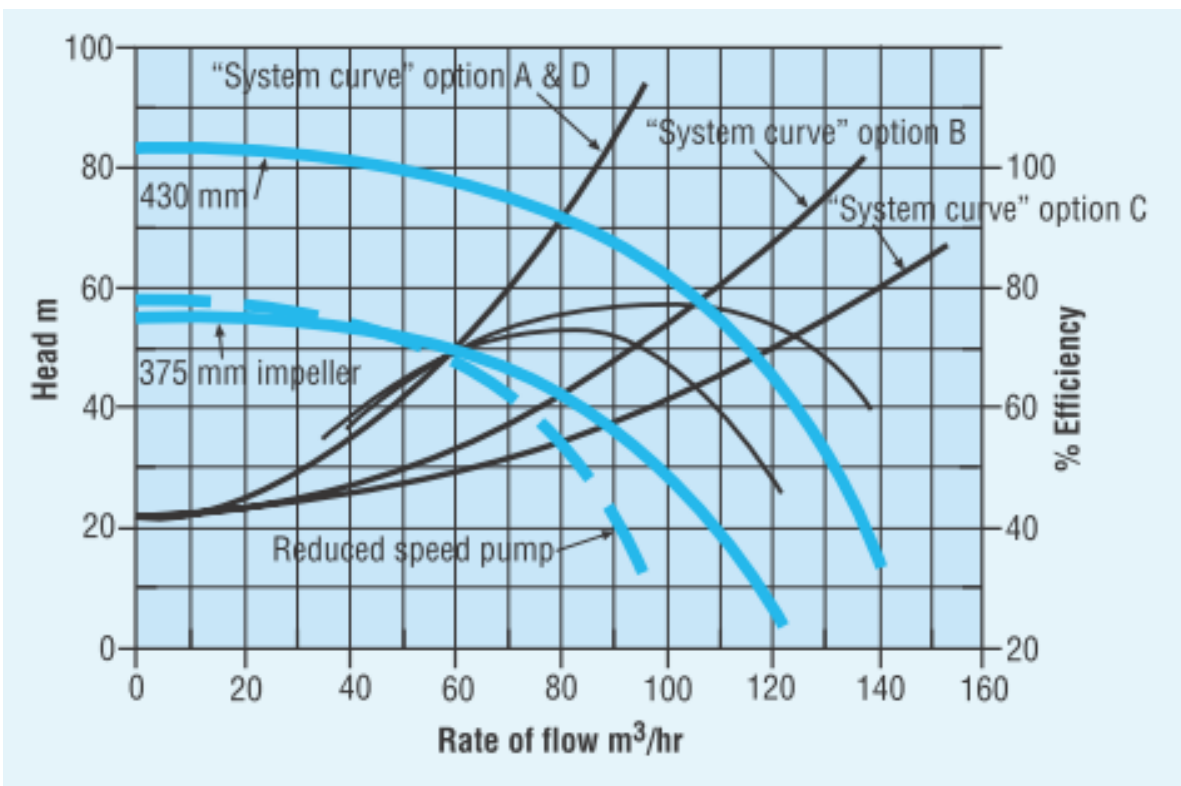
در این سیستم شیر در حالت بین ۱۵ الی ۲۰ درصد باز عمل می کند و تحت نویزهای ناشی از کلویتاسیون قرار می گیرد. این نویزها نشانه ی این است که شیر به درستی سایز نشده است. پس از بررسی دوباره ی محاسبات طراحی، مهندس فرضی به این نتیجه می رسد که پمپ بیش از اندازه بزرگ است. یعنی به جای دبی ۸۰ متر مکعب در ساعت، دبی ۱۱۰ متر مکعب در ساعت را می زند و در نتیجه در مقایسه با حالت طراحی شده، افت فشار بیشتری به شیر کنترل وارد می شود.

در اثر اختلاف فشار بسیار بزرگ در دبی عملکرد پمپ و این حقیقت که شیر در فواصل مشخص به دلیل کلویتاسیون خوب کار نمی کند، این نتیجه حاصل می شود که این شیر برای سیستم مناسب نیست. حال ۴ گزینه پیش روی مهندس فرضی این مسئله است:

- A. از یک شیر کنترل دیگر که برای عملکرد در افت فشار مذکور مناسب باشد استفاده شود.
- B. پره ی پمپ تراشکاری شود تا هد کمتری تولید کند و در نتیجه فشار کمتری به شیر موجود وارد شود.
- C. یک محرک فرکانس متغیر^{۱۱۷} (VFD) به جای شیر کنترل جریان نصب شود. VFD می تواند دور پمپ را تغییر دهد و در نتیجه دبی مطلوب را تولید کند.
- D. سیستم را می توان همینگونه پذیرفت. یعنی هزینه ای برای تعمیر هر چندماهه ی آن در نظر گرفت.

قیمت یک شیر کنترل نو که با شرایط فشاری سازگار باشد ۵۰۰۰ یورو است. هزینه ی ایجاد تغییرات روی پمپ برای رسیدن به هد و دبی مطلوب ۲۲۵۰ یورو است. از طرفی فرآیند با دبی ۸۰ متر مکعب در ساعت، ۶۰۰۰ ساعت در سال ادامه می یابد. هزینه ی انرژی ۰/۰۸ یورو به ازای هر کیلووات ساعت بوده و بازده موتور ۹۰٪ است. در شکل ۹ منحنی های عملکرد هر کدام از ۴ حالت فوق نشان داده شده است.

¹¹⁷ Variable Frequency Drive



شکل ۹

حال با توجه به اطلاعات داده شده، هزینه ی هر کدام از گزینه ها را محاسبه می کنیم. جدول ۳ نتایج این محاسبات را ارائه می کند. شایان ذکر است که با تراش پره از ۴۳۰ به ۳۷۵ میلیمتر افت فشار در شیر کنترلی حدود ۱۰ متر کاهش می یابد. که آن را به طراحی اولیه نزدیک می کند.

فرضیات زیر در محاسبه ی LCC صورت گرفته است:

- نرخ انرژی ۰/۰۸ یورو به ازای هر کیلووات ساعت است.
- پمپ برای ۶۰۰۰ ساعت کار در سال طراحی شده است.
- کارخانه هزینه ی تعمیر و نگهداری سالانه ۵۰۰ یورو را برای پمپ ها در نظر گرفته است که در هر سال ۲۵۰۰ یورو به آن اضافه می شود.
- در این پروژه هیچگونه هزینه ی انهدام سیستم یا دفع به محیط در نظر گرفته نشده است.
- این پروژه ۸ سال ادامه دارد.
- نرخ بهره ۸ درصد و نرخ تورم ۴٪ فرض شده است.

جدول ۳

گزینه	A	B	C	D
عملکرد	تغییر شیر کنترل	تراش پره	VFD	تعمیر شیر کنترل
قطر پره (mm)	۴۳۰	۳۷۵	۴۳۰	۴۳۰
هد پمپ (m)	۷۱/۷	۴۲	۳۴/۵	۷۱/۷
بازده پمپ (%)	۷۵/۱	۷۲/۱	۷۷	۷۵/۱
دبی (m ³ /h)	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰
توان مصرفی (KW)	۲۳/۱	۱۴	۱۱/۶	۲۳/۱
هزینه ی انرژی در سال (یورو)	۱۱۰۸۸	۶۷۲۰	۵۵۶۸	۱۱۰۸۸
هزینه ی شیر جدید (یورو)	۵۰۰۰	-	-	-
هزینه ی تغییرات پره (یورو)	-	۲۲۵۰	-	-
هزینه ی خرید VFD (یورو)	-	-	۲۰۰۰۰	-
هزینه ی نصب VFD (یورو)	-	-	۱۵۰۰	-
هزینه ی نگهداری VFD در سال (یورو)	-	-	۵۰۰	-
هزینه ی تعمیر شیر در سال (یورو)	-	-	-	۴۰۰۰
جمع هزینه ها (یورو)	۱۶۰۸۸	۸۹۷۰	۲۷۵۶۸	۱۵۰۸۸

جدول ۴ نتایج نهایی محاسبه ی LCC است.

جدول ۴

گزینه	A	B	C	D
عملکرد	تغییر شیر کنترل	تراش پره	VFD	تعمیر شیر کنترل
هزینه اولیه (یورو)	۵۰۰۰	۲۲۵۰	۲۱۵۰۰	-
قیمت انرژی به ازای هر کیلووات ساعت (یورو)	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸
توان مصرفی (KW)	۲۳/۱	۱۴	۱۱/۶	۲۳/۱
ساعت عملکرد در سال	۶۰۰۰	۶۰۰۰	۶۰۰۰	۶۰۰۰
هزینه ی انرژی در سال (یورو)	۱۱۰۸۸	۶۷۲۰	۵۵۶۸	۱۱۰۸۸
هزینه ی نگهداری در سال (یورو)	۵۰۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰
هزینه ی تعمیر از سال دوم هر ساله (یورو)	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰
هزینه های دیگر سالیانه (یورو)	-	-	-	۴۰۰۰
هزینه ی بیکاری در سال (یورو)	-	-	-	-
هزینه ی محیطی در سال (یورو)	-	-	-	-
هزینه ی انهدام (یورو)	-	-	-	-
عمر (سال)	۸	۸	۸	۸
نرخ بهره (%)	۸	۸	۸	۸
نرخ تورم (%)	۴	۴	۴	۴
جمع هزینه های LCC (یورو)	۹۱۸۲۷	۵۹۴۸۱	۷۴۳۱۳	۱۱۳۹۳۰

منابع و مراجع

- 1- Anusuya Ramadoss, "Life-Cycle Cost Analysis of Industrial Pumps", Pumps & systems magazine, 2013
- 2- R. Marlow, "WIMES LCC model 01- Centrifugal pump units", Pump centre, 2009.
- 3- "Pump LCC cost: A guide to LCC analysis for pumping systems", collaboration between the Hydraulic Institute, Europump, and the US Department of Energy's Office of Industrial Technologies (OIT), 2001