نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره 4، جلد 10، مهر - آبان 1395، ص. 543-532

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 4, Vol. 10, Sept.-Oct. 2016, p. 532-543

تحلیل هزینه- فایده پمپ‌های دور متغیر در سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار (مطالعه موردی: سامانه‌ی آبیاری کشت و صنعت اشرفیه)

افشین یوسف گمرکچی[1*]، عاطفه پرورش ریزی[2]

تاریخ دریافت: 1395/5/6 تاریخ پذیرش: 1395/8/19

چکیده

سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار به طور عمده وابسته به ایستگاه‌های پمپاژ بوده که این ایستگاه‌ها از جمله بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان انرژی هستند که پرداختن به طراحی بهینه آن‌ها، به‌ویژه از نظر افزایش راندمان ایستگاه‌های پمپاژ و کنترل مصرف انرژی بسیار با اهمیت است. در این تحقیق با توجه به قابلیت‌های سامانه‌های پمپاژ دور متغیر در تطبیق با شرایط مختلف بهره‌برداری، رویکرد به استفاده از پمپ‌های دور متغیر در یک کشت و صنعت 85 هکتاری زیتون واقع در استان قزوین مورد بررسی قرار گرفته است. در این راستا مصارف انرژی در طول دوره بهره‌برداری ده ساله سامانه، با استفاده از نرم‌افزار MATLAB/SIMULINK در پنج سناریو بهره‌برداری از ایستگاه پمپاژ، تحلیل شده است. نتایج تحقیق نشان‌دهنده آن است که میزان انرژی الکتریکی مصرفی با به‌کارگیری پمپ دور متغیر، در مقایسه با روش بهره‌برداری با پمپ دور ثابت تا 18 درصد کاهش یافته است. بر اساس نتایج مدل محاسباتی، میانگین انرژی مصرفی برای انتقال هر مترمکعب آب 0/33kwh با استفاده از پمپ دور متغیر بوده است. نتایج ارزیابی انرژی مصرفی بیانگر آن است که در وضعیت موجود بهره‌برداری60 درصد تلفات انرژی بیش‌تری نسبت به سایر روش‌های بهره‌برداری وجود داشته است. هم‌چنین هزینه اولیه استفاده از پمپ دور متغیر، به‌طور متوسط پس از 9 سال بهره‌برداری، از محل صرفه‌جوئی انرژی، مستهلک شده است.

واژه‌های کلیدی: ایستگاه پمپاژ، انرژی، پمپ دور متغیر، سامانه آبیاری، مدل‌سازی

مقدمه

سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار عمدتاً با هدف بهبود کارایی مصرف آب و افزایش راندمان کاربرد آب در مزرعه مورد استفاده قرارگرفته‌اند لیکن به دلیل وابستگی به مبحث انرژی و رشد سریع هزینه انرژی، موضوع بهره‌وری انرژی، امروزه یکی از چالش‌های کلیدی در مباحث مربوط به سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار قلمداد شده است. از این‌رو با توسعه‌ی سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار، میزان تقاضا برای انرژی در این بخش نیز رشد چشم‌گیری داشته است. دیاز و همکاران این مسئله را به‌عنوان پارادوکس مدرن‌سازی سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار نام برده‌اند. تحقیقی که توسط آن‌ها در منطقه آندلس اسپانیا انجام گرفت نشان دهنده آن است که علی‌رغم مدیریت بهینه‌ی منابع آبی، هم‌راستا با توسعه سامانه‌های آبیاری، هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری نیز در حدود 400 درصد افزایش یافته است که این امر لزوم مدیریت دقیق منابع آبی و کنترل مصارف انرژی در سامانه‌های آبیاری تحت فشار را دوچندان نموده است. آن‌ها متوسط مقدار انرژی مورد نیاز برای پمپاژ هر مترمکعب آب، در سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار را 0/41kWh برآورد نموده‌اند (Diaz et al.,2011). کرومیناس در تحقیقی به بررسی افزایش مصارف انرژی با رویکرد به توسعه‌ی سامانه‌های آبیاری در اسپانیا پرداخت. نتایج تحقیق بیانگر آن است که با کاهش 21 درصدی مصرف آب از سال 1950 تا 2007، میزان مصرف انرژی 657 درصد رشد داشته است (Corominas., 2010). از این‌رو صرفه‌جویی در مصرف آب و انرژی، امروزه از الزامات آبیاری تحت‌فشار بوده و در سال‌های اخیر با رویکرد به توسعه سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار، مبحث صرفه‌جویی در انرژی نیز در بیش‌تر کشورها اولویت یافته است (Fernandez et al., 2015). بر این اساس بررسی فرآیندهای پرمصرف انرژی، مانند ایستگاه‌های پمپاژ، در راستای بهبود راندمان کلی سامانه‌های آبیاری اجتناب‌ناپذیر شده است (فرشی و حمزه پور، 1391). چاوز و همکاران با اندازه‌گیری میدانی، میانگین بازده موتور پمپ‌های الکتریکی را در ایالات مختلف امریکا بین 45 تا 55 درصد برآورد نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که هزینه‌های انرژی، تعمیر و نگهداری یک سیستم پمپاژ در طول عمر

1- دانشجوی دکتری سازه‌های آبی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
2- استادیار گروه سازه‌های آبی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
(*-نویسنده مسئول: (Email: gomrokchi@ut.ac.ir

کارکرد آن، تا 20 برابر سرمایه‌گذاری اولیه بوده است (Chavez et al., 2010). ورا و همکاران با آنالیز 22 ایستگاه پمپاژ بازده ایستگاه‌های پمپاژ را 50/2 درصد، همچنین دیاز و همکاران با آنالیز 150 ایستگاه پمپاژ در جنوب اسپانیا، بازده ایستگاه‌های پمپاژ را 58/1 درصد برآورد نمودند (Diaz et al., 2011), (Vera et al., 2010).

به دلیل وابستگی به مبحث انرژی در توسعه سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار از یک‌سو و از سوی دیگر پایین بودن بازده ایستگاه‌های پمپاژ، روش‌های مختلفی در طی چند سال اخیر بر مبنای بهبود مصارف انرژی، توسط محققین مورد مطالعه قرار گرفته است. رحیمی و نادری (1391)، به اثرات اجرای سیستم خودکارسازی در ایستگاه‌های پمپاژ و نقش آن در کاهش مصارف انرژی پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد 32 درصد کاهش مصرف انرژی، در صورت استفاده از سامانه‌های خودکار به‌جای روش‌های معمول راه‌اندازی، قابل حصول بوده است. آبادیا و همکاران دو عامل راندمان ایستگاه پمپاژ و نحوه جانمایی شبکه آبیاری را در شدت مصرف انرژی در سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار موثر دانستند و بر اساس آن شاخص مصرف انرژی (GEE[1]) که متاثر از این دو عامل بود را ارائه کردند (Abadia et al., 2008).

لامادالنا و خیلا به بررسی نحوه صرفه‌جویی انرژی در سامانه‌های آبیاری که بر اساس نیاز آبیاری می‌شوند، پرداختند. هدف آن‌ها تعیین بهترین نقطه عملکرد ایستگاه پمپاژ برای بهینه کردن مصرف انرژی بوده است. آن‌ها دستیابی به این هدف را در تطابق دبی و هد فشار مورد نیاز (منحنی مشخصه‌ی سامانه) در طول دوره آبیاری با منحنی‌های مشخصه ایستگاه پمپاژ دانستند و برای تعیین منحنی سامانه، نرم‌افزار COPAM را به‌کار گرفتند. نتایج تحقیق نشان داد، امکان صرفه‌جویی در میزان مصرف انرژی برای دو منطقه در جنوب ایتالیا در حدود 27 و 35 درصد بوده است (Lamaddalena and Khila., 2012). خیاط زاده و غفوری مدل محاسباتی مصارف انرژی در پمپ‌های گریز از مرکز را با استفاده از نرم‌افزار MATLAB/SIMULINK ارائه کردند (Khayatzadeh and Ghafouri., 2015).

در زمینه کاربرد پمپ‌های دور متغیر در سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار، نتایج قابل قبولی در توجیه استفاده از این تجهیزات در کاهش مصارف انرژی، گزارش شده است. هانسون و همکاران در تحقیقی با استفاده از آزمایش‌های میدانی در پنج سایت آبیاری تحت‌فشار بر روی الکتروپمپ دور متغیر، بعد از 500 تا 1000 ساعت کارکرد در سال و طی مدت چهار سال بهره‌برداری در امریکا نشان دادند که هزینه‌های مرتبط با اجرای سیستم پمپاژ دور متغیر در مقایسه با روش استفاده از شیر برای کنترل دبی، قابل توجیه است.

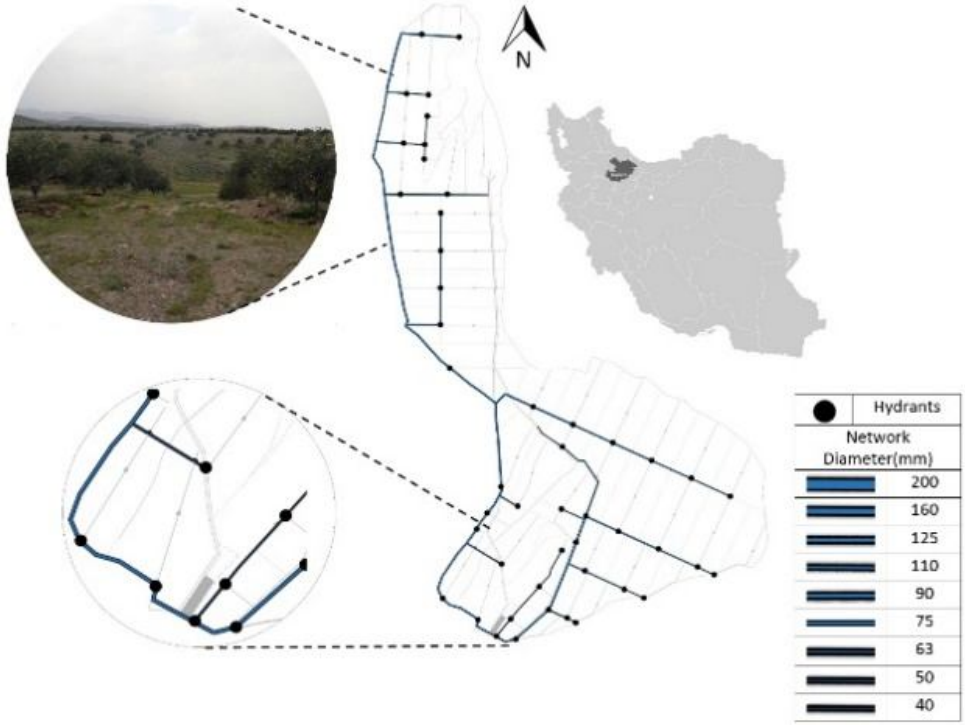
آن‌ها دریافتند مصرف انرژی بخش‌های مورد مطالعه که از درایو فرکانس متغیر در تاسیسات پمپاژ استفاده می‌کردند، کاهش 56 تا 32 درصدی را نشان می‌دهد (Hanson et al.,1996). رئیسیان امیری و پرورش (1393)، در تحقیقی به ارزیابی هیدرولیکی پمپ‌های دور متغیر در سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار در دشت هارکله-لالی پرداختند. در این تحقیق با ارائه روش و هم‌چنین طرح یک نمونه عملی در دشت مذکور، اثرات جایگزینی پمپ دور متغیر با پمپ دور ثابت روی هیدرولیک طرح، مصرف انرژی و بازده پمپ‌ها ارزیابی شد. نتایج نشان داد که با به‌کارگیری پمپ دور متغیر در پمپاژ این طرح، بازده کاری پمپ‌ها می‌تواند تا 10 درصد افزایش و میزان مصرف انرژی تا 49 درصد در سال نسبت به طراحی متداول کاهش یابد. دلفان آذری و پرورش (1394)، با در نظر گرفتن روش‌های مختلف کنترل دبی در یک سامانه آبیاری تحت‌فشار، مقدار مصرف انرژی در شیوه‌های مختلف بهره‌برداری را مقایسه نمودند. نتایج تحلیل داده‌های انرژی مصرفی نشان داد، بالاترین راندمان مصرف انرژی در استفاده از پمپ-های دور متغیر است که تلفات انرژی را 44 تا 54 درصد کاهش می‌دهد.

متاسفانه طراحی و بهره‌برداری اغلب ایستگاه‌های پمپاژ در سامانه‌های آبیاری در ایران، بر اساس کارکرد پمپ با دور ثابت صورت می‌پذیرد و هنوز منافع فنی و اقتصادی استفاده از پمپ‌های دور متغیر برای طراحان و بهره‌برداران، حداقل در بخش کشاورزی، به‌طور کامل نمایان نشده است (رئیسیان امیری، 1391). همان‌گونه که اشاره گردید تحقیقات متعددی به‌منظور بررسی کارایی فنی پمپ‌های دور متغیر در سامانه‌های آبیاری انجام شده است لیکن در خصوص ارزیابی فنی و اقتصادی پمپ‌های دور متغیر (به‌خصوص در تحقیقات داخل کشور) مطالعات زیادی انجام نشده است. این تحقیق باهدف ارائه یک مدل محاسباتی و مبتنی بر پاسخ‌گویی به هنگام شرایط بهره‌برداری واقعی سامانه، ارائه شده و بر اساس آن، مصارف انرژی در رویکردهای مختلف بهره‌برداری از ایستگاه پمپاژ تحلیل شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، کشت و صنعت اشرفیه با مساحت 85 هکتار می‌باشد که در بخش مرکزی طارم سفلی استان قزوین قرار گرفته است. اراضی محدوده طرح عمدتا، ناهموار و تپه‌ماهوری بوده و دارای شیب متوسط حدود 5/27 درصد با کشت محصول زیتون می‌باشد. سیستم آبیاری این محدوده بر اساس روش آبیاری قطره‌ای و شیوه آب‌گیری اراضی، بر مبنای پمپاژ اولیه از مخزن سد سفیدرود و هدایت آن به یک استخر و پمپاژ ثانویه به درون سامانه آبیاری می‌باشد. به دلیل شکل تپه‌ماهوری زمین، در نقاط آبگیری از لوله‌ها اختلاف ارتفاع، بوجود آمده که در شکل 1 جانمایی کلی سامانه آبیاری مورد مطالعه نشان داده شده است.

1- Global Energy Efficiency



شکل 1- طرح کلی جانمایی خطوط لوله آب‌رسان در سامانه آبیاری مورد مطالعه

بهره‌برداری از سامانه با توجه به شرایط اقلیمی و نوع کشت، به طور عمده در طی ماه‌های اردیبهشت تا شهریور صورت می‌گیرد که حداکثر و حداقل میزان نیاز آبی (بر اساس سند ملی آب کشاورزی)، به ترتیب در دهه سوم تیرماه و دهه سوم اردیبهشت‌ماه می‌باشد. در این راستا و با توجه به مقادیر نیاز آبی زیتون، هر ماه به سه دهه تقسیم شده و مقادیر دبی مورد نیاز سامانه، در طی دوره بهره‌برداری برآورد گردیده است. در برنامه‌ریزی بهره‌برداری از ایستگاه پمپاژ برای دور آبیاری سه روزه، مدت آبیاری هر ناحیه در طی دوره بهره‌برداری محاسبه شده و زمان کارکرد ایستگاه پمپاژ بر اساس آبیاری دو ناحیه در روز در نظر گرفته شده است.

طراحی هیدرولیکی سامانه آبیاری

نکته حائز اهمیت آن است که در طراحی سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار، حداکثر مقادیر نیاز آبی در کل فصل آبیاری و یا دوره بهره‌برداری، مبنای طراحی ایستگاه پمپاژ بوده و اصولاً منحنی مقاومت سامانه، در طراحی ایستگاه پمپاژ نقشی ندارد (دلفان آذری و پرورش، 1394). منحنی مقاومت سامانه در واقع مقاومت هیدرولیکی سیستم را در دبی‌های مختلف نشان داده و در بررسی ارتباط دینامیک سامانه‌ی آبیاری و عملکرد ایستگاه پمپاژ، نقش بسیار موثری ایفا می‌کند. از این‌رو در این تحقیق با تعیین مقادیر دبی مورد نیاز سامانه در طی سال‌های مختلف (با رعایت قیود سرعت مجاز در شبکه آبیاری) و در طول دوره بهره‌برداری در هریک از سال‌ها، مقادیر افت فشار بر اساس رابطه دارسی- وایسباخ در شبکه آبیاری محاسبه شده است. هم‌چنین با استفاده از قابلیت‌های نرم‌افزار WATERGEMS در تحلیل هیدرولیکی شبکه‌های آبیاری تحت‌فشار، مقادیر دبی و فشار مورد نیاز در محل ایستگاه پمپاژ محاسبه گردیده است. به دلیل اختلاف ارتفاع موجود در نقاط آبگیری و مساحت اراضی تحت آبیاری، مقادیر دبی و فشار مورد نیاز در ناحیه‌های مختلف، با هم متفاوت می‌باشد. جدول 1 مقادیر دبی و فشار مورد نیاز در ایستگاه پمپاژ در طی دوره بهره‌برداری سامانه را نشان می‌دهد.

مدل‌سازی مصارف انرژی در ایستگاه پمپاژ

پس از تحلیل هیدرولیکی سامانه آبیاری، داده‌های خروجی نرم‌افزار از طریق لینک با صفحه گسترده EXCEL، به مدل تهیه شده در نرم‌افزار MATLAB/SIMULINK منتقل شده و پمپ (پمپ‌های) مناسب برای ایستگاه پمپاژ، بر اساس پاسخ‌گویی به نیاز سامانه در طی دوره بهره‌برداری انتخاب گردیده است. شایان ذکر است در انتخاب پمپ، علاوه بر نیاز بهره‌برداری در دوره حداکثر مصرف (عمدتاً در طراحی‌های رایج، این عامل صرفا برای انتخاب پمپ در نظر گرفته می‌شود)، قابلیت تطبیق با شرایط متغیر

بهره‌برداری از نظر دبی و فشار نیز در نظر گرفته شده است. به‌نحوی‌که تطبیق کارکرد پمپ بر اساس تغییرات سامانه نیز قابل اعمال باشد. به دلیل تغییرات زیاد دبی در طول دوره بهره‌برداری سامانه، پمپ‌ها به‌صورت موازی استفاده شده است. در این تحقیق به‌منظور بررسی تاثیر ترکیب و تعداد پمپ‌ها بر مصارف انرژی، 5 سناریو بهره‌برداری ایستگاه پمپاژ در حالت دور متغیر و دور ثابت، مورد مقایسه قرار گرفته است (به‌منظور عدم تاثیر نوع پمپ بر ترکیب‌های در نظر گرفته شده، نوع پمپ و شرکت سازنده در تمامی ترکیب‌های مورد بررسی یکسان بوده اما از نظر میزان دبی و فشار قابل پمپاژ متفاوت بوده است).

جدول 1- مقادیر دبی و فشار مورد نیاز در ایستگاه پمپاژ در طی دوره بهره‌برداری

	ناحیه 1		ناحیه 2		ناحیه 3		ناحیه 4		ناحیه 5		ناحیه 6	
سال بهره‌برداری	**دبی**	**هد**	**دبی**	**هد**	**دبی**	**هد**	**دبی**	**هد**	**دبی**	**هد**	**دبی**	**هد**
سال اول	18/3	38/6	14/4	45/9	12/2	48	11/7	48/7	14/4	45/9	18/3	38/6
سال دوم	24/5	40	19/2	46/2	16	48/9	15/6	49/5	19/2	46/2	24/5	40
سال پنجم*	30/5	41/8	24	48/4	20/5	49/9	19/4	50/4	24	48/4	30/5	41/8
سال هشتم**	36/6	45	29/7	51/5	24/5	57/4	23/4	58/9	29/7	51/5	36/6	45
سال دهم***	42/8	53/9	33/7	64/5	28/7	69	27/3	70	33/7	64/5	42/8	53/9

*دبی ایستگاه پمپاژ در سال‌های سوم، چهارم و پنجم یکسان و زمان آبیاری در این سال‌ها متفاوت می‌باشد.

** دبی ایستگاه پمپاژ در سال‌های ششم، هفتم و هشتم یکسان و زمان آبیاری در این سال‌ها متفاوت می‌باشد.

*** دبی ایستگاه پمپاژ در سال‌های نهم و دهم یکسان و زمان آبیاری در این سال‌ها متفاوت می‌باشد.

جدول 2 سناریوهای مختلف بهره‌برداری ایستگاه پمپاژ را نشان می‌دهد. بر این اساس 5 سناریو در مدل‌سازی مصارف انرژی در ایستگاه پمپاژ مورد بررسی قرار گرفته است. در سناریو اول با توجه به حداقل و حداکثر مقادیر دبی، پمپ‌ها به نحوی انتخاب شده که پمپ اول در طی سال‌های اول و دوم مورد بهره‌برداری قرار گرفته و پمپ دوم در طی سال‌های سوم تا دهم مورد استفاده قرار گرفته است. سناریو دوم همانند سناریو اول و با رویکرد به استفاده از پمپ دور متغیر، جهت تطبیق با شرایط متفاوت دبی و فشار در نواحی آبیاری مورد بررسی قرار گرفته و به همین ترتیب در سناریو سوم و چهارم ترکیب سه پمپ به‌صورت موازی در طی دوره بهره‌برداری بررسی شده است. در این سناریوها پمپ اول در سال اول و ترکیب پمپ اول و دوم در طی سال دوم تا هشتم و ترکیب سه پمپ در سال‌های نهم و دهم مورد بهره‌برداری قرار خواهد گرفت. در سناریو پنجم وضع موجود ایستگاه پمپاژ، مورد بررسی قرار گرفته است. بر همین اساس به‌منظور ارزیابی وضعیت موجود بهره‌برداری، از یک دستگاه دبی سنج اولتراسونیک استفاده شده و پس از آزمودن و کالیبراسیون، دبی لحظه‌ای ایستگاه پمپاژ اندازه‌گیری شده است (شکل 2). همچنین فشار خروجی در محل ابتدای ایستگاه کنترل مرکزی، با استفاده از یک دستگاه فشارسنج عقربه‌ای اندازه‌گیری شده است. شکل 3 تغییرات دبی در ایستگاه پمپاژ مورد مطالعه را نشان داده است.

بر این اساس مدل‌سازی دینامیکی ایستگاه پمپاژ مطابق شکل 4 انجام گرفته است.

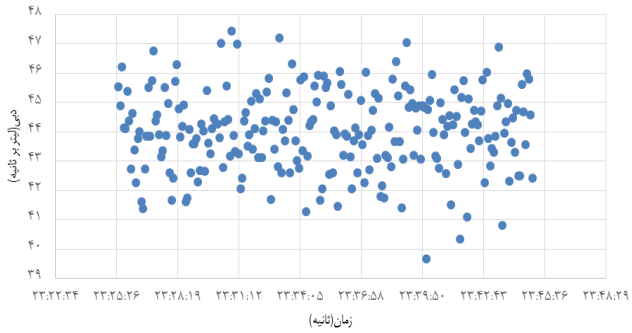
شکل 4 نشان دهنده مدل دینامیک یک دستگاه الکتروپمپ گریز از مرکز با کنترل دور متغیر می‌باشد. بخش کنترل برای دو استراتژی کنترل (دور ثابت و دور متغیر)، متفاوت بوده و سایر اجزای مدل در سناریوهای مورد بررسی ثابت می‌باشند.

جدول 2- سناریوهای مختلف بهره‌برداری از ایستگاه پمپاژ

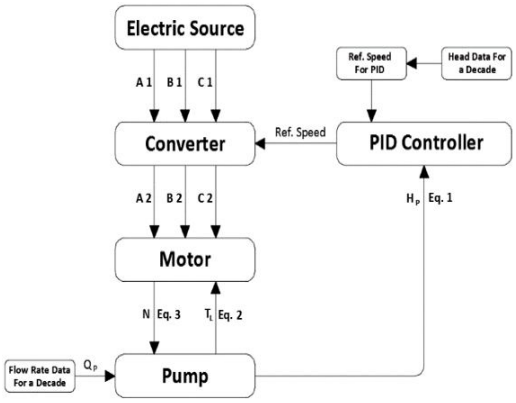
سناریو	تعداد پمپ	نوع پمپ مورد استفاده	روش بهره‌برداری
سناریو 1	2	WKL 80/5 -WKL 100/3	پمپ دور ثابت
سناریو 2	2	WKL 80/5 -WKL 100/3	پمپ دور متغیر
سناریو 3	3	ETA 40-250	پمپ دور ثابت
سناریو 4	3	ETA 40-250	پمپ دور متغیر
سناریو 5*	1	WKL 125/3	پمپ دور ثابت

*وضعیت موجود بهره‌برداری سامانه آبیاری

شکل 2– پایش دبی لحظه‌ای در ایستگاه پمپاژ



شکل 3- تغییرات دبی لحظه‌ای در ایستگاه پمپاژ



شکل 4- دیاگرام بلوکی مدل پمپ دور متغیر در نرم‌افزار MATLAB

در بخش مدل دینامیکی پمپ، از رابطه 1 که شکلی از معادله ریکاتی[1] می‌باشد، استفاده شده است (Gopal، 1984).

$$H = aQ^2 + bQn + cn^2 \quad (1)$$

در رابطه 1، H فشار خروجی پمپ گریز از مرکز برحسب متر ستون آب، Q دبی پمپ برحسب مترمکعب بر ساعت، n سرعت دورانی الکتروپمپ برحسب دور در دقیقه و a، b و c ضرایب ثابت در دور نامی برای منحنی عملکردی الکتروپمپ می‌باشند. این ضرایب برای پمپ‌های انتخابی در جدول 3 محاسبه شده است.

1- Riccatti

جدول 3- مشخصات ضرایب منحنی عملکرد پمپ

مدل الکتروپمپ	قدرت (کیلووات ساعت)	دور نامی (دور در دقیقه)	ضرایب ثابت منحنی عملکرد پمپ		
			a	b	c
WKL 80/5	22	1500	-0.0048	-7.093E-05	4.22222E-05
WKL 100/3	37	1500	-0.0012	-9.333E-07	3.63556E-05
WKL 125/3	90	1500	-0.0005	-3.014E-05	5.89774E-05
ETA40-250	18/5	3000	-0.0186	0.0001919	8.26033E-06

رابطه 2 بیانگر نحوه محاسبه گشتاور بار با استفاده از مدل پمپ بوده و رابطه 3 بیان قانون دوم نیوتن برای الکتروموتور و پمپ می‌باشد.

$$T_P\ B.n + = +T_P\ T_{friction}\ \ T_L= \quad (2)$$

$$T_e - T_L = I\ (\pi/30)\ (dn/dt) \quad (3)$$

با انتگرال‌گیری لحظه‌ای از رابطه 3، سرعت دورانی لحظه‌ای موتور در بخش مدل دینامیکی به دست آمده و به‌عنوان خروجی مدل الکتروموتور، وارد مدل پمپ گریز از مرکز شده تا به همراه دبی مصرفی مطابق داده‌های مندرج در جدول 1، با استفاده از رابطه 1 در مدل دینامیکی پمپ گریز از مرکز، فشار خروجی پمپ را تعیین می‌نماید.

با توجه به فشار در خروجی پمپ با فیدبک‌گیری و طراحی یک کنترل‌کننده PID[1] مطابق داده‌های مندرج در جدول 1 برای فشار، سرعت دورانی محاسبه شده است. در تعیین سرعت دورانی پمپ، محدودیت سرعت مجاز در پمپ‌های دور متغیر بر اساس استاندارد (API610)، نیز لحاظ شده است. پس از آن به‌منظور تحلیل مصارف انرژی در پمپ دور متغیر از رابطه 4 استفاده شده است و بر اساس قوانین تشابه[2] میزان توان مصرفی پمپ در دورهای مختلف محاسبه شده است.

$$\frac{Q_2}{Q_1}=\frac{N_2}{N_1},\ \frac{H_2}{H_1}=\left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2,\ \frac{P_2}{P_1}=\left(\frac{N_2}{N_1}\right)^3 \quad (4)$$

در دسته روابط 4، Q دبی مورد نیاز، H ارتفاع معادل فشار، P توان مورد نیاز و N سرعت دورانی موتور است.

درایوها با ایجاد تغییر فرکانس ورودی در الکتروپمپ‌ها، این قابلیت را دارا می‌باشد تا با تغییرات دبی، فشار کارکرد شبکه را مطابق منحنی که از قبل برای سیستم تعریف شده است، تغییر دهد. از این‌رو پمپ‌های دور متغیر خود را با تغییرات سامانه سازگار کرده و متناسب با مقدار دبی و فشار مورد نیاز سامانه، در نقطه عملکرد قرار می‌گیرند.

در شکل 5 دیاگرام بلوکی روند مدل‌سازی در فضای نرم‌افزار MATLAB/SIMULINK نشان داده شده است. در حالت دور ثابت کنترل توسط یک کلید فشار تنظیم شده روی فشار نامی مورد نیاز مطابق جدول 1 صورت گرفته و شامل بخش‌های کنترل دور متغیر (درایو و کنترلر PID) نمی‌گردد.

پس از محاسبه توان مصرفی پمپ در هر دهه بهره‌برداری، هزینه‌های انرژی مصرفی با اعمال ضرایب تعرفه‌ی برق در طی دوره بهره‌برداری، محاسبه شد.

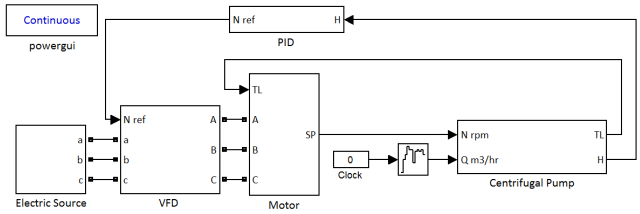
نتایج و بحث

بررسی وضعیت موجود بهره‌برداری بر اساس دبی پایش شده و منحنی عملکرد پمپ، نشان دهنده آن است که پمپ موجود (WKL125/3)، در بهترین نقطه کارکرد پمپ قرار گرفته است. به نحوی که بر اساس منحنی عملکرد پمپ (با قطر پروانه 295 میلی‌متر)، راندمان پمپ در وضعیت موجود بهره‌برداری در حدود 78 درصد بوده است (شکل6). لیکن این راندمان صرفا مرتبط با شرایط بهره‌برداری بوده و نشانگر پتانسیل تلفات به دلیل عدم تطابق منحنی پمپ و منحنی سامانه نمی‌باشد. با توجه به مقادیر دبی اندازه‌گیری شده و دبی مورد نیاز سامانه، میزان دبی پمپاژ شده 5 تا 7 درصد بیش از نیاز واقعی در دوره پیک مصرف می‌باشد. لیکن مقادیر فشار (هد) ثبت شده در محل ایستگاه پمپاژ، با فشار مورد نیاز سامانه اختلاف زیادی داشته، به نحوی که فشار ثبت شده در محل خروجی ایستگاه پمپاژ، در بازه 99-93 متر متغیر بوده در صورتی‌که حداکثر فشار مورد نیاز در طی دوره بهره‌برداری سامانه 70 متر می‌باشد.

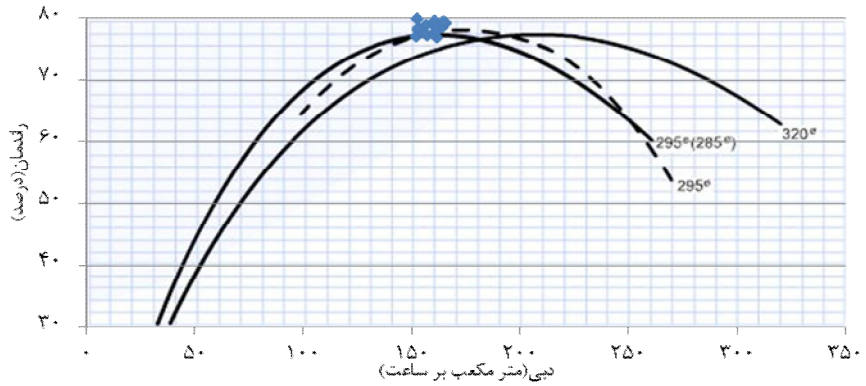
شکل 7 نقاط مصرف برای بازه 10 ساله بهره‌برداری سامانه و منحنی‌های عملکرد پمپ در سناریوهای مختلف را نشان داده است. در این شکل منحنی عملکرد پمپ‌های مختلف (پمپ‌هایی که در سناریوهای مورد بررسی به کار گرفته شده) در کنار مقادیر دبی و فشار مورد نیاز سامانه نشان داده است. شایان‌ذکر است به دلیل استفاده از پمپ‌های موازی در سناریوهای سوم و چهارم بهره‌برداری، منحنی عملکرد پمپ در این سناریوها بر اساس قوانین پمپ‌های موازی در شکل نشان داده شده است. بر این اساس پمپ‌های انتخابی در سناریوهای اول تا چهارم قابلیت پاسخ‌گویی به نیاز سامانه را در

1- Proportional- Integral – Differential Controller
2- Affinity Laws

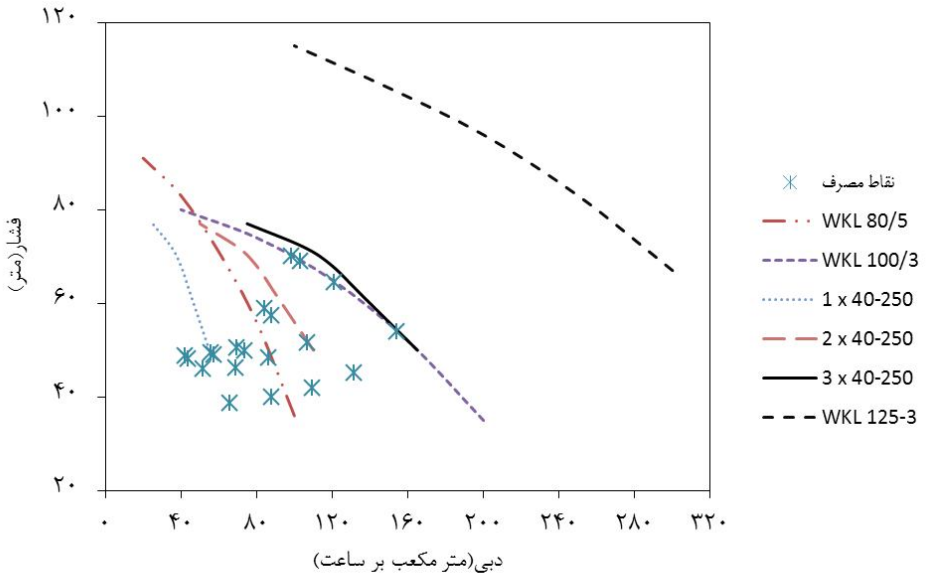
طول دوره بهره برداری دارا می‌باشند، لیکن در وضعیت موجود بهـره-برداری، اختلاف زیادی بین منحنی عملکرد پمپ و نقاط مصرف وجود داشته است (شکل 7). همان‌گونه که اشاره گردید پمپ‌های دور متغیر بر اساس تغییر دور خود را با نیاز بهره‌برداری سامانه سـازگار نمـوده و متناسب بـا مقـدار دبـی و فشـار مـورد نیـاز، در نقطـه عملکـرد قـرار می‌گیرند.



شکل 5- دیاگرام بلوکی مدل سیستم پمپاژ با کنترل دور متغیر در فضای MATLAB/SIMULINK



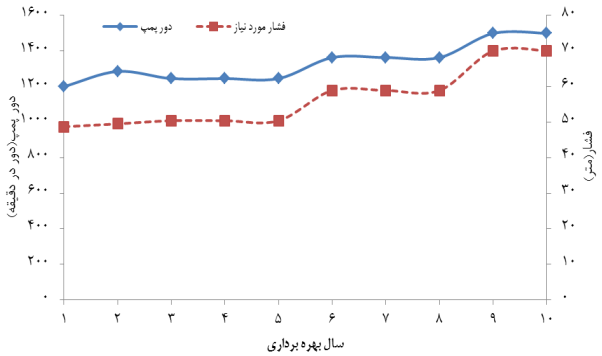
شکل 6- منحنی عملکرد پمپ در وضعیت موجود بهره‌برداری و مقادیر دبی پایش شده



شکل 7- منحنی عملکرد الکتروپمپ و نقاط مصرف برای بازه 10 ساله بهره‌برداری

شکل 8 منحنی فرمان پمپ دور متغیر در یـک ناحیـه آبیـاری در طی دوره بهره‌برداری ده ساله سامانه را نشان داده است. بر این اساس کنترل‌کننده PID با اعمال تغییر در سرعت دورانی، منحنـی عملکـرد پمپ را به مقادیر فشار مورد نیاز نزدیک نموده است. با توجه به رفتـار سرعت نسبت به تغییرات فشار، می‌توان به عملکرد کنترل‌کننده PID پی برد. هرگاه فشار موجود در محل ایستگاه پمپاژ با فشار مـورد نیـاز

فاصله گرفته کنترل‌کننده PID سرعت دورانی مبنا برای درایو کنترل فرکانس را افزایش داده است. بر این اساس افزایش سرعت روتور الکتروپمپ، باعث افزایش فشار و تطبیق نقاط کاری الکتروپمپ و سیستم شده است.



شکل 8– تغییرات دور پمپ و فشار مورد نیاز سامانه

با توجه به آن‌که مصارف انرژی در پمپ‌های دور متغیر بر اساس تغییر دور متفاوت می‌باشد. مقادیر محاسباتی دور پمپ در طی دوره بهره‌برداری در جدول 4 نشان داده شده است. جدول 5 انرژی مصرفی در سناریوهای مختلف بهره‌برداری از ایستگاه پمپاژ را نشان داده است. نتایج تحلیلی انرژی مصرفی در یک دوره بهره‌برداری ده ساله سامانه مورد مطالعه نشان دهنده آن است که میزان انرژی مصرفی در روش بهره‌برداری با سیستم کنترل دور متغیر، کم‌تر از سایر روش‌های بهره‌برداری بوده است. بررسی وضعیت موجود بهره‌برداری از ایستگاه پمپاژ نیز نشان دهنده آن است که مقادیر فشار اضافی جریان در محل ایستگاه پمپاژ، یکی از مهم‌ترین عوامل تلفات انرژی در این روش بهره‌برداری بوده است. به‌نحوی‌که در وضعیت موجود علی‌رغم پمپاژ دبی یکسان با سناریوهای دیگر، مصارف انرژی بیش از 60 درصد نسبت به سایر روش‌های بهره‌برداری افزایش یافته است. در رویکرد به استفاده از پمپ دور متغیر، مصارف انرژی نسبت به روش بهره-برداری با پمپ دور ثابت، 16 تا 18 درصد کاهش یافته است. از سوی دیگر تغییر نوع پمپ در روش بهره‌برداری با پمپ دور ثابت، بر مصارف انرژی اثرگذار بوده، به‌نحوی‌که با تغییر نوع پمپ، مصارف انرژی کاهش یافته است. این در حالی است که در روش بهره‌برداری با پمپ دور متغیر، نوع پمپ مورد استفاده، اثر قابل‌توجهی بر کاهش مصارف انرژی نداشته است. جدول 6 درصد صرفه‌جویی انرژی مصرفی در سناریوهای مختلف بهره‌برداری از ایستگاه پمپاژ را نشان داده است.

در جدول 7 مقادیر انرژی مصرفی برای انتقال هر مترمکعب آب در سناریوهای مختلف بهره‌برداری نشان داده شده است. بر این اساس میانگین انرژی مصرفی جهت انتقال هر مترمکعب آب با استفاده از پمپ دور متغیر 0/33 kwh و در روش بهره‌برداری با پمپ دور ثابت 0/4 kwh و در وضعیت موجود ایستگاه پمپاژ 1/02 kwh بوده است. جدول 8 نشان دهنده تعرفه‌ی مصرف انرژی الکتریکی در بخش کشاورزی برحسب بار شبکه، در سال 1394 می‌باشد.

جدول 4 - سرعت دورانی الکتروپمپ‌ها در ایستگاه پمپاژ با پمپ دور متغیر (دور در دقیقه)

	سال اول			سال دوم			سال پنجم			سال هشتم			سال دهم		
	سناریو 2	سناریو 4		سناریو 2	سناریو 4		سناریو 2	سناریو 4		سناریو 2	سناریو 4		سناریو 2	سناریو 4	
نوع پمپ	WKL8 0/5	40-250	تعداد	WKL8 0/5	40-250	تعداد	WKL10 0/3	40-250	تعداد	WKL10 0/3	40-250	تعداد	WKL10 0/3	40-250	تعداد
ناحیه 1	1243	2312	2	1430	2567	2	1245	2863	2	1347	2660	3	1507	2777	3
ناحیه 2	1224	2858	1	1339	2504	2	1257	2710	2	1341	2992	2	1505	2952	3
ناحیه 3	1202	2717	1	1288	3051	1	1247	2619	2	1356	2892	2	1501	2944	3
ناحیه 4	1200	2693	1	1285	3025	1	1245	2596	2	1363	2882	2	1499	2941	3
ناحیه 5	1224	2858	1	1339	2504	2	1257	2710	2	1341	2992	2	1505	2952	3
ناحیه 6	1243	2312	2	1430	2567	2	1245	2863	2	1347	2660	3	1507	2777	3

جدول 5 – تحلیل انرژی مصرفی در سناریوهای مختلف بهره‌برداری از ایستگاه پمپاژ

سال بهره‌برداری	زمان کارکرد پمپ (hr)	حجم آب پمپاژ شده (m^3)	انرژی مصرفی (کیلووات ساعت)				
			سناریو 1	سناریو 2	سناریو 3	سناریو 4	سناریو 5
سال اول	1990	103162	43780	43936	36815	32031	179100
سال دوم	1840	127181	40480	32008	68080	44972	165600
سال سوم	1730	148849	64010	63890	64010	47062	155700
سال چهارم	1920	165197	71040	70907	71040	52230	172800
سال پنجم	2028	174489	75036	74896	75036	55168	182520
سال ششم	1780	190318	65860	40688	65860	58887	160200
سال هفتم	1890	202079	69930	43202	69930	62526	170100
سال هشتم	1950	208494	72150	44574	72150	64511	175500
سال نهم	1780	215886	65860	66492	98790	94149	160200
سال دهم	1840	223163	68080	68733	97323	97323	165600
جمع		1758818	636226	549326	719034	608859	1687320

جدول 6– درصد صرفه‌جویی انرژی در سناریوهای مختلف بهره‌برداری از ایستگاه پمپاژ

سناریوهای بهره‌برداری	انرژی مصرفی (کیلووات ساعت)	درصد صرفه‌جویی در انرژی مصرفی سناریوهای مختلف بهره‌برداری نسبت به یکدیگر				
		سناریو 1	سناریو 2	سناریو 3	سناریو 4	سناریو 5
سناریو 1	636226	*	16%	12%-	4%	62%-
سناریو 2	549326	16%-	*	24%-	10%-	67%-
سناریو 3	719034	12%	24%	*	18%	57%-
سناریو 4	608859	4%-	10%	18%-	*	64%-
سناریو 5	1687320	62%	67%	57%	64%	*

جدول 7- مقایسه مصرف انرژی برای انتقال هر مترمکعب آب در حالت کنترل دور متغیر و دور ثابت پمپ (کیلووات ساعت بر مترمکعب)

سال	سناریو 1	سناریو 2	سناریو 3	سناریو 4	سناریو 5
سال اول	0/42	0/43	0/36	0/31	1/74
سال دوم	0/32	0/25	0/54	0/35	1/3
سال سوم	0/43	0/43	0/43	0/32	1/05
سال چهارم	0/43	0/43	0/43	0/32	1/05
سال پنجم	0/43	0/43	0/43	0/32	1/05
سال ششم	0/35	0/21	0/35	0/31	0/84
سال هفتم	0/35	0/21	0/35	0/31	0/84
سال هشتم	0/35	0/21	0/35	0/31	0/84
سال نهم	0/31	0/31	0/46	0/44	0/74
سال دهم	0/31	0/31	0/44	0/44	0/74

جدول 8 - تعرفه هر کیلووات ساعت برق مصرفی در بخش کشاورزی در سال 1394

ساعات مصرف	اوج بار (19 – 23)	میان بار (19 - 7)	کم‌بار (7 - 23)
هزینه هر کیلووات ساعت (ریال)	220	110	55

جدول 9- هزینه‌های انرژی مصرفی ایستگاه پمپاژ، با احتساب 5 درصد افزایش سالانه تعرفه (ریال)

سال	سناریو 5	سناریو 4	سناریو 3	سناریو 2	سناریو 1
سال اول	22984500	4110645	4724592	5638453	5618433
سال دوم	22314600	6059977	9173780	4313078	5454680
سال سوم	22029604	6658685	9056615	9039636	9056615
سال چهارم	25671492	7759387	10553836	10534077	10553836
سال پنجم	28471289	8605655	11704863	11683025	11704863
سال ششم	26239073	9645070	10787174	6664266	10787174
سال هفتم	29253618	10753155	12026487	7429834	12026487
سال هشتم	31691419	11649260	13028695	8049079	13028695
سال نهم	30375006	17851289	18731254	12607334	12487503
سال دهم	32968827	19375756	19375756	13683855	13553851

با توجه به زمان کارکرد پمپ در طی سال‌های مختلف، هزینه انرژی مصرفی با احتساب 5 درصد افزایش سالانه تعرفه در جدول 9 محاسبه شده است.

از دیدگاه اقتصادی و با توجه به محاسبات هزینه انرژی مصرفی، هزینه اولیه استفاده از سیستم کنترل دور متغیر (سیستم درایو باقدرت 30kw هزینه 30 تا 20 میلیون ریال برای بهره‌بردار به همراه خواهد داشت)، به‌طور متوسط 8 تا 9 سال پس از بهره‌برداری مستهلک خواهد شد. این در حالی است که نرخ افزایش تعرفه در بخش کشاورزی در طی چند سال اخیر، بیش از 5 درصد بوده است که این مسئله توجیه اقتصادی استفاده از پمپ دور متغیر را در بازه زمانی کوتاه‌تر به همراه خواهد داشت. بر این اساس و با توجه به میزان ساعات کارکرد پمپ در ایستگاه پمپاژ مورد مطالعه، پس از 18000-15000 ساعت کارکرد پمپ، هزینه‌های مرتبط با اجرای سیستم پمپاژ دور متغیر در مقایسه با روش معمول بهره‌برداری قابل توجیه است. نتایج بررسی هزینه انرژی در سناریوهای مختلف نشان داد، انتخاب صحیح پمپ نقش موثرتری در جهت کاهش هزینه‌های انرژی، در مقایسه با استفاده از پمپ دور متغیر داشته است.

بلو و همکاران (Bello et al., 2010) صرفه‌جویی در میزان انرژی مصرفی در صورت استفاده از سیستم کنترل دور را 36/4 درصد، لامادالنا و خیلا (Lamaddalena and Khila., 2012) این مقدار را در سامانه‌های آبیاری تقاضا مدار، در بازه 27 تا 35 درصد برآورد نمودند. هانسن و همکاران (Hanson et al., 1996) به این نتیجه رسیدند که استفاده از سیستم کنترل دور متغیر پمپ‌ها، باعث ذخیره 32 تا 56 درصدی انرژی در ایستگاه پمپاژ می‌گردد. رئیسیان امیری (1391)، این مقدار را 49 درصد برآورد نمود. دلفان آذری و پرورش (1394)، میزان صرفه‌جویی انرژی را در بازه 44 تا 54 درصدی برآورد نمودند. خدرا و همکاران به تحلیل مصارف انرژی در یک سامانه آبیاری تحت‌فشار در جنوب ایتالیا پرداختند. نتایج تحلیل انرژی در رویکردهای مختلف بهره‌برداری سامانه آبیاری نشان داد، با استفاده از قابلیت‌های پمپ دور متغیر امکان صرفه‌جویی در مصارف انرژی تا 49 درصد امکان‌پذیر می‌باشد (Khadra et al., 2016).

در رویکرد به ممیزی انرژی در سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار انرژی مصرفی جهت پمپاژ هر مترمکعب آب در یک سامانه آبیاری قطره‌ای در جنوب اسپانیا پس از خودکارسازی سامانه، 0/21kwh برآورد نمودند (Fernandez et al.,2015). کوبو و همکاران این شاخص را در یک شبکه آبیاری تحت‌فشار 5000 هکتاری با روش بهره‌برداری با پمپ دور ثابت 0/73kwh ارزیابی نمودند Cobo et al.,2010).

نتیجه‌گیری

یکی از اهداف طراحی هر ایستگاه پمپاژ آن است که پمپ مورد استفاده در نزدیک‌ترین نقطه بازده بهینه کار کند. لیکن در هنگام بهره‌برداری (به‌خصوص در شرایط بهره‌برداری بلندمدت سامانه)، سیستم پمپاژ معمولاً با نوسانات بسیار زیادی در فرآیند تقاضای بار نسبت به زمان مواجه می‌گردد. درنتیجه مقرر کردن سرعت ثابت برای پمپی که در نزدیکی شرایط بهینه خود کار کند، در این شرایط مشکل بوده و مانند یک هدف متحرک خواهد بود. این امر لزوم تغییر نگرش به روش طراحی ایستگاه‌های پمپاژ را در کنار مسئله صرفه‌جویی انرژی دوچندان می‌نماید. از این‌رو رویکرد به مدیریت تلفیقی آب و انرژی در بهره‌برداری سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار، باید مورد توجه قرار گیرد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد تطبیق فشار کارکرد سیستم و فشار مورد نیاز سامانه، نقش مهمی در کنترل مصارف انرژی در مقایسه با کنترل دبی داشته است. در رویکرد به استفاده از پمپ‌های دور متغیر، موارد متعددی در خصوص اثربخشی استفاده از این روش در شبکه‌های آبیاری تحت‌فشار در مقیاس وسیع گزارش شده است (Fernandez et al., 2015). در تحقیق حاضر کاربرد پمپ‌های دور متغیر در سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار با مساحت متوسط، مورد

بررسی قرار گرفته است. نتایج تحقیق در سامانه مطالعـاتی نشـان داد، بکارگیری پمپ دور متغیر به‌طور متوسط 18 درصد در مقایسه با روش بهره‌برداری با پمپ دور ثابت، باعث صرفه‌جـویی در انـرژی مصـرفی شده است. این در حالی است که انتخاب ناصحیح پمپ، مقادیر بیش-تری از تلفات انرژی در سامانه را به همراه داشـته اسـت. بـه عبـارتی انتخاب صحیح پمپ، نقش مـوثرتری در جهـت کـاهش هزینـه‌هـای انرژی در مقایسه با استفاده از پمپ دور متغیر داشـته اسـت. از سـوی دیگر و از دیدگاه اقتصادی، هزینه‌های مرتبط با تجهیز ایستگاه پمپـاژ به پمپ دور متغیر، به‌طور متوسط 8 تا 9 سال پس از بهره‌برداری و بـا نرخ رشد تعرفه 5 درصد مستهلک شده است. نتـایج ارزیـابی مصـارف انرژی نشان داد علاوه بر پایش وضعیت بهره‌برداری پمپ (از نظر قرار گیری محدوده کارکرد پمپ در حوالی نقطـه بهینـه کـارکرد)، تلفـات انرژی در تطبیق و یا عدم تطبیـق منحنـی عملکـرد پمـپ و منحنـی مقاومت سامانه نیز باید درنظر گرفته شود.

منابع

دلفان آذری،م و پرورش،ع.1394. بررسی نقش روش‌های بهره‌برداری از ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی در مصرف انرژی، نشریه آب و خاک. 29. 30 :3-15

رئیسیان امیری،ز. 1391. مطالعـه و طراحـی ایسـتگاه‌هـای پمپـاژ بـا اسـتفاده از پمـپ‌هـای دورمتغیـر، پایـان‌نامـه کارشناسـی ارشـد سازه‌های آبی، دانشگاه تهران.

رئیسیان امیری،ز و پـرورش،ع. 1393. طـرح و ارزیـابی هیـدرولیکی پمپ‌های دور متغیر در سامانه‌های آبیـاری تحـت‌فشـار (مطالعـه موردی: سامانه آبیاری دشت هارکله -لالی)، نشریه پژوهش‌هـای حفاظت آب و خاک. 21. 3: 145-165.

رحیمی،ا و نادری،ز. 1391. بررسی و مقایسه میزان بهینه‌سازی مصرف انرژی در کنترل ایستگاه‌های پمپاژ با استفاده از سیستم اتوماسیون و روش‌های کلاسیک راه‌اندازی، سومین همایش ملـی مـدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران، اهواز.

فرشی، ح و حمزه پور، خ. 1391. بهینه‌سازی تعداد و موقعیت ایستگاه-های پمپاژ در جهت کاهش مصرف انرژی در شبکه‌های آبیـاری تحت‌فشار. اولین کارگاه فنی و آموزشی آبیاری و انرژی. تهران.

Abadia,R., Rocamora,C., Ruiz,A., Puerto,H. 2008. Energy efficiency in irrigation distribution networks I: Theory. Biosystems Engineering. 101.1: 21-27.

API 610. 2008. Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries.

Bello,M.A., Martı´nez Alzamora.F., Bou Soler,V., Bartolı´ Ayala,H.J. 2010. Methodology for grouping intakes of pressurised irrigation networks into sectors to minimize energy consumption. Biosystems Engineering.105: 429- 438.

Carrillo-Cobo,M.T., Rodriguez-Diaz,J.A., Camacho-Poyato,E. 2010. The role of energy audits in irrigated areas.The case of ‘Fuente Palmera’ irrigation district (Spain). Spanish Journal of Agricultural Research. 8. 2: 152-161.

Chávez,J.L., Reich,D., Loftis,J.C and Miles,D. L. 2010. Irrigation pumping plant efficiency .Colorado State University Cooperative. Extension..4: 712.

Corominas,J .2010. Agua y energia en el riego en la época de la sostenibilidad. Ingenieria del Agua 17.3:219–233.

Diaz.R.J.A., Pérez-Urrestarazu,L., Camacho-Poyato,E., Montesinos,P. 2011. The paradox of irrigation scheme modernization: more efficient water use linked to higher energy demand. Spanish Journal of Agricultural Research. 9.4: 1000-1008.

Fernandez-Pacheco,D., Ferrandez-Villenab, Molina-Martinez,J., Ruiz-Canales,A. 2015. Performance indicators to assess the implementation of automation in water user associations: case study in southeast Spain. Agricultural Water Management.151: 87–92.

Gopal,M. 1984. Modern Control System Theory. New York, NY: John Wiley & Sons.

Hanson,B., Weigand,Z., Orloff,S. 1996. Performance of Electric Irrigation Pumping Plants Using Variable Frequency Drives.Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 122.3:179-182.

Khadra.R., Moreno.M.A., Awada.H., Lamaddalena,N. 2016. Energy and Hydraulic Performance-Based Management of Large-Scale Pressurized Irrigation Systems. Water Resour Manage. 30: 3493–3506.

Khayatzadeh,F., Ghafouri,J. 2015. Dynamical modeling of frequency controlled variable speed parallel multistage centrifugal pumps, Archive of Mechanical Engineering, 2300-1895, Degruyter Publication. 62: 347-362.

Lamaddalena,N., Khila,S. 2012. Energy Saving with Variable Speed Pumps in on-demand Irrigation Systems. Journal of Irrigation Science 30:157–166.

Vera,J., Abadı´a,R., Mora,M., Rocamora,M.C .2010. Eficiencia energe´tica de instalaciones de bombeo en pozos para extraccio´n de aguas de riego subterra´neas. XXVIII Congreso Nacional de Riegos AERYD, Leo´n, June 15–16.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 4, Vol. 10, Sept.-Oct. 2016, p. 532-543

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره 4، جلد 10، مهر - آبان 1395، ص. 543-532

Investigation of Energy Consumption in Agriculture Water Pumping Stations by Different Operation Methods (Case Study: Ashrafiyeh Agro-Industry Irrigation System)

A.Uossef Gomrokchi[*1] **- A. Parvaresh Rizi**[2]
Recived: Jul.27, 2016 Accepted: Nov.16, 2016

Abstract

Pressurized irrigation systems are one of the largest energy consumers and they are mainly dependent on the pumping stations. Therefore, optimum design of pumping stations is very important, especially, in view of increasing the efficiency of pumping stations and controlling energy consumption. In this study, variable speed pumps have been examined in Ashrafiyeh agro-industry with an area of 85 ha located in Qazvin province, Iran. Accordingly, the energy consumption during a ten-year period in the five operation scenarios of the pumping stations has been analyzed by MATLAB/SIMULINK software. Results of this study showed that consumed electrical energy by using variable speed pumps is approximately decreased up to about 18 percent as compared with the fixed speed pumps. According to computational model, the average energy consumption to transfer 1 m^3 water by variable speed pumps was 0.33 kWh. The results of evaluation of consumed energy showed that current operation circumstance increased the energy losses up to about 60 percent as compared with other operation methods. Furthermore, the initial cost of the variable speed pumps after nine years operation, on average, is dissipated from the saved energy.

Keywords: Energy, Irrigation system, Modeling, Pumping station, Variable speed pump

1- Ph.D. Student in Hydraulic Structures Engineering, Department Agriculture and Natural Resources Campus, University of Tehran, Karaj, Iran
2- Assistant Professor, Irrigation and Reclamation Engineering, Department Agriculture and Natural Resources Campus, University of Tehran, Karaj, Iran
(*- Corresponding Author Email: gomrokchi@ut.ac.ir)