تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی/جلد ۲۱/ شماره ۷۹/ تابستان ۱۳۹۹/ص ۱۴۰-۱۲۹

مطالعهٔ آزمایشگاهی عملکرد شیر خودکار کنترل دبی در خطوط انتقال آب

نرگس مهری[۱]، محمد بی‌جن‌خان[۲*]

۱ و ۲- به‌ترتیب: دانش‌آموخته کارشناسی ارشد سازه‌های آبی؛ و استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام‌خمینی (ره)، قزوین، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۲۸، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۱۹

چکیده

استفاده از لوله برای انتقال آب، به‌جای شبکه‌های روباز، یکی از گزینه های انتقال آب است که امروزه در حال گسترش می‌باشد. این نوع انتقال آب با لوله عموماً با فشار کمتر از ۱/۵ اتمسفر همراه است و به‌نام انتقال آب در خطوط لولهٔ کم‌فشار شناخته می‌شود. انتقال آب با لوله‌های کم فشار می‌تواند تا حد زیادی از تلفات بی رویهٔ آب آبیاری جلوگیری کند. در این تحقیق، عملکرد نوعی شیرفلکهٔ خودکار تنظیم دبی برای تحویل حجمی آب به‌صورت آزمایشگاهی بررسی شده است. این ابزار بدون استفاده از تمهیدات الکترونیکی و تنها با انجام برخی اقدام‌های مکانیکی می‌تواند برای تحویل آب به‌صورت حجمی در خطوط انتقال آب در شبکه‌های کم‌فشار استفاده شود. برای این منظور، شیرهای کنترل ۵ و ۱۰ لیتر بر ثانیه به‌ترتیب در محدودهٔ فشار کارکرد ۱ تا ۱۰ متر و ۳ تا ۱۵ متر طراحی و ساخته شدند. با جایگذاری شیرفلکه‌ها در خطوط انتقال آب انتهاباز و انتهابسته، ضمن ایجاد نوسان‌های فشار در بالادست و پایین‌دست خط انتقال، عملکرد شیرهای کنترل دبی در توزیع جریان به‌صورت آزمایشگاهی بررسی و نشان داده شد که با وقوع نوسان‌های فشار در نقاط مختلف شبکه‌های انتهاباز و انتهابسته، میانگین دبی عبور یافته از شیرهای کنترل ۵ و ۱۰ لیتر بر ثانیه به‌ترتیب برابر با ۵/٤ و ۹/۹ لیتر بر ثانیه است. این امر نشان می‌دهد که شیر خودکار کنترل دبی قادر است بدون حساسیت نسبت به تغییرات فشار در شبکه‌های انتقال آب کم فشار، دبی تقریباً ثابتی به بهره برداران تحویل دهد.

واژه‌های کلیدی

تحویل حجمی، تقسیم عادلانهٔ آب، شبکه‌های آبیاری کم‌فشار

مقدمه

توزیع عادلانهٔ آب خصوصاً در شرایط کم‌آبی، اهمیت بالایی دارد. به‌منظور دستیابی به این هدف مهم، استفاده از سازه‌های کارآمد ضروری است، سازه‌هایی که در برابر تغییرات فشار در شبکه‌های آبیاری همواره دبی تقریباً ثابت و با حداقل اختلاف از دبی طراحی را تامین کنند. هر شبکهٔ آبیاری با ضوابط طراحی صحیح و ساختار مناسب، باید آب را با مقادیر و فشار مناسب در زمان تعیین شده و بدون هیچ گونه مشکل مدیریتی و عملیاتی به‌دست مصرف‌کنندگان برساند (Labye *et al*., 1988). همواره روش‌های بسیاری برای کنترل و مدیریت شبکه‌های آبیاری ارائه شده است. انعطاف‌پذیری برای بهینه‌سازی عملیات کشاورزی و حفظ پایدار منابع آب ضروری است (Merriam *et al*., 2007).

لوزانو و متئوس (Lozano & Mateos, 2008) نشان دادند که می‌توان به‌جای استفاده از خطوط انتقال آب روباز، از خطوط لولهٔ متصل به مخازن نگهداری استفاده کرد. در این حالت می‌توان آب را با فشار مناسب به مزارع رساند و در نتیجه بدون نیاز به پمپ، به آبیاری تحت فشار پرداخت. به‌طور کلی، تعیین دبی و میزان فشار (هد) در بالادست شبکهٔ آبیاری تحت فشار تقاضامحور، مسئله‌ای پیچیده است. در این راستا، آلاندی و همکاران (Alandi

* نگارندهٔ مسئول: Email: bijankhan@eng.ikiu.ac.ir

http://doi. 10.22092/idser.2020.341543.1423

(*et al.*, 2005) برای اندازه‌گیری مناسب و تنظیم ایستگاه‌های پمپاژ که آب را به شبکه‌های آبیاری تقاضامحور منتقل می‌کنند، یک ابزار پشتیبانی ارائه دادند. از طرف دیگر، برای رساندن آب به محصولات کشاورزی، انرژی لازم است. انرژی عاملی مهم برای تامین امنیت غذایی کشور است و برای کاربرد تکنیک‌های مدرن آبیاری لازم است. در بسیاری از موارد، هزینه‌های انرژی عاملی محدودکننده به‌شمار می‌آید و تلاش برای صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری می‌تواند به‌صورت غیرمستقیم باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی نیز بشود. بلاود و همکاران (Belaud *et al.*, 2019) با بررسی‌های فنی توانستند ابزارها و راه‌حل‌هایی مناسب در زمینهٔ بهره‌برداری بهینه از آب و انرژی ارائه دهند؛ این محققان به استفادهٔ دوگانه از شبکه‌های آبیاری به منظور تحویل آب و تولید انرژی تاکید کرده‌اند.

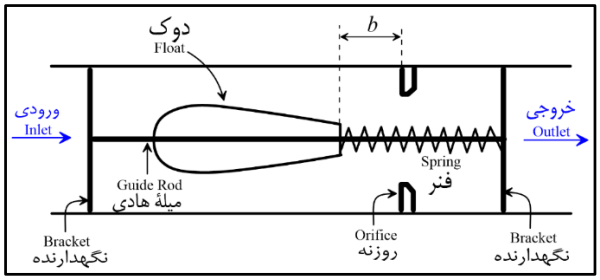
مدرن‌سازی شبکه‌های توزیع آبیاری بر مبنای بهره‌گیری از سیستم‌های تحت فشار، به‌جای کانال‌های رو باز، بسیار مورد توجه است (Farmani *et al.*, 2007). در سیستم‌های تحت فشار، برخلاف کانال‌های رو باز، به‌دلیل حذف نفوذ آب به داخل خاک و جلوگیری از تلفات ناشی از تبخیر آب، حجم آب تحویلی به کشاورزان بهتر کنترل می‌شود.

برای دستیابی به حداکثر یکنواختی توزیع در سیستم‌های انتقال آب، لازم است تا از سازه‌هایی استفاده شود که به نوسان‌های فشار (یا عمق آب) حساس نیستند. برای این منظور در کانال‌های روباز از دریچه‌های نیرپیک یا آبگیر روزنه‌ای با بار ثابت استفاده می‌شود (Bos, 1989). در خطوط انتقال آب تحت فشار نیز لازم است برای توزیع یکنواخت جریان، از سازه‌های کنترل‌کنندهٔ جریان استفاده کرد. گونگر و همکاران (Güngör *et al.*, 2019) با بررسی سیستم توزیع جریان در شهر دنیزلی و با به‌کارگیری روش‌ها و ابزارهای کنترل و مدیریت فشار، میزان تلفات آب را در شبکه‌های آبیاری کاهش دادند. آنها روشی ارائه کردند که با به‌کارگیری آن خرابی و نشت ناشی از فشار سیستم به حداقل رسانده شود؛ آنها رابطه‌ای بین فشار و میزان جریان ورودی به‌دست آوردند. در خطوط انتقال آب با لوله، شیرهای خودکار کنترل دبی می‌توانند به‌صورت موثر برای تحویل حجمی آب به‌کار روند. ژانگ و وانگ (Zhang & Wang, 2015) برای اولین بار طرح اولیهٔ یک شیر کنترل دبی موسوم به MCOP[1] را برای سیالات تراکم‌ناپذیر مطرح کردند. با توجه به شکل ۱، شیر کنترل دبی متشکل از یک دوک است که روی میلهٔ هادی قرار گرفته است که در میان صفحه‌ای روزنه‌دار به‌صورت محورگونه‌ای حرکت می‌کند. در قسمت پایین‌دست، دوک به یک فنر متصل شده که انتهای آن به نگهدارنده‌ای مثلثی شکل بسته شده است. میلهٔ هادی از هر دو طرف به واسطهٔ نگهدارنده‌ها ثابت می‌شود (Zhang & Wang, 2015). این شیرفلکه به نوسان‌های فشار در بالادست و پایین‌دست حساس نیست و تنها با یک سری اقدام‌های مکانیکی قادر است میزان جریان (۰/۴ لیتر بر ثانیه) را در محدودهٔ اختلاف فشار ۶ تا ۷۰ کیلو پاسکال، با انحراف ۴± درصد، ثابت نگهدارد.

رضازاده و همکاران (Rezazadeh *et al.*, 2019) به توسعهٔ محدودهٔ کاربرد شیر کنترل دبی پرداختند و این سازه را برای دبی‌های ۰/۴، ۰/۶ و ۰/۸ لیتر بر ثانیه در محدوده فشار کارکرد ۱ تا ۷ متر و ۱ تا ۲۰ متر طراحی کردند. برای این منظور، با بررسی میزان جریان عبوری از یک استوانهٔ سیلندری شکل، رابطه‌ای برای برآورد دبی بر اساس اختلاف فشار به‌دست آوردند و با بررسی نتایج به‌دست آمده، شکل دوک را طراحی کردند. آتش‌پرور و همکاران (Atashparvar *et al.*, 2019) نیز با توسعهٔ ضوابط طراحی شیرکنترل دبی برای ظرفیت‌های بالا، این سازه را برای دبی‌های ۵ و ۱۰ لیتر بر ثانیه به‌ترتیب در محدودهٔ فشار کارکرد ۱ تا ۱۰ متر و

1- Mechanical Choked Orifice Plate (MCOP)

۳ تـا ۱۵ متر طراحی کردنـد. عواملی مـانـنـد کـاهش قطر دوک یا تغییر در فاصـــلهٔ نصـــب دوک تا روزنه (b)، باعث اصـــلاح و نزدیـک شـــدن میزان جریـان به دبی، طراحی می‌شود.



شکل ۱- نمایی شماتیک از شیر کنترل دبی و اجزای آن

Fig. 1. Schematic view and components of discharge control valve

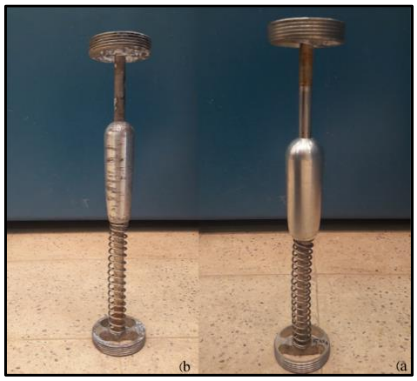
عواملی مانند توپوگرافی زمین و برداشـــت‌های مکرر و بعضاً غیرمجاز از شبکه باعث ایجاد نوسان‌های فشار زیادی در نقاط مختلف شـبکه می‌شود. در مصارف کشاورزی، این امر می‌توانـد تحویـل حجمی و توزیع عـادلانـهٔ آب را بـا دشواری‌های بسیاری روبه‌رو کند. در مطالعات پیشین تنها به ارائهٔ اصـــول طراحی این نوع شـــیرهای خودکار کنترل دبی، ابعاد و روش ساخت آنها پرداخته شده است. اما اخیراً اســـتفاده از لوله برای انتقال آب به‌جای شـــبکه‌های روباز بســـیار مورد توجه قرار گرفته اســـت. این نوع انتقال آب با لوله که عموماً با فشـــار کمتر از ۱ تا ۱/۵ اتمســـفر همراه است به‌نام انتقال آب در خطوط لولهٔ کم‌فشار می‌شناسند.

در تحقیق حاضـــر در نظر اســـت کاربرد این نوع شـــیر فلکه‌ها برای توزیع آب بین چند بهره‌بردار بررسی و کارآیی آن برای تحویل حجمی آب در خطوط لولهٔ کم‌فشار برآورد شود. برای این منظور به مدل‌سازی آزمایشگاهی شبکه‌های تحت فشار انتهاباز و انتهابسته، پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

مجموعهٔ آزمایشگاهی

برای اجرای این پژوهش از تجهیزات و آزمـایشـــگـاه هیدرولیک دانشـــگاه بین‌المللی امام‌خمینی (ره) اســـتفاده شـده اسـت. در این تحقیق، شیرهای کنترل دبی ۵ و ۱۰ لیتر بر ثانیه (شـکل۲) بر اسـاس روش طراحی ارائه شـده توسط آتش پرور و همکاران (Atashparvar *et al*., 2019) طراحی و سـاخته شـد. به‌منظور ارزیابی اثر کاربرد شـیر کنترل دبی در شبکه، ابتدا نحوهٔ توزیع آب در شرایط بدون شـیر کنترل دبی بررسـی شـد. پس از آن، برای بررسـی عملکرد شـیر کنترل دبی، سـناریوهایی مطابق با جدول ۱ تعریف شد. گفتنی است که شبکه‌های انتقال آب کشاورزی معمولاً به دو شـکل هسـتند: انتهاباز و انتهابسـته. شـبکهٔ انتهابسـته به شـکلی اسـت که کل آب تخصـیص یافته از محل تامین (سـد انحرافی) لازم اسـت تا در طول شـبکه اسـتفاده شـود حال آنکه در شـبکه‌های انتهاباز، این امکان وجود دارد تا بخشـی از آب تخصیص‌یافته از انتهای شبکه خارج شـود. نوسـان‌های فشـار در شـبکه می‌تواند به‌دلایل مختلف رخ دهد از جمله: برداشـت آب توسط بهره‌برداران در زمـان‌هـا و مـکـان‌هـای مـتـفـاوت، شـــرایـط توپوگرافی یـا هـدررفـت آب در مســـیر. تغییرات فشـــار مـی‌تـوانـد هـم در بـالادســـت رخ دهـد و هـم در پـایین‌دســـتِ نقطـهٔ مورد نظر. بر این اســـاس، با اجرای دو نوع شـــبکـه، انتهـابـاز (شـــکـل ۳) و انتهـابســـتـه (شـــکـل ۴) و ایجـاد تغییرات فشـــار در بـالادســـت و پایین‌دست هر یک از آنها، نحوهٔ توزیع آب در خط انتقال ارزیابی شد.



شکل ۲- اجزای سازندهٔ شیر خودکار دبی. a) شیر ۵ لیتر بر ثانیه و b) شیر ۱۰ لیتر بر ثانیه

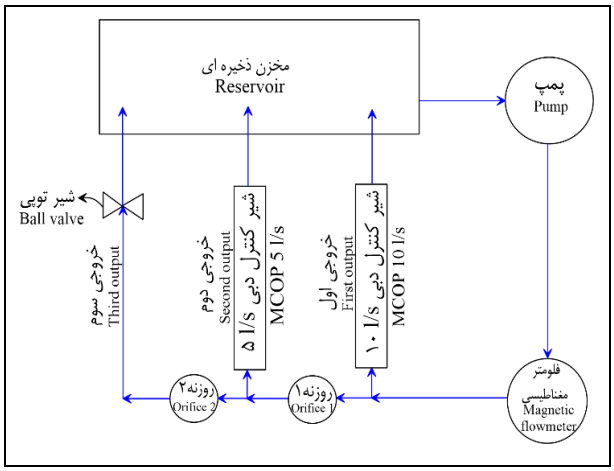
Fig.2. Components of automatic discharge control valve. a) Valve of 5 l/s and b) Valve of 10 l/s

جدول ۱- سناریوهای آزمایش شده در آزمایشگاه دانشگاه بین‌المللی امام‌خمینی (ره)

Table. 1. Scenarios tested in hydraulic laboratory of Imam Khomeini International University

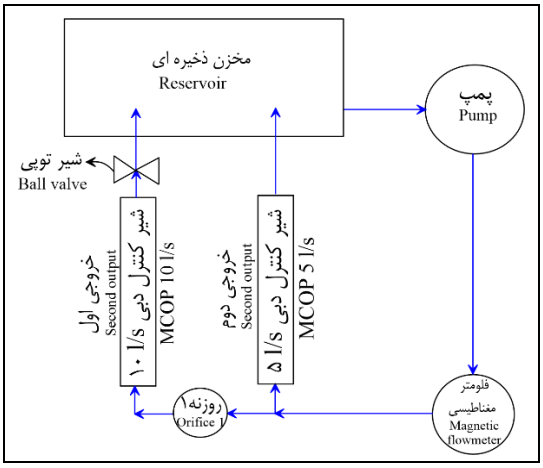
سناریو Scenario	نوع شبکه Type of network
۱	شبکه از نوع انتهاباز است. تغییرات دبی در بالادست صورت گیرد و اثر آن روی برداشت آب در پایین‌دست بررسی می‌شود. The network is an open ended type. Discharge changes in the upstream of the network and the effect of water distribution examined in the downstream of network.
۲	شبکه از نوع انتها باز است و تغییرات دبی- فشار در پایین‌دست شبکه رخ می‌دهد. The network is an open ended type and discharge/pressure changes in the downstream of network.
۳	شبکه از نوع انتهابسته است و تغییرات دبی- فشار در بالادست رخ می‌دهد. The network is a closed ended type and discharge/pressure changes in the upstream of network.
۴	شبکه از نوع انتهابسته است و تغییرات دبی- فشار در پایین‌دست رخ می‌دهد. The network is a closed ended type and discharge/pressure changes in the downstream of network.

برای تأمین آب، از یک مخزن ذخیره با حجم ۱۳ متر مکعب استفاده شد. پمپ گریز از مرکز آب را از مخزن می‌گیرد و به لوله‌ها می‌رساند و در انتها، جریان دوباره به داخل مخزن برمی‌گردد. در هر آزمایش، میزان دبی کل عبوری با فلومتر مغناطیسی ۳ اینچی قرائت شد. برای اندازه‌گیری میزان جریان عبوری از هر خروجی، از روزنه‌هایی استفاده شد که پیشتر به‌صورت حجمی واسنجی شده بود. همان‌طور که در شکل ۳ و شکل ۴ نشان داده شده است، شیرهای کنترل دبی ۵ و ۱۰ لیتر بر ثانیه در شبکه‌های انتهاباز و انتهابسته جایگذاری شدند. به‌منظور ایجاد تغییرات فشار در خط انتقال آب در آزمایشگاه، ابتدا با افزایش دور موتور با درایو تنظیم دور موتور پمپ، فشار در بالادست شبکه به‌تدریج افزایش داده شد و پس از آن، با اندازه‌گیری جریان عبور یافته از هر خروجی و قرائت میزان فشار در بالادست و پایین‌دست شیرها، نحوهٔ عملکرد شیرهای کنترل دبی بررسی شد. در مرحلهٔ بعد نیز به‌منظور ایجاد نوسان فشار در پایین‌دست، از یک شیر توپی واقع در انتهای شبکه استفاده شد. ابتدا با بستن تدریجی شیر توپی و بعد با باز کردن تدریجی آن در هر مرحله، داده‌برداری صورت گرفت و نحوهٔ کارکرد شیرهای خودکار کنترل دبی بار دیگر ارزیابی شد. باید دانست شیرهای کنترل دبی با دبی‌های طراحی ۵ و ۱۰ لیتر بر ثانیه قادر به کنترل دبی، به‌ترتیب در محدودهٔ اختلاف فشار کارکرد ۱ تا ۱۰ متر و ۳ تا ۱۵ متر هستند.



شکل ۳- نمای شماتیک از شبکه انتها باز

Fig. 3. Schematic view of open ended network



شکل ٤- نمای شماتیک از شبکهٔ انتها بسته

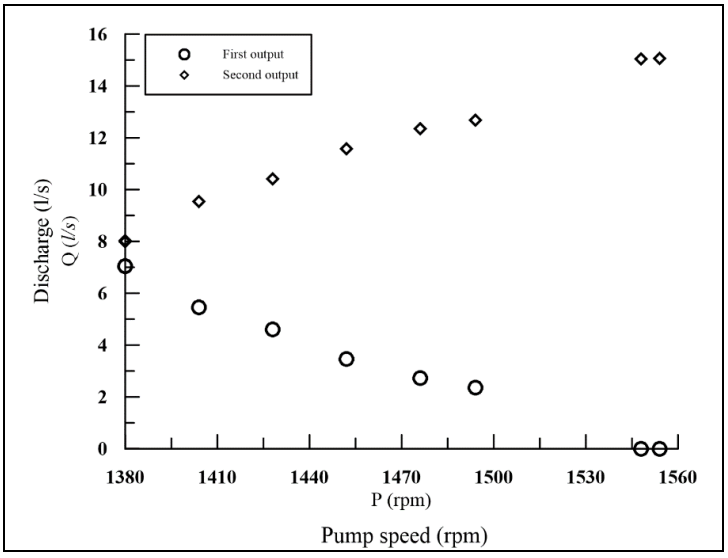
Fig. 4. Schematic view of closed ended network

نتایج و بحث

حالت بدون استفاده از سازهٔ کنترل دبی

با در نظر گرفتن شمای یک شبکهٔ انتهابسته (مطابق با شکل ۴) و بدون نصب شیرهای کنترل دبی با تغییر دور موتور پمپ دبی عبوری از خروجی‌های اول و دوم اندازه‌گیری شد و در مقابل دور موتور پمپ در شکل ۵ رسم شد. در این آزمایش یک شبکهٔ انتهابسته، با دبی کل ورودی معادل ۱۵ لیتر بر ثانیه مدنظر قرار گرفت.

همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، هیچ‌گونه کنترلی بر میزان آبدهی هر یک از خروجی‌های شبکهٔ مورد نظر وجود ندارد. به‌طوری‌که با تغییر تدریجی فشار در سیستم به‌کمک یک شیر توپی در پایین‌دست، میزان جریان از خروجی اول کمتر و مازاد آن به خروجی دوم هدایت شد. در نتیجه، واضح است که توزیع عادلانهٔ آب بین بهره‌برداران تحت تاثیر قرار گیرد.



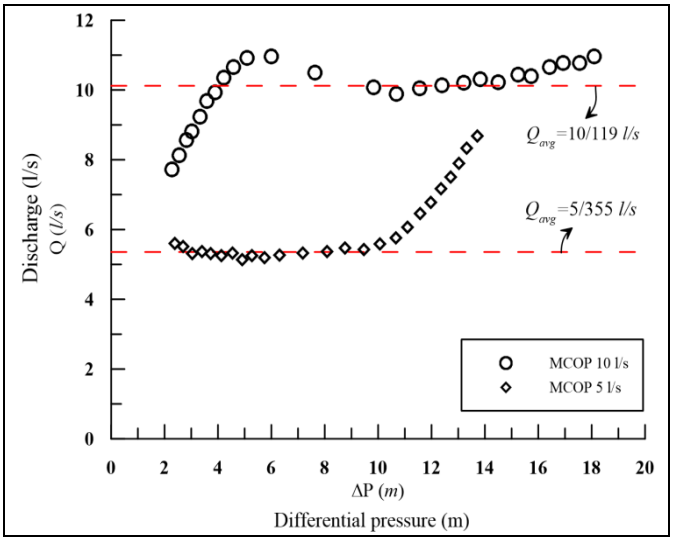
شکل ۵- توزیع آبدهی در شبکهٔ انتهابسته، بدون استفاده از شیرهای کنترل دبی

Fig. 5. Water distribution in closed ended network without using the discharge control valves

نحوهٔ عملکرد شیرهای کنترل دبی در شبکهٔ انتهاباز

سناریوی اول

به‌طور کلی، توزیع آب در شبکه‌های انتهاباز به‌گونه‌ای است که پس از تحویل آب به بهره‌برداران با توجه به میزان تقاضا، مازاد آن از انتهای شبکه به پایین‌دست منتقل می‌شود. با جایگذاری شیرهای خودکار کنترل دبی در شبکهٔ انتهاباز (مطابق با شکل ۳)، انتظار می‌رود که به‌رغم تغییرات فشار در شبکه، از خروجی اول دبی ۱۰ لیتر بر ثانیه و از خروجی دوم دبی ۵ لیتر بر ثانیه عبور کند و مازاد جریان از خروجی سوم که انتهای شبکه است، خارج شود. شکل ۶، روند تغییرات جریان را نسبت به اختلاف فشار موجود در شیرهای کنترل دبی نشان می‌دهد. خطوط قرمز، بیانگر میانگین دبی عبوریافته از شیرهای کنترل دبی، در محدودهٔ اختلاف فشار کارکرد این شیرهاست. یادآوری می‌شود در این آزمایش با افزایش دور موتور، فشار در بالادست شبکه افزایش یافت. در اختلاف فشار حدود ۱ متر (در محدودهٔ طراحی)، ابتدا شیر کنترل ۵ لیتر بر ثانیه شروع به کار می‌کند و همواره جریانی تقریباً برابر با دبی طراحی (۵ لیتر بر ثانیه) از خروجی دوم (شکل ۳) خارج می‌شود. با افزایش بیشتر فشار به‌دلیل جابه‌جایی دوک به داخل روزنه، درجهٔ انسداد آن افزایش و سطح مقطع موثر جریان کاهش می‌یابد. از این رو، با افزایش فشار، شیر خودکار کنترل دبی مانع از افزایش میزان جریان می‌شود و دبی تقریباً معادل ۵ لیتر بر ثانیه خواهد بود. با توجه به شکل ۶، دیده می‌شود در شیر کنترل دبی ۵ لیتر بر ثانیه زمانی که اختلاف فشار در شبکه به بیش از ۱۰ متر می‌رسد، شیر از مدار خارج می‌شود و دبی نیز با افزایش فشار، روند صعودی می‌یابد. در شکل ۶، روند تغییرات شیر کنترل با دبی طراحی ۱۰ لیتر بر ثانیه نیز نشان داده شده است. زمانی‌که اختلاف فشار به ۳ متر می‌رسد، جریان عبوری نزدیک به دبی طراحی (۱۰ لیتر بر ثانیه) خواهد بود. با افزایش اختلاف فشار به‌میزان ۱۵ متر، شیر کنترل دبی قادر به تنظیم جریان عبوری است. با توجه به شکل ۶ در سناریوی اول، مقادیر میانگین دبی برآورد شده حاصل از شیرهای کنترل ۵ و ۱۰ لیتر بر ثانیه در محدودهٔ کارکرد خود به‌ترتیب برابر با ۵/۳۵ و ۱۰/۱۱ لیتر بر ثانیه است که میزان اختلاف این مقادیر نسبت به دبی طراحی (۵ و ۱۰ لیتر بر ثانیه) به‌ترتیب برابر با ۷ و ۱/۱ درصد است که این امر بیانگر عملکرد قابل قبول شیرهای کنترل دبی است.



شکل ٦- عملکرد شیرهای کنترل ۵ و ۱۰ لیتر بر ثانیه، (تغییرات دبی- فشار در بالادست شبکهٔ انتهاباز)

Fig. 6. The performance of flow control valves of the design discharges of 5 and 10 l/s (discharge/pressure changes in the upstream of open ended network)

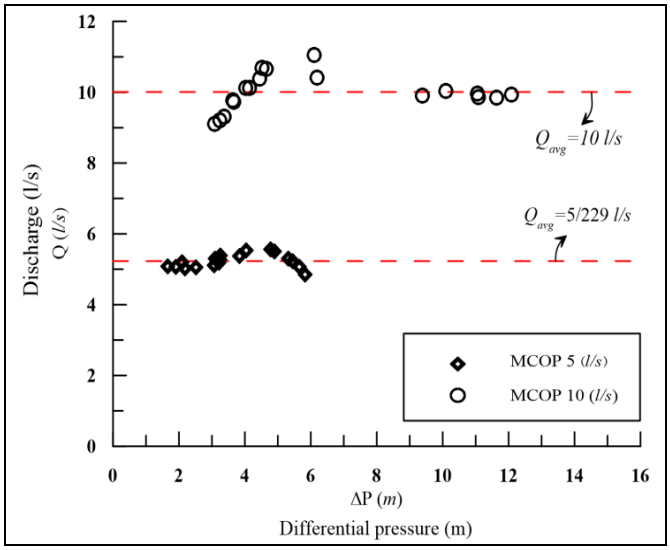
جدول ۲- ارزیابی عملکرد شیرهای کنترل دبی در سناریوهای مختلف کارکرد

Table. 2. Evaluation of discharge control valves in all four scenarios

شماره سناریو Number of Scenario	دبی طراحی (لیتر بر ثانیه) Design discharge (l/s)	میانگین دبی عبوری در محدوده اختلاف فشار کارکرد شیر کنترل (لیتر بر ثانیه) Average of the observed discharges (l/s)	اختلاف دبی میانگین نسبت به دبی طراحی (درصد) Deviation from the design discharge (%)	حداکثر اختلاف دبی تحویلی نسبت به دبی طراحی (درصد) Maximum deviation of observed discharge from design discharge (%)	حداقل اختلاف دبی تحویلی نسبت به دبی طراحی (درصد) Minimum deviation of observed discharge from design discharge (%)	انحراف معیار در محدودهٔ اختلاف فشار کارکرد شیر کنترل Standard deviation in the design differential pressure range
1	5	5.35	7	12.06	2.67	±0.13
	10	10.11	1.1	9.57	-11.88	±0.53
2	5	5.22	4.4	11.29	-2.86	±0.18
	10	10	0	10.47	-8.91	±0.49
3	5	5.40	8	20.32	-1.05	±0.28
	10	9.87	-1.3	5.27	-7.92	±0.38
4	5	5.55	11	12.56	8.79	±0.05
	10	9.61	-3.9	1.60	-5.98	±0.20

سناریوی دوم

در این سناریو، تاثیر نوسان‌های فشار در پایین‌دست شبکهٔ انتهاباز بر تحویل حجمی آب بررسی شده است. نتایج حاصل از داده‌برداری‌ها در قالب نمودار شکل ۷ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که با وجود تغییرات فشار، شیرهای کنترل دبی همواره جریان تقریباً ثابتی از خود عبور می‌دهند. جدول ۲، عملکرد شیرهای کنترل ۵ و ۱۰ لیتر بر ثانیه را در سناریوی دوم به‌صورت کمی نشان می‌دهد.



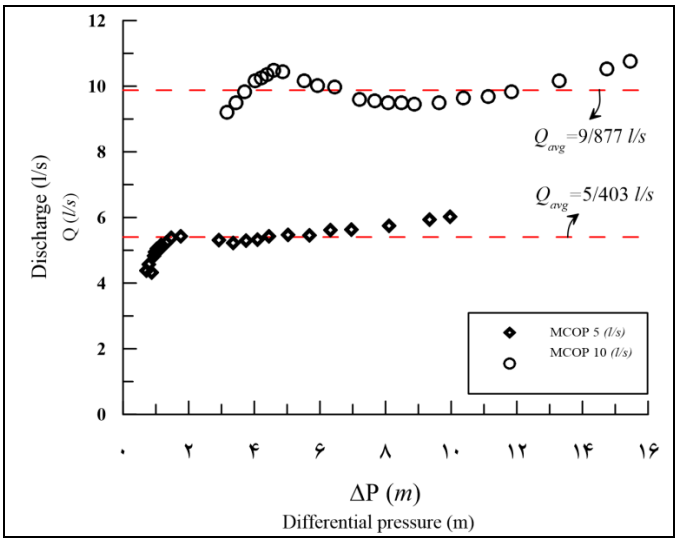
شکل ۷- نمودار عملکرد شیرهای کنترل ۵ و ۱۰ لیتر بر ثانیه، (تغییرات دبی- فشار در پایین‌دست شبکهٔ انتهاباز)

Fig. 7. The performance of flow control valves of the design discharges of 5 and 10 l/s (discharge/pressure changes in the downstream of open ended network)

نحوهٔ عملکرد شیر کنترل‌های ۵ و ۱۰ لیتر بر ثانیه در شبکهٔ انتهابسته

سناریوی سوم

میزان آبگیری در شبکهٔ انتهابسته به‌دلیل ماهیتی که دارد، (شکل ۴)، الزاما باید برابر با میزان حجم تحویلی آب به بهره‌برداران باشد. از این رو در این تحقیق با جایگذاری شیر کنترل‌های ۵ و ۱۰ لیتر بر ثانیه در شبکهٔ انتهابسته، انتظار می‌رود که به‌رغم تغییرات فشار در شبکه، همواره از خروجی اول دبی ۱۰ لیتر بر ثانیه و از خروجی دوم دبی ۵ لیتر بر ثانیه (مطابق با شکل ۴) عبور کند. شکل ۸، میزان دبی عبوریافته از شیرهای کنترل ۵ و ۱۰ لیتر بر ثانیه را در شبکهٔ انتهابسته در مقابل تغییرات اختلاف فشار نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۸، با رسم مقادیر میانگین دبی تحویل داده شده (خطوط خط چین) برای هر یک از سازه‌های کنترل دبی، مشاهده می‌شود که در شیر کنترل دبی ۵ لیتر بر ثانیه، میانگین دبی تحویل داده شده در شبکه حدود ۸ درصد بیشتر از میانگین دبی طراحی شده (۵ لیتر بر ثانیه) است در حالی‌که این مقدار در شیر کنترل ۱۰ لیتر بر ثانیه حدود ۱/۳ درصد کمتر از دبی طراحی می‌باشد. به این ترتیب می‌توان گفت که هر یک از شیرهای کنترل دبی ۵ و ۱۰ لیتر بر ثانیه، به‌ترتیب در محدوده اختلاف فشار کارکرد ۱ تا ۱۰ متر و ۳ تا ۱۵ متر قادر به تنظیم جریان تحویلی در محدودهٔ دبی است. در جدول ۲، با توجه به مقادیر میانگین دبی عبوریافته در سناریوی سوم و پایین بودن درصد خطای نسبی در هر دو سازه ۵ و ۱۰ لیتری، می‌توان به عملکرد مطلوب این دو سازه در شبکهٔ انتهابسته پی برد.



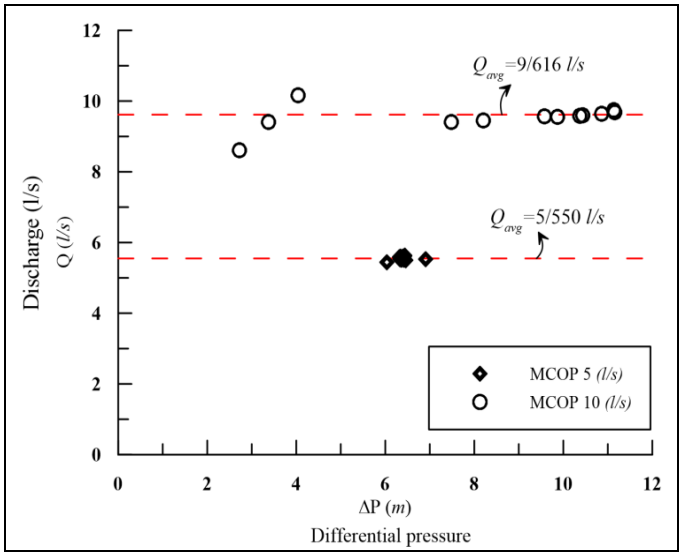
شکل ۸- نمودار عملکرد شیرهای کنترل ۵ و ۱۰ لیتر بر ثانیه، (تغییرات دبی- فشار در بالادست شبکهٔ انتهابسته)

Fig. 8. The performance of the flow control valves of the design discharges of 5 and 10 l/s (discharge/pressure changes in the upstream of closed ended network)

سناریوی چهارم

در شکل ۹، نحوهٔ عملکرد شیرهای خودکار کنترل دبی در زمانی نشان داده شده است که تغییرات فشار در پایین‌دست شبکهٔ انتهابسته رخ می‌دهد (سناریوی چهارم)، در شکل ۹ نشان داده شده است که با وجود تغییرات فشار در پایین‌دست شبکهٔ انتهابسته، هر دو خروجی جریانی متناسب با دبی طراحی (۵ و ۱۰ لیتر بر ثانیه) از خود عبور می‌دهند. به بیان دیگر، با تغییر فشار در پایین‌دست سازه،

شیر کنترل دبی نیز به‌صورت هوشمند عمل می‌کند و با تنظیم مجدد افت انرژی قادر است تا همواره دبی مورد نظر را از خود عبور دهد. با توجه به جدول ۲ می‌توان گفت که مقادیر جریان عبوریافته از سازهٔ ۵ لیتری نسبت به میانگین دبی عبور یافته حداکثر ۱/۴ و حداقل ۱/۹-درصد اختلاف دارد. در سازهٔ ۱۰ لیتر بر ثانیه، میزان حداقل و حداکثر دبی تحویلی، نسبت به میانگین دبی عبوریافته، به‌ترتیب برابر ۲/۲۳- و ۵/۶۵ درصد است. از این رو، این شیرهای کنترل دبی می‌توانند با وجود نوسان‌های فشار در پایین‌دست شبکه همواره دبی قابل قبولی (در محدودهٔ اختلاف فشار طراحی) از خود عبور دهند.



شکل ۹- نمودار عملکرد شیرهای کنترل ۵ و ۱۰ لیتر بر ثانیه (تغییرات دبی- فشار در پایین‌دست شبکهٔ انتهابسته)

Fig. 9. The performance of the flow control valves of the design discharges of 5 and 10 l/s (discharge/pressure changes in the downstream of closed ended network)

به‌عنوان جمع‌بندی کلی، با توجه به جدول ۲ و مقادیر انحراف معیارهای محاسبه شده برای سناریوهای مختلف، می‌توان نتیجه گرفت که بهترین عملکرد شیرهای کنترل دبی در حالتی است که در شبکهٔ انتهابسته نصب شده باشند و تغییرات فشار در پایین‌دست شبکه رخ دهد (سناریوی شماره ۴). در این حالت، کمترین انحراف معیار در محدودهٔ اختلاف فشار کارکرد شیرهای کنترل دبی وجود دارد.

در دورهٔ بهره‌برداری، عملکرد این نوع از شیرهای کنترل تحت تاثیر تغییرات سختی فنر قرار می‌گیرد که به‌لحاظ فنی از محدودیت‌های آن می‌تواند باشد. با توجه به نحوهٔ بهره‌برداری، لازم است تا برای اطمینان از عملکرد صحیح، این قطعه در فاصله‌های زمانی معین عوض شود.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، کاربرد شیر خودکار کنترل دبی با هدف بهبود تحویل حجمی آب در شبکه‌های انتقال آب با لوله بررسی و نشان داده شد این شیرفلکه به نوسان‌های فشار در بالادست و پایین‌دست شبکه حساس نیست و بدون نیاز به انرژی الکتریکی و تجهیزات دیگر مانند حسگر و غیره، تنها در عملیات مکانیکی قادر به توزیع جریان با دبی تقریبا ثابت (در محدودهٔ اختلاف فشار طراحی) است. با نصب شیرهای خودکار کنترل دبی در خطوط لوله با انتهای باز و بسته، در صورت وقوع تغییرات فشار در بالادست یا پایین‌دست آنها، عملکرد این ابزار بررسی و نشان داده شد که با رخداد نوسان‌های فشار در بالادست شبکه‌های انتهاباز و انتهابسته، میانگین دبی تحویلی در

محدودهٔ طراحی شـیر کنترل ۵ لیتر بر ثانیه به‌ترتیب برابر با ۵/۳۵ و ۵/۴۰ لیتر بر ثانیه و برای شـیر کنترل ۱۰ لیتر بر ثانیه برابر با ۱۰/۱۱ و ۹/۸۷ لیتر بر ثانیه است. به تعبیر دیگر، بـا تغییر فشـار در بـالادسـت شـیر کنترل دبی، شیرکنترل ۵ لیتر بر ثانیه در شبکه‌های انتهاباز و انتهابسته قادر به توزیع عادلانهٔ آب با اختلاف به‌ترتیب ۷ و ۸ درصـد نسـبت دبی طراحی است. شیر کنترل ۱۰ لیتر بر ثانیه در شـبکهٔ انتهاباز و شبکهٔ انتهابسته قادر به توزیع عادلانهٔ آب به بهره‌برداران با اختلاف ۱/۱ و ۱/۳- درصد نسبت به دبی طراحی اسـت. زمانی‌که تغییرات فشـار در پایین‌دست شیر کنترل دبی رخ می‌دهد (مشـابه با حالت اسـتغراق)، شـیر خودکار کنترل دبی با تغییر درجهٔ انسـداد سـازه از طریق روزنـه، همواره دبی تقریباً برابر با دبی طراحی از خود عبور می‌دهد. در این حالت در شـبکهٔ انتهاباز، شـیرهای کنترل دبی ۵ و۱۰ لیتر بر ثانیه به‌ترتیب با اختلاف ۴/۴ درصـد و صـفر درصـد و در شبکهٔ انتهابسته به‌ترتیب با اختلاف ۱۱ درصـد و ۳/۹- درصـد از دبی طراحی آب را به بهره‌بردار تحویل می‌دهند.

مراجع

Alandi, P. P., Pérez, P. C., Fernando, J., Álvarez, O., Ángel, M., Hidalgo, M., & Martín-Benito, J. M. T. (2005). Pumping selection and regulation for water-distribution networks. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 131, 273-281.

Atashparvar, S., Bijankhan, M., & Mahdavi Mazdeh, A. (2019). application of constant flow rate control valve in pump discharge regulation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 145(7), https://doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0001393.

Belaud, G., Mateos, L., Aliod, R., Buisson, M., Faci, E., Gendre, S., & Ghinassi, G. (2019). Irrigation and energy: Issues and challenges. *Irrigation and Drainage Engineering*, 69 (S1), 177-185.

Bos. (1989). "Discharge measurement structures.

Farmani, R., Abadia, R., & Savic, D. (2007). Optimum Design and Management of Pressurized Branched Irrigation Networks. *Irrigation and Drainage Engineering*, 133 (December), 528–537.

Güngör, M., Yarar, U., Cantürk, Ü., & Mahmut, F. (2019). Increasing Performance of Water Distribution Network by Using Pressure Management and Database Integration. *10 (2)*, 1–8.

Labye, Y., Olson, M. A., Galand, A., & Tsiourtis, N. (1988). "Design and optimization of irrigation distribution networks. *FAO Irrigation and Drainage Paper (FAO)*, FAO.

Lozano, D., & Mateos, L. (2008). Usefulness and limitations of decision support systems for improving irrigation scheme management. *Elsevier*, 95, 409–418.

Merriam, J. L., Styles, S. W., & Freeman, B. J. (2007). Flexible Irrigation Systems: Concept, Design, and Application. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, *133 (1)*, 2–11.

Rezazadeh, P., Bijankhan, M., & Mahdavi Mazdeh, A. (2019). An Experimental study on a flow control device applicable in pressurized networks. *Flow Measurement and Instrumentation*, Elsevier Ltd.

Zhang, X., & Wang, D. (2015). A flow control device for incompressible fluids. *Flow Measurement and Instrumentation*, Elsevier.

Irrigation and Drainage Structures Engineering Research/Vol.21/No.79/ Summer 2020/ P: 129-140

Experimental study on Automatic Valve Control Performance in Water Pipelines

N. Mehri and M. Bijankhan*

* Corresponding Author: Assistant Professor. Water Sciences and Engineering Department, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran. Email: Email: bijankhan@eng.ikiu.ac.ir
Received: 18 January 2020, 9 March 2020

Extended Abstract

Introduction

Using pipelines instead of open channels for conveying water is getting much important recently. This type of pipe-water transfer, which is associated with a pressure below 15 meters, is known as low-pressure pipelines. Transfer of water through low pressure pipes can greatly prevent unnecessary losses of irrigation water. In this study, the application of a kind of volumetric water delivery structure known as discharge control valve was investigated. This instrument is used without implementing electronic facilities for water delivery in low pressurized pipe networks. For this purpose, two valves of the design discharges of 5 and 10 l/s are fabricated based on the design guidelines available in the literature. Their performances are experimentally tested in closed and open ended irrigation networks. The result showed that the valves of the design discharges of 5 and 10 l/s are not sensitive to pressure fluctuations in low pressurized networks and can deliver water with an almost constant discharge.

Methodology

This study presents an experimental approach of the application of discharge control valve for fairly water distribution in low pressurized irrigation networks. According to Table.1, four scenarios were defined to evaluate the performance of the flow control valves. Therefore, two experimental setups of open and closed ended networks were constructed in hydraulic laboratory of Imam Khomeini Intentional University, IKIU. Flow control valves of the design discharges of 5 and 10 l/s were installed in the water conveyance pipelines. Then, applying pressure changes at either upstream or downstream of the valves their performances were evaluated experimentally.

Table. 1. Scenarios tested in hydraulic laboratory of Imam Khomeini International University

Scenario	Type of network
1	The network is an open ended type. Discharge changes in the upstream of the network and the effect of water distribution examined in the downstream of network.
2	The network is an open ended type and discharge/pressure changes in the downstream of network.
3	The network is a closed ended type and discharge/pressure changes in the upstream of network.
4	The network is a closed ended type and discharge/pressure changes in the downstream of network.

Results and Discussion

According to Table.2, it is concluded that the control discharge valves with the design discharge of 5 and 10 l/s can be used successfully to achieve the goal of volumetric water delivery. In all tested scenarios the delivered water deviates less than almost 10% compared to the associated design values. Consequently, an automatic discharge control valve can be implemented in a network to achieve a reasonable water uniformity which is irrespective to both sources and locations of the pressure fluctuations.

Table.2. Error percentage of control discharge valves in all four scenarios

First Scenario				Second Scenario			
Design discharge (l/s)	**Operational differential pressure range (m)**	**Average of the observed discharges (l/s)**	**Deviation from the design discharge (%)**	**Design discharge (l/s)**	**Operational differential pressure range (m)**	**Average of the observed discharges (l/s)**	**Deviation from the design discharge (%)**
5	1-10	5.35	7	5	1-10	5.22	4.4
10	3-15	10.11	1.1	10	3-15	10	0
Third Scenario				**Fourth Scenario**			
Design discharge (l/s)	**Operational differential pressure range (m)**	**Average of the observed discharges (l/s)**	**Deviation from the design discharge (%)**	**Design discharge (l/s)**	**Operational differential pressure range (m)**	**Average of the observed discharges (l/s)**	**Deviation from the design discharge (%)**
5	1-10	5.40	8	5	1-10	5.55	11
10	3-15	9.87	-1.3	10	3-15	9.61	-3.9

Conclusions

Fairly water distribution is an important issue in the irrigation section. In this research, the application of a flow control valve is investigated to improve uniform flow distribution in irrigation networks. Discharge control valves were installed in open and closed-ended pipe networks. According to the experimental results, it was found that the discharge control valves of the design discharges of 5 and 10 l/s deliver average discharges of 5.35 and 9.89 l/s respectively. The results indicated that the constructed control valves can be used effectively to deliver an almost constant discharge which is irrespective to the pressure fluctuations.

Keywords: Fairly Water Distribution, Low Pressurized Irrigation Networks, Volumetric Water Delivery