



An attitude on energy consumption management technologies in pumping stations

Afshin Uossef Gomrokchi¹

1. Agricultural Engineering Research Department, Qazvin Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Qazvin, Iran. E-mail: a.gomrokchi@areeo.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 20 January 2025
Received in revised form 17 May 2025
Accepted 16 June 2025
Available online 23 September 2025

Keywords:

energy,
pumping station,
energy efficiency,
irrigation system,
energy audit.

ABSTRACT

Objective: In the present study, effective methods for managing energy consumption in pumping stations and pressurized irrigation systems have been examined.

Method: Energy consumption management methods have been examined in three general approaches: improving system operation methods, improving system operation methods and installing energy consumption management equipment, and improving pump startup methods.

Results: The results of the study show that from an economic perspective, the energy costs, repair and maintenance of a pumping system over its lifetime are up to 20 times its initial investment, and the use of energy management technologies, such as energy audits, will increase energy efficiency by 15 to 20 percent, operating the pump near the optimum operating point will reduce energy consumption by up to 35 percent, implementing automation systems in pumping stations will reduce energy consumption by up to 32 percent, and using variable speed pumps will reduce energy consumption in agricultural water pumping stations by up to 19 percent.

Conclusions: It is important to note that due to the wide range of factors involved in managing irrigation systems, it is necessary for farmers and operators to choose an appropriate and economical method for controlling energy consumption based on the existing conditions of the farm.

Cite this article: Uossef Gomrokchi, A. (2025). An attitude on energy consumption management technologies in pumping stations. *Advanced Technologies in Water Efficiency*, 5 (3), 56-74. <https://doi.org/10.22126/atwe.2025.11955.1161>



© The Author(s)
<https://doi.org/10.22126/atwe.2025.11955.1161>

Publisher: Razi University.

Introduction

Sustainable development of pressurized irrigation methods can be one of the appropriate solutions to improve agricultural water use efficiency and improve irrigation efficiency. On the other hand, pressurized irrigation systems are mainly dependent on pumping stations, which are among the largest energy consumers, and their optimal design is very important, especially in terms of increasing the efficiency of pumping stations and controlling energy consumption. With the increasing use of pumps in the agricultural sector (especially with the development of pressurized irrigation systems in the last few decades), the discussion of controlling and adapting pumping station conditions to the hydraulic characteristics of the system has gained great importance in order to increase pumping station efficiency and manage energy consumption. The pumping station is the most important part of an irrigation system and is actually its heart. Any inefficiency in it will lead to a decrease in the efficiency of the system. Given its inherent characteristics, this part of the system requires a more systemic approach to increase efficiency.

The challenge of energy imbalance and power outages in agricultural water wells has made the issue of energy efficiency one of the key challenges in discussions related to pressurized irrigation systems today. Therefore, the study of energy-intensive processes, such as pumping stations, has become inevitable in order to improve the overall efficiency of irrigation systems (Shtabati Nejad and Razavi, 2015). Accordingly, today, saving water and energy consumption is one of the requirements for implementing and operating pressurized irrigation, and in recent years, with the approach to developing pressurized irrigation systems, the issue of energy saving has been prioritized in most countries (Fernandez et al., 2014). With the growth of technology and the application of new methods in pumping station management, it is possible not only to save energy consumption, but also to prevent the excessive wear and tear of electric pumps, and to achieve better performance of pumping stations and increase their lifetime.

Method

One of the best methods for improving the efficiency of energy consumption in irrigation is an energy audit in the irrigation system. Energy audit in the irrigation system is to find appropriate methods to determine energy saving opportunities, in which the state of energy distribution and consumption is examined and suggestions are made for improving energy consumption and efficiency in different parts of the system. In general, energy consumption management in pumping stations and pressurized irrigation systems is classified into 8 sections.

1- Optimal energy consumption by choosing the right option in designing pipelines and pumping systems

2- Optimal energy consumption by choosing the right option in arranging transmission lines and equipment systems

3- Optimal energy consumption by choosing pumps and electrical equipment of appropriate quality and standard

4- Optimal energy consumption by using soft starters and controlling motor speed in proportion to flow rate (energy) consumption

5- Controlling energy consumption and the health of the motor and transmission lines by evaluating the efficiency of the device and performance standards

6- Planning for the system's energy consumption cycle to distance the system's peak consumption from the peak consumption in the regional power grid, in order to avoid paying more money and reduce the risk of voltage drops and power outages

7- Optimal planning and consumption by performing telemetry and installing control equipment and preventing leaks

8- Optimal consumption by controlling energy-intensive devices through preventive maintenance and repairs.

Results

1- Improving the system operation methods

1-1-Pump operation at a point closer to its maximum efficiency point: One of the most important issues in agricultural water pumping stations is the non-compliance of the pumping station conditions with the operation standards. Compliance with pump operation standards will play a significant role in reducing energy consumption and increasing the operating life. For example, studies conducted in India indicate that despite the lack of information and training in the farming community, standardizing the design and operation of pumping stations has increased the operating efficiency of pumping systems by up to 20 percent

1-2-Modifying the layout of the irrigation network in accordance with the modification of the energy consumption pattern (identifying critical points of energy consumption in the system): The pressurized irrigation systems that have been implemented in the country over the past decades have been mainly targeted and implemented with the aim of promoting and improving the efficiency of water consumption. However, in conditions of limited and deficit energy resources, the implementation of pressurized irrigation systems cannot be implemented solely with the approach of water consumption management, and energy consumption management issues in the operation and design of the system will definitely be effective

2- Managing energy consumption by improving the system operation method (system automation): In another approach, the fastest solution for optimal water and energy management is to upgrade the existing irrigation systems from mechanization to automation which is possible by modifying the equipment while it is working and reducing the role of human labor. Automation of pressurized irrigation systems can be examined in three parts.

3- Energy consumption management by installing energy consumption management equipment and modifying the pump startup method: In the usual methods of operating a pumping station, the output flow rate is controlled using valves and the motor operates near full load regardless of the output value, which causes a lot of energy loss due to blockages. On the other hand, the conventional options for changing the pump curve performance, such as turning or replacing the pump impeller, throttling valve, and bypassing the flow, do not have the ability to control the pumps in real time in response to the existing variables, which also causes energy loss. It is obvious that the improper performance of the pumping station in a pressurized irrigation system from a technical point of view and the mismatch between the flow rate and flow pressure during the operation period and the actual amount required, causes unnecessary energy consumption, reduced efficiency, equipment wear and tear, and imposes economic costs.

Conclusions

In recent decades, the approach to analyzing energy consumption and examining solutions for reducing energy consumption in pressurized irrigation systems has received great attention in different parts of the world due to the economic benefits of energy savings. However, a review of existing policies and guidelines at the national level shows that the development of pressurized irrigation systems over the past three decades has been mainly focused on

improving water consumption efficiency, and energy efficiency issues have received less attention. However, in the coming years, it seems that energy deficit will be an important component in the development or lack of development of irrigation systems. Therefore, understanding the level of water and energy efficiency in agricultural and horticultural production in each region is the first step towards planning and management to increase the use of these resources. Also, presenting and applying energy consumption management methods in the agricultural sector will be considered one of the pillars of planning in the agricultural sector. This is despite the fact that due to the wide range of factors involved in managing irrigation systems, it is necessary to continuously develop various irrigation technologies and farmers are faced with different options in terms of energy saving in order to choose the appropriate and economical method of controlling energy consumption based on the existing conditions of the farm. Despite the existence of numerous and different technologies, there is a time gap between the continuous development of such technologies and the creation of standard and systematic guidelines for selecting the most appropriate technology. This issue can lead to the acceptance of inappropriate technologies and, as a result, the failure to use new technologies in irrigation systems. With the growth of technology and the application of new methods in pumping station management, it is possible to not only save energy consumption, but also prevent the severe wear and tear of electro pumps and, in addition to improving the performance of pumping stations, their lifespan can also be increased.

Data Availability Statement

Data Availability Statement

Ethical Considerations

The author avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

Funding

Not applicable.

Conflict of Interest

The author declare no conflict of interest.

Acknowledgements

We would like to thank the esteemed director of the Qazvin Provincial Agricultural Research and Education Center for their support in documenting the projects presented in this article.



نگرشی بر فناوری های مدیریت مصارف انرژی در ایستگاه های پمپاژ

افشین یوسف گمرکچی[✉]

۱. بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قزوین، ایران. رایانامه: a.gomrokchi@areco.ac.ir

چکیده

اطلاعات مقاله

هدف: در تحقیق حاضر روش های مؤثر در مدیریت مصرف انرژی در ایستگاه های پمپاژ و سامانه های آبیاری تحت فشار مورد بررسی قرار گرفته است.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۰۱

روش پژوهش: روش های مدیریت مصرف انرژی در سه رویکرد کلی اصلاح روش های بهره برداری سامانه، ارتقای شیوه بهره برداری سامانه و نصب تجهیزات مدیریت مصرف انرژی و اصلاح شیوه راه اندازی پمپ مورد بررسی قرار گرفته است.

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۲/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۲۶

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۷/۰۱

یافته ها: نتایج بررسی انجام شده نشان دهنده آن است که از منظر اقتصادی هزینه های انرژی، تعمیر و نگهداری یک سامانه پمپاژ در طول عمر آن تا ۲۰ سرمایه گذاری اولیه آن است و بکارگیری فناوری های مدیریت مصرف انرژی همانند اعمال ممیزی انرژی، ۱۵ تا ۲۰ درصد موجب افزایش بازده انرژی، کارکرد پمپ در نزدیک نقطه بهینه کار تا ۳۵ درصد کاهش مصرف انرژی، پیاده سازی سامانه های اتوماسیون در ایستگاه پمپاژ تا ۳۲ درصد کاهش مصرف انرژی و بکارگیری پمپ دور متغیر تا ۱۹ درصد منجر به کاهش مصرف انرژی در ایستگاه های پمپاژ آب کشاورزی خواهد شد.

کلیدواژه ها:

انرژی،

ایستگاه پمپاژ،

بازده مصارف انرژی،

سامانه آبیاری،

ممیزی انرژی.

نتیجه گیری: نکته حائز اهمیت آن است که به دلیل گستردگی عوامل دخیل در مدیریت سامانه های آبیاری، لازم است کشاورزان و بهره برداران در مبحث صرفه جویی انرژی بر اساس شرایط موجود مزرعه، دست به گزینش روش مناسب و اقتصادی در کنترل مصارف انرژی بزنند.

استناد: یوسف گمرکچی، افشین. (۱۴۰۴). نگرشی بر فناوری های مدیریت مصارف انرژی در ایستگاه های پمپاژ. فناوری های پیشرفته در بهره وری آب، ۵ (۲)، ۷۴-۵۶.

<http://doi.org/10.22126/atwe.2025.11955.1161>



© نویسندگان

شر: دانشگاه رازی.

مقدمه

گرایش کشاورزان و بهره‌برداران به سامانه‌های آبیاری تحت فشار و محدودیت‌ها و هزینه‌های مصرف انرژی در این سامانه‌ها، سبب افزایش اهمیت موضوع انرژی در مباحث آبیاری تحت فشار شده است. توسعه پایدار روش‌های آبیاری تحت فشار می‌تواند یکی از راهکارهای مناسب در جهت بهبود بهره‌وری مصرف آب کشاورزی و بهبود راندمان آبیاری باشد. از طرفی سامانه‌های آبیاری تحت فشار عمده‌تاً وابسته به ایستگاه‌های پمپاژ هستند 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 بااهمیت است. با افزایش کاربرد پمپ‌ها در بخش کشاورزی (به‌ویژه با توسعه سامانه‌های آبیاری تحت فشار در چند دهه اخیر)، بحث کنترل و تطبیق شرایط ایستگاه پمپاژ با مشخصات هیدرولیکی سامانه، به‌منظور افزایش بازده ایستگاه پمپاژ و مدیریت مصارف انرژی، اهمیت زیادی پیدا کرده است. ایستگاه پمپاژ مهم‌ترین بخش یک سامانه آبیاری و در واقع قلب آن محسوب شده که هرگونه ناکارآمدی در آن منجر به پایین آمدن بازده مجموعه خواهد شد. این بخش از سامانه با توجه به خصوصیات ذاتی خود نیاز بیشتری به رویکرد سیستمیک، برای بالابردن بازده کاری دارد.

در محاسبات متداول مهندسی طراحی ایستگاه‌های پمپاژ با استفاده از نمودارهای منحنی مشخصه پمپ‌ها، منحنی مشخصه سامانه و با در نظر گرفتن این مسئله که سیستم در حالت پایدار است صورت می‌گیرد. این در حالی است که سامانه‌های انتقال سیال متأثر از عوامل دینامیکی بسیاری نظیر شرایط متفاوت بهره‌برداری، موقعیت ایستگاه‌های پمپاژ و تعداد پمپ‌های در حال کار است (ویسی و شمشادی، ۱۳۸۷). از سوی دیگر متغیر بودن فشار و دبی مورد نیاز (نقطه کار) در محل ایستگاه پمپاژ با توجه به الگوی کشت، مساحت اراضی در حال بهره‌برداری، تغییرات نیاز آبی در طول دوره فصل رشد، عدم تطابق ساعات آبیاری کشت‌های گوناگون و تعداد آبپاش‌های فعال از دیگر مشکلات عمده در بهره‌برداری از ایستگاه‌های پمپاژ در سامانه‌های آبیاری است. برای رفع این مشکل به طور معمول در بهره‌برداری از ایستگاه‌های پمپاژ روش‌هایی مانند شیر کنترل، افزایش تعداد پمپ‌ها و استفاده از کنارگذر^۱ به کار گرفته شده است (نیک‌منش و زمانی، ۱۳۸۶). لیکن بعضی از این روش‌ها با معایبی همچون اتلاف انرژی بالا در دامنه تغییرات زیاد دبی، محدود بودن دامنه عملکرد و فاصله گرفتن نقطه کاری پمپ از نقطه بهینه کارکرد، همراه هستند. در روش‌های معمول بهره‌برداری وقتی پمپ در سرعت ثابت کار می‌کند، دبی خروجی با استفاده از شیرها، کنترل شده و موتور صرف‌نظر از مقدار خروجی در نزدیکی بار کامل کار می‌کند که باعث اتلاف انرژی زیادی توسط این مسدودکننده‌ها در سامانه می‌شود. از این‌رو شناخت هرچه بیشتر ابزار کنترلی مصرف انرژی در ایستگاه‌های پمپاژ و بررسی اثرات آن بر افزایش بازده ایستگاه‌های پمپاژ، اهمیت روزافزونی پیدا کرده است.

چالش ناترازی انرژی و قطعی برق چاه‌های آب کشاورزی باعث شده که موضوع بهره‌وری انرژی، امروزه یکی از چالش‌های کلیدی در مباحث مربوط به سامانه‌های آبیاری تحت فشار قلمداد شود. از این‌رو بررسی فرآیندهای پرمصرف انرژی، مانند ایستگاه‌های پمپاژ، در راستای بهبود راندمان کلی سامانه‌های آبیاری اجتناب‌ناپذیر شده است (ثباتی نژاد و رضوی، ۱۳۹۴). بر این اساس امروزه صرفه‌جویی در مصرف آب و انرژی از الزامات اجرا و بهره‌برداری آبیاری تحت فشار است و در دهه‌های اخیر با رویکرد به توسعه سامانه‌های آبیاری تحت فشار، مبحث صرفه‌جویی در انرژی در بیشتر کشورها اولویت یافته است (فرناندز و همکاران^۲، ۲۰۱۴). با رشد فناوری و به‌کارگیری روش‌های جدید در مدیریت ایستگاه پمپاژ این امکان وجود دارد که نه تنها در مصرف انرژی صرفه‌جویی شود بلکه از استهلاک شدید الکتروپمپ‌ها نیز جلوگیری به عمل آمده و ضمن دستیابی به عملکرد بهتر ایستگاه‌های پمپاژ، طول عمر آنها نیز افزایش یابد.

1. Bypass

2. Fernandez Garcia et al

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۱. تحلیلی بر بازده مصارف انرژی در ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی

تجهیزات دوار شامل پمپ‌ها، کمپرسورها و فن‌ها یکی از اصلی‌ترین مصرف‌کننده‌های برق در بخش‌های صنعتی، خانگی، تجاری و کشاورزی هستند. بر اساس مطالعات انجام شده توسط ^۱ US DOE در کشورهای مختلف، مصرف برق پمپ‌ها (در تمامی کاربردها) به طور میانگین بین ۲۰ تا ۲۲ درصد کل برق تولیدی در جهان تخمین زده شده است. براین اساس و باتوجه به میزان بالای مصرف انرژی این تجهیزات، بررسی راندمان و نحوه مصرف انرژی و ارائه راهکارهای مدیریت مصرف انرژی در آنها بخش عمده‌ای از مطالعات انجام شده در راستای بهینه‌سازی و کاهش مصرف انرژی است. به طور مثال مطالعاتی که روی بازده سامانه‌های پمپاژ در کشور امریکا در سال ۱۹۹۸ انجام گرفته است نشان از پتانسیل بالای این سامانه‌ها برای کاهش مصرف انرژی و به تبع آن کاهش چشمگیر در هزینه‌های کارکرد این سامانه‌ها دارد (گمار پور، ۱۳۸۲). در ادامه به مطالعات داخلی و خارجی در رابطه با این موضوع پرداخته شده است.

مطالعات داخلی

نتایج تحقیق فتحی مقدم و همکاران (۱۳۸۷)، بر اساس مقایسه متوسط راندمان بهره‌برداری ۴۱ فقره پمپ سانتریفیوژ آبرسانی کشاورزی با شاخص راندمان بهینه آنها در شرایط ایده‌آل نشان داد با رعایت استانداردهای طراحی و بهره‌برداری در این سامانه‌ها می‌توان سالانه ۳/۴۸ درصد در مصرف انرژی الکتریکی کل کشور صرفه‌جویی نمود. رضوانی و همکاران (۱۳۸۹)، به بررسی بازده و مصرف انرژی در ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری بارانی در مزارع استان همدان پرداختند. در این تحقیق مصرف انرژی، تلفات و بازده مجموع انرژی در ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری بارانی دیزلی و برقی برخی از مزارع استان همدان بررسی شد. برای مقایسه عملکرد ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری بارانی، از معیار بازده انرژی پمپاژ نبراسکا استفاده شد. نتایج اندازه‌گیری‌ها در ۱۷ مزرعه نشان داد که متوسط بازده مجموع انرژی در ایستگاه‌های پمپاژ برقی ۴۶/۶ درصد و میانگین مصرف انرژی اضافی در ایستگاه پمپاژ برقی ۱۲/۱ کیلووات ساعت بوده است. در سامانه‌های آبیاری یکی از علل کاهش راندمان ایستگاه‌های پمپاژ، استفاده از روش‌های نامناسب تنظیم و کنترل جریان در زمان بهره‌برداری است.

مطالعات خارجی

فیز و نیل^۲ (۱۹۹۵)، در ۲۵ ناحیه از ایالت تگزاس ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری را آزمایش و گزارش کردند که حداقل، حداکثر و میانگین بازده مجموع انرژی در ایستگاه‌های پمپاژ برقی به ترتیب ۱۷/۵، ۶۸/۵ و ۴۲/۶ درصد بوده است. چاوز و همکاران^۳ (۲۰۱۰)، با اندازه‌گیری میدانی، میانگین بازده موتورپمپ‌های الکتریکی را در ایالات مختلف امریکا بین ۴۵ تا ۵۵ درصد برآورد نموده و امکان دستیابی به بازده ۷۲ تا ۷۵ درصد را مورد تأیید قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که ۲۵ درصد انرژی الکتریکی استفاده شده در ایستگاه‌های پمپاژ تنها به دلیل پایین بودن بازده ایستگاه تلف می‌شود و از بعد اقتصادی هزینه‌های انرژی، تعمیر و نگهداری یک سامانه پمپاژ در طول عمر آن تا ۲۰ برابر سرمایه‌گذاری اولیه است. آبادیا و همکاران^۴ (۲۰۱۰)، با آنالیز انرژی مصرفی در ۲۲ ایستگاه پمپاژ در جنوب اسپانیا بازده انرژی مصرفی ایستگاه‌های پمپاژ را ۵۳ درصد برآورد نموده‌اند. فرآیند ممیزی انرژی در این محدوده مطالعاتی نشان داد ۱۴ درصد امکان صرفه‌جویی در مصرف انرژی وجود داشته است. دیاز و همکاران^۵ (۲۰۱۳)، با آنالیز ۱۵۰ ایستگاه پمپاژ در جنوب اسپانیا بازده ایستگاه‌های پمپاژ را ۵۸/۱ درصد برآورد نمودند.

1. United States Department of Energy
2. Fippes and Neal
3. Chávez et al
4. Abadia et al
5. Diaz et al

مورا و همکاران^۱ (۲۰۱۳)، با آنالیز ۲۲ ایستگاه پمپاژ بازده ایستگاههای پمپاژ را ۵۰/۲ درصد برآورد کردهاند.

۲. پتانسیل صرفه جویی در مصرف انرژی

مطالعات داخلی

رحیمی و نادری (۱۳۸۹)، به بررسی و مقایسه میزان بهینه سازی مصرف انرژی در کنترل ایستگاههای پمپاژ با استفاده از سیستم خودکار سازی و روشهای کلاسیک راه اندازی پرداختند. در این تحقیق که در ایستگاه پمپاژ شبکه آبیاری تحت فشار اراضی شرق گرگر انجام شد، میزان بهینه سازی مصرف انرژی ایستگاههای پمپاژ تأمین آب و تقویت فشار اراضی شرق گرگر مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد که ۳۲ درصد کاهش مصرف انرژی در صورت استفاده از سامانه های خودکار بجای روشهای معمول راه اندازی قابل حصول بوده است.

رئیسیان امیری و پرورش ریزی (۱۳۹۳)، در تحقیقی به ارزیابی طراحی پمپهای دور متغیر در سامانه های آبیاری تحت فشار در دشت هارکله - لالی پرداختند. در این تحقیق اثرات جایگزینی پمپ دور متغیر با پمپ دور ثابت روی هیدرولیک طرح، مصرف انرژی و بازده پمپها ارزیابی شده است. نتایج نشان داد که با به کارگیری پمپ دور متغیر در پمپاژ این طرح، بازده کاری پمپها می تواند تا ۱۰ درصد افزایش و میزان مصرف انرژی تا ۴۹ درصد در سال نسبت به طراحی متداول کاهش یابد.

دلفان آذری و پرورش ریزی (۱۳۹۴)، با در نظر گرفتن روشهای مختلف کنترل دبی در یک سامانه آبیاری، مقدار مصرف انرژی در شیوه های مختلف بهره برداری را مقایسه نمودند. نتایج تحلیل انرژی مصرفی نشان داد، بالاترین بازده انرژی در استفاده از پمپهای دور متغیر بوده که تلفات انرژی را ۴۴ تا ۵۴ درصد کاهش داده است.

گمرکچی و پرورش ریزی (۱۳۹۷) با توجه به قابلیت های سامانه های پمپاژ دور متغیر در تطبیق با شرایط مختلف بهره برداری، استفاده از پمپهای دور متغیر در یک کشت و صنعت ۸۵ هکتاری زیتون واقع در استان قزوین، را مورد بررسی قرار دادند. در این راستا مصارف انرژی در طول دوره بهره برداری ده ساله سامانه، تحلیل شده است. نتایج تحقیق نشان دهنده آن است که میزان انرژی الکتریکی مصرفی با به کارگیری پمپ دور متغیر، در مقایسه با روش بهره برداری مرسوم با پمپ دور ثابت تا ۱۸ درصد کاهش یافته است.

مطالعات خارجی

دیز و همکاران (۲۰۰۹)، سناریوهای مختلف ذخیره سازی انرژی در سامانه های آبیاری که بر اساس فشار مورد نیاز تنظیم شده اند را مورد بررسی قرار دادند. آنها منطقه ای در جنوب اسپانیا را انتخاب نموده و آن منطقه را تحت ۴ سناریو مدیریتی متناوب که بر اساس سطح های مختلفی از نیاز آبی و چگونگی فراهم کردن این نیاز آبی، مطرح شده بود، مورد بررسی قرار دادند. آنها در این تحقیق از مدل شبیه ساز هیدرولیکی EPANET استفاده نمودند. نتایج تحقیق نشان داد که استفاده از روشهایی مثل تنظیم دینامیک فشار و منطقه بندی، کاهش اساسی در توان مورد نیاز ایستگاههای پمپاژ، به همراه ذخیره سازی انرژی به میزان بیش از ۲۷ درصد را باعث شده است. این نوع سامانه ها که به صورت نیمه خودکار و بر اساس نیاز کار می کنند، به منظور بهینه سازی مصرف انرژی و کار در مناطقی پیشنهاد می شوند که منطقه به صورت همگن آبیاری نمی شود. در این شرایط استفاده از پمپهای دور متغیر می تواند باعث کاهش مصرف انرژی شده و شرایط مساعدتری را برای مصرف آب و انرژی فراهم کند.

خدرا و همکاران^۲ (۲۰۱۶)، مصارف انرژی در یک سامانه آبیاری تحت فشار در جنوب ایتالیا را مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحلیل انرژی مصرفی در روشهای مختلف بهره برداری سامانه آبیاری نشان داد، با استفاده از قابلیت های پمپ دور متغیر امکان صرفه جویی در مصارف انرژی تا ۴۹ درصد امکان پذیر بوده است.

1. Vera et al

2. Khadra et al

۳. پیچیدگی مدیریت توأمان منابع آب و انرژی

به طور کلی، تغییر روش آبیاری از روش سطحی و غرقابی به روش آبیاری تحت فشار، در کاهش تلفات آب و تلفات نفوذ مؤثر بوده، لیکن در تغییر روش آبیاری، مصارف انرژی، هزینه های تعمیر و نگهداری و مدیریت سامانه نیز افزایش یافته است. تحقیقات جکسون و همکاران^۱ (۲۰۱۰)، در یک منطقه در جنوب استرالیا نشان داد با تغییر روش آبیاری سطحی (منبع تأمین آب آن آب های سطحی بوده است) به آبیاری تحت فشار مصرف آب ۱۰ تا ۶۶ درصد کاهش یافته و مصرف انرژی نیز تا ۱۶۳ درصد افزایش یافته است. این نتایج در منطقه ای که منبع تأمین آب آن وابسته به آب های زیرزمینی بوده باعث افزایش ۱۲ تا ۴۴ درصدی مصرف انرژی شده است.

کورکولس و همکاران^۲ (۲۰۱۶)، هزینه های انرژی مصرفی در یک سامانه آبیاری بارانی در منطقه جنوب اسپانیا را برآورد نموده و نتیجه گرفتند که ۴۵ درصد هزینه نگهداری، مدیریت و بهره برداری یک سامانه آبیاری بارانی مرتبط با هزینه انرژی مصرفی بوده است. به دلیل افزایش مصرف انرژی ناشی از توسعه سامانه های آبیاری تحت فشار، میزان تقاضای انرژی نیز رشد چشمگیری داشته است.

کرومیناس^۳ (۲۰۱۰)، در تحقیقی به بررسی افزایش مصارف انرژی با توسعه سامانه های آبیاری در اسپانیا پرداخت. نتایج تحقیق بیانگر آن است که با کاهش ۲۱ درصدی مصرف آب از سال ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۷، میزان مصرف انرژی ۶۵۷ درصد رشد داشته است. دیاز و همکاران (۲۰۱۱)، این مسئله را به عنوان پارادوکس مدرن سازی سامانه های آبیاری تحت فشار نام برده اند. تحقیقی که توسط آنها در منطقه آندلس اسپانیا انجام گرفت نشان دهنده آن است که علی رغم مدیریت بهینه منابع آبی هم راستا با توسعه سامانه های آبیاری، هزینه های بهره برداری و نگهداری از سیستم مدرن موجود نیز در حدود ۴۰۰ درصد افزایش یافته است، که این امر لزوم مدیریت دقیق منابع آبی و کنترل مصارف انرژی در سامانه های مدرن آبیاری تحت فشار را دوچندان نموده است. آنها متوسط مقدار انرژی مورد نیاز برای پمپاژ هر مترمکعب آب را ۰/۴۱ کیلووات ساعت و میانگین انرژی مصرفی جهت آبیاری تحت فشار هر هکتار را ۱۰۰۰ کیلووات ساعت برآورد نمودند.

روش پژوهش

یکی از بهترین روش ها برای بهبود کارایی مصرف انرژی در آبیاری، ممیزی انرژی در سامانه آبیاری است. ممیزی انرژی در سامانه آبیاری، عبارت است از یافتن روش های مناسب برای تعیین فرصت های صرفه جویی انرژی که در آن وضعیت توزیع و مصرف انرژی بررسی می شود و پیشنهادهایی برای بهبود مصرف و کارایی انرژی در بخش های مختلف سامانه ارائه می شود (فرخی و پرورش ریزی، ۱۴۰۲). به طور کلی مدیریت مصرف انرژی در ایستگاه های پمپاژ و سامانه های آبیاری تحت فشار در ۸ بخش رده بندی شده است که در جدول (۱) آورده شده است.

جدول ۱. روش های مدیریت بهینه مصرف انرژی در ایستگاه های پمپاژ آب کشاورزی

ردیف	روش های بهینه سازی مصرف انرژی در ایستگاه های پمپاژ آب کشاورزی
۱	انتخاب گزینه مناسب در طراحی خطوط لوله و سیستم پمپاژ
۲	انتخاب گزینه مناسب در آرایش خطوط انتقال و سیستم تجهیزات
۳	انتخاب پمپ و تجهیزات برقی با کیفیت مناسب و استاندارد
۴	کنترل مصرف انرژی و سالم بودن موتور و خطوط انتقال از طریق ارزیابی بازده کارکرد دستگاه و استاندارد عملکرد
۵	استفاده از دستگاه های راه انداز نرم ^۴ و کنترل دور موتور به نسبت مصرف دبی (انرژی)
۶	برنامه ریزی برای سیکل مصرف انرژی سیستم برای فاصله گذاری بین پیک مصرف سیستم با پیک مصرف در شبکه برق منطقه
۷	برنامه ریزی و مصرف بهینه با انجام تله متری و نصب تجهیزات کنترلی و جلوگیری از نشت
۸	مصرف بهینه با کنترل دستگاه های انرژی بر به روش تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه

1. Jackson et al
2. Corcoles et al
3. Corominas
4. Soft starter

در ذیل به برخی از روش های مدیریت مصرف انرژی در ایستگاه های پمپاژ آب کشاورزی اشاره شده است.

۱. اصلاح روش های بهره برداری سامانه

کارکرد پمپ در نقطه ای نزدیک تر به نقطه بیشینه بازده آن

یکی از مهم ترین مسائل در ایستگاه های پمپاژ آب کشاورزی، عدم تطابق شرایط ایستگاه پمپاژ با استانداردهای بهره برداری است. رعایت استانداردهای کارکرد پمپ نقش بسزایی در کاهش مصرف انرژی و افزایش طول عمر بهره برداری خواهد داشت. به طور نمونه مطالعات انجام شده در کشور هندوستان بیانگر آن است که علی رغم کمی اطلاعات و آموزش در جامعه کشاورزان، استاندارد نمودن طراحی و بهره برداری از ایستگاه های پمپاژ موجب افزایش بازده بهره برداری از سامانه های پمپاژ تا ۲۰ درصد شده است (یوسف گمرکچی، ۱۳۹۶). بررسی استانداردهای بین المللی در خصوص ایستگاه های پمپاژ نشان دهنده آن است که ارائه دستورالعمل در خصوص بهترین نقطه کاری پمپ (بهترین نقطه کاری پمپ ظرفیتی از پمپ در حداکثر قطر پروانه است که در آن بهترین عملکرد هیدرولیکی، مکانیکی و بهینه ترین مصرف انرژی را دارد)، بسیار مورد توجه بوده است. از آنجاکه بهینه سازی مصرف انرژی در یک سیستم پمپاژ، نهایتاً منجر به کارکردن پمپ در نقطه ای نزدیک تر به نقطه بیشینه بازده آن می شود. تعیین محدوده کارکرد مناسب پمپ، مهم ترین هدف گذاری در ارائه استانداردهای بین المللی بوده است. استاندارد ASME-B73 بازه ۸۰ تا ۱۱۰ درصد بهترین نقطه کارکرد را توصیه نموده است (یوسف گمرکچی، ۱۳۹۶).

اصلاح جانمایی شبکه آبیاری متناسب با اصلاح الگوی مصرف انرژی (شناخت نقاط بحرانی مصرف انرژی در سامانه)

سامانه های آبیاری تحت فشار که طی دهه های گذشته در سطح کشور اجرا و پیاده سازی شده اند عمدتاً باهدف ارتقای و بهبود کارایی مصرف آب هدف گذاری و اجرا شده لیکن در شرایط محدودیت و کسری منابع انرژی نمی توان اجرای سامانه های آبیاری تحت فشار را صرفاً با رویکرد مدیریت مصرف آب پیاده سازی نمود و مباحث مدیریت مصرف انرژی در شیوه بهره برداری و طراحی سامانه قطعاً اثرگذار خواهد بود (یوسف گمرکچی، ۱۴۰۳). در این رویکرد مدیریتی اصلاح الگوی مصرف انرژی، نحوه جانمایی شبکه آبیاری در شدت مصرف انرژی سامانه آبیاری مؤثر خواهد بود. در این راستا علاوه بر نحوه جانمایی شبکه آبیاری مواردی همچون ناحیه بندی واحدهای آبیاری و تشخیص نقاط بحرانی مصرف انرژی، از راهکارهای مدیریت مصرف انرژی در سامانه های آبیاری است. نقاط بحرانی در شبکه آبیاری مهم ترین نقطه اشتراک بین مزرعه و ایستگاه پمپاژ در سامانه آبیاری تحت فشار است؛ لذا از منظر طراحی سامانه آبیاری متناسب با محدودیت مصارف انرژی، باید برای آن برنامه ریزی انجام شود (بلود و همکاران^۱، ۲۰۲۰). نتایج تحقیقات انجام شده نشان دهنده آن است که هزینه اضافی انجام شده به منظور تأمین فشار کارکرد در منطقه بحرانی مصرف انرژی در طول دوره بهره برداری سامانه، افزایش عملکرد محصول را جبران نکرده است (یوسف گمرکچی، ۱۳۹۶). در شکل (۱) نمونه ای از یک باغ زیتون در استان قزوین نشان داده شده که اختلاف ارتفاع بین دونقطه پمپاژ آب در باغ مذکور بیش از ۸۰ متر بوده، فلذا باتوجه به آبیاری نقطه بحرانی مصرف انرژی در این باغ (محدوده بالاترین نقطه پمپاژ آب)، لازم است کلیه تجهیزات ایستگاه پمپاژ متناسب با این محدوده طراحی و اجرا شود. همچنین لازم است پمپ در بازه وسیعی از محدوده ارتفاعی آب را پمپاژ نماید که این امر منجر به دور شدن پمپ از نقطه بیشینه بازده خواهد شد.



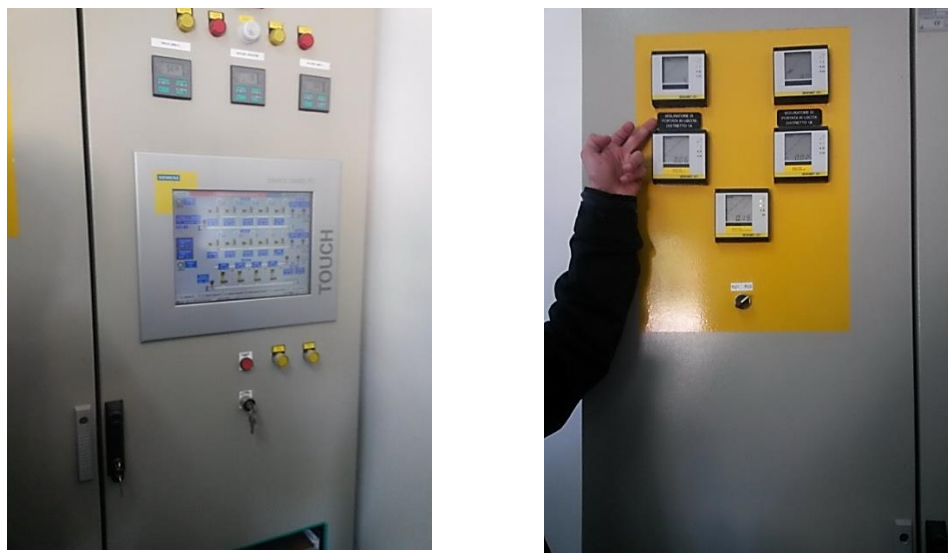
شکل ۱. نمونه ای از یک باغ با بازه ارتفاعی وسیع جهت پمپاژ آب (وجود نقطه بحرانی پمپاژ از منظر مصارف انرژی)

۲. مدیریت مصرف انرژی با ارتقای شیوه بهره‌برداری سامانه (خودکارسازی سامانه)

در رویکرد دیگر سریع‌ترین راه‌حل برای مدیریت بهینه آب و انرژی، ارتقای وضع موجود سامانه‌های آبیاری از سطح مکانیزاسیون به خودکارسازی عنوان شده است (بومن و همکاران^۱، ۲۰۰۶)، که این مسئله از طریق اصلاح تجهیزات در حال کار و کم کردن نقش نیروی انسانی امکان‌پذیر است. خودکارسازی سامانه‌های آبیاری تحت فشار در سه بخش قابل بررسی است.

- خودکارسازی برای برآورد نیاز آبی گیاه و تعیین زمان آبیاری
- خودکارسازی در خطوط لوله شبکه برای کنترل توزیع جریان آب
- خودکارسازی در ایستگاه پمپاژ و فیلتراسیون

در این راستا مهم‌ترین هدف اعمال روش‌های کنترلی در ایستگاه‌های پمپاژ، کنترل حجم آب مصرفی باتوجه به سناریوهای مصرف در طول دوره بهره‌برداری است. نکته حائز اهمیت آن است که گستره خودکارسازی در سامانه‌های آبیاری تحت فشار بسیار متنوع بوده و می‌تواند در ایستگاه‌های پمپاژ، ادوات کنترل آبیاری در سطح مزرعه، سامانه‌های انتقال و توزیع آب در سطح مزرعه اعمال گردد. در شکل (۲) نمونه‌ای از تابلو فرمان یک ایستگاه پمپاژ آب کشاورزی با قابلیت کارکرد به صورت خودکار نشان داده شده است.



شکل ۲. نمونه ای از خودکار سازی یک ایستگاه پمپاژ آب کشاورزی

۳. مدیریت مصرف انرژی با نصب تجهیزات مدیریت مصرف انرژی و اصلاح شیوه راه اندازی پمپ

در روش های معمول بهره برداری ایستگاه پمپاژ، دبی خروجی با استفاده از شیرها، کنترل شده و موتور صرف نظر از مقدار خروجی در نزدیکی بار کامل کار کرده که این روش بهره برداری باعث اتلاف انرژی زیادی توسط مسدودکننده ها می شود. از سوی دیگر گزینه های مرسوم جهت تغییر عملکرد منحنی پمپ نظیر تراش و یا تعویض پروانه پمپ، شیر خفه کن، کنارگذر کردن جریان، توانایی کنترل لحظه به لحظه پمپها در پاسخ به متغیرهای موجود را نخواهد داشت که این مسئله نیز باعث تلفات انرژی خواهد شد (یوسف گمرکچی، ۱۴۰۳). بدیهی است که عملکرد نامناسب ایستگاه پمپاژ در یک سامانه آبیاری تحت فشار از نظر فنی و عدم تناسب دبی و فشار جریان در طی دوره بهره برداری با مقدار واقعی مورد نیاز، باعث مصرف بی مورد انرژی، کاهش بازده، فرسودگی تجهیزات و تحمیل هزینه های اقتصادی مرتبط نیز خواهد شد. از این رو تطبیق شرایط بهره برداری در یک سامانه آبیاری تحت فشار، با شرایط ایستگاه پمپاژ امری ضروری است. لذا باتوجه به ماهیت برخی از فرآیندها نظیر تغییرات دبی در طول دوره بهره برداری و لزوم تأمین فشار یکسان در یک سامانه آبیاری تحت فشار، به کارگیری سامانه های کنترلی در ایستگاه پمپاژ لازم است. در شکل (۳) نمونه ای از تلفات انرژی به دلیل استفاده از روش کنارگذر جریان جهت کنترل دبی در محل ایستگاه پمپاژ نشان داده شده است.



شکل ۳. نمونه ای از تلفات انرژی در ایستگاه پمپاژ آب کشاورزی به دلیل شیوه کنترل جریان در محل ایستگاه پمپاژ

از سوی دیگر در ایستگاه های پمپاژی که از موتورهای الکتریکی برای نیروی محرکه پمپها استفاده می شود، شیوه راه اندازی پمپ نیز در مدیریت مصرف انرژی از اهمیت به سزایی برخوردار است، به نحوی که در برخی موارد به کارگیری شیوه اشتباه راه اندازی

پمپ، منجر به اتلاف انرژی در ایستگاه‌های پمپاژ آب خواهد شد. روش معمول که تقریباً در اغلب ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی جهت راه‌اندازی پمپ‌ها استفاده شده و منجر به اتلاف انرژی زیادی می‌گردد، راه‌اندازی به صورت ستاره - مثلث است. در این روش راه‌اندازی برای محدود کردن موج جریان راه‌اندازی، موتورهای القایی بزرگ در ولتاژ پایین‌تری راه‌اندازی می‌شوند (روش ستاره) و بعد از آن ولتاژ کامل تغذیه هنگامی اعمال می‌شود که الکتروموتور به نزدیکی سرعت نامی خود رسیده باشند (روش مثلث) (یوسف گمرکچی، ۱۴۰۳). به این روش راه‌اندازی پمپ اصطلاحاً روش ستاره - مثلث گفته می‌شود. شکل (۴) نمونه‌ای از روش راه‌اندازی ایستگاه پمپاژ، به روش ستاره - مثلث را نشان داده است.



شکل ۴. نمونه‌ای از راه‌اندازی ایستگاه پمپاژ به روش ستاره - مثلث

بنابراین، مدیریت مصرف انرژی با نصب تجهیزات مدیریت مصرف انرژی و اصلاح شیوه راه‌اندازی پمپ یکی از مهم‌ترین راهکارها جهت مدیریت مصرف انرژی است. در ذیل به برخی از این تجهیزات اشاره شده است.

خازن (جبران‌سازی توان راکتیو)

ساختار الکتروموتورها به گونه‌ای است که جهت راه‌اندازی نیاز به جریان مغناطیس شوندگی دارند که در نتیجه به مصرف توان راکتیو (غیرمفید) جهت راه‌اندازی خود نیاز دارند. در حال حاضر به عنوان یک راه‌حل متداول از خازن‌ها به عنوان جبران‌ساز توان مصرفی استفاده می‌گردد. در مصرف‌کننده‌های با قدرت بالا، توان راکتیو مصرفی توسط کنتور اندازه‌گیری و بهای آن از مصرف‌کننده دریافت می‌گردد. از سوی دیگر وجود قدرت راکتیو باعث گرم شدن سیم‌ها و کابل‌های انتقال برق نیز خواهد شد؛ لذا در راستای صرفه‌جویی انرژی و کاهش هزینه‌های برق مصرفی و برطرف شدن مشکل یاد شده باید توان راکتیو مصرفی کاهش داده شود. برای رفع این مشکل بهره‌برداران پس از بررسی مستمر قبض برق مصرفی، در صورت وجود توان راکتیو در قبض برق باید از خازن یا بانک خازن استفاده نموده و یا در صورت وجود خازن در محل تابلو برق، می‌بایست اقدام به تعویض آن نمایند (فتاحی و همکاران، ۱۳۹۳). خازن‌ها تولیدکننده توان راکتیو بوده و می‌توانند توان راکتیو مورد نیاز الکتروموتور را تأمین نمایند؛ بنابراین در ایستگاه‌های پمپاژ باتوجه به تعداد الکتروپمپ‌ها و ضریب قدرت هر یک از الکتروپمپ‌ها، باید بانک خازن مورد نیاز محاسبه و نصب گردد. در شکل (۵) نمونه‌ای از یک تابلو برق ایستگاه پمپاژ آب کشاورزی تجهیز شده به بانک خازن نشان داده شده است.



شکل ۵. نمونه‌ای از تابلو برق ایستگاه پمپاژ آب کشاورزی تجهیز شده به بانک خازن

راه انداز نرم^۱

در روش‌های راه اندازی نرم، برخلاف روش‌های معمول راه اندازی ایستگاه پمپاژ (روش ستاره - مثلث)، موتور به آهستگی شروع بکار می‌کند و این شروع آهسته باعث حذف شوک‌های مکانیکی و الکتریکی در ایستگاه پمپاژ می‌شود. اساس کار راه اندازهای نرم به این ترتیب است که ابتدا الکتروموتور با ولتاژ پایین استارت شده و سپس ولتاژ با یک شیب مشخص افزایش یافته تا به حد ولتاژ نامی الکتروموتور برسد. به عبارت دیگر این سیستم با اعمال ولتاژ پایین، جریان راه اندازی و گشتاور راه اندازی پایین ایجاد خواهد کرد. فلذا در این روش راه اندازی، الکتروموتور به صورت نرم راه اندازی شده و شدت جریان راه اندازی به صورت قابل ملاحظه‌ای کاهش خواهد داشت (یوسف گمرکچی، ۱۴۰۳). شکل (۶) نمونه‌ای از تابلو برق مجهز به سافت استارتر، در یک ایستگاه پمپاژ آب کشاورزی را نشان داده است.

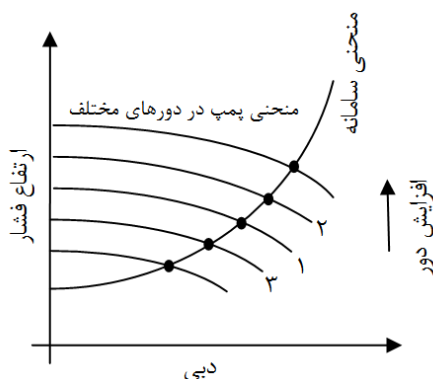


شکل ۶. نمایی از تابلو برق ایستگاه پمپاژ آب کشاورزی تجهیز شده به راه انداز نرم

1. Soft starter

درایو^۱

درایو با ایجاد تغییر فرکانس ورودی در موتور الکتریکی، علاوه بر تثبیت فشار در ایستگاه پمپاژ، یکی از مهم ترین سامانه هایی است که به صورت هوشمند این قابلیت را دارا است تا با تغییرات دبی، فشار کارکرد شبکه را مطابق منحنی که از قبل برای سامانه تعریف شده است، تغییر دهد. درایو یک سیستم برای کنترل کردن سرعت چرخش یک موتور با کنترل فرکانس تغذیه اعمال شده به موتور الکتریکی است که قادر است دور موتور را از صفر تا چندین برابر دور نامی موتور و به طور پیوسته تغییر دهد. درایوهای الکترونیکی علاوه بر اینکه در محدوده وسیعی از سرعت بادقت بسیار خوبی کار می کنند، توانایی بهبود ضریب توان و کاهش جریان راه اندازی را دارند (یوسف گمرکچی و پرورش ریزی، ۱۳۹۷). از آنجاکه عملکرد سرعت متغیر پمپ، بر اساس قوانین تشابه^۲، دبی را با توان یک و ارتفاع را با توان دو و توان مصرفی را با توان سه تحت تأثیر قرار می دهد، از این رو یک پمپ در دورهای مختلف منحنی عملکرد متفاوتی خواهد داشت که این امر باعث افزایش انعطاف پذیری ایستگاه پمپاژ در شرایط مختلف بهره برداری و ذخیره انرژی در یک سامانه آبیاری تحت فشار خواهد شد. براین اساس با تغییر سرعت چرخش پروانه پمپ، منحنی مشخصه پمپ نیز تغییر خواهد نمود. باتوجه به شکل (۷) اگر منحنی سامانه را در نظر بگیریم و فرض کنیم که منحنی (۱)، منحنی اصلی پمپ باشد، در این صورت نقطه عملکرد پمپ همان نقطه مورد نظر بر روی منحنی سامانه که نقطه دبی و فشار مورد نیاز است، است. حال فرض کنیم که دبی و فشار مورد نیاز سامانه افزایش پیدا کند، در این صورت پمپ دور متغیر نیز با افزایش دور، منحنی جدیدی را تولید خواهد نمود و منحنی پمپ در موقعیت (۲) و اگر نیاز شبکه کاهش یابد، در این صورت منحنی پمپ با کاهش دور در موقعیت (۳) قرار خواهد گرفت. به این ترتیب با تغییر دور پمپ، منحنی مشخصه جدید به وجود خواهد آمد. براین اساس در پمپ دور متغیر، باتوجه به مقدار دبی و فشار مورد نیاز در منحنی سامانه، منحنی پمپ با استفاده از روابط تشابه، خود را بر آن نقطه منطبق خواهد نمود. در شکل (۸) نمونه ای از یک سامانه کنترلی پمپ دور متغیر در ایستگاه پمپاژ آب کشاورزی نشان داده شده است.



شکل ۷. نمای شماتیک از نحوه تغییر دور در پمپ های دور متغیر متناسب با نیاز سامانه



شکل ۸. نمونه ای از یک سامانه کنترلی پمپ دور متغیر در ایستگاه پمپاژ آب کشاورزی (شهرستان بيله سوار مغان)

استفاده از درایو پاسخگویی به محدوده وسیع تری از نیازهای بهره برداری سامانه را در کنار کنترل مصرف انرژی امکان پذیر خواهد نمود. به نحوی که اگر در یک شبکه آبیاری ترکیبی از کشت های مختلف وجود داشته باشد با توجه به قابلیت تغییر نقطه کارکرد پمپ دور متغیر، امکان اعمال هیدرو مدول های مختلف در مدیریت متمرکز ایستگاه پمپاژ وجود خواهد داشت. فلذا مدیریت انرژی به واسطه ی کنترل دور الکتروپمپ و قرار گرفتن در نقطه کار با نصب درایو میسر است (یوسف گمرکچی و پرورش ریزی، ۱۳۹۷).

یافته های پژوهشی

هرچند مباحث بهره برداری سامانه های آبیاری تا حدودی مورد توجه طراحان و کارشناسان بوده، لیکن کشاورزان در اغلب موارد شناخت کافی از مباحث اولیه بهره برداری ایستگاه پمپاژ ندارند که این امر منجر به تحمیل هزینه های سنگین، در طی دوره بهره برداری سامانه خواهد شد. به طور نمونه از بعد اقتصادی هزینه های انرژی، تعمیر و نگهداری یک سامانه پمپاژ در طول عمر آن تا ۲۰ سرمایه گذاری اولیه آن برآورد شده است (چاوز و همکاران، ۲۰۱۰). این امر در حالی است که امروزه با توسعه فناوری در بخش آبیاری، اجزاء وابسته به آن همانند ایستگاه های پمپاژ آب کشاورزی، دستخوش تغییر شده اند. ورود راه اندازهای نرم، پمپ های دور متغیر، تجهیزات خود کارسازی ایستگاه های پمپاژ، تجهیزات کاهش توان راکتیو، الکتروموتورهای با بازده مصرفی بالا و... بخشی از فناوری هایی است که در بهره برداری ایستگاه های پمپاژ آب کشاورزی در طی چند سال اخیر ورود داشته و تجربیات موفقی از به کارگیری این نوع فناوری ها در داخل و خارج از کشور ارائه شده است (یوسف گمرکچی، ۱۴۰۳). در جدول (۲) یک جمع بندی کلی با محوریت مقایسه فناوری های مدیریت مصرف انرژی در ایستگاه های پمپاژ آب کشاورزی از لحاظ هزینه و درصد کاهش مصرف انرژی ارائه شده است. نکته حائز اهمیت آن است که اعداد اشاره شده در جدول مذکور اطلاعاتی کلی از شاخص میزان صرفه جوئی در مصرف انرژی ارائه نموده و به منظور تعیین دقیق میزان پتانسیل صرفه جوئی در هر ایستگاه پمپاژ، لازم است اطلاعات میدانی دقیق مرتبط با وضعیت بهره برداری سامانه ثبت و اندازه گیری شده و بر اساس شاخص بازده انرژی مصرفی نسبت به برآورد دقیق پتانسیل صرفه جوئی در مصرف انرژی (در صورت به کارگیری هریک از روش های مدیریت مصرف انرژی) می توان اظهار نظر نمود.

جدول ۲. مقایسه فناوری های مدیریت مصرف انرژی از لحاظ هزینه و درصد کاهش مصرف

ردیف	روش مدیریت مصرف انرژی	میزان اثربخشی فنی و یا اقتصادی	منبع
۱	اعمال ممیزی انرژی	۱۵ تا ۲۰ درصد پتانسیل افزایش بازده انرژی	گریش و شانتانو ^۱ (۱۹۹۶)
۲	کارکرد پمپ در نزدیک نقطه کارکرد بهینه	تا ۳۵ درصد در کاهش مصرف انرژی و تا ۱۶ درصد کاهش واقعی هزینه	امیری مبارکه (۱۳۹۶)
۳	کارکرد موتور در ولتاژ استاندارد	اگر ولتاژ موتور بیش از ۵ درصد کاهش پیدا کند، راندمان بین ۲ تا ۴ درصد افت خواهد داشت	یوسف گمرکچی (۱۳۹۶)
۴	پایاده سازی سامانه های اتوماسیون در ایستگاه پمپاژ	۳۲ درصد کاهش مصرف انرژی در صورت استفاده از سیستم های اتوماسیون بجای روش های معمول راه اندازی	رحیمی و نادری (۱۳۸۹)
۵	به کارگیری پمپ دور متغیر	۱۹ درصد افزایش راندمان ایستگاه پمپاژ ۱۸ درصد کاهش مصرف انرژی در حالت کنترل دور متغیر، نسبت به حالت دور ثابت هزینه اولیه استفاده از سیستم کنترل دور متغیر به طور متوسط ۸ تا ۹ سال پس از بهره برداری سامانه مستهلک خواهد شد (۱۵۰۰۰ تا ۱۸۰۰۰ ساعت کارکرد پمپ)	سلماسی (۱۴۰۱) یوسف گمرکچی و پرورش ریزی (۱۳۹۶) یوسف گمرکچی و پرورش ریزی (۱۳۹۵)

بحث

در دهه های اخیر رویکرد به تحلیل مصارف انرژی و بررسی راهکارهای کاهش مصرف انرژی در سامانه های آبیاری تحت فشار، به دلیل سود اقتصادی حاصل از صرفه جویی انرژی در نقاط مختلف دنیا به شدت مورد توجه بوده است. اما بررسی سیاست ها و دستورالعمل های موجود در سطح کشور نشان دهنده آن است که توسعه سامانه های آبیاری تحت فشار در طی سه دهه اخیر عمدتاً بر مبنای بهبود کارایی مصرف آب متمرکز بوده و مباحث بهره وری انرژی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این در حالی است که طی سال های آتی به نظر می رسد کسری انرژی یک مؤلفه مهم در توسعه و یا عدم توسعه سامانه های آبیاری باشد؛ لذا درک میزان بهره وری آب و انرژی در تولیدات زراعی و باغی هر منطقه، اولین گام در جهت برنامه ریزی و مدیریت برای افزایش استفاده از این منابع محسوب می شود. همچنین ارائه و به کارگیری روش های مدیریت مصرف انرژی در بخش کشاورزی یکی از ارکان برنامه ریزی در بخش کشاورزی محسوب خواهد شد.

نتیجه گیری

به دلیل گستردگی عوامل دخیل در مدیریت سامانه های آبیاری، لازم است فناوری های آبیاری متعددی به طور مداوم ایجاد شده و کشاورزان با گزینه های متفاوتی در مبحث صرفه جویی انرژی مواجه شوند تا بر اساس شرایط موجود مزرعه، دست به گزینش روش مناسب و اقتصادی در کنترل مصارف انرژی بزنند به رغم وجود فناوری های متعدد و متفاوت، بین ایجاد مداوم چنین فناوری هایی و ایجاد خطوط راهنمای استاندارد و نظام دار برای گزینش مناسب ترین فناوری، یک فاصله زمانی وجود دارد. این مسئله خود می تواند سبب پذیرش فناوری های نامناسب و در نتیجه ناکامی استفاده از فناوری های جدید در سامانه های آبیاری شود. با رشد فناوری و به کارگیری روش های جدید در مدیریت ایستگاه پمپاژ این امکان وجود دارد که نه تنها در مصرف انرژی صرفه جویی شود بلکه از استهلاک شدید الکتروپمپ ها نیز جلوگیری به عمل آید و ضمن عملکرد بهتر ایستگاه های پمپاژ، طول عمر آنها نیز افزایش یابد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده اند و این موضوع مورد تأیید همه آنهاست.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

سپاسگزاری

از ریاست محترم مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان قزوین به خاطر پشتیبانی جهت مستندسازی پروژه های ارائه شده در مقاله حاضر سپاسگزاری می شود.

منابع

- امیری مبارکه، محمود. (۱۳۹۶). بهینه‌سازی مصرف انرژی و عملکرد ایستگاه‌های پمپاژ از طریق نصب تجهیزات کنترل فشار. *اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدر رفت آب*، تهران، ایران. <https://civilica.com/doc/879324>
- ثباتی نژاد، احمدرضا، و رضوی، سید حمید. (۱۳۹۴). بهینه‌سازی انرژی در ایستگاه‌های پمپاژ آب. دومین کنفرانس ملی مهندسی برق و کامپیوتر سیستم‌های توزیع شده و شبکه های هوشمند، کاشان، ایران. <https://civilica.com/doc/511288>
- دلفان آذری، مرتضی، و پرورش ریزی، عاطفه. (۱۳۹۴). کاربرد پمپ‌های دور متغیر در طراحی و بهره‌برداری سامانه‌های تقاضامدار آبیاری. نشریه آب و خاک، ۴۶(۱)، ۴۸-۴۱. <https://doi.org/10.22059/ijswr.2015.54294>
- رحیمی، امین، و نادری، زینب. (۱۳۸۹). بررسی و مقایسه میزان بهینه‌سازی مصرف انرژی در کنترل ایستگاه‌های پمپاژ با استفاده از سیستم اتوماسیون و روش‌های کلاسیک راه‌اندازی (مطالعه موردی ایستگاه پمپاژ تامین آب و ایستگاه‌های پمپاژ تقویت فشار شبکه آبیاری تحت فشار اراضی شرق گرگر). سومین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی، اهواز، ایران. <https://civilica.com/doc/112199>
- رضوانی، سید معین‌الدین، جعفری، علی محمد، و امین، سیف‌الله. (۱۳۸۹). بررسی بازده و مصرف انرژی در ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری بارانی برخی مزارع استان همدان. نشریه تحقیقات مهندسی سازه های آبیاری و زهکشی، ۱۱(۴)، ۱۹-۳۴. https://idser.reco.ac.ir/article_102312.html
- رئیس‌یان امیری، زینب، و پرورش ریزی، عاطفه. (۱۳۹۳). طرح و ارزیابی هیدرولیکی پمپ‌های دور متغیر در سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار (مطالعه موردی: سامانه آبیاری دشت هارکله- لالی). نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۱(۳)، ۱۶۵-۱۴۵. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23222069.1393.21.3.7.6>
- سلماسی، آرین. (۱۴۰۱). ارزیابی پمپ‌های دور متغیر در سامانه‌های تحت فشار. نشریه مهندسی عمران امیرکبیر. ۵۴ (۵)، ۱۷۷۳-۱۷۸۸. <https://doi.org/10.22060/ceej.2021.19867.7277>
- فتاحی، حمید، شیرزادی، سلیمان، و امین زاده، سعید. (۱۳۹۳). جبران‌سازی توان راکتیو: روش‌ها اهداف و چالش‌ها. *اولین کنفرانس سراسری توسعه محوری مهندسی عمران، معماری، برق و مکانیک ایران*، گرگان، ایران. <https://civilica.com/doc/325606>
- فتحی مقدم، منوچهر، لشکرآرا، بابک، و بهنیا، عبدالکریم. (۱۳۸۷). بهینه‌سازی انرژی مصرفی برای پمپاژ آب در تلمبه خانه های غیرمکانیزه. دومین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی، اهواز، ایران. <https://civilica.com/doc/60370>
- فرخی، مللده، و پرورش ریزی، عاطفه. (۱۴۰۲). ممیزی انرژی در سامانه‌های آبیاری بارانی، روش‌شناسی و کاربرد. مجله پژوهش‌های مهندسی آب ایران، ۲(۲)، ۹۱-۷۹. <https://doi.org/10.22034/ijwer.2023.390180.1034>
- گمارپور، کریم. (۱۳۸۲). بررسی راندمان الکتروپمپ‌های زارعین محلی خوزستان و شرکت‌های کشت و صنعت. پایان نامه کارشناسی ارشد. گروه آبیاری، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران.
- ویسی، فرزاد، و شمشادی، مهرداد. (۱۳۸۷). مدیریت مصرف انرژی در ایستگاه‌های پمپاژ با استفاده از مدل‌سازی دینامیکی. مجله آب و فاضلاب، ۱۹(۳)، ۶۵-۵۸. https://wwjournal.r/article_2189
- یوسف گمرکچی، افشین. (۱۳۹۶). توسعه مدل بهره‌برداری پویا از ایستگاه پمپاژ با پمپ دور متغیر در آبیاری تحت‌فشار. رساله دکتری، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران، ایران.
- یوسف گمرکچی، افشین. (۱۴۰۳). برخی نکات فنی در بهره برداری و راه اندازی ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی. نشریه فنی موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. کرج، ایران. https://press.areeo.ac.ir/book_2863.html

یوسف گمرکچی، افشین، و پرورش ریزی، عاطفه. (۱۳۹۷). تحلیل مصارف انرژی در روش های مختلف بهره برداری از ایستگاه های پمپاژ آب کشاورزی (مطالعه موردی: سامانه آبیاری کشت و صنعت اشرفیه). مجله علوم آب و خاک. ۲۲(۲)، ۱۴۳-۱۵۷. <http://jstnar. ut.ac.ir/article-1-3305-fa.html>

یوسف گمرکچی، افشین، و پرورش ریزی، عاطفه. (۱۳۹۵). تحلیل هزینه - فایده پمپ های دور متغیر در سامانه های آبیاری تحت فشار (مطالعه موردی: سامانه آبیاری کشت و صنعت اشرفیه). نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۴(۱۰)، ۵۴۳-۵۳۲. https://idj. aid.ir/article_55407.html

یوسف گمرکچی، افشین، و پرورش ریزی، عاطفه. (۱۳۹۶). مدل سازی دینامیک پمپ های دور متغیر در سامانه های آبیاری تحت فشار با رویکرد به تحلیل مصرف انرژی (مطالعه موردی: سامانه آبیاری کشت و صنعت اشرفیه). مجله تحقیقات مهندسی سازه های آبیاری و زهکشی، ۱۸(۶۸)، ۱۶۰-۱۴۳. <https://doi.org/10.22092/aridse.2017.107049.1117>

یوسف گمرکچی، افشین، و پرورش ریزی، عاطفه. (۱۳۹۷). نگرشی بر مفهوم بازده انرژی در ایستگاه های پمپاژ آب کشاورزی. مجله آب و توسعه پایدار، ۵(۱)، ۳۶-۲۹. <https://doi. rg/10.22067/jwsd.v5i1.62786>

References

- Abadia, R., Rocamora, M. C., Corcoles, J. I., Ruiz-Canales, A., Martinez-Romero, A., & Moreno, M. A. (2010). Comparative analysis of energy efficiency in water user's associations. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(S2), 134-142. <https://doi.org/10.5424/sjar/201008S2-1356>
- Amiri Mobarakeh, M. (2017). Optimizing energy consumption and performance of pumping stations through the installation of pressure control equipment. *First National Conference on Water Consumption and Waste Management*, Tehran, Iran. <https://civilica.com/doc/879324> (In Persian)
- Belaud, G., Mateos, L., Aliod, R., Buisson, M., Faci, E., Gendre, S., Ghinassi, G., Gonzales Perea, R., Lejars, C., Maruejols, F., & Zapata, N. (2020). Irrigation and energy: Issues and challenges. *Irrigation and Drainage*, 69(S1), 177–185. <https://doi.org/10.1002/ird.2343>
- Boman, B., Smith, S., & Tullos, B. (2006). Control and Automation in Citrus Microirrigation Systems. *Florida Cooperative Extension Service Publications*, Gainesville, Florida. <https://edis.ifas.ufl.edu/ch194>
- Chávez, J. L., Reich, D., Loftis, J. C., & Miles, D. L. (2010). Irrigation pumping plant efficiency. *Colorado State University Cooperative, Extension*, 4, 712. <https://extension.colostate.edu/topic-areas/agriculture/irrigation-pumping-plant-efficiency-4-712/>
- Corcoles, J. I., Tarjuelo, J. M., & Moreno, M. A. (2016). Pumping station regulation in on-demand irrigation networks using strategic control nodes. *Agricultural Water Management*, 163, 48–56. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.09.001>
- Corominas, J. (2010). Agua y energia en el riego en la época de la sostenibilidad. *Ingenieria del Agua*, 17(3), 219–233. <https://doi.org/10.4995/ia.2010.2977>
- Delfan Azari, M., & Parvaresh Rizi, A. (2015). Application of Variable- Speed Pumps in Design and Operation of on- Demand Irrigation Systems. *Iranian Journal of Soil and Water Research*. 46(1), 41-48. <https://doi.org/10.22059/ijswr.2015.54294> (In Persian)
- Diaz, J. A. (2013). The Importance of Improving Energy Efficiency in Irrigated Areas. *Irrigat Drainage Sys Eng*, 2, e117. <https://doi.org/10.4172/2168-9768.1000e117>
- Diaz, R. J. A., Luque, R. L., Cobo, C. M. T., Montesinos, P., & Poyato, E. C. (2009). Exploring energy saving scenarios for on-demand pressurized Irrigation networks. *Biosystems engineering*, 104(9), 552-561. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2009.09.001>
- Diaz, 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. <https://doi.org/10.5424/sjar/20110904-492-10>
- Farrokhi, M., & Parvaresh Rizi, A. (2022). Energy Audit in Sprinkler Irrigation Systems: Methodology and Application. *Journal Of Iranian Water Engineering Research*, 2(2), 79-91. <https://doi.org/10.22034/ijwer.2023.390180.1034> (In Persian)
- Fathi Moghadam, M., Lashkara, B., & Behnia, A. (2008). Optimization of energy consumption for pumping water in non-mechanized pump. *Second National Conference on Irrigation and Drainage Network Management*, Ahvaz, Iran. <https://civilica.com/doc/60370> (In Persian)
- Fattahi, H., Shirzadi, S., & Aminzadeh, S. (2014). Reactive Power Compensation: Methods, Goals and Challenges, *First National Conference on Development-Oriented Civil, Architectural, Electrical and Mechanical Engineering of Iran*, Gorgan, Iran. <https://civilica.com/doc/325606> (In Persian)

- Fernández García, I., Montesinos, P., Camacho Poyato, E., & Díaz, J. A. (2014). Methodology for Detecting Critical Points in Pressurized Irrigation Networks with Multiple Water Supply Points. *Water Resource Management*, 28, 1095–1109. <https://doi.org/10.1007/s11269-014-0538-x>
- Fippes, G., & Neal, B. (1995). Irrigation pumping plant efficiency testing program. *Department of Agricultural Engineering, Texas Agricultural Extension Service*, College Station, Baton Rouge, Louisiana. <https://gfipps.tamu.edu/publications/>
- Girish, S., & Shantanu, D. (1996). Agricultural pumping efficiency in India: the role of standards. *Energy for Sustainable Development*, 3(1), 1-17. [https://doi.org/10.1016/S0973-0826\(08\)60178-7](https://doi.org/10.1016/S0973-0826(08)60178-7)
- Gomarpour, K. (2003). Investigating the efficiency of electro pumps of local farmers in Khuzestan and agricultural and industrial companies. Master's thesis. *Irrigation Department, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran*.
- Jackson, T. M., Khan, S., & Hafeez, M. (2010). A comparative analysis of water application and energy consumption at the irrigated field level. *Agric Water Manage*, 97, 1477–1485. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2010.04.013>
- 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(10), 3493- 3506. <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1365-z>
- Mora, M., Vera, J., Rocamora, C., & Abadia, R. (2013). Energy Efficiency and Maintenance Costs of Pumping Systems for Groundwater Extraction. *Water Resources Management*, 27(12), 4395-4408. <https://doi.org/10.1007/s11269-013-0423-z>
- Raeisian Amiri, Z., & Parvaresh Rizi, A. (2014). Hydraulic Design and Evaluation of Variable Speed Pumps on Pressurized Irrigation Systems (Case study: Harkalleh-Laali Irrigation System). *Journal of Water and Soil Conservation*, 21(3), 145-164. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23222069.1393.21.3.7.6>(In Persian)
- Rahimi, A., & Naderi, Z. (2010). Investigating and comparing the degree of energy consumption optimization in the control of pumping stations using automation systems and classical startup methods (case study of water supply pumping stations and pumping stations for boosting the pressure of the irrigation network under pressure in the eastern lands of Gargar). *The Third National Conference on Irrigation and Drainage Network Management*, Ahvaz, Iran. <https://civilica.com/doc/112199> (In Persian)
- Rezvani, S., Jafari, A., & Amin, S. (2011). Efficiency and Energy Consumption in Sprinkler Irrigation Pumping Plants in Some Fields in Hamadan Province. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 11(4), 19-34. https://idser.areeo.ac.ir/article_102312.html (In Persian)
- Sabatinejad, A. R., & Razavi, S. H. (2015). Energy Optimization in Water Pumping Stations. *Second National Conference on Electrical and Computer Engineering, Distributed Systems and Smart Grids*, Kashan, Iran. <https://civilica.com/doc/511288> (In Persian)
- Salmasi, A. (2022). Evaluation of variable speed pumps in pressurized water distribution systems. *Amirkabir Journal of Civil Engineering*, 54(5), 1773-1788. <https://doi.org/10.22060/ceej.2021.19867.7277> (In Persian)
- Uossef Gomrokchi, A. (2017). Development of a dynamic operation model of a pumping station with a variable speed pump in pressurized irrigation. PhD thesis, *College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran*.
- Uossef Gomrokchi, A. (2024). Some technical points in the operation and commissioning of agricultural water pumping stations. *Technical publication of the Soil and Water Research Institute*, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran. https://press.areeo.ac.ir/book_2863.html(In Persian)
- Uossef Gomrokchi, A., & Parvaresh Rizi, A. (2016). Investigation of Energy Consumption in Agriculture Water Pumping Stations by Different Operation Methods (Case Study:

- Ashrafiyeh Agro-Industry Irrigation System). *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, 10(4), 532-543. https://idj.iaid.ir/article_55407.html (In Persian)
- Uossef Gomrokchi, A., & parvaresh Rizi, A. (2017). Dynamic Modeling of Variable Speed Pumps in Pressurized Irrigation System Considering Energy Consumption Analysis (Case Study: Ashrafiyeh Agro-Industry Irrigation System). *Irrigation and Drainage Structures Engineering Research*, 18(68), 143-160. <https://doi.org/10.22092/aridse.2017.107049.1117> (In Persian)
- Uossef Gomrokchi, A., & Parvaresh Rizi, A. (2018). Introduction to the Concept of Energy Efficiency in Agricultural Water Pumping Stations. *Journal of Water and Sustainable Development*, 5(1), 29-36. <https://doi.org/10.22067/jwsd.v5i1.62786> (In Persian)
- Uossef Gomrokchi, A., & Parvaresh Rizi, A. (2018). Investigation of Energy Consumption in Agriculture Water Pumping Stations by Different Operation Methods (A Case Study: Ashrafiyeh Agro-Industry Irrigation System). *Jwss*, 22 (2), 143-157. <http://jstnar.iut.ac.ir/article-1-3305-fa.html> (In Persian)
- Veysi, F., & Shemshadie, M. (2008). Energy Consumption Management in Pumping Stations Using Dynamic Modeling. *Journal of Water and Wastewater*, 19(3), 58-65. https://wwjournal.ir/article_2189 (In Persian)