



شرکت آب و فاضلاب کتور پارس فی و مهندسی شهید ماسپور

# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1<sup>st</sup> National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



## بهینه سازی مصرف انرژی و عملکرد ایستگاه های پمپاژ از طریق نصب تجهیزات کنترل فشار

محمود امیری مبارکه

کارشناس تأسیسات تصفیه خانه آب استان اصفهان

Mahmood.Amiri67@gmail.com

### خلاصه

ایستگاههای پمپاژ از جمله مهمترین تأسیسات در مجموعه های آبرسانی می باشند و همواره بیشترین میزان مصرف انرژی به این تأسیس اختصاص دارد. از این رو بهینه سازی عملکرد آنها از طریق بهبود عملکرد تجهیزات آنها، اساسی به نظر می رسد. یکی از این اقدامات، کار کردن هر پمپ در نزدیکی نقطه عملکرد آن از طریق نصب شیرهای کنترل فشار می باشد. در این مطالعه، ایستگاه پمپاژ مبارکه واقع در تصفیه خانه آب اصفهان، در دو حالت مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته و میزان مصرف انرژی و هزینه برق مصرفی در هر دو حالت با یکدیگر مقایسه شده است. نتایج را به دو صورت تحلیلی و تجربی به دست آورده و با یکدیگر مقایسه می نمایم. نتایج نشان می دهد که کار کردن پمپ در نزدیکی نقطه عملکرد خود تا ۳۵ درصد در کاهش مصرف انرژی و تا ۱۶ درصد تا کاهش واقعی هزینه برق تصفیه خانه اثر دارد.

کلمات کلیدی: ایستگاه پمپاژ، شیرهای کنترل فشار (PSV)، شاخص مصرف انرژی (SEC)، نقطه عملکرد بهینه (BEP)

### ۱- مقدمه

امروزه امر آبرسانی به عنوان یکی از اولویت های کاری هر کشوری قرار دارد، چراکه در صورت عدم تأمین آب شرب در شهرهای بزرگ، تمامی امور آنها مختل شده و باعث رکود در کارها و اختلال در جریان زندگی میشود. همچنین اختلال در امر آبرسانی به روستاها، خسارات جبران ناپذیری را در بخش کشاورزی به همراه خواهد آورد. با توجه به هدفمند شدن یارانه ها و اهمیت هزینه آب مصرفی، توجه و دقت بیشتر در طراحی و بهره برداری ایستگاه های پمپاژ امری اجتناب ناپذیر می باشد، تا هزینه انجام کار، بیهوده بالا نرفته و از مصرف بیهوده انرژی جلوگیری شود و آب مصرفی با قیمت کمتر و مناسب تر به دست مصرف کننده برسد. یکی از این اقدامات، کارکرد پمپ در نزدیکی نقطه عملکرد بهینه خود می باشد که مزایای زیادی از جمله استهلاک کمتر، بازدهی بیشتر، عمر بیشتر، کاهش هزینه های نگهداری و تعمیرات، کاهش هزینه های انرژی و ... را موجب خواهد شد.

در سالهای اخیر تحقیقات زیادی بر روی عملکرد بهینه پمپها و ایستگاههای پمپاژ صورت گرفته است. به عنوان مثال ماکل و همکاران [1] در زمینه بهره برداری بهینه (هزینه برق مصرفی) ایستگاه های پمپاژ، تحقیقاتی انجام دادند. در تحقیق مورد نظر آنها از الگوریتم ژنتیک به عنوان الگوریتم بهینه ساز استفاده شد. همچنین، طاهری اصل و همکارانش [2] نیز در تحقیقات خود، با بررسی شرایط مطلوب نگهداری الکتروپمپ ها، علاوه بر بیان لزوم نزدیکی نقطه کارکرد پمپ به BEP، توجه به شاخص مصرف ویژه انرژی (SEC) را به عنوان معیاری جهت تعیین مطلوبیت سیستم از لحاظ مصرف انرژی، در هر ایستگاه پمپاژ معرفی می کنند. شفقت و همکاران [3] نیز به بهینه سازی ایستگاههای پمپاژ از طریق انتخاب پمپ مناسب پرداختند و به این نتیجه رسیدند که انتخاب صحیح پمپ در ایستگاه پمپاژ مورد نظر آنها می تواند تا ۱۸٪ در مصرف انرژی صرفه جویی کند. همچنین نارویی و همکاران [4] به بررسی اثر نصب درایوهای کنترل دور در کاهش انرژی مصرفی ایستگاههای پمپاژ پرداختند و به این نتیجه رسیدند که ۱۵ درصد کاهش دور میتواند تا ۴۰ درصد به کاهش مصرف انرژی منجر شود. ویسی و همکاران [5] از طریق مدل سازی دینامیکی، یک سیستم واقعی انتقال سیال را بررسی نموده و مصرف انرژی آن را در حالت های مختلف برآورد نمودند.

مسأله مورد نظر در کار حاضر، بررسی تأثیر شیرهای کنترل فشار در بهبود عملکرد مجموعه پمپ ها و بهینه سازی مصرف انرژی در ایستگاه های پمپاژ می باشد. ایستگاه پمپاژ مورد بررسی در این مطالعه، ایستگاه پمپاژ مبارکه واقع در تصفیه خانه آب اصفهان می باشد که در سال ۱۳۸۸ با دبی طرح حدود یک متر مکعب در ساعت و با شش عدد (پنج به علاوه یک) پمپ دو مکشه مدل ۶۰۰-۲۵۰ به صورت موازی، در مدار بهره برداری قرار گرفت. مشخصات پمپ های این ایستگاه پمپاژ در جدول (۱) ارائه شده است.

در ابتدای راه اندازی این ایستگاه، در خروجی پمپ ها فقط شیرآلات قطع و وصل و یکطرفه نصب شده بود تا اینکه اخیراً در خروجی هر پمپ، یک عدد شیر کنترل فشار (PSV) نصب گردید. فشار این شیر به گونه ای تنظیم شده است که پمپ همواره حول نقطه عملکرد (BEP) خود کار نماید.

جدول (۱) - مشخصات پمپ های ایستگاه پمپاژ مبارکه تصفیه خانه آب اصفهان

مشخصات پمپ	دبی (مترمکعب در ساعت)	هد (متر آب)	توان (کیلووات)	دور (دور بر دقیقه)	مشخصات الکتروموتور	توان (کیلووات)
	۷۹۲	۱۱۰	۴۰۰	۱۴۵۰		۴۰۰

در این مطالعه قصد داریم در ابتدا مجموعه ایستگاه پمپاژ را بدون لحاظ کردن شیرهای کنترل فشار تجزیه و تحلیل نموده و سپس تحلیلی از وضعیت حال حاضر ارائه دهیم. در حالت اول کلیه پارامترهای مورد نظر را به صورت تئوری و از طریق منحنی ها و روابط محاسبه نموده ولی در حالت دوم اطلاعات را از طریق پایش محلی و به صورت تجربی به دست می آوریم. پس از به دست آوردن اطلاعات مورد نظر در هر دو حالت، به مقایسه دو حالت با یکدیگر با تأکید بر میزان مصرف انرژی، از طریق شاخص های تعریف شده می پردازیم و در پایان با تحلیل میزان هزینه برق مصرفی تصفیه خانه در یک دوره مشخص، به صورت واقعی هزینه واحد تولید آب در دو حالت را با یکدیگر مقایسه می نماییم.

## ۲- مواد و روش ها

حل مسأله را در سه مرحله تقسیم بندی می نماییم. در مرحله اول ضمن شناسایی مسیر و اطلاعات مرتبط با آن، منحنی مشخصه سیستم را به دست می آوریم. در مرحله بعد، منحنی پمپ مورد نظر را از کاتالوگ شرکت سازنده استخراج نموده و منحنی مشخصه مجموعه پمپ ها را در حالات مختلف محاسبه می نماییم. در پایان با داشتن منحنی مشخصه سیستم و مجموعه پمپ ها، نقاط کار سیستم را به دست می آوریم. همان گونه که قبلاً ذکر شد در وضعیت موجود ایستگاه که شیرهای کنترل فشار در روی خط نصب شده اند، اطلاعات را از طریق پیمایش محلی و بدون منحنی به دست می آوریم. در ادامه این بخش، جزئیات مربوط به این سه مرحله ارائه شده است.

### ۲-۱- بدست آوردن منحنی مشخصه سیستم

قدم اول در تجزیه و تحلیل ایستگاه های پمپاژ، شناسایی مسیر خط لوله، مشخصات خط لوله از قبیل قطر، جنس، طول و نیز انشعابات روی خط و دبی تخصیص داده شده به هر انشعاب می باشد. پس از شناسایی این اطلاعات، از طریق روابط ارائه شده در منابع می توان منحنی مشخصه سیستم را که رابطه افت هد و دبی را در مسیر پمپاژ نشان می دهد، به دست آورد. رابطه منحنی مشخصه به صورت رابطه (۱) می باشد:

$$H_{sys} = H_s + \sum H_f + \sum H_m \quad (1)$$

که در آن  $H_{sys}$  هد مورد نیاز سیستم،  $H_s$  هد استاتیکی سیستم ناشی از اختلاف ارتفاع،  $H_f$  افت هد اصطکاکی ناشی از جداره لوله در طول مسیر و  $H_m$  افت هد های موضعی ناشی از اتصالات و شیرآلات می باشد که واحد تمامی این هدها متر است. لازم به ذکر است که در رابطه (۱) از ترم های مربوط به افت سرعت و فشار استاتیکی صرف نظر شده است.

برای به دست آوردن افت هد استاتیکی کفایت تراز ارتفاعی محل ایستگاه پمپاژ و بحرانی ترین نقطه مسیر را داشته باشیم که در اینجا بحرانی ترین مسیر، مسیری است که از ایستگاه پمپاژ، آب را به مخزن مبارکه می ریزد. مهمترین بخش رابطه، افت هد اصطکاکی بوده که برای محاسبه آن روابط متعددی ارائه شده است و ما در اینجا از رابطه هیزن-ویلیامز استفاده می کنیم که این رابطه به صورت رابطه (۲) می باشد:

$$H_f = (10.67 \times L \times Q^{1.852}) / (C^{1.852} \times D^{4.87}) \quad (2)$$

که در آن  $H_f$  افت هد اصطکاکی ناشی از جداره لوله بر حسب متر،  $L$  طول خط لوله بر حسب متر،  $D$  قطر خط لوله بر حسب متر،  $Q$  دبی خط لوله بر حسب مترمکعب بر ثانیه و  $C$  ضریب هیزن که بسته به جنس لوله و میزان عمر و زبری آن از ۸۰ تا ۱۴۰ متفاوت است که ما در اینجا بر اساس جداول برای لوله های فولادی با عمر ۱۰ سال، این ضریب را ۱۱۰ در نظر می گیریم.

معمولاً پارامتر سوم در رابطه هد سیستم یعنی افت های موضعی ناشی از اتصالات و شیرآلات در برابر دو پارامتر دیگر، ناچیز بوده و می توان از آن صرف نظر نمود که ما نیز جهت ساده تر شدن مسأله از آن صرف نظر می نماییم. پس از محاسبه تمامی افت ها، آنها را در ضریب اطمینان ۵۰٪ ضرب می نماییم تا استهلاک مجموعه پمپ ها و دیگر افت های موضعی با این ضریب جبران شوند.



اولین همایش ملی  
مدیریت مصرف و هدررفت آب  
1<sup>st</sup> National Conference on  
Water Loss & Consumption Management  
۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



۲-۲- بدست آوردن منحنی مشخصه پمپ

برای به دست آوردن منحنی مشخصه پمپ، کافیسیت با در دست داشتن نوع و مدل پمپ مورد نظریه کانالوگ های شرکت پمپیران [6] مراجعه نمایم. پمپ های مورد استفاده در ایستگاه پمپاژ مبارکه از نوع دو مکشه، مدل ۶۰۰-۲۵۰ بوده و قطر پروانه همگی آنها ۵۵۴ میلیمتر می باشد. همان گونه که می دانیم منحنی پمپ های موازی با حالت تک پمپ متفاوت بوده و و بایستی از روی منحنی تک پمپ آنها را به دست آوریم که این کار به دو روش انجام می گیرد. در روش اول، منحنی تک پمپ را در هد های ثابت، دبی را N برابر می کنیم (N تعداد پمپ های موازی مورد نظر) و منحنی را رسم می نمایم. در روش دوم، ابتدا رابطه ریاضی منحنی تک پمپ را به دست آورده و سپس از طریق آن، رابطه ریاضی پمپ های موازی را به دست آورده و منحنی مربوطه را رسم می نمایم. بدون در نظر گرفتن اثبات رابطه، با فرض در نظر گرفتن منحنی مشخصه تک پمپ به صورت یک منحنی درجه دوم به صورت رابطه (۳) که در آن Q و H به ترتیب هد و دبی و a، b و c ضرایب ثابت می باشند، منحنی N پمپ موازی به صورت رابطه (۴) حاصل می شود:

$$H = aQ^2 + bQ + c \quad (3)$$

$$H = a(Q / N)^2 + b(Q / N) + c \quad (4)$$

۲-۳- به دست آوردن نقاط کار سیستم

پس از به دست آوردن منحنی های مشخصه سیستم و مجموعه پمپ ها، کافیسیت این دو گروه منحنی را با یکدیگر تلاقی دهیم تا محل تلاقی، نقاط کار سیستم را نشان دهد.

لازم به ذکر است که فقط برای حالتی که PSV روی خطوط نباشد نقاط کار را از طریق تلاقی منحنی ها به دست می آوریم و در حالتی که بر روی خروجی پمپ ها PSV نصب شده است، دبی ها را از طریق دبی سنجی محلی و هد خروجی پمپ ها را از طریق فشارسنج دیجیتالی نصب شده بر روی خروجی پمپ ها به دست می آوریم.

۲-۴- شاخص مصرف انرژی

شاخص مصرف انرژی یا به اختصار SEC میزان مصرف انرژی به ازای تولید یک واحد از محصول مورد نظر را نشان می دهد که رابطه آن به صورت رابطه (۵) می باشد.

$$SEC = P/Q \quad (5)$$

که در آن P توان مصرفی و Q دبی تولیدی می باشد.

محصول مورد نظر در اینجا، همان آب خروجی ایستگاه پمپاژ می باشد. به عبارتی دیگر بایستی مشخص کنیم به ازای یک واحد آب خروجی از ایستگاه پمپاژ، چه مقدار واحد انرژی مصرف می شود که هر چقدر این شاخص، کمتر باشد بهتر بوده و نشان دهنده بهینه تر بودن مصرف انرژی می باشد. بدین منظور لازم است که میزان انرژی مصرفی را محاسبه نمایم. مبنای محاسبه انرژی مصرفی را حالت تک پمپ در نظر گرفته و با داشتن دبی و هد می توان توان را از رابطه (۶) محاسبه و یا این که مستقیماً از روی منحنی توان - دبی شرکت پمپیران، توان مصرفی را محاسبه نمایم. هدف در اینجا صرفاً محاسبه انرژی مصرفی بوده و کاری به مباحث انتخاب الکتروموتور و ... نخواهیم داشت.

$$P = (\gamma Q H) / \eta \quad (6)$$

که در آن  $\gamma$  وزن مخصوص آب، Q دبی پمپاژ، H هد تولیدی پمپ و  $\eta$  بازدهی پمپ در نقطه کار می باشد.

۳- نتایج

۳-۱- منحنی مشخصه سیستم

همانگونه که قبلاً ذکر شد بحرانی ترین مسیر از لحاظ میزان افت هد، مسیری است که از ایستگاه پمپاژ به سمت مخزن مبارکه می رود که این مسیر از ۵ خط لوله با مشخصات مختلف تشکیل شده است که مشخصات این مسیرها در جدول (۲) ذکر شده است. با در نظر گرفتن توضیحات بند قبل و با استفاده از اطلاعات جدول (۲)، منحنی مشخصه سیستم مورد نظر به صورت شکل (۱) به دست می آید.



# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

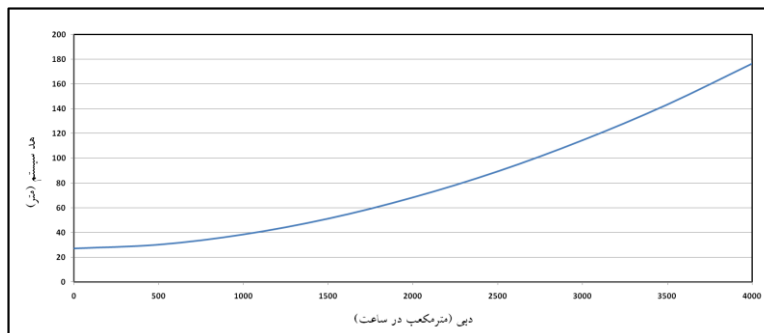
1<sup>st</sup> National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



جدول (۲) - مشخصات مسیر خط لوله مورد نظر در منحنی مشخصه سیستم

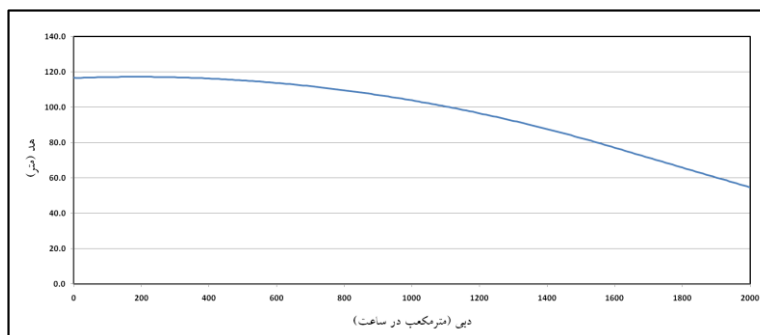
مسیر	قطر خط لوله (میلیمتر)	طول خط لوله (متر)	درصد دبی (q/Q)
مسیر ۱	۱۰۰۰	۵۱۴۰	۱
مسیر ۲	۸۰۰	۴۳۸۸	۰/۹۲
مسیر ۳	۸۰۰	۷۴۰۳	۰/۸۳
مسیر ۴	۸۰۰	۲۷۳۹	۰/۶۷
مسیر ۵	۷۰۰	۱۱۷۵۳	۰/۳۷



شکل (۱) - منحنی مشخصه سیستم

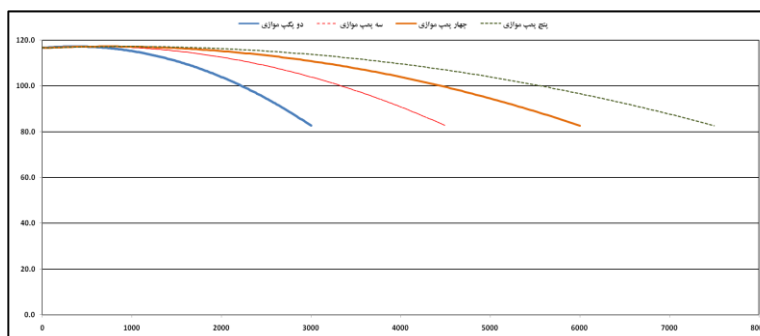
## ۲-۳ - منحنی مشخصه پمپ

منحنی مشخصه دبی - هد تک پمپ از کاتالوگ های پمپبران به صورت شکل (۲) می باشد :



شکل (۲) - منحنی مشخصه پمپ ۲۵۰ - ۶۰۰

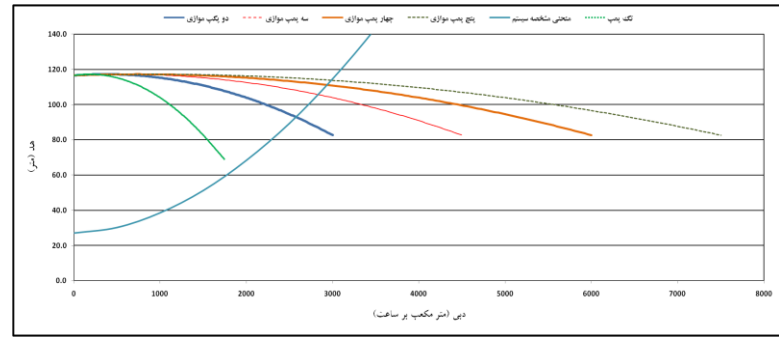
منحنی مشخصه دو الی پنج پمپ موازی به صورت شکل (۳) حاصل می شود :



شکل (۳) - منحنی مشخصه پمپ ۲۵۰ - ۶۰۰

### ۳-۳- نقاط کار سیستم

از تقاطع منحنی های مشخصه و سیستم ، نقاط کار حاصل می شود که نتیجه در شکل (۴) ارائه شده است.



شکل (۴) - نقاط کار سیستم

نقاط کار سیستم در حالت بدون PSV در جدول (۳) نشان داده شده است. همچنین نقاط کار در حالت وجود PSV در جدول (۴) ارائه شده است. از آنجایی که معیار انتخاب الکتروپمپ حالت تک پمپ است ، هد خروجی تک پمپ اهمیت دارد.

جدول (۳) - نقاط کار سیستم در حالت بدون PSV

تعداد پمپ در مدار	دبی کل خروجی (مترمکعب در ساعت)	هد (متر)
۱	۱۸۵۴	۶۳
۲	۲۵۷۷	۹۳
۳	۲۸۳۲	۱۰۵
۴	۲۹۳۶	۱۱۱
۵	۲۹۸۸	۱۱۳

جدول (۴) - نقاط کار سیستم در حالت وجود PSV

تعداد پمپ در مدار	دبی کل خروجی (مترمکعب در ساعت)	هد خروجی هر پمپ (متر)
۱	۸۲۸	۱۰۸
۲	۱۵۶۶	-
۳	۲۳۴۰	-
۴	۲۷۷۲	-
۵	۲۹۵۲	-

حال از نتایج به دست آمده در قسمت های قبل ، جهت محاسبات مربوط به انرژی و هزینه استفاده می نمایم. در ابتدا از طریق شاخص مصرف انرژی (SEC) مصرف انرژی را در هر دو حالت به دست می آوریم. سپس ، به صورت واقعی اطلاعات مربوط به کارکرد پمپ های ایستگاه پمپاژ در دوره مشخصی از سال را همراه با قبض برق مصرفی تصفیه خانه در همان دوره استخراج نموده و میزان صرفه جویی ریالی در دو حالت را محاسبه می نمایم.

### ۳-۴- شاخص مصرف انرژی

انرژی مورد نیاز حاصل که پایه اصلی انتخاب الکتروموتور می باشد و شاخص مصرف انرژی برای حالت عدم وجود PSV در جدول (۵) و برای حالت وجود PSV در جدول (۶) نشان داده شده است.



# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1<sup>st</sup> National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



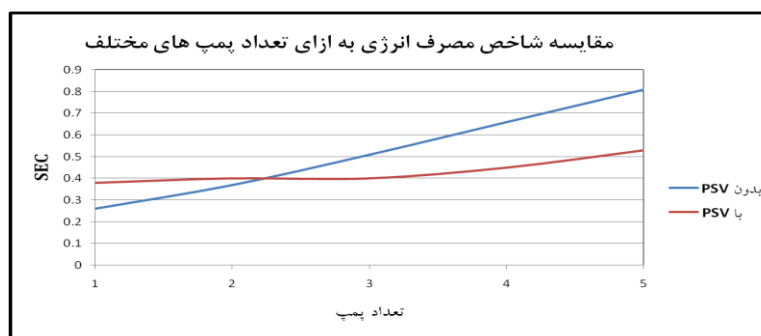
جدول (۵) - شاخص مصرف انرژی در حالت بدون PSV

تعداد پمپ در مدار	دبی کل	توان مصرفی کل (کیلووات)	SEC
۱	۱۸۵۴	۴۸۳	۰,۲۶
۲	۲۵۷۷	۲*۴۸۳	۰,۳۷
۳	۲۸۳۲	۳*۴۸۳	۰,۵۱
۴	۲۹۳۶	۴*۴۸۳	۰,۶۶
۵	۲۹۸۸	۵*۴۸۳	۰,۸۱

جدول (۶) - شاخص مصرف انرژی در حالت وجود PSV

تعداد پمپ در مدار	دبی کل	توان مصرفی کل (کیلووات)	SEC
۱	۸۲۸	۳۱۲	۰,۳۸
۲	۱۵۶۶	۲*۳۱۲	۰,۴۰
۳	۲۳۴۰	۳*۳۱۲	۰,۴۰
۴	۲۷۷۲	۴*۳۱۲	۰,۴۵
۵	۲۹۵۲	۵*۳۱۲	۰,۵۳

درصد کاهش شاخص مصرف انرژی در حالت وجود PSV نسبت به حالت وجود PSV در شکل (۵) جدول (۷) با یکدیگر مقایسه شده اند :



شکل (۵) - شاخص مصرف انرژی به ازای تعداد پمپ های مختلف

جدول (۷) - درصد کاهش SEC در حالت وجود PSV در مقایسه با عدم وجود PSV

تعداد پمپ در مدار	درصد کاهش SEC
۱	+٪۴۶
۲	+٪۸
۳	-٪۲۲
۴	-٪۳۲
۵	-٪۳۵

### ۳-۵- هزینه انرژی مصرفی

در این بخش ، دوره مورد بررسی را مرداد ماه سال ۱۳۹۶ از ۹۶/۰۵/۰۱ الی ۹۶/۰۵/۳۱ در نظر می گیریم. در هزینه های ثبت شده در قبض برق تنها هزینه مصرف و بهای پیک فصل را مدنظر قرار می دهیم. با تحلیل قبض برق، هزینه هر کیلووات ساعت (بدون در نظر گرفتن هزینه های دیماند و هزینه های ثابت و ...) برابر ۲۱,۴ تومان به دست می آید. کارکرد واقعی ایستگاه پمپاژ مبارکه در این دوره به صورت جدول (۸) می باشد:



# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب



1<sup>st</sup> National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

جدول (۸) - کارکرد واقعی ایستگاه پمپاژ مبارکه در مرداد ماه ۱۳۹۶

تعداد پمپ در مدار	تک پمپ	دو پمپ	سه پمپ	چهار پمپ	پنج پمپ	جمع کل
ساعات کارکرد	۲۳	۸۲	۴۸۸	۱۵۳	۰	۷۴۶
توان مصرفی (کیلووات ساعت)	۷۱۷۶	۵۱۱۶۸	۴۵۶۷۶۸	۱۹۰۹۴۴	۰	۷۰۶۰۵۶
دبی تولیدی (مترمکعب)	۱۹۰۴۴	۱۲۸۴۱۲	۱۱۴۱۹۲۰	۴۲۴۱۱۶	۰	۱۷۱۳۴۹۲
هزینه کیلووات ساعت مصرفی (تومان)	۱۵۱۰۹۵۹۸					
شاخص هزینه انرژی (نسبت هزینه به دبی)	۸٫۸					

حال کارکردهای جدول (۸) را برای حالتی در نظر می گیریم که PSVها در سیستم وجود ندارند. میزان کارکرد پمپ ها در این حالت دقیقاً مشابه با حالت قبل در نظر گرفته می شود. نتایج در این حالت نیز در جدول (۹) به صورت خلاصه ارائه شده است :

جدول (۹) - کارکرد فرضی ایستگاه پمپاژ مبارکه در مرداد ماه ۱۳۹۶ (فرض عدم وجود PSV)

تعداد پمپ در مدار	تک پمپ	دو پمپ	سه پمپ	چهار پمپ	پنج پمپ	جمع کل
ساعات کارکرد	۲۳	۸۲	۴۸۸	۱۵۳	۰	۷۴۶
انرژی مصرفی (کیلووات ساعت)	۱۱۱۰۹	۷۹۲۱۲	۷۰۷۱۱۲	۱۹۵۵۹۶	۰	۹۹۳۰۲۹
دبی تولیدی (مترمکعب)	۴۲۶۴۲	۲۱۱۳۱۴	۱۳۸۲۰۱۶	۴۴۹۲۰۸	۰	۲۰۸۵۱۸۰
هزینه کیلووات ساعت مصرفی (تومان)	۲۱۲۵۰۸۲۱					
شاخص هزینه انرژی (نسبت هزینه به دبی)	۱۰٫۲					

## ۴- بحث و نتیجه گیری

در این مطالعه ، ایستگاه پمپاژ مبارکه در دو حالت مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. در حالت اول فرض کردیم که در خروجی پمپ ها شیر کنترل فشار (PSV) نصب نشده باشد و به صورت نحلیلی و تئوری ، اطلاعات مربوط به دبی و هد را به دست آوردیم. در حالت دوم (که وضعیت کنونی ایستگاه به همین صورت است) با وجود شیرهای کنترل فشار که هر کدام بر روی نقطه عملکرد بهینه پمپ ها تنظیم شده اند ، از طریق دبی سنجی محلی اطلاعات مربوط به دبی و از طریق فشارسنج دیجیتال نصب شده در خروجی پمپ ها اطلاعات مربوط به هد را به دست آوردیم. سپس با در دست داشتن این اطلاعات ، به بررسی شاخص مصرف انرژی در دو حالت پرداختیم. این شاخص در حالت تک پمپ و دو پمپ ، با نصب PSV ، افزایش در مقدار را نشان می دهد اما بایستی توجه داشت که صرف افزایش این شاخص نشان دهنده حالت بهینه نمی باشد و بایستی میزان نزدیکی عملکرد پمپ به نقطه عملکرد بهینه را نیز مدنظر قرار داد. چرا که خارج از نقطه بهینه کار کردن پمپ ، موجب استهلاک شدید و کاهش عمر پمپ و افزایش هزینه های تعمیرات و نگهداری آن می شود. همچنین الگوی مصرف این ایستگاه نشان می دهد که این ایستگاه، برای حالت تک پمپ و دو پمپ طراحی نشده است و طراحی اصلی آن برای سه پمپ به بالا و علی الخصوص پنج پمپ همزمان می باشد. با افزایش تعداد پمپ های در مدار از سه پمپ تا پنج پمپ ، شاخص مصرف انرژی نسبت به حالت بدون PSV به طرز قابل توجهی کاهش می یابد به گونه ای که پنج پمپ با PSV در مدار، شاخص مصرف انرژی ای تا حدود ۳۵٪ کمتر از پنج پمپ بدون PSV در مدار دارد. همچنین بررسی و تحلیل قبض برق مصرفی تصفیه خانه نشان داد که عدم کارکرد پمپ های ایستگاه پمپاژ مبارکه در خارج از نقطه عملکرد آنها ، می تواند هزینه برق مصرفی تصفیه خانه را حداقل تا ۱۶٪ افزایش دهد . بنابراین لازم است نسبت به کارکرد صحیح ایستگاه های پمپاژ و انتخاب صحیح تجهیزات و کار کردن پمپ ها در نقطه عملکرد بهینه (BEP) آنها توجه اساسی شود تا علاوه بر کاهش استهلاک تجهیزات و افزایش عمر آنها ، هم در هزینه های نگهداری و تعمیرات آنها کاهش قابل ملاحظه ای به وجود آید و هم هزینه های انرژی ایستگاه پمپاژ کاهش یابد.

## تشکر و قدردانی

در پایان لازم می دانم از مهندس ناصر اکبری مدیریت محترم آبرسانی استان اصفهان و نیز مهندس اسماعیل گرجی زاده ریاست محترم تصفیه خانه آب اصفهان که در انجام این پژوهش از راهنمایی ها و تجربیات آنها بهره برده ام ، قدردانی نمایم.



# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1<sup>st</sup> National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



## ۵- مراجع

1. G. Mackle, D. A. Savic, G. A. Walters, Application of genetic algorithms to pump scheduling for water supply. GALESIA, 95. London: Institute of Electrical Engineers Conference Publication 4/4: 400-405, 1995.
۲. طاهری اصل، احمدرضا، و صادقی، ن. صادقی، ا. شیروی، ۱۳۸۸، ممیزی و مدیریت انرژی سیستم پمپاژ چاههای آب شرب، هفتمین همایش ملی انرژی، سازمان بهرهوری انرژی ایران، ۱ و ۲ دی ماه، اصفهان
۳. شفقت، غلامحسین، و محمدزاده، سعید، ۱۳۹۱، انتخاب پمپ مناسب جهت کاهش مصرف انرژی در ایستگاه های پمپاژ، همایش ملی مهندسی آب و فاضلاب، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی.
۴. لکرائیان پور، روزبه، و نارویی، محمدرضا، ۱۳۹۴، روشهای اعمال مدیریت مصرف انرژی در تاسیسات طرح جامع آبرسانی روستاهای سیستان، اولین کنفرانس پیشرفت های نوین در حوزه انرژی، موسسه آموزش عالی انرژی، ساوه.
۵. ویسی، فرزاد، و شمشادی، مهرداد، ۱۳۸۷، مدیریت مصرف انرژی در ایستگاههای پمپاژ از طریق مدل سازی دینامیکی، فصلنامه آب و فاضلاب، دوره ۱۹، شماره ۶۷.
۶. کاتالوگ های شرکت پمپیران.