Research Paper

Design and Construction of Electronic Irrigation Canal Gate

Javad Zahiri[1*] Ahmad Jafari [2]

[1] Associate Professor, Department of Water Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Iran
[2] Assistant Professor, Department of Water Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Iran

10.22125/IWE.2021.211997.1253

Received: **July.16.2020**
Accepted: Apri.19.2021
Available online: **September.27.2022**

Keywords:
Irrigation network, Water efficiency, PLC, TIA Portal environment

Abstract

Water level and flow control gates are the most important parts of any irrigation network. Most of the gates located in the irrigation networks face problems after the operation. While mechanizing gates for surface irrigation systems can greatly save water consumption and increase water efficiency. In this project, it was tried to design and construct a gate using modern technologies, which can be intelligently operated and able to pass the desired discharge. Bubble rubber was used to seal the gate and minimizing water loss. Electromotor, encoder, ultrasonic sensor, inverter, and PLC were used to mechanize the gate. An ultrasonic sensor was applied to read the water level. All the computations of the gate-opening rate are performed by the PLC and then the instructions are transmitted to the electromotor. The encoder is connected to the electromotor and, according to the computations, controls the number of motor revolutions for a given opening rate. The TIA Portal environment used to control the gate motion system. The program written in the TIA Portal environment includes all the settings related to the flow discharge, gate opening, sensitivity of the ultrasonic sensor, and gate-opening rate to provide the flexibility of the gate in real conditions. In order to calibrate the constructed sluice gate according to the obtained equation, several experiments were used and finally, the coefficient of 0.625 was obtained as a correction coefficient. The coefficient of determination and root mean square error for the calibrated equation were calculated to be 0.97 and 0.66, respectively. These results showed the suitable performance of the automatic gate based on a calibrated equation.

1. Introduction

The growing need for food and resources has led countries in arid and semi-arid regions of the world to improve the management of water and soil resources. Agriculture is the largest consumer of water,

* **Corresponding Author:** Javad Zahiri
Address: Department of Water Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Iran
Email: j.zahiri@asnrukh.ac.ir
Tel: +989166531896

which has the highest water losses. Today, irrigation networks cover large areas of the world's fields, but the productivity of many of these networks is not at the desired level. For nearly 50 years, experts and specialists of irrigation and drainage networks and managers of water resources management have been thinking about using new technologies to increase efficiency, modify structures and reduce water transfer and delivery losses, and seek greater safety and flexibility of the water conveyance systems (Wahlin and Zimbelman, 2018). One of the basic problems of surface irrigation networks is the low efficiency in the flow rate delivered to agricultural plots, which can be significantly increased by using the modern mechanization techniques. One of the best places to start is the gates (Al Blair, 2010). Masseroni et al. (2018) investigated the hydraulic and economic efficiency of the first automatic irrigation and remote-control rice farm in Europe, located in Italy. The results of this research show that the use of automatic gates and remote control in the used surface irrigation system can significantly increase the efficiency of the system and significantly reduce the required labor force. In Iran, the performance of many existing irrigation networks has been reduced due to both technical and managerial problems (Zahiri and Jafari, 2019). Water level and flow control gates are the most important parts of any irrigation network. Most of the gates located in the irrigation networks face problems after the operation. While mechanizing gates for surface irrigation systems can greatly save water consumption and increase water efficiency.

2. Materials and Methods

In this project, it was tried to design and construct a gate using modern technologies, which can be intelligently operated and able to pass the desired discharge. In free flow, the profile is usually smooth, while in submerged currents, the flow profile has high turbulence. In this research, with the assumption of free flow, the equations governing the amount of flow through the gate were extracted (Swamee, 1992). Bubble rubber was used to seal the gate and minimizing water loss. In order to open and close the gates, all the forces acting on the gate should be considered, which include the weight of the gate, the buoyancy force related to the submerged part, the frictional forces in the hinges and the downward (or lifting) forces (Paulo, 2014). Electromotor, encoder, ultrasonic sensor, inverter, and PLC were used to mechanize the gate. An ultrasonic sensor was applied to read the water level. All the computations of the gate-opening rate are performed by the PLC and then the instructions are transmitted to the electromotor. The encoder is connected to the electromotor and, according to the computations, controls the number of motor revolutions for a given opening rate. The TIA Portal environment used to control the gate motion system. The program written in the TIA Portal environment includes all the settings related to the flow discharge, gate opening, sensitivity of the ultrasonic sensor, and gate-opening rate to provide the flexibility of the gate in real conditions.

3. Results

The gate must be evaluated in the laboratory for using it in practice. Therfore, the gate was calibrated under different flow rates. Considering that the calculations of the gate opening rate are based on the theoretical equation, the values obtained in the laboratory will be different from the values provided by the theoretical equations. In this research, by performing several tests for various flow rates from the gate and accurate measurement of the flow rate of the main channel and the secondary channel, the theoretical relationship was calibrated for the gate opening. The results of the experiments show a relatively high difference of about 1 to 3 l/s between measured and estimated flow rate. Therefore, it was tried to calibrate the theoretical relationship based on the experiments. In order to calibrate the constructed sluice gate according to the obtained equation, several experiments were used and finally, the coefficient of 0.625 was obtained as a correction coefficient. The coefficient of determination and root mean square error for the calibrated equation were calculated to be 0.97 and 0.66, respectively. A comparison of the root mean square error in the two cases (with and without calibration coefficient) showed that the use of the correction factor has improved the performance of the proposed equation for estimating the flow rate under the gate.

4. Discussion and Conclusion

In this study, an automatic gate was used to increase the accuracy of the flow rate passing under the gate without requiring a human agent to control it. The relationships provided to determine the gate opening based on the required flow rate are relatively complex and cannot be solved explicitly. Therefore, the MATLAB environment was used to solve these equations analytically. Based on the

design, various components were used in the gate, including a motor, gearbox, inverter, encoder, and PLC. TIA Portal was used in this study for communication between PLC and other mechanical parts. The programming environment is one of the most powerful automation programming languages. In addition, for sensor sensitivity, some solutions were provided to increase gate performance under real conditions. The results of the tests based on the modified equation show the proper performance of the automatic gate.

5. Six important references

1. Swamee, P. K. 1992. Sluice gate discharge equations. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 118: 56-60.

2. Wahlin, B. and D. Zimbelman. 2018. Canal Automation for Irrigation Systems: American Society of Civil Engineers Manual of Practice Number 131. Irrigation and Drainage, 67: 22-28.

3. Zahiri, J. and A. Jafari. 2019. Design and Fabrication of Electronic Irrigation Canal Gate. Khuzestan Water and Power Authority, Office of Applied Research.

4. Al Blair, P. E. 2010. Automated irrigation gates: maximizing water delivery while reducing water loss. Harlingen Irrigation District's Agricultural Water Conservation Grand from the Texas Water Development Board, University of North Texas Libraries, The Portal to Texas History, UNT Libraries Government Documents Department.

5. Paulo, C. E. 2014. Design of hydraulic gates, CRC Press, Boca Raton, Florida, United States.

6. Masseroni, D., P. Moller, R. Tyrell, M. Romani, A. Lasagna, G. Sali, A. Facchi and C. Gandolfi. 2018. Evaluating performances of the first automatic system for paddy irrigation in Europe. Agricultural Water Management, 201: 58-69.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to Great Karun Irrigation and Drainage Network Utilization Company for financial support.

نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال سیزدهم. شماره چهل و نه. پاییز ۱۴۰۱

طراحی و ساخت دریچه الکترونیکی کانال‌های آبیاری

جواد ظهیری[1*] و احمد جعفری[2]

تاریخ ارسال:۱۳۹۹/۰۶/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۳۰

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

دریچه‌های تنظیم سطح آب و کنترل دبی از مهمترین بخش‌های هر شبکه آبیاری به حساب می‌آیند که اغلب پس از بهره‌برداری دچار مشکل شده و تنظیم دقیق میزان دبی عبوری از طریق این دریچه‌ها تقریبا غیرممکن می‌گردد. مکانیزه کردن دریچه‌های سیستم‌های آبیاری سطحی تا حد زیادی می‌تواند باعث صرفه‌جویی در میزان آب مصرفی و افزایش راندمان گردد. بر همین اساس در این طرح سعی گردید با استفاده از تکنولوژی‌های نوین، دریچه‌ای طراحی و ساخته شود که با توجه به میزان دبی تعریف شده و سطح آب بالادست بتواند به صورت هوشمند عمل کرده و دبی مورد نظر را از خود عبور دهد. برای آب‌بندی دریچه از لاستیک‌های آب‌بند حبابی شکل استفاده گردید تا میزان هدررفت آب به کمترین مقدار خود برسد. قطعات مورد استفاده جهت مکانیزه کردن دریچه شامل: موتور، انکودر، سنسور التراسونیک، اینورتر و PLC می‌باشند. تمامی محاسبات مربوط به میزان بازشدگی دریچه توسط PLC انجام می‌گیرد و پس از آن دستورات لازم به الکتروموتور منتقل می‌شود. انکودر به موتور متصل بوده و با توجه به محاسبات صورت گرفته تعداد دورهای موتور را برای میزان بازشدگی مشخص کنترل می‌کند. جهت کنترل سیستم حرکتی دریچه از محیط TIA Portal استفاده گردید. برنامه نوشته شده در محیط TIA Portal کلیه تنظیمات مربوط به میزان دبی عبوری، میزان بازشدگی دریچه و حساسیت سنسور التراسونیک و دریچه را شامل می‌شود. برنامه به‌گونه‌ای نوشته شده است که بتواند انعطاف‌پذیری دریچه در شرایط واقعی را تامین نماید. جهت بررسی میزان دقت دریچه، از مدل آزمایشگاهی استفاده گردید. با توجه به آزمایشات صورت گرفته، رابطه به‌دست آمده جهت میزان بازشدگی دریچه کالیبره گردید. ضریب تعیین و ریشه میانگین مربعات خطا برای معادله اصلاح شده به ترتیب برابر با ۰/۹۷ و ۰/۶۶ محاسبه گردید که نشان‌دهنده عملکرد مناسب دریچه خودکار ساخته شده بر اساس رابطه اصلاح شده می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: شبکه آبیاری، راندمان، PLC، محیط TIA Portal

[1*] دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران، تلفن تماس: ۰۹۱۶۶۵۳۱۸۹۶، j.zahiri@asnrukh.ac.ir (نویسنده مسئول)

[2] استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران، تلفن تماس: ۰۹۱۳۱۲۶۱۳۵۰، jafary_ahmad@yahoo.com

مقدمه

نیاز رو به افزایش به مواد غذایی و محدودیت منابع، کشورهای واقع در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا را به سمت استفاده بهتر از منابع آب و خاک سوق داده است. در این میان بیشترین مصرف آب مربوط به بخش کشاورزی است که بیشترین میزان تلفات آب را داراست. بر همین اساس، این بخش بیشترین توجه محققان جهت اصلاح و بهبود بهره‌وری آب را به خود معطوف نموده است (منعم و کیاپاشا، ۱۳۸۷).

امروزه سطح وسیعی از کشتزارهای دنیا به‌وسیله شبکه‌های آبیاری تغذیه می‌شوند، اما بهره‌وری بسیاری از این شبکه‌ها در سطح مطلوب نبوده و متخصصین امر درپی چاره‌جویی برای حل این مسئله می‌باشند. درکشور ایران نیز بسیاری از شبکه‌های آبیاری موجود، با مشکلات متعددی هم از نظر فنی و هم از نظر مدیریتی روبرو می‌باشند که نتیجه آن کاهش عملکرد این شبکه‌ها می‌باشد (ظهیری و جعفری، ۱۳۹۷). براساس گزارش‌های ارائه شده، بین سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۱ و سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۴ راندمان شبکه‌های آبیاری کل کشور به ترتیب ۳۶ و ۴۳/۸ درصد بوده است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۵). وجود مشکلاتی مانند عملکرد دور از انتظار شبکه‌های آبیاری در توزیع به موقع و کافی بین واحدهای زراعی، به دلیل استفاده از روش‌های بهره‌برداری سنتی، همواره به عنوان دغدغهٔ بهره‌برداران و مدیران شبکه‌های آبیاری بوده است (یلتقیان خیابانی و همکاران، ۱۳۹۸). ارائه راهکارهای کاربردی که بر پایه اصول علمی و فنی استوار باشد می‌تواند به بهبود عملکرد این‌گونه شبکه‌ها کمک نماید. مسائل و مشکلات شبکه‌های آبیاری و زهکشی جنبه‌های گوناگونی دارد و در شبکه‌های مختلف ممکن است متفاوت باشد. این تفاوتها از اختلاف موجود در نحوه مدیریت، نوع سازه‌های کنترل کننده جریان آب و غیره ناشی می‌شود (شاهرخ‌نیا و زارع، ۱۳۹۳). کارشناسان و متخصصان شبکه‌های آبیاری و زهکشی و مدیران مدیریت منابع آب نزدیک به ۵۰ سال به فکر استفاده از تکنولوژی‌های نوین جهت افزایش راندمان، اصلاح ساختارها و کاهش تلفات انتقال و تحویل آب بوده و به دنبال ایمنی و انعطاف‌پذیری بیشتر سیستم‌های انتقال آب می‌باشند (Wahlin and Zimbelman, 2018). سازه‌های کنترل کننده جریان در شبکه‌های آبیاری عمدتا مهمترین و حساس‌ترین اجزای یک شبکه را تشکیل داده و عملکرد ضعیف این سازه‌ها می‌تواند بر عملکرد کلی شبکه‌های آبیاری تاثیر به‌سزایی داشته باشد. دریچه‌ها و سرریزها از مهمترین سازه‌های تنظیم‌کننده جریان بوده که کاربرد وسیعی در شبکه‌های آبیاری دارند. متاسفانه عملکرد این سازه‌ها در شرایط مختلف می‌تواند تحت تاثیر قرار گرفته و به مرور زمان و بر اثر دخالت عوامل انسانی و غیر انسانی کاهش یابد. عوامل خارجی و یا ناخواسته می‌توانند بر دبی آبگیرها و یا دیگر سازه‌های کنترلی شبکه اثرگذار باشند و توزیع آب در یک شبکه را تحت تأثیر خود قرار دهند. یکی از مشکلات اساسی شبکه‌های آبیاری سطحی، راندمان پایین در دبی تحویلی به قطعات زراعی است که با استفاده از تکنیک‌های مکانیزه کردن بعضی از قطعات می‌توان میزان راندمان را به نحو چشمگیری افزایش داد. یکی از بهترین نقاط برای شروع، دریچه‌ها هستند (Al Blair, 2010). در زمینه خودکار کردن سیستم‌های آبیاری، تحقیقات متعددی صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به ریجو و آرانجا (Rijo and Arranja, 2010) اشاره کرد. در این تحقیق به بررسی سیستم SCAD[1] نصب شده بر روی کانال MC12 در پرتقال و کنترل‌کننده‌های قرار گرفته بر روی آن پرداخته شده است. نوع کنترل‌کننده‌های نصب شده بر روی کانال با توجه به ظرفیت طراحی کانال و میزان ریسک خطای کنترل‌کننده‌های جریان ورودی انتخاب شدند. نتایج به‌دست آمده نشان‌دهنده افزایش راندمان سیستم انتقال مکانیزه شده می‌باشد. از دیگر سیستم‌های آبیاری خودکار می‌توان به سیستم مکانیزه Harlingen در ایالت تگزاس اشاره کرد که زیر نظر سازمان توسعه آب ایالت تگزاس[2]

[1] Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)

[2] Texas Water Development Board

مورد بهره‌برداری قرار گرفت (Al Blair, 2010). در این سیستم از دریچه‌های خودکار، سنسورهای قرائت سطح آب و سنسورهای مانیتورینگ رطوبت خاک استفاده گردید. با توجه به گزارش اقتصادی ارائه شده، هزینه ۵ دریچه خودکار برابر با ۱۷۸۰۰۰ دلار شده که با این حساب هزینه هر دریچه کشویی خودکار در این طرح برابر با ۳۵۶۰۰ دلار خواهد شد ولی با این حال، این دریچه‌ها به عنوان دریچه-های ارزان قیمت در نظر گرفته شده‌اند. نتایج گزارشات ارائه شده نشان می‌دهد که وجود سیستم کنترل از راه دور و دریچه‌های خودکار می‌تواند تا ۹۹٪ از تلفات ناشی از سرریز شدن کانال جلوگیری نماید. علاوه بر این کنترل کردن دریچه‌ها از راه دور به میزان قابل توجهی توانسته است در میزان نیروی کار مورد نیاز جهت اعزام به سایت و تنظیم دریچه‌ها صرفه‌جویی نماید.

نقائی و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی شرایط مختلف هیدرولیکی و اجرایی که ممکن است دریچه سالونی، تحت آن‌ها مورد بهره‌برداری قرار گیرد، پرداختند. علاوه بر این روابط هیدرولیکی سازه در کلیه حالات کاربردی در قالب شرایط مدل هیدرودینامیک ICSS تدوین و سپس با آن تلفیق گردید و مورد آزمون قرار گرفت. مدل توسعه داده شده توسط داده‌های آزمایشگاهی مورد صحت‌سنجی قرار گرفت که در آن حداکثر خطای عمق برابر با ۶٪ برآورد گردید. خضرلو و وطن‌خواه (۱۳۹۸) با استفاده از برداشت-های آزمایشگاهی روی دریچه‌های دو سرریز اوجی با ارتفاع مختلف و نیز با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی مدل سرریز دریچه‌دار پروژه کنترل آب فلوریدای جنوبی و مرکزی، روابطی برای تعیین حدود تبدیل و تعیین آبگذری در شرایط مختلف ارائه نمودند. نتایج بررسی این محققین نشان می‌دهد هنگامی که عمق بالادست از حدود ۱/۴۶ برابر بازشدگی دریچه افزایش یابد، شرایط جریان از حالت کنترل نشده به حالت کنترل شده (روزنه) تبدیل می‌شود. مازرونی و همکاران (Masseroni et al., 2018) به بررسی راندمان هیدرولیکی و اقتصادی اولین مزرعه آبیاری خودکار و کنترل از راه دور برنج در اروپا که در ایتالیا قرار گرفته، پرداختند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد استفاده از دریچه‌های اتوماتیک و کنترل از راه دور در سیستم آبیاری سطحی مورد استفاده به نحو چشمگیری می‌تواند باعث افزایش راندمان سیستم و کاهش چشمگیر نیروی کار مورد نیاز - گردد. لیو و همکاران (۲۰۱۸) با ترکیب ساختارهای هیدرولیکی متداول و تکنولوژی‌های جدید، حالتی از دریچه کشویی شناور را جهت کنترل دقیق‌تر جریان توسعه دادند. علاوه بر این معادله جدیدی جهت محاسبه دبی عبوری از زیر دریچه ارائه شده است. بررسی نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که در بازه‌های مورد آزمایش و در شرایط جریان آزاد، معادله پیشنهادی از کارایی بالاتری در مقایسه با معادلات متداول برخوردار است.

در این تحقیق سعی گردیده است با توجه به اهمیت نقش دریچه‌ها در میزان راندمان شبکه‌ها، با طراحی و ساخت یک دریچه الکترونیکی میزان دقت این سازه را افزایش داده و عامل خطای انسانی در باز و بسته کردن دریچه حذف شود. علاوه بر این سیستم مورد نظر قابلیت قرارگیری بر روی دریچه‌های موجود در شبکه‌های آبیاری را نیز داشته باشد. هرچند دریچه در مقیاس آزمایشگاهی ساخته شده است ولی می‌توان با اصلاحات اندک آن‌را در کانال‌های آبیاری مورد استفاده قرار داد. بر این اساس در ابتدا دریچه کشویی و قطعات الکترونیکی آن طراحی شده و نصب گردید. پس از طراحی و ساخت دریچه از زبان برنامه‌نویسی TIA Portal جهت ارتباط بین قطعات سخت افزاری استفاده گردید. در نهایت جهت بررسی میزان کارایی و دقت دریچه از مدل آزمایشگاهی استفاده گردید.

مواد و روش‌ها

نیروی لازم جهت باز و بستن دریچه‌های کشویی

جهت باز و بسته کردن دریچه می‌بایستی کلیه نیروهای وارد بر دریچه در نظر گرفته شوند که این نیروها شامل وزن دریچه، نیروی شناوری مربوط به قسمت مستغرق، نیروهای اصطکاکی در لولاها و نیروهای پایین رونده (یا بالابرنده) می‌باشند (Paulo, 2014). از مهم‌ترین نیروهای ذکر شده، نیروی وزن دریچه و نیروهای اصطکاک بوده که می‌توان

نیروی لازم جهت بالا کشیدن (باز کردن) دریچه را به صورت زیر محاسبه نمود (بیرامی، ۱۳۷۶):

$$F_u = k_1 W + k_2 T \qquad (۱)$$

در این رابطه W وزن دریچه، T نیروی ناشی از اصطکاک، k_1=1.1 ضریب اطمینان برای اضافه شدن وزن دریچه به مرور زمان و در اثر چسبیدن آشغال و رسوبات است. k_2=1.2 ضریب اطمینان برای اضافه شدن نیروی اصطکاک به مرور زمان و در اثر زنگ زدن و فرسوده شدن دریچه می‌باشد. نیروی اصطکاک T ، بصورت زیر به‌دست می‌آید:

$$T = f F_1 \qquad (۲)$$

که f ضریب اصطکاک وF_1 نیروی فشار افقی آب بر دریچه است. واضح است که حداکثر نیروی لازم جهت بالا کشیدن دریچه زمانی حاصل می‌شود که دریچه کاملاً بسته باشد. نیروی لازم برای پایین آوردن (بستن) دریچه کشویی عمودی (F_d) را نیز می‌توان به صورت زیر محاسبه نمود:

$$F_d = k'(k_2 T - k_1 W) \qquad (۳)$$

که k' به عنوان ضریب اطمینان ۱/۲۵ درنظر گرفته می‌شود. حداکثر نیرو در این‌حالت زمانی لازم می‌شود که دریچه در نزدیکی‌های کف و در آخرین لحظه بسته شدن باشد. در این تحقیق از دریچه‌ای به ابعاد ۳۰×۳۴/۶ سانتیمتر که از ورق استیل با ضخامت ۵ میلیمتر ساخته شده است، استفاده گردید. با در نظر گرفتن ضریب افت اصطکاکی برای ورق استیل (۰/۵)، مقدار نیروی لازم جهت باز و بسته کردن دریچه به ترتیب نزدیک به ۳۰۰ و ۱۰۰ نیوتن خواهد شد. مقادیر نیروهای به‌دست آمده جهت انتخاب موتور مورد استفاده قرار گرفت.

اندازه‌گیری دبی از زیر دریچه کشویی

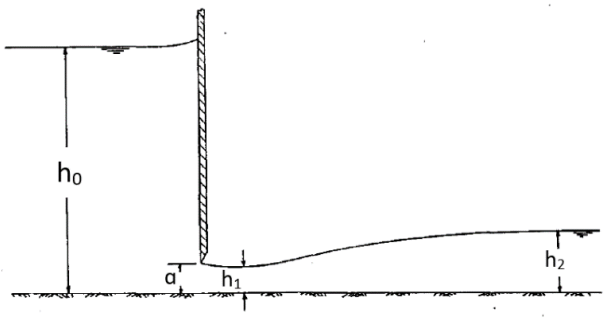
یکی از مهمترین وظایف دریچه‌ها کنترل دبی خروجی است، بر همین اساس تخمین دبی عبوری از زیر دریچه‌ها یکی از مسائل مهم هیدرولیک است. معمولا در نسبت‌های بالای عمق جریان بالادست به ارتفاع بازشدگی دریچه، جریان آزاد در پایین دست دریچه اتفاق می‌افتد (شکل (۱)). جریان مستغرق در پایین دست معمولا زمانی اتفاق می‌افتد که نسبت ذکر شده کم باشد. در جریان آزاد معمولا پروفیل جریان حالت صاف داشته در حالیکه در جریان‌های مستغرق، پروفیل جریان دارای تلاطم بالایی است. در این تحقیق با فرض جریان آزاد، معادلات حاکم بر میزان دبی عبوری از زیر دریچه استخراج گردید (Swamee, 1992):

$$Q = c_d a b \sqrt{2 g h_0} \qquad (۴)$$

که در این رابطه Q دبی جریان دریچه کشویی (m^3/s)، c_d ضریب دبی جریان، a میزان بازشدگی دریچه (m)، b عرض دریچه (m)، g شتاب ثقل (m/s^2) و h_0 ارتفاع جریان در بالادست دریچه (m) است. در حالت جریان آزاد، با نوشتن معادله انرژی و بدون در نظر گرفتن افت انرژی، رابطه زیر حاصل می‌شود (بیرامی، ۱۳۷۶):

$$c_d = c_c \sqrt{\frac{1}{1 + c_c (a/h_0)}} \qquad (۵)$$

در این رابطه c_c ضریب فشردگی جریان بوده و براساس نظر هندرسون (Henderson, 1966) مقدار این ضریب در دریچه‌های کشویی ۰/۶۱۱ می‌باشد.



شکل (۱): جزئیات عبوری جریان از زیر دریچه کشویی در حالت آزاد (Swamee, 1992)

با جایگذاری معادله (۵) در معادله (۴)، معادله نسبتا پیچیده‌ای به‌دست می‌آید که می‌توان از آن جهت محاسبه میزان بازشدگی دریچه با توجه به دبی عبوری و ارتفاع سطح آب استفاده نمود. در این تحقیق از زبان برنامه‌نویسی MATLAB جهت حل تحلیلی معادله به دست آمده استفاده گردید که نتیجه حل تحلیلی آن به صورت زیر است:

$$a = \frac{25\left(Q\sqrt{Q^2 + 8gb^2h_0^3} + Q^2\right)}{(61 \times b^2 g h_0^2)} \qquad (۶)$$

اجزای دریچه الکترونیکی

جهت ساخت و مکانیزه کردن دریچه کشویی قطعات متعددی مورد نیاز است که هر کدام وظیفه خاص و منحصر به فردی را انجام می‌دهد. اجزاء و قطعات مورد استفاده شامل موارد زیر است:

- سازه بدنه دریچه کشویی
- کنترل‌گر منطقی (PLC)
- موتور همراه با ترمز و گیربکس حلزونی
- درایو تک فاز به ۳ فاز
- ارتفاع‌سنج التراسونیک
- انکودر Incremental
- مانیتورینگ

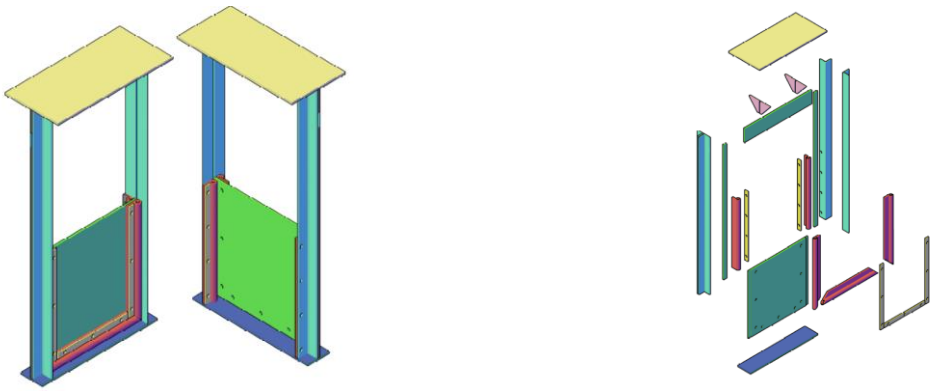
یکی از مهمترین اجزای به‌کار رفته در دریچه الکترونیکی، PLC یا کنترل‌گر منطقی برنامه‌پذیر بوده که به زبان ساده دستگاهی است با قابلیت برنامه‌ریزی از نوع منطقی که می‌توان داده‌هایی را به عنوان ورودی به دستگاه ارائه کرد، روی آن‌ها پردازش انجام داد و در نهایت خروجی‌هایی را کنترل کرد یا نمایش داد.کنترلر انتخابی برای انجام پروژه، PLC S7 1200 بوده که از کارت‌های دیجیتال ورودی و خروجی و آنالوگ ورودی به شرح ذیل استفاده شده است: دو سیگنال دیجیتال ورودی برای حرکت انکودر، سیگنال دیجیتال ورودی برای سنسور القایی تشخیص دریچه برای ایمنی کار و حرکت نکردن دریچه در رنج خارج از محدوده تعریف شده، فرمان چپ‌گرد- راست-گرد و توقف برای موتور مورد استفاده با سیگنال‌های دیجیتال خروجی و سیگنال آنالوگ ورودی برای خواندن مقدار سطح تراز آب در بالادست. اتصال PLC S7 1200 به پنل یا کامپیوتر برای مانیتورینگ و تغییر مقدار دبی برای محاسبه میزان ارتفاع بازشدگی دریچه توسط کابل شبکه مهیا گردید. جهت کنترل میزان بازشدگی دریچه با توجه به دبی مورد نظر نیاز است که ارتفاع سطح آب در کانال اصلی قرائت شود. بر همین اساس نیاز به سنسور التراسونیک بوده تا بتواند ارتفاع سطح آب را قرائت کرده و در اختیار PLC قرار دهد. ارتفاع سنج مورد استفاده دارای مدل UC2000-30GM بوده و اطلاعات سطح آب را به صورت آنالوگ در اختیار PLC قرار می‌دهد. از دیگر اجزای به‌کار رفته ساخت دریچه، انکودر می‌باشد. به طور کلی انکودر به دستگاهی گفته می‌شود که یک حرکت مکانیکی (خطی و دورانی) را به سیگنال الکتریکی تبدیل کرده تا بتوان مشخصه‌های متفاوتی را از آن سیگنال مورد استفاده قرار داد. به طور ساده‌تر انکودر وسیله‌ای است که حرکت دورانی یا خطی را به سیگنال دیجیتالی ۰ یا ۱ تبدیل می-کند. انکودرها معمولا در سیستم‌های اتوماسیون و کنترلی در قسمتی نصب می‌شوند که بتوانند از فیدبک گرفته شده از خروجی را برای کنترلر ارسال کنند. پارامترهای سرعت، کنترل موقعیت و جهت چرخش شفت توسط انکودر مشخص می‌شوند. از مهمترین قسمت‌های دریچه الکترونیکی که به عنوان عامل حرکت دریچه به‌کار می‌رود، موتور است که از طریق گیربکس به دریچه متصل شده و قابلیت باز و بسته شدن دریچه را فراهم می‌نماید. جهت انتخاب موتور محاسبات مربوط به نیروی وارده به دریچه در نظر گرفته شد. براین اساس موتور با ۰/۱۸ اسب بخار و توان ۱۳۰ وات انتخاب گردید. گیربکس مورد استفاده نیز از نوع حلزونی بوده که دارای گشتاور خروجی ۱۸۰ دور بر دقیقه می‌باشد. از دیگر قطعات مورد استفاده، اینورتر یا درایو می-باشد. اینورترها و یا همان درایوها با توجه به پارامترهایی که در اختیار کاربر قرار می‌دهند، قابلیت‌های راه‌اندازی الکتروموتور را افزایش می‌دهند. یکی از مهمترین کاربردهای اینورتر، ذخیره‌سازی انرژی است. اینورتر جریان اولیه راه اندازی موتور را کاهش داده و در ازای ریتم عملکرد ثابت الکتروموتور، جریان مصرفی در حین کار را تا ۳۰ درصد

کاهش می‌دهد که این امر سبب کاهش مصرف برق توسط الکتروموتور می‌گردد. از طرفی به دلیل جلوگیری از شوک مکانیکی اولیه جهت راه اندازی الکتروموتور توسط اینورتر با توجه به افزایش زمان شیب راه اندازی الکتروموتور، هزینه-های استهلاک الکتروموتور نیز کاهش یافته و خود این امر نیز در بحث ذخیره‌سازی انرژی موثر می‌باشد.

در این تحقیق با توجه به ناکارآمد بودن طراحی‌های متداول موجود در زمینه آب‌بندی دریچه‌های کشویی سعی گردید که ازطراحی جدید جهت دریچه الکترونیکی استفاده گردد. این امر بویژه در زمینه استفاده از لاستیک‌های آب‌بند حبابی شکل کاملا مشهود است. بر اساس بازدیدهای صورت گرفته و نظرات کارشناسان، از مهمترین نقاط ضعف دریچه-های موجود نحوه آب‌بندی آن‌هاست. براین اساس طرح‌های مختلفی در زمینه آب‌بند کردن دریچه مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت استفاده از لاستیک‌های آب‌بند حبابی شکل به عنوان گزینه نهایی انتخاب گردید. یکی از مهم‌ترین محل‌های نشت آب از زیر دریچه‌ها بوده که با ساختار طراحی شده، سعی گردید تا میزان نشت آب به کمترین مقدار خود برسد. نمایی از دریچه مورد نظر که از جنس استیل طراحی شده است در شکل‌های (۲) و (۳) ارائه شده است. جنس استیل به دلیل مقاومت بالا در مقابل رطوبت و دیگر عوامل محیطی انتخاب گردید.

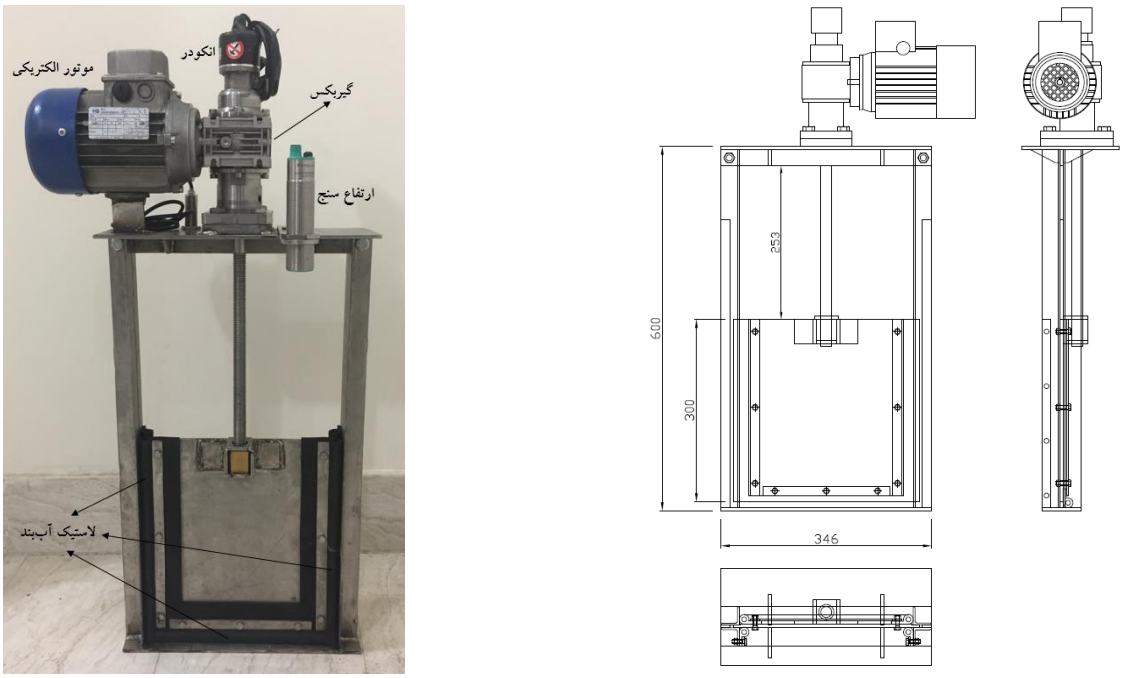
زبان اتوماسیون TIA Portal[1]

در این پروژه جهت برقراری ارتباط با سخت افزار از زبان برنامه‌نویسی TIA Portal استفاده گردید. این زبان جهت PLC های زیمنس طراحی شده و از قدرتمندترین زبان‌های اتوماسیون به حساب می‌آید. تمامی تنظیمات مربوط به حرکت دریچه و سنسور التراسونیک توسط این نرم-افزارکنترل می‌گردد. مدل این پروژه در ویندوز مجازی نوشته شده است تا بدون نیاز به نصب نرم‌افزار TIA Portal در هر سیستم کامپیوتری بتوان از آن استفاده نمود. جهت اجرای ویندوز مجازی از نرم‌افزار VMware Workstation Pro استفاده گردید که نرم‌افزار کم حجم و کاربردی در اجرای ویندوزهای مجازی به‌حساب می‌آید. برای برنامه‌نویسی در محیط TIA Portal لازم است سخت‌افزار و شبکه بین PLC و درایو پیکربندی شود. برای پیکربندی انکودر متصل به موتور لازم است تبدیل‌های لازم جهت قرائت دقیق میزان جابه‌جایی دریچه در محیط برنامه‌نویسی مربوطه انجام گیرد. همچنین حد بالا و پایین حرکت انکودر می‌بایستی در تنظیمات مربوطه صورت گیرد.



شکل (۲): ساختار شماتیک دریچه کشویی به همراه سیستم آب‌بندی حبابی شکل

[1] Totally Integrated Automation Portal



شکل (۳): ساختار شماتیک و واقعی به همراه ابعاد و قطعات دریچه ساخته شده (واحدها بر حسب میلیمتر است)

برای سنسور التراسونیک مقیاس‌بندی در محیط TIA Portal انجام گرفت. ترمینال‌های مربوط به حرکت قطعات باید به کانال‌های دیجیتال خروجی متصل شود و از آنجا آدرس مربوطه به برنامه مربوط به حرکت PLC منتقل گردد.

برای اینکه دریچه بتواند در شرایط واقعی بدون مشکل عمل کند می‌بایستی برنامه نوشته شده انعطاف‌پذیری بالایی داشته باشد. این انعطاف می‌بایستی در زمینه قرائت سطح آب بوسیله سنسور اولتراسونیک و میزان بازشدن دریچه وجود داشته باشد. با تغییرات عمق جریان در بالادست دریچه و یا تغییر دبی توسط کاربر، سنسور التراسونیک، عمق جریان را قرائت کرده و در اختیار PLC قرار می‌دهد. پس از محاسبات صورت گرفته در PLC، میزان بازشدگی دریچه با توجه به دبی معرفی شده توسط کاربر و عمق جریان در بالادست دریچه تعیین شده و تعداد دورهای موتور با توجه به گیربکس مورد استفاده محاسبه می‌گردد. بعد از این مرحله دستورات لازم به موتور داده شده و موتور شروع به حرکت می‌کند. حال با توجه به تغییرات لحظه‌ای عمق جریان تحت تاثیر باد و یا امواج ایجاد شده در طول کانال، می‌بایستی برنامه به‌گونه‌ای نوشته شود که تغییرات لحظه‌ای و ناچیز عمق جریان را لحاظ نکند. در غیر اینصورت موتور دریچه دائما در حال چرخش خواهد بود و بعد از مدتی دچار مشکل خواهد شد. همین امر در مورد میزان بازشدگی دریچه نیز صادق است. بر این اساس این قابلیت در برنامه نوشته شده، ایجاد گردیده است تا بتوان بازه تغییرات عمق جریان را بدون لحاظ کردن آن در محاسبات تعیین نمود. به عنوان مثال به صورت پیش فرض مقادیر حساسیت عمق جریان برابر با ۰/۰۱ و ۰/۰۱- قرار داده شده است. بر این اساس تغییرات سطح آب در بازه تغییرات ۰/۰۱ و ۰/۰۱- سانتیمتر نسبت به مقدار اندازه-گیری قبلی در نظر گرفته نمی‌شود. همین امکان در مورد باز و بسته شدن دریچه نیز در برنامه اعمال شده است.

مکانیزم حرکت دریچه الکترونیکی

برای حرکت دریچه و به تبع آن تنظیم مقدار دبی عبوری از زیر دریچه، دو پارامتر دبی عبوری از زیر دریچه و ارتفاع سطح آب در کانال اصلی مورد نیاز است. برای هر کدام نیاز به تعیین مقدار دقیق آن‌ها است که در این پروژه

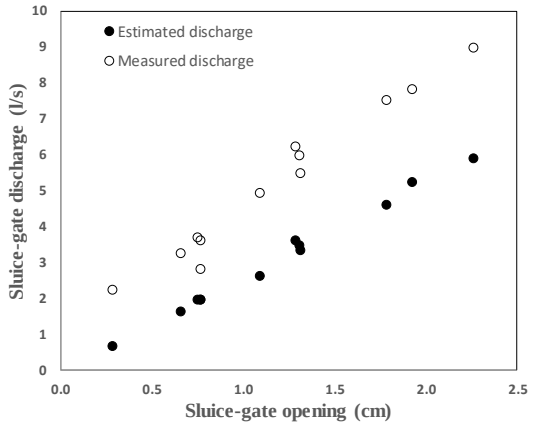
برای خواندن مقدار دقیق ارتفاع آب از سنسور التراسونیک استفاده شده است. مقدار دبی عبوری نیز به عنوان پارامتر ورودی بوده که توسط کاربر برای PLC معرفی می‌شود. جهت استفاده کاربردی از دریچه مورد نظر، برنامه TIA Portal در لپ‌تاپ نصب شده و از طریق محیط برنامه می‌توان علاوه بر تنظیمات کلی برنامه، مقدار دبی را وارد نمود. لپ‌تاپ از طریق کابل شبکه (LAN) به سیستم وصل می‌شود. پس از وارد نمودن دبی در محیط برنامه و قرائت سطح آب در کانال اصلی، PLC محاسبات لازم را با توجه به معادله (۶) و براساس ضریب گیربکس حلزونی مورد استفاده و گام پیچ به کار رفته در دریچه انجام می‌دهد. دستورات لازم به الکتروموتور انتقال داده شده و براساس حرکت موتور، دریچه به میزان مورد نیاز باز یا بسته می‌شود. در این پروژه برای کنترل بهتر و دقیق‌تر حرکت‌های چپ-گرد و راست‌گرد، موتور ۳ فاز القایی انتخاب گردید که برای تامین برق ۳ فاز و همچنین نصب فیوزها و کنتاکتورها در مسیر فرمان از مبدل درایو تک فاز به ۳ فاز استفاده شد.

نتایج و بحث

آزمایشات کالیبراسیون دریچه الکترونیکی

جهت استفاده عملی از دریچه می‌بایست دریچه ساخته شده در آزمایشگاه مورد ارزیابی قرار گیرد. مهم‌ترین هدف از این قسمت، کالیبراسیون میزان بازشدگی دریچه در دبی-های مختلف می‌باشد. با توجه به اینکه محاسبات میزان بازشدگی دریچه بر اساس روابط تئوری است، قاعدتاً مقادیر به‌دست آمده در آزمایشگاه با مقادیر ارائه شده توسط روابط مورد استفاده متفاوت خواهد بود. بر همین اساس هدف از انجام آزمایشات در این قسمت اصلاح رابطه تئوری ارائه شده (معادله (۶)) با توجه به اندازه‌گیری مقدار دبی خروجی از زیر دریچه خواهد بود.

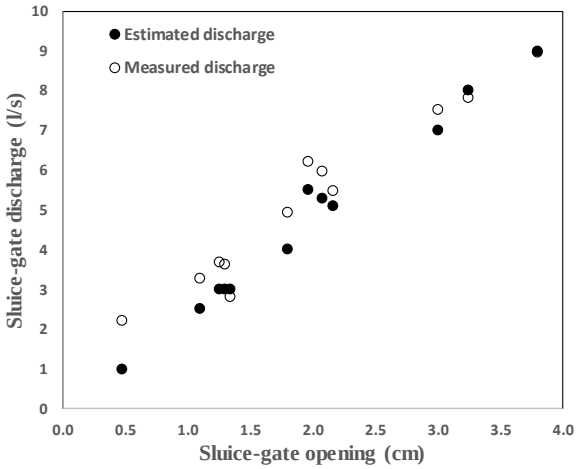
مقادیر دبی مورد آزمایش شده در بازه ۷ تا ۲۲ لیتر بر ثانیه بوده است که مربوط به مجموع دبی کانال اصلی و کانال فرعی است. در این تحقیق با انجام آزمایشات متعدد به ازای دبی‌های متنوع خروجی از دریچه و اندازه‌گیری دقیق دبی کانال اصلی و کانال فرعی اقدام به کالیبراسیون رابطه ارائه شده جهت میزان بازشدگی دریچه گردید. نتایج دبی عبوری از دریچه با مقادیر به‌دست آمده از رابطه (۶) در شکل (۴) ارائه شده است. همانطور که در شکل (۴) مشخص است، اختلاف نسبتا بالایی حدود ۱ تا ۳ لیتر میان مقادیر دبی عبوری از زیر دریچه و دبی محاسبه شده از رابطه (۶) مشاهده می‌شود. بر همین اساس سعی گردید تا رابطه (۶) بر اساس آزمایشات صورت گرفته کالیبره شود.



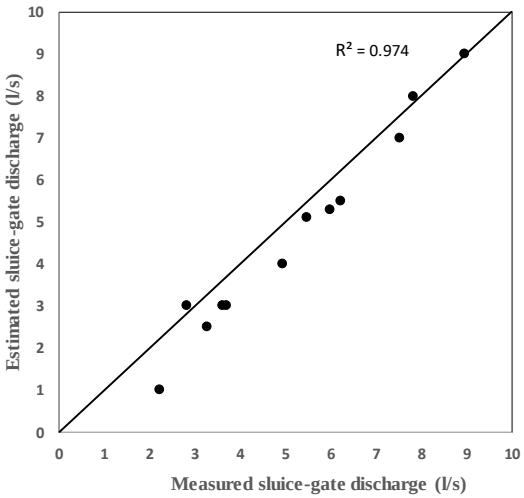
شکل (۴): مقایسه مقادیر دبی اندازه‌گیری شده و دبی محاسبه شده براساس میزان بازشدگی دریچه

با انجام آزمایشات متعدد در نهایت ضریب ۰/۶۲۵ برای رابطه ارائه شده جهت تعیین میزان بازشدگی دریچه محاسبه گردید. نتایج مربوط به رابطه اصلاح شده در شکل (۵) نشان داده شده است. در این شکل مقادیر دبی اندازه-گیری شده و محاسبه شده با استفاده از رابطه اصلاح شده بر اساس میزان بازشدگی دریچه نشان داده شده است. در مقایسه با شکل (۴)، در شکل (۵)، مقادیر دبی به دست آمده از رابطه اصلاح شده مطابقت بهتری با مقادیر دبی اندازه‌گیری شده دارند. جهت بررسی دقت رابطه اصلاح شده از نمودار ۶ استفاده گردید. در این نمودار دبی‌های اندازه-گیری شده و محاسبه شده در دو محور x و y مورد استفاده قرار گرفته است. همانگونه که در این شکل دیده می‌شود، همبستگی مناسبی میان دبی‌های مشاهداتی و محاسباتی

مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده مناسب بودن ضریب کالیبراسیون دریچه کشویی می‌باشد.



شکل (۵): مقایسه دبی‌های اندازه‌گیری شده و محاسبه شده با ضریب اصلاحی براساس میزان بازشدگی دریچه



شکل (۶): تطابق مقادیر دبی عبوری از زیر دریچه و دبی محاسبه شده با رابطه اصلاحی

جهت بررسی دقیق‌تر رابطه پیشنهادی با ضریب اصلاحی، علاوه بر ضریب تعیین از ریشه میانگین مربعات خطا نیز استفاده گردید. نتیجه تحلیل‌های آماری صورت گرفته در جدول (۱) ارائه شده است. با توجه به محاسبات صورت گرفته، ضریب تعیین در دو حالت محاسبه دبی از رابطه (۶) بدون ضریب اصلاحی و با ضریب اصلاحی تغییری نداشته است. این در حالی است که ریشه میانگین مربعات خطا به میزان بیشتر از سه برابر کاهش داشته است که نشان‌دهنده تاثیر کالیبراسیون دریچه بر میزان دقت دبی عبوری از زیر دریچه می‌باشد.

جدول (۱): تحلیل آماری صورت گرفته بر روی میزان دبی عبوری از زیر دریچه

ردیف	دبی عبوری از زیر دریچه	متغیر آماری R^2	متغیر آماری RMSE
۱	بر اساس معادله (۶)	۰/۹۷	۲/۲۲
۲	بر اساس معادله (۶) با ضریب اصلاحی	۰/۹۷	۰/۶۶

نتیجه‌گیری

دبی جریان در کانال‌های آبیاری اغلب توسط دریچه‌های کشویی صورت می‌گیرد که عمدتاً به صورت دستی تنظیم شده و از دقت بسیار پایینی برخوردار می‌باشند. برهمین اساس در طرح صورت گرفته با هدف افزایش دقت میزان دبی عبوری از زیر دریچه و عدم نیاز به عامل انسانی جهت کنترل آن، از سیستم هوشمند جهت طراحی دریچه استفاده شده است. روابط ارائه شده جهت تعیین میزان بازشدگی دریچه بر اساس دبی مورد نیاز مورد استفاده نسبتاً پیچیده بوده و به صورت صریح قابل حل نمی‌باشند، بر همین اساس از محیط متلب جهت حل تحلیلی این معادلات استفاده گردید. براساس طراحی صورت گرفته اجزای مختلفی در دریچه مورد استفاده قرار گرفته است که از آن جمله می‌توان به موتور، گیربکس، اینورتر، انکودر و PLC اشاره نمود. محیط برنامه‌نویسی مورد استفاده در این مطالعه جهت ارتباط بین PLC و سایر قطعات مکانیکی، TIA Portal بوده که از جمله قوی‌ترین زبان‌های برنامه-نویسی اتوماسیون به حساب می‌آید. علاوه بر این در زمینه حساسیت سنسور نسبت به شرایط واقعی، راهکارهایی ارائه شده است تا عملکرد دریچه تحت شرایط مختلف کاهش نیابد. جهت کالیبراسیون دریچه ساخته شده با توجه به معادله به‌دست آمده، از آزمایشات متعددی استفاده گردید که در نهایت ضریب ۰/۶۲۵ برای رابطه مورد نظر به‌دست آمد. با توجه به ضریب کالیبراسیون به‌دست آمده، مقدار ریشه میانگین مربعات خطا برای معادله اصلاح شده بر اساس آزمایشات صورت گرفته برابر با ۰/۶۶ محاسبه گردید. مقایسه ریشه میانگین مربعات خطا در دو حالت نشان می-دهد که استفاده از ضریب اصلاحی باعث بهبود عملکرد معادله پیشنهادی جهت برآورد دبی عبوری از زیر دریچه گردیده است.

قدردانی

این تحقیق با حمایت مالی شرکت بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی کارون بزرگ در قالب پروژه تحقیقاتی به شماره ۳۳/۹۶/۱۰۴ صورت پذیرفته است. بدین وسیله نویسندگان مقاله تشکر خود را از این شرکت اعلام می‌دارند

منابع

بیرامی، م. ک. ۱۳۷۶. سازه‌های انتقال آب، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، مرکز نشر.

خضرلو، ا. و ع. وطن‌خواه. ۱۳۹۸. تحلیل آبگذری و شرایط جریان در سرریزهای دریچه‌دار کشویی. تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی، شماره ۷۶، ص ۳۶-۱۷.

شاهرخ نیا، م. ع و ا. زارع. ۱۳۹۳. بررسی فنی و اقتصادی پوشش کانال‌های آبیاری شهرستان داراب. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۱، جلد ۸، ص ۵۰-۴۲.

ظهیری، ج و ا. جعفری. ۱۳۹۷. طراحی و ساخت دریچه الکترونیکی کانال‌های آبیاری. طرح تحقیقاتی سازمان آب و برق خوزستان.

عباسی، ف.، ف. سهراب و ن. عباسی. ۱۳۹۵. ارزیابی وضعیت راندمان آب آبیاری در ایران. تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی، شماره ۱۷، ص ۱۲۰-۱۱۳.

منعم، م. و م. کیاپاشا. ۱۳۸۷. توسعه مدل ریاضی سیستم کنترل فازی پایین دست در کانال‌های آبیاری. نشریه هیدرولیک، شماره ۳۴، ص ۲۶-۱۳.

نقائی، ر.، م. ج. منعم و م. هاشمی شاهدانی. ۱۳۹۵. بررسی شرایط مختلف هیدرولیکی و بهره‌برداری دریچه سالونی و توسعه مدل ریاضی سازه در انطباق با مدل هیدرودینامیک ICSS. مجله آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۱، جلد ۱۰، ص ۳۵-۲۴.

یلتقیان خیابانی، م.، س. م. هاشمی شاهدانی، م. ا. بنی حبیب و ی. حسنی. ۱۳۹۸. ارزیابی عملکرد سامانه‌های کنترل خودکار در بهبود عدالت توزیع آب در کانال اصلی آبیاری متأثر از نوسانات ورودی. تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی، شماره ۲۰، ص ۹۲-۷۵.

Al Blair, P. E. 2010. Automated irrigation gates: maximizing water delivery while reducing water loss. Harlingen Irrigation District's Agricultural Water Conservation Grand from the Texas Water Development Board, University of North Texas Libraries, The Portal to Texas History, UNT Libraries Government Documents Department.

Henderson, F. M. 1966. Open channel flow. MacMillan Company, New York.

Liu, H., X. He , L. Qiu, J. Chen, Y. Han and Y. Li. 2018. A Systematic Design Approach of a Float Type Sluice Gate for Flow Measurement Automation. IFAC-PapersOnLine, 51(17): 304-308.

Masseroni, D., P. Moller, R. Tyrell, M. Romani, A. Lasagna, G. Sali, A. Facchi and C. Gandolfi. 2018. Evaluating performances of the first automatic system for paddy irrigation in Europe. Agricultural Water Management, 201: 58-69.

Paulo, C. E. 2014. Design of hydraulic gates, CRC Press/Balkema, Boca Raton, Florida, United States.

Rijo, M. and C. Arranja 2010. Supervision and water depth automatic control of an irrigation canal. Journal of irrigation and drainage engineering, 136: 3-10.

Swamee, P. K. 1992. Sluice gate discharge equations. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 118: 56-60.

Wahlin, B. and D. Zimbelman. 2018. Canal Automation for Irrigation Systems: American Society of Civil Engineers Manual of Practice Number 131. Irrigation and Drainage, 67: 22-28.

Design and Construction of Electronic Irrigation Canal Gate

Javad Zahiri[1*], Ahmad Jafari[2]

Abstract

Water level and flow control gates are the most important parts of any irrigation network. Most of the gates located in the irrigation networks face problems after the operation. While mechanizing gates for surface irrigation systems can greatly save water consumption and increase water efficiency. In this project, it was tried to design and construct a gate using modern technologies, which can be intelligently operated and able to pass the desired discharge. Bubble rubber was used to seal the gate and minimizing water loss. Electromotor, encoder, ultrasonic sensor, inverter, and PLC were used to mechanize the gate. An ultrasonic sensor was applied to read the water level. All the computations of the gate-opening rate are performed by the PLC and then the instructions are transmitted to the electromotor. The encoder is connected to the electromotor and, according to the computations, controls the number of motor revolutions for a given opening rate. The TIA Portal environment used to control the gate motion system. The program written in the TIA Portal environment includes all the settings related to the flow discharge, gate opening, sensitivity of the ultrasonic sensor, and gate-opening rate to provide the flexibility of the gate in real conditions. In order to calibrate the constructed sluice gate according to the obtained equation, several experiments were used and finally, the coefficient of 0.625 was obtained as a correction coefficient. The coefficient of determination and root mean square error for the calibrated equation were calculated to be 0.97 and 0.66, respectively. These results showed the suitable performance of the automatic gate based on a calibrated equation.

Keywords: Irrigation network, Water efficiency, PLC, TIA Portal environment

[1*] Associate Professor, Department of Water Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Iran, Tel: +989166531896, Email: j.zahiri@asnrukh.ac.ir

[2] Assistant Professor, Department of Water Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Iran, Tel: +989131261350, Email: jafary_ahmad@yahoo.com