

طراحی، ساخت و ارزیابی پمپ هیدرولیکی بدون موتور از جنس پلی اتیلن

نادر ساکنیان دهکردی^۱، شهاب ارشدی^{۲*}

چکیده

پمپ بدون موتور هیدرولیکی، یک دستگاه ساده برای بالابردن آب است. این پمپ، در محلی پایین تر از منبع آب قرار می گیرد. اختلاف ارتفاع بین پمپ و منبع آب، ایجاد فشار می کند. این فشار، موجب بسته شدن دریچه های در پمپ به نام دریچه هرز آب می شود. سپس در اثر افت فشار، دریچه باز می شود. بر اثر باز و بسته شدن خودکار دریچه هرز آب، پمپ بطور پیوسته کار می کند. این پمپ، بدون نیاز به سوخت های فسیلی و انرژی الکتریکی، با انرژی پاک و تجدیدپذیر کار می کند و از جنس پلی اتیلن ساخته شده است. آزمایش انجام شده بر اساس طرح بلوک های کامل تصادفی، آزمایش فاکتوریل صورت گرفت. در این پژوهش سه فاکتور بررسی شد که عبارت بودند از: ارتفاع منبع آب تا پمپ در سه سطح، طول لوله آب ورودی در سه سطح و قطر لوله ورودی در دو سطح. دبی معمولی پمپ و دبی در ۱۰۰ ضربه دریچه هرز آب، به عنوان متغیرهای وابسته بررسی و تجزیه و تحلیل شد. نتایج نشان داد که فاکتورهای اصلی ارتفاع منبع آب تا پمپ و قطر لوله ورودی، بر روی دبی پمپ دارای اثر معنی دار بودند. همچنین بین سطوح مختلف طول لوله، اختلاف معنی داری وجود داشت. مشاهده شد که با وجود معنی دار بودن سطوح مختلف، اثر متقابل ارتفاع و قطر لوله قابل زیاد است.

واژه های کلیدی: هیدرولیک، پمپ بدون موتور، دریچه هرز آب و پلی اتیلن.

ارجاع: ساکنیان دهکردی ن. و ارشدی ش. ۱۳۹۱. طراحی، ساخت و ارزیابی پمپ هیدرولیکی بدون موتور از جنس پلی اتیلن. مجله پژوهش اب ایران.

۱- استادیار گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهرکرد.

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اقلید.

* نویسنده مسئول: shahab_arshad54@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۵/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۲/۰۹

مقدمه

تعامل انسان با طبیعت و محیط زیست از مهمترین مسائل امروز جهان است. همه کشورهای جهان در رعایت موارد زیست محیطی اشتراک نظر دارند و بر این باورند که توسعه پایدار بدون توجه به منابع طبیعی و محیط زیست ممکن نیست. اغلب انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر، با طبیعت سازگار است و آلودگی ندارند. بنابراین استفاده اصولی از آنها مهم است.

برای نمونه، مصرف انرژی در بخش کشاورزی در ایران، عمدتاً شامل دو سوخت گازوئیل و برق است. در سال ۱۳۸۷، ۲۱۱۸۵ میلیون کیلو وات ساعت برق در بخش کشاورزی مصرف شده است که نسبت به سال ۱۳۸۶، ۱۹/۹ درصد رشد داشته است. یکی از موارد مصرف بالای برق، میزان برقی است که در پمپاژ آب از چاه‌ها مصرف شده است. در مورد گازوئیل، نکته اصلی بحث آلودگی آن است. در سال ۱۳۸۷ میزان انتشار گاز مونوکسیدکربن و دی‌اکسیدکربن در بخش کشاورزی، به ترتیب ۲۷۴۳۹ و ۱۳۱۷۱۲۳۷ تن بوده است که سهم گازوئیل در انتشار آنها ۱۵۴۴۵ تن مونوکسیدکربن و ۱۲۴۳۳۸۰ تن دی‌اکسیدکربن است. بنابراین اهمیت استفاده از انرژی‌های پاک بیش از پیش آشکار می‌شود (ترازنامه انرژی، ۱۳۸۹).

پمپ بدون موتور هیدرولیکی، یک دستگاه ساده برای بالا بردن آب است. این پمپ در محلی پایین‌تر از منبع آب قرار می‌گیرد و با ایجاد فشار و بهره‌گیری از اختلاف ارتفاع منبع آب تا محل پمپ کار می‌کند. مهمترین ویژگی این پمپ آن است که در زمره وسایلی قرار می‌گیرد که از انرژی پاک و تجدیدپذیر استفاده می‌کنند. پمپ بدون موتور هیدرولیکی، بدون نیاز به سوخت‌های فسیلی و انرژی الکتریکی، با مکانیزمی ساده کار می‌کند. جذابیت دستگاهی که با کمترین مصرف سوخت کار کند همیشه در کشورهای در حال توسعه مورد توجه بوده است. نمونه‌هایی از بکارگیری پمپ مذکور، در کشورهای در حال توسعه وجود دارد که می‌تواند از جنبه‌های مختلف بهره‌وری، بررسی شود.

همچنین، این دستگاه که از منابع تجدیدپذیر انرژی استفاده می‌کند، قیمت کمی دارد.

این نوع پمپ بیش از دو قرن پیش در اروپا مورد استفاده قرار گرفت و این مربوط به زمانی است که هنوز موتورهای احتراق داخلی و انرژی برق اختراع نشده بود، ولی کم‌کم به دست فراموشی سپرده شد. امروزه با توجه به اهمیت محیط زیست و اجتناب از منابع آلاینده، بکارگیری و استفاده از این پمپ به عنوان دستگاهی که از انرژی تجدیدشونده بهره می‌گیرد، می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. عدم شناخت از چگونگی کارکرد این پمپ باعث شده است که در کشور ما، استفاده‌ای نداشته باشد. یکی از مهمترین ویژگی‌های مورد نیاز این پمپ، منابع آبی نظیر چشمه‌ها، قنوات مرتفع و رودخانه‌های شیبدار هستند، که می‌توانند با ایجاد فشار مناسب ناشی از اختلاف ارتفاع، بکارگیری پمپ را ممکن سازند.

با توجه به این که استفاده از این پمپ سابقه طولانی دارد و عامل تجربه در طول زمان در بهبود کیفیت آن مؤثر بوده است با این وجود، پژوهشگران زیادی با مطالعات آکادمیک، از جنبه‌های مختلف آن را مورد مطالعه قرار داده‌اند.

مولینوکس (۱۹۶۰)، پمپ آب بدون موتوری را طراحی کرد که دریچه هرزآب آن یک مکانیزم فتری داشت که بطور ناگهانی بسته می‌شد، اما دریچه خروجی آن لولایی بود و به وسیله آن برخی مشکلات طراحی این پمپ را حل کرد.

کیتانی و ویلاردسون (۱۹۸۴)، از چهار پمپ بدون موتور که به صورت موازی به یکدیگر متصل شده بودند برای آبیاری یک مزرعه ۲۴/۳ هکتاری استفاده کردند. آنها همچنین با رسم نمودارهایی درصدی از آب ورودی که پمپاژ می‌شود را مشخص کردند.

جانک و فینگر (۱۹۹۴)، در مورد ساخت دریچه هرزآب، دریچه خروجی، ساخت و مونتاژ پمپ بدون موتور مطالعاتی داشتند. همچنین اشاره‌ای به طریقه نصب و سرویس این نوع پمپ‌ها داشتند.

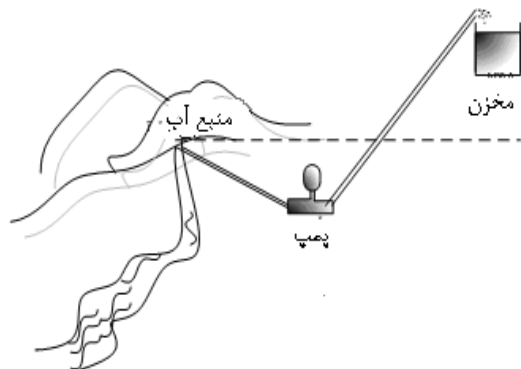
ولچ (۱۹۹۴)، پمپ بدون موتوری را بررسی کرد که بدنه آن از آلیاژ آلومینیوم و پیچ و مهره‌های آن از فولاد ضد

شارما (۲۰۰۹)، تأثیر پارامترهای ارتفاع پمپاژ تعداد ضربه‌های دريچه هرزآب و دبي را بر عملکرد پمپ بررسی کرد.

مواد و روش‌ها

پمپ بدون موتور، بر اساس دریافت حجم متناسبی از آب که نسبت به موقعیت استقرار پمپ از یک اختلاف ارتفاع برخوردار است، کار می‌کند به نحوی که بخشی از آب دریافتی را به ارتفاع بالاتری نسبت به ارتفاع موقعیت ورودی، تحویل می‌دهد.

شکل ۱، طرح‌واره‌ای از موقعیت پمپ را نسبت به ورودی و خروجی نشان می‌دهد.



شکل ۱- محل استقرار پمپ

قسمت‌های اصلی پمپ در شکل ۲، نشان داده شده‌اند. در این پمپ از یک دريچه نیرودهنده به نام دريچه هرزآب، استفاده شده است که با توجه به فشار آب، باز و بسته می‌شود و انرژی پمپ را فراهم می‌کند. ابتدا آب تحت فشار، از این دريچه بیرون می‌رود. سپس در اثر جریان آب، دريچه بسته می‌شود. در موقع بسته شدن دريچه هرزآب، پدیده ضربه قوچ رخ می‌دهد و آب با فشار به سمت دريچه خروجی یکطرفه‌ای می‌رود و آن را باز نموده و از طریق لوله خروجی، بیرون می‌رود. با بسته شدن دريچه خروجی، افت فشار در پمپ ایجاد می‌شود و باعث می‌شود که دريچه هرزآب، دوباره باز شود و چرخه کاری پمپ، تکرار شود. یک انباره نیز در مسیر تعبیه شد تا از ناپیوستگی جریان خروجی، جلوگیری کند.

زنگ ساخته شده بود و در دريچه‌ها از کاسه نمد ضخیم لاستیکی استفاده شده بود. استفاده از یک دیافراگم در انباره برای جلوگیری از اختلاط آب و هوا از دیگر ویژگی‌های پمپ بود.

یانگ (۱۹۹۵)، اشاره کرد که فاکتورهای لازم برای طراحی پمپ بدون موتور، ارتفاع پمپاژ، جنس پمپ، ضخامت لوله ورودی و شکل دريچه هرزآب می‌باشند.

یانگ (۱۹۹۶)، برای مشخص نمودن توان پمپ، رابطه‌ی ۱ را ارائه کرد:

$$(1) \quad (\text{ارتفاع سرچشمه تا پمپ}) \times 3000 = \text{توان} \\ (\text{قطر لوله ورودی})^2 \times$$

تای (۱۹۹۸)، محاسباتی را در پمپ بدون موتور خود انجام داد و روابطی برای بدست آوردن سرعت موج ناشی از ضربه قوچ، شتاب و افت فشار بیان کرد.

نجم و همکاران (۱۹۹۹)، یک مدل برای آنالیز فرایند ایجاد موج در پمپ‌های بدون موتور را بررسی کردند. آنها تأثیر موج آب را بر روی اجزای پمپ بررسی کردند.

اسکات لی (۲۰۰۰)، با نصب یک لوله عمودی بین لوله ورودی به پمپ و لوله‌ای که از سرچشمه آب می‌آمد، تعداد ضربه‌های دريچه را افزایش داد و افزایش دبي آب در لوله خروجی را مشاهده نمود. وی بیان داشت حجم انباره در ارتفاع پمپاژ مؤثر است.

ماراتوس (۲۰۰۲)، گفت که دبي آب خروجی با قطر لوله ورودی به پمپ رابطه دارد. او همچنین با ترسیم نمودار سرعت- زمان، تغییر سرعت آب در زمان انجام یک چرخه پمپ را بررسی کرد.

محمد، شایبای بونداچ (۲۰۰۷)، با طراحی و نمونه‌سازی یک پمپ بدون موتور هیدرولیکی، نشان داد بر اساس آب ورودی به پمپ به میزان ۲/۷ لیتر در دقیقه، توان برابر ۱/۲۷۳ کیلو وات و بازده ۵۷/۳ درصد می‌باشد.

سواردا و ویراوان (۲۰۰۸)، در پمپ بدون موتوری، تأثیر انباره هوا بر ضربه قوچ را بررسی کردند. آنها یک بار پمپ را بدون انباره و یکبار با انباره، مورد آزمایش قرار دادند. نتایج نشان داد که وجود انباره بازده را از ۰/۷۲٪، به ۱۹/۴۵٪ افزایش می‌دهد.

در مجموع، ۱۸ تیمار با چهار تکرار آزمایش شد. بنابراین آزمایش با ۷۲ تیمار صورت گرفت. آزمایش اجرا شده بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی، آزمایش فاکتوریل صورت گرفت. دبی معمولی پمپ و دبی در ۱۰۰ ضربه دریچه خروجی، به عنوان متغیرهای وابسته بررسی و تجزیه و تحلیل شد. همچنین در این آزمایش، ارتفاع بالا بردن آب، ثابت و برابر ۴ متر در نظر گرفته شده است. شکل ۳، نمونه‌ای از پمپ ساخته شده را نشان می‌دهد.

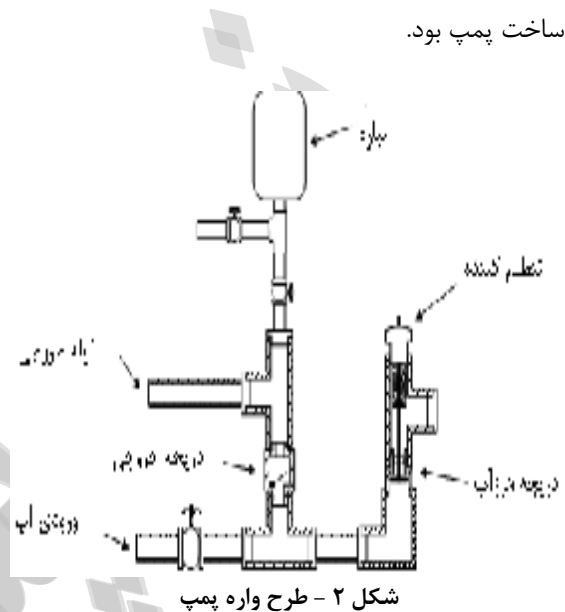


شکل ۳ - نمایی از پمپ ساخته شده

نتایج و بحث

بر اساس آزمایش‌های صورت گرفته، میزان دبی ورودی و خروجی برای پمپ در موقعیت‌های مختلف، اندازه‌گیری شد و از نتایج به‌دست آمده، بازده مورد محاسبه قرار گرفت. نتایج مطابق جدول ۲، بدست آمد. در مرحله بعد دو شاخص دبی خروجی معمولی و دبی خروجی در ۱۰۰ ضربه دریچه هرزآب، تجزیه و تحلیل شد. نتایج تجزیه واریانس برای شاخص دبی خروجی معمولی مطابق جدول ۳، بدست آمد. نتایج تجزیه واریانس برای شاخص دبی خروجی در ۱۰۰ ضربه دریچه هرزآب، مطابق جدول ۴، بدست آمد.

این پمپ از جنس پلی اتیلن ساخته شد. لوله‌ها و اتصالات پلی اتیلن با توجه به ویژگی‌های ساختمانی و فنی مناسب، مانند سبک بودن، قیمت مناسب، مصون بودن از زنگ‌زدگی، اتصال راحت و مقاومت بالا در برابر فشار و ضربه، برای ساخت پمپ استفاده شدند و نتایج حاصل از ارزیابی‌ها حاکی از مناسب بودن این جنس لوله برای ساخت پمپ بود.



شکل ۲ - طرح واره پمپ

در مرحله بعدی، آزمایش‌های لازم در محل مناسبی که از منبع آب کافی برخوردار بود و دستیابی به موقعیت‌های مورد نیاز در ارتفاع‌های مختلف نیز میسر بود، انجام پذیرفت. در این پژوهش سه فاکتور، طبق جدول ۱ بررسی شد:

جدول ۱- فاکتورهای مورد محاسبه

فاکتورها	سطح ۱	سطح ۲	سطح ۳
۱- ارتفاع منبع آب تا پمپ			
در سه سطح (A)	۰٫۹ متر	۱٫۶ متر	۲٫۹ متر
۲- طول لوله آب ورودی			
در سه سطح (B)	۹٫۵ متر	۱۲ متر	۱۴٫۵ متر
۳- قطر لوله ورودی			
در دو سطح (C)	۵۰ میلیمتر	۷۵ میلیمتر	

جدول ۲- مقادیر فشار، دبی و بازده در دو لوله مورد آزمایش

قطر لوله (میلیمتر)	ارتفاع ورودی (متر)	ارتفاع خروجی (متر)	دبی ورودی (لیتر بر دقیقه)	دبی خروجی (لیتر بر دقیقه)	تعداد ضربه دریچه	فشار ورودی (پاسکال)	فشار خروجی (پاسکال)	دبی خروجی در ۱۰۰ ضربه دریچه	بازده پمپ
۵۰	۱/۹	۴	۱۸۹/۴۷	۱۵	۷۳	۸۸۲۹	۳۹۲۴۰	۱/۶۸	٪۱/۵
۵۰	۱/۶	۴	۲۷۵/۱۶	۴/۲	۵۸	۱۵۶۹۶	۳۹۲۴۰	۷/۲۴	٪۶/۵
۵۰	۲/۹	۴	۳۶۰/۰۰	۸/۵	۶۴	۲۸۴۴۹	۳۹۲۴۰	۱۳/۲۸	٪۵
۷۵	۱/۹	۴	۳۰۹/۶۸	۱/۶	۷۴	۸۸۲۹	۳۹۲۴۰	۲/۱۶	٪۳
۷۵	۱/۶	۴	۴۰۵/۶۳	۴/۶	۱۰۰	۱۵۶۹۶	۳۹۲۴۰	۴/۶۰	٪۲/۸
۷۵	۲/۹	۴	۴۹۶/۵۵	۸	۹۰	۲۸۴۴۹	۳۹۲۴۰	۸/۸۹	٪۲/۴

جدول ۳- تجزیه واریانس بر اساس شاخص دبی خروجی معمولی

منبع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	معناداری
تکرار	۱/۲۵۳	۳	۱/۰۸۴	۱/۳۴۹	۱/۲۶۹
طول	۱۸/۵۵۵	۲	۹/۲۷۸	۱۴۸/۵۶۵	۰
ارتفاع	۸۲۳/۸۸۵	۲	۴۱۱/۹۴۳	۶۵۹۶/۵۴۳	۰
قطر	۱۸/۳۰۱	۱	۱۸/۳۰۱	۲۹۳/۰۶۳	۰
طول × ارتفاع	۱۱/۸۶۷	۴	۲/۹۶۷	۴۷/۵۰۸	۰
طول × قطر	۴/۶۲۶	۲	۲/۳۱۳	۳۷/۰۳۷	۰
ارتفاع × قطر	۳/۳۸۱	۲	۱/۶۹۰	۲۷/۰۶۹	۰
طول × ارتفاع × قطر	۸/۸۴۳	۴	۲/۲۱۱	۳۵/۴۰۳	۰
خطا	۳/۱۸۵	۵۱	۱/۰۶۲		
جمع	۲۸۹۱/۰۷۰	۷۲			

جدول ۴- تجزیه واریانس بر اساس شاخص دبی خروجی در ۱۰۰ ضربه دریچه

منبع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	معناداری
تکرار	۱/۴۹۲	۳	۱/۱۶۴	۱/۱۲۲	۱/۳۴۹
طول	۱۵۶/۶۲۱	۲	۷۸/۳۱۱	۵۳۵/۵۷۰	۰
ارتفاع	۱۳۷۳/۶۴۲	۲	۶۸۶/۸۲۱	۴۶۹۷/۲۰۷	۰
قطر	۲۵۸/۹۱۴	۱	۲۵۸/۹۱۴	۱۷۷۰/۷۲۷	۰
طول × ارتفاع	۴۵/۴۴۳	۴	۱۱/۳۶۱	۷۷/۶۹۶	۰
طول × قطر	۳۶/۶۷۰	۲	۱۸/۳۳۵	۱۲۵/۳۹۴	۰
ارتفاع × قطر	۱۲۱/۶۸۲	۲	۶۰/۸۴۱	۴۱۶/۰۹۴	۰
طول × ارتفاع × قطر	۱/۷۷۷	۴	۱/۴۴۴	۳/۰۳۸	۱۰۲۵
خطا	۷/۴۵۷	۵۱	۱/۱۴۶		
جمع	۶۰۱۵/۹۶۱	۷۲			

نتایج حاصل از اثرات متقابل در نمودارهای شکل های ۴ تا ۸، نشان داده شده است.

با توجه به نتایج حاصل از جدول ۴، مقایسه میانگین های اثرات اصلی بر اساس آزمون کمترین تفاوت معنی دار (LSD) مطابق جداول ۵، ۶ و ۷ بدست آمد.

جدول ۵- مقایسه میانگین های فاکتور طول لوله، در شاخص دبی خروجی در ۱۰۰ ضربه در پیچه

فاصله اطمینان ۹۵٪	معداداری	خطای استاندارد	اختلاف میانگین (I-J)	طول (I)	طول (J)
				(میلیمتر)	(میلیمتر)
۳/۰۲۳۰	۲/۵۷۹۸	۰	۲/۸۰۱۴ *	۱۲	۱۴/۵
۳/۵۹۷۹	۳/۱۵۴۷	۰	۳/۳۷۶۳ *	۹/۵	۱۲
-۲/۵۷۹۸	-۳/۰۲۳۰	۰	-۲/۸۰۱۴ *	۱۴/۵	۹/۵
۰/۷۹۶۵	۰/۳۵۳۳	۰	۰/۵۷۴۹ *	۹/۵	۱۴/۵
-۳/۱۵۴۷	-۳/۵۹۷۹	۰	-۳/۳۷۶۳ *	۱۴/۵	۱۲
-۰/۳۵۳۳	-۰/۷۹۶۵	۰	-۰/۵۷۴۹ *	۱۲	۹/۵

* وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵٪

جدول ۶- مقایسه میانگین های فاکتور ارتفاع منبع آب تا پمپ، در شاخص دبی خروجی در ۱۰۰ ضربه در پیچه

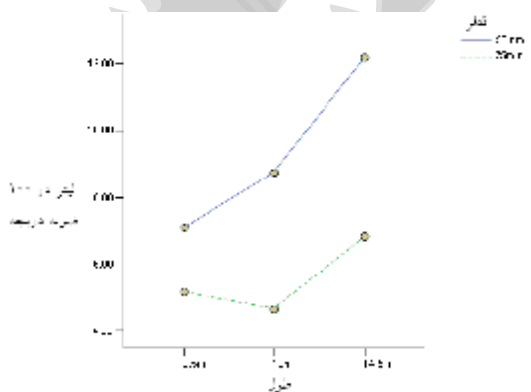
فاصله اطمینان ۹۵٪	معداداری	خطای استاندارد	اختلاف میانگین (I-J)	ارتفاع (I)	ارتفاع (J)
				(میلیمتر)	(میلیمتر)
۵/۲۶۷۹	۴/۸۲۴۶	۰	۵/۰۴۶۳ *	۱/۶	۲/۹
۱۰/۹۱۵۱	۱۰/۴۷۱۸	۰	۱۰/۶۹۳۴ *	۰/۹	۱/۶
-۴/۸۲۴۶	-۵/۲۶۷۹	۰	-۵/۰۴۶۳ *	۲/۹	۰/۹
۵/۸۶۸۸	۵/۴۲۵۶	۰	۵/۶۴۷۲ *	۰/۹	۱/۶
-۱۰/۴۷۱۸	-۱۰/۹۱۵۱	۰	-۱۰/۶۹۳۴ *	۲/۹	۰/۹
-۵/۴۲۵۶	-۵/۸۶۸۸	۰	-۵/۶۴۷۲ *	۱/۶	۲/۹

* وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵٪

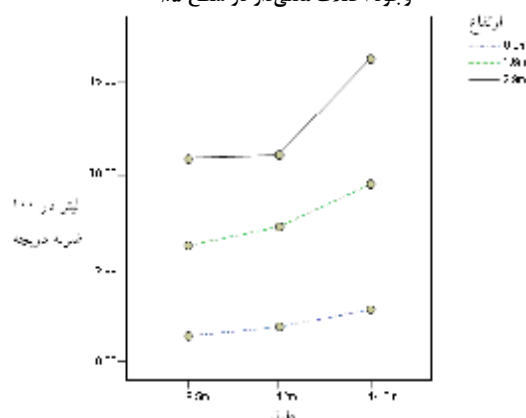
جدول ۷- مقایسه میانگین های فاکتور قطر لوله در شاخص دبی خروجی در ۱۰۰ ضربه در پیچه

فاصله اطمینان ۹۵٪	معداداری	خطای استاندارد	اختلاف میانگین (I-J)	قطر (I)	قطر (J)
				(میلیمتر)	(میلیمتر)
۳/۹۷۴	۳/۶۱۲	۰	۳/۷۹۳ *	۷۵	۵۰
-۳/۶۱۲	-۳/۹۷۴	۰	-۳/۷۹۳ *	۵۰	۷۵

* وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵٪



شکل ۵- اثر طول × قطر در میانگین دبی خروجی در ۱۰۰ ضربه در پیچه



شکل ۴- اثر طول × ارتفاع در میانگین دبی خروجی در ۱۰۰ ضربه در پیچه

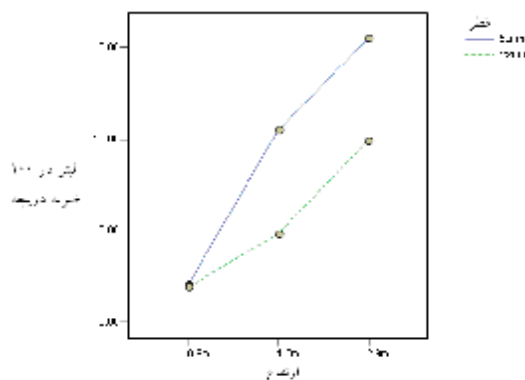
ورودی با قطر ۵۰ میلیمتر با استقرار ۱/۶ متری از محل منبع آب بود. با توجه به این که ورودی اصلی پمپ از لوله با قطر ۵۰ میلیمتر ساخته شده است، هنگام اتصال به لوله با قطر ۷۵ میلیمتر، به دلیل وجود تنگنا، باعث افت فشار شده و به نظر می‌رسد این افت فشار علت کاهش بازده باشد.

نتایج نشان داد که فاکتورهای اصلی ارتفاع منبع آب تا پمپ و قطر لوله ورودی، بر روی دبی پمپ دارای اثر معنی‌دار بودند. همچنین بین سطوح مختلف طول لوله اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. نتایج از مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی نشان داد که طول لوله ۱۴/۵ متر در ارتفاع ۲/۹ متر منبع تا پمپ، با قطر ۵۰ میلیمتر بهترین وضعیت را برای پمپ مورد آزمایش داشته است. در بررسی نمودارهای اثرات متقابل فاکتورهای مورد آزمایش، مشاهده گردید با وجود معنی‌دار بودن سطوح مختلف، اثر متقابل ارتفاع و قطر لوله قابل توجه است.

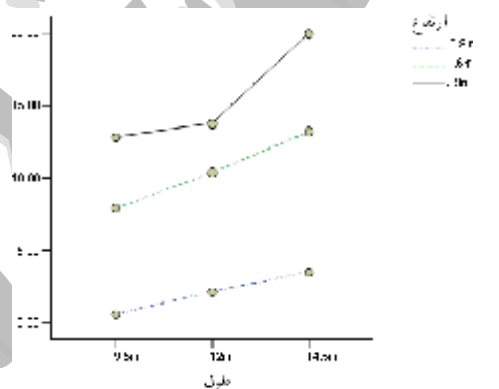
همچنین نتایج نشان داد که تغییرات فشار بر روی ضربات دریاچه هرزآب موثر است. تغییرات فشار با افزایش ارتفاع در بهبود کار پمپ مشاهده شد. ضربه‌های دریاچه هرزآب دارای بسامدی بین ۳۲ ضربه در دقیقه در ارتفاع کمتر، تا ۱۴۲ ضربه در دقیقه در ارتفاع بیشتر، به دست آمد. این نتایج برای طراحی پمپ بهینه می‌تواند استفاده شود، پمپی که با نازلترین قیمت، اثر قابل توجهی در استفاده از انرژی پاک و تجدیدپذیر دارد.

منابع

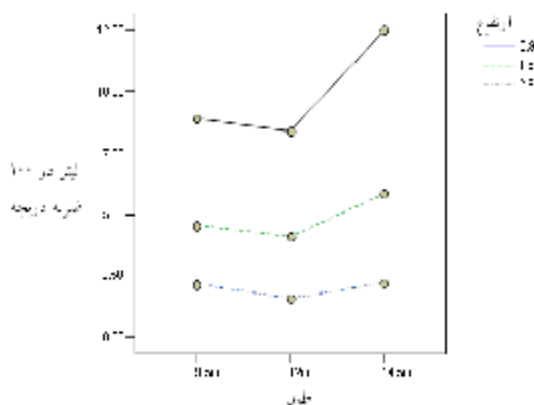
- ۱- معاونت برق و انرژی، وزارت نیرو، ترازنامه انرژی. ۱۳۸۹، تهران، ایران، ۵۲۸ ص.
- 2- Molyneux F.1960. The Hydraulic ram pump for Rival Water Supply. Fluid Handling, 274 p.
- 3- Kitani K. and Willardson L. S. 1984. Hydraulic Ram Use for Sprinkle Irrigation. American Society of Agricultural Engineers. Transactions of the ASAE 86: 1788-1791
- 4- Janke K. and Finger L. 1994. Hydraulic Ram Pump. Home Power 41: 74-76.
- 5- Welch M. 1994. Things That Work the Folk Ram Pump. Home Power 40: 44-47.



شکل ۶- اثر ارتفاع \times قطر در میانگین دبی خروجی در ۱۰۰ ضربه دریاچه



شکل ۷- اثر طول \times ارتفاع در میانگین دبی خروجی در ۱۰۰ ضربه دریاچه در قطر ۵۰ میلیمتر



شکل ۸- اثر طول \times ارتفاع در میانگین دبی خروجی در ۱۰۰ ضربه دریاچه در قطر ۷۵ میلیمتر

نتیجه‌گیری

همان گونه که در جدول ۲، مشاهده می‌شود، بهترین میزان بازده پمپ در ارتفاع ثابت ۴ متری لوله خروجی از موقعیت استقرار پمپ، ۶/۵٪ بدست آمد که برای لوله

- 10- Lee S. 2000. Building a Homemade Ram Pump. Home Power 76: 42-48.
- 11- Maratos D. F. 2002. Technical feasibility of wavepower for seawater desalination using the hydro-ram Elsevier. Desalination 153: 287-293.
- 12- Mohammed S.N. 2007. Design and construction of a hydraulic ram pump. Leonardo Electronic Journal of Practices and technologies 11: 59-70.
- 13- Suarda M. and Wirawan I. 2008. Kajian eksperimental pengaruh tabung udara pada head tekana pompa hidram. Journal Ilmiash Teknik Mesin CACRAM 2: 10-14.
- 14- Sharma R. L. 2009. Performance characteristics of hydraulic ram pump. IE (I) journal-CV 90: 36-39.
- 6- Young B. W. 1995. Design of Hydraulic Ram Pump Systems. ARCHIVE: Proceedings of the institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy, 1990-1996, Sage Publications: 313-322.
- 7- Young B. W. 1996. Sizing Ram Pump. Proc, Inst, Mech, Eng: 245-248.
- 8- Taye T. 1998. Hydraulic Ram Pump. Energy Division, Equatorial Business Group (EBG) plc, Addis Ababa, Ethiopia Published in the Journal of the ESME, Vol II. 13 P.
- 9- Najm H. N. Azoury P. H. and M Piasecki. 1999. Hydraulic Ram analysis: a new Look at an old Problem. Proceeding of the Institution of Mechanical Engineering. Part A, Journal of Power and Energy. Professional Engineering Publishing 213: 127-141.