مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (20) العدد (6+7) 1998
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research -Engineering Science Series Vol. (20) No (6+7) 1998

العمليات الانتقالية في شبكات الري الأنبوبية المضغوطة

الدكتور المهندس منذر سليمان علي*

(قبل للنشر في 1998/7/23)

☐ ملخص ☐

نتيجة التبدل المستمر لنظام عمل شبكات الري المضغوطة، بما يتلاءم مع منحني الاستهلاك المائي، فإنه يحدث تبدل مستمر لمتغيرات شبكات الري الأنبوبية ومحطات الضخ العاملة معها (ضاغط، غزارة) أي تحدث العمليات الانتقالية.

والعملية الانتقالية هي انتقال من جريان مستقر للسائل ضمن الأنابيب أو المضخات إلى جريان مستقر آخر، وبينهما يصبح الجريان غير مستقر، إذ تحدث صدمة هيدروليكية يرتفع الضغط عندها أو ينخفض إلى قيمة كبيرة تؤدي في كثير من الأحيان إلى تخريب الأنابيب والمضخات، مع العلم أن 80% من أعطال شبكات الري الأنبوبية ومحطات الضخ ناتج عن حدوث الصدمة الهيدروليكية فيها.

لذلك يتضمن هذا البحث دراسة أسباب حدوث العمليات الانتقالية في شبكات الري الأنبوبية ومحطات الضخ ووضع طريقة لحساب متغيرات العملية الانتقالية.

وطريقة لاختيار الوسيلة المناسبة للحماية من ارتفاع الضغط أو انخفاضه أثناء حدوث العمليات الانتقالية.

* مدرس في قسم الهندسة المائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (20) العدد (6+7) 1998
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (20) No (6+7) 1998

THE TRANSITIONAL OPERATIONS IN THE PRESSED IRRIGATION PIPING SYSTEMS

Dr. Mounzer Soulaiman Ali*

(Accepted 23/7/1998)

❐ ABSTRACT ❐

In consequence of the continuous change of the pressed irrigation piping system to become convenient with the hydraulic consumption curve, continuous changing of the variants of the irrigation piping systems and pumping stations operating jointly (pressurant – profusion) occur. i.e. the transitional operations take place.

The transitional operation is the transition from a stable flow of the liquid inside pipes or pumps in to another stable flow, during these two intervals the flow becomes unstable when a hydraulic shock occurs and the pressure increases or decreases to a great value often resulting in damage in the pipes and pumps, noting that 80% of the damage sustained by the irrigation piping systems and pumping stations result from the hydraulic shock that takes place in them.

Therefore, this research contains the study of the causes of the occurrence of the transitional operation in the irrigation piping systems and pumping stations and to establish a manner to calculate the variants of the transitional operation and to select the suitable mean of protection from the increase or decrease in the pressure during the occurrence of the transitional operation.

*Department of Hydraulic Engineering – Faculty of Civil Engineering – Tishreen University.

مقدمة:

من أهم مشاكل العالم في الوقت الحاضر. هي استخدام الأرض والمياه بشكل منطقي، لذلك نرى الانتشار الواسع لشبكات الري الأنبوبية التي تعمل مع محطات الضخ لما لهذه المجموعة من ميزات حسنة كتقليل هدر المياه ومعامل استخدام جيد للأرض ولإمكانية استخدامها في الظروف الطبوغرافية المعقدة وفي الترب القابلة للهبوط..الخ.

عند جريان السائل ضمن الأنابيب بشكل مستقر فإن متغيراته (ضاغط، سرعة حركة السائل) تتغير بشكل طفيف وغير ملحوظ (زيادة أو نقصان) ذلك يمكن إهمالها، ولكن في حال تغير سرعة حركة التيار بسرعة بسبب ما فإنه يحدث الجريان غير المستقر (عملية انتقالية وبالتالي تحدث الصدمة الهيدروليكية بارتفاع الضغط أو انخفاضه[1].

يمكن التمييز بين صدمة هيدروليكية موجبة أو سالبة:

- الموجبة تحدث قبل السكر وتبدأ بزيادة الضغط وهذا النوع يمكن ملاحظته في الأنابيب التي تتغذى من مضخة أو أنبوب يتغذى من خزان مضغوط والسكر موجود في بداية الأنبوب.
- أما السالبة فتحدث بعد السكر وتبدأ بانخفاض الضغط، فعند إغلاق السكر فإن السائل يتابع حركته ويحدث انخفاض في الضغط.

لذلك يمكن التمييز بين صدمة هيدروليكية مباشرة أو غير مباشرة، فبفرض أنبوب بطول (l) يجري ضمنه سائل بسرعة (V_0) فإذا أغلق السكر في لحظة زمنية فإن سرعة السائل سوف تتناقص ويرتفع الضغط عند السكر وهذا الارتفاع ينتقل عبر شرائح السائل من شريحة إلى أخرى بشكل موجة ضغط حتى يصل إلى نهاية الأنبوب ومن ثم يعود باتجاه السكر فباعتبار أن سرعة انتشار موجة الضغط ضمن الأنبوب تساوي (a) فإن زمن انتقال الموجة إلى نهاية الأنبوب وعودتها إلى بدايته يسمى طور الصدمة الهيدروليكية ويساوي:

$$t_1 = \frac{2l}{a}$$

وبفرض أن زمن إغلاق السكر يساوي (t_3) فإذا كان $(t_3 < t_1)$ فإن الصدمة الهيدروليكية تسمى مباشرة أي أنه في هذه الحالة تعود موجة الضغط لتصل إلى السكر فيكون مغلقاً إما إذا كان $(t_3 > t_1)$ فإن الصدمة الهيدروليكية تسمى غير مباشرة في هذه الحالة تعود موجة الضغط إلى السكر ويكون غير مغلق[2].

1-أسباب حدوث العمليات الانتقالية:

من أهم أسباب حدوث العمليات الانتقالية في الأنابيب التي تعمل مع محطات الضخ هي تغيير نظام عمل المضخات ضمن محطة الضخ أو تغيير عمل المآخذ المائية الموجودة على شبكة الأنابيب.

إن زمن إغلاق السكورة الموجودة على شبكة الري الأنبوبية يعتبر أحد أسباب حدوث الصدمة الهيدروليكية فكلما كان زمن إغلاق السكر سريعاً كان ارتفاع الضغط كبيراً وليس فقط زمن إغلاق السكر يلعب دوراً في ارتفاع الضغط وإنما طريقة إغلاق السكر أي بأن يغلق بشكل منتظم أو غير منتظم[3].

أما حدوث العمليات الانتقالية بسبب تغيير نظام عمل المضخات فيحدث عند إيقاف عمل مضخة ضمن محطة الضخ أو توقف جميع المضخات بشكل مقصود أو غير مقصود فعندها تتناقص سرعة دروان الدولاب الدوار للمضخة إلى الصفر وبنفس الوقت تتناقص غزارة المضخة وضاغطها، ومع تناقص ضاغط المضخة أو محطة الضخ فإن الضغط في بداية شبكة الأنابيب سوف ينخفض بمقدار:

$$\left(\frac{aV_0}{g}\right)$$

وتبدأ موجة الضغط المنخفضة بالانتشار في شبكة الأنابيب وبعد فترة زمنية تتعلق بطول شبكة الأنابيب وسرعة انتشار موجة الضغط (a) تنعكس الموجة بنفس القيمة المطلقة ولكن بإشارة مخالفة وتكون موجة ضغط مرتفعة تنتشر لتصل إلى المضخات

فمثلاً من أجل الأنابيب الفولاذية والبيتونية المسلحة والمعدنية تكون السرعة (a) مساوية إلى (100m/sec) أي أن ($a/g=100$) لذلك فإن أي تغيير في سرعة حركة التيار بمقدار (0.1m/sec) فإن الضغط سوف يرتفع بمقدار (10m)[4].

وعند تشغيل المضخات فإنه يحدث ارتفاع ضغط في الأنابيب ضمن محطة الضخ وخاصة أن المضخات النابذة لا تعمل إلا إذا كان السكر بعد المضخة مغلقاً أما عند عمل المضخات على التسلسل فيحدث دائماً حادثة التكهف في أنبوب السحب للمضخة الثانية عندما تخرج المضخة الأولى عن نظام عملها.

لذلك فإن جميع المضخات التي تعمل على التسلسل تكون مؤتمتة بحيث إذا تعطلت إحدى المضخات توقفت جميع المضخات عن العمل مباشرة[5].

وفي المنعطفات المحدبة المقعرة تحدث العملية الانتقالية. ففي المنعطفات المحدبة يحدث انفصال لتيار المياه بسبب اختلاف سرعة حركة المياه أثناء توقف المضخات عن العمل مما يؤدي إلى حدوث التكهف في هذه المنعطفات أما في المنعطفات المقعرة فيحدث اصطدام لتياري المياه من جهتين مختلفتين مما يؤدي إلى ارتفاع الضغط[4].

ويمكن أن تحدث العملية الانتقالية أيضاً باجتماع أكثر من سبب من الأسباب المذكورة سابقاً فمثلاً إغلاق سكر موجود على شبكة الري وإيقاف عمل مضخة ضمن محطة الضخ عندما يتطلب غزارة أقل من الشبكة.

وبشكل عام فإن أكبر ارتفاع ضغط في شبكة الري المضغوطة يحدث بسبب توقف جميع المضخات عن العمل أثناء عملها على التوازي بسبب انقطاع التيار الكهربائي. إذ أن أنبوب الدفع يجهز بصمام عدم رجوع في بدايته لمنع المياه من العودة باتجاه المضخات فعند إيقاف عمل المضخة فإن صمام عدم الرجوع يغلق مباشرة وبالتالي يحدث ارتفاع في الضغط خلف الصمام بشكل كبير.

2- طريق حساب العمليات الانتقالية:

بعند حدوث العملية الانتقالية في الأنابيب فإن جريان السائل يصبح غير مستقراً. وتكون المتغيرات المجهولة عندها الضاغط (H) وسرعة جريان السائل في الأنبوب (V) وبالتالي الغزارة (Q) ودرجة الحرارة وكثافة السائل (ρ) وهذه المتغيرات تتغير بالنسبة للزمن[6].

إن سرعة حركة المياه الغير مستقرة في الأنابيب المغلقة تشرحها المعادلات التفاضلية التالية:

- معادلة الحركة:

$$\frac{\partial V}{\partial t}+g\frac{\partial H}{\partial X}=0 \quad (1)$$

- ومعادلة الاستمرار:

$$\frac{\partial H}{\partial t}+\frac{a^2}{g}\frac{\partial V}{\partial X}=0 \quad (2)$$

حيث: V,H: متغيرات مجهولة، ضاغط، وسرعة حركة الماء في الأنابيب.

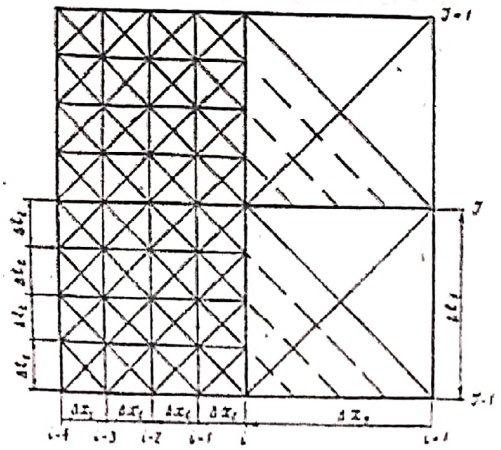
X: محور الإحداثيات.

t: الزمن.

a: سرعة انتشار موجة الضغط.

g: تسارع الجاذبية الأرضية.

ويمكن حل هذه المعادلات بطريقة المواصفات العددية بالاعتماد على التكامل الخطي بطريقة التقريب المتتالي باستخدام الشبكة العمودية بمحورين T,X الشكل (1)[7].



الشكل (1)

ومن أجل حساب متغيرات العمليات الانتقالية في شبكة الري المغلقة بواسطة المعادلات السابقة الذكر يتم تقسيم الشبكة إلى أقسام بطول $\Delta\chi$ بحيث أن زمن انتشار موجة الضغط ΔT واحد على كل جزء، أي أن طول الأجـزاء $\Delta\chi$ متناسـب طرداً مع (a) حيث تم اعتبار أن (a) ثابتة عند حدوث العملية الانتقالية. وأن الحساب يتم من أحل أزمنة ذات خطورة مقدارها ΔT [8].

إذ يمكن كتابة المعادلة (1) والمعادلة (2) بشكل أسهل يعتمد على اعتبار قيم أخرى مثل (φ) قيمة موجـة الضـغط المنتشرة باتجاه محور الإحداثيات (x) و(Ψ) قيمة موجة الضغط المنتشرة بالاتجاه العكسي لمحور الإحـداثيات فتكـون قيمـة الضاغط $H_{i(i-l).j}$ والسرعة $V_{i(i-l).j}$ في المقطع المار من النقطة (I) من جهة النقطة (I-l) وفي اللحظة (j) تساوي:

$$H_{i(i-l).j} = H_{i(i-l).j} + \varphi_{i(i-l).j} + \psi_{i.j} \quad (3)$$

$$V_{i(i-l).j} = V_{i(i-l).0} + g/a\left(\varphi_{i(i-l).j} + \psi_{i.j}\right) \quad (4)$$

وقيمة الضاغط $H_{i(i-l).j}$ والسرعة $V_{i(i-l).j}$ في المقطع المار من النقطة (i) من جهة النقطة المجاورة $(i+1)$ تساوي:

$$H_{i(i-l).j} = H_{i(i-l).j} + \varphi_{i.j} + \psi_{i(i-l).j} \quad (5)$$

$$V_{i(i-l).j} = V_{i(i-l).0} + g/a\left(\varphi_{i.j} - \psi_{i(i-l).j}\right) \quad (6)$$

حيث $V_{i(i-l).0}$, $H_{i(i-l).0}$, $V_{i(i-l).j}$, $H_{i(i-l).j}$: الضاغط وسرعة حركة المياه في المقطع المقترب إلى النقطة (I) من جهة النقطـة (i-1) وفي اللحظة (j) وفي اللحظة البدائية.

$V_{i(I+l).0}$, $H_{i(I+l).0}$, $V_{i(I+l).j}$, $H_{i(I+l).j}$: الضاغط وسرعة حركة المياه في المقطع المقترب إلى النقطة (i) من جهـة النقطـة (i+1) وفي اللحظة (j) وفي اللحظة البدائية.

$\psi_{i(i-l).j}$, $\varphi_{i(i-l).j}$ – موجة الضغط وسرعة المقتربة إلى النقطة (i) من جهة النقطة (i-1) وفي اللحظة $(i-1)$.

$\psi_{i.j}$, $\varphi_{i.j}$ موجة الضغط المتشكلة في النقطة i في اللحظة j بنتيجة اقتراب الموجة $\psi_{i(i-l).j}$, $\varphi_{i(i-l).j}$ [2].

في بعض الحالات يتطلب حساب كل مضخة ضمن محطة الضخ لوحدها كذلك أيضاً حساب المتغيـرات العمليـات الانتقالية في الأنابيب ضمن محطة الضخ عند تشغيل أو إيقاف عمل المضخات وبما أن طول هذه الأنابيب صـغيراً بالنسـبة لطول الشبكة بعد محطة الضخ لذلك يتم تقسيمها إلى أجزاء صغيرة جداً بالنسبة لأجزاء شـبكة الـري بالإحـداثيات والـزمن $\Delta t_\lambda . \Delta X_\lambda$ حيث أنه يجب أن يكون:

$$\Delta x_b = k.\Delta x_\lambda$$

$$\Delta t_b = k.\Delta t_\lambda$$

حيث K عدد صحيح.

وعند الحساب يتم تحديد الشروط الطرفية في كل عقدة من الشبكة.

إن طريقة حساب العمليات الانتقالية في شبكات الري المغلقة تم وضعها بشكل برنامج على الحاسوب من قبل العالم فشنيفسكي ولكن هذه الطريقة لم تأخذ بعين الاعتبار اختيار طريقة الحماية من ارتفاع الضغط وانخفاضه وطريقة حسابها لذلك تم تطوير طريقة الحساب مع إدخال بعض التعديلات لحساب ارتفاع الضغط وانخفاضه[9].

إن ارتفاع الضغط وانخفاضه في بداية أنبوب الدفع[10] يحسب من العلاقة التالية:

a- صدمة خطية مباشرة موجبة:

$$\Delta H = \pm \frac{a v_0}{g}$$

b- صدمة غير خطية موجبة:

$$\Delta H = \pm \frac{a v_0}{g} \left(\frac{l}{a t_s - l} \right)$$

c- صدمة غير خطية سالبة:

$$\Delta H^- = \frac{2\sigma}{1+\sigma}.H \qquad \Delta H^+ = \frac{2\sigma}{1-\sigma}.H$$

باعتبار أن: $\sigma = \dfrac{l V_0}{g.H.t_s}$

حيث H: الضاغط الستاتيكي.

ts: زمن الصدمة.

d: ارتفاع الضغط وانخفاضه عند المضخات يختلف عن القيمة المحسوبة في بداية أنبوب الدفع ويحسب في العلاقات[11].

$$\varphi_{mp} = \frac{2}{1 + \dfrac{d^2_{m.p}}{d^2_{p.p}}} \varphi_{p.p}$$

$$\psi_{mp} = \frac{d^2_{m.p} / d^2_{p.p}}{1 + d^2_{m.p} / d^2_{p.p}} \psi_{mp}$$

حيث φ_{mp}: موجة ارتفاع الضغط في بداية أنبوب الرفع.

φ_{pp}: موجة ارتفاع الضغط عند المضخة.

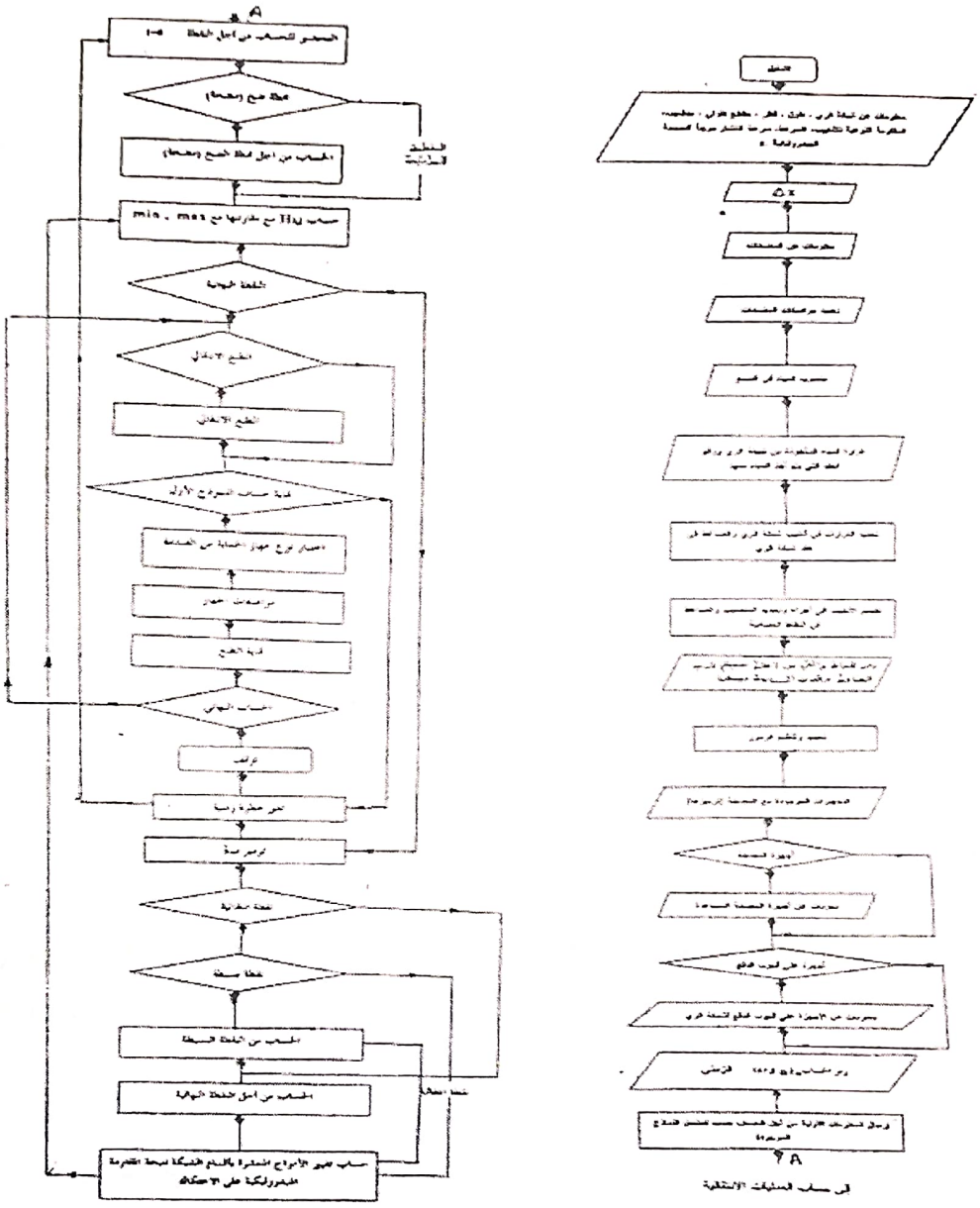
d_{mp}: قطر أنبوب الدفع.

d_{pp}: قطر الأنبوب بعد المضخة.

ψ_{mp}: موجة انخفاض الضغط في بداية أنبوب الدفع.

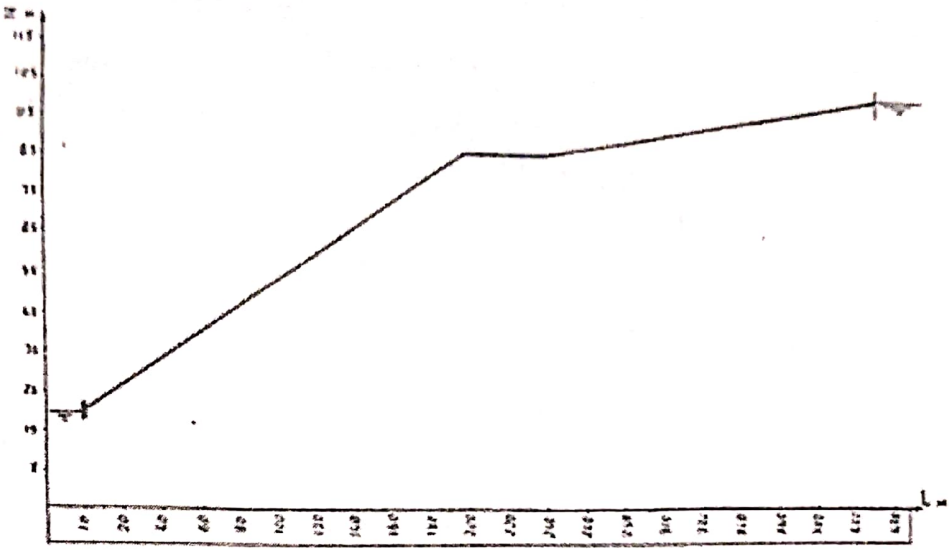
φ_{pp}: موجة انخفاض الضغط عند المضخة.

وإن طريقة الحساب موضحة على المخطط النهجي الشكل (2) والذي يقسم إلى ثلاثة أقسام: القسم الأول مخصص من أجل إدخال المعلومات (المعطيات) وصياغتها بالشكل المطلوب للحل أما القسم الثاني فيتضمن (حساب العمليات الانتقالية وتحديد متغيراتها أو القسم الثالث فهو عبارة عن إعطاء النتائج واختيار طريقة الحماية للحد من ارتفاع الضغط وتحديد مواصفاتها[9].



الشكل (2): المخطط النهجي المبسط من أجل حساب العمليات الانتقالية في شبكة الري المغلقة.

للتأكد من دقة الطريقة المطورة تم تطبيقها على محطة ضخ حقيقة بعد إجراء تجارب هذه المحطة إذا تم إجراء مجموعة من التجارب على محطة ضخ (الشلفاطية) (PS-1) الواقعة شرق مدينة اللاذقية وقد تم اختيار هذه المحطة لقربها ولوجود أجهزة قياس ضمن المحطة. وتملك ضاغط مرتفع. تضم محطة الضخ أربع مضخات نابذة أفقية ذات مدخلين نوع (D6300-80) – بغزارة ($1.75m_3/sec$) وضاغط (89m) وبسرعة دوران للدولاب الدوار ($750min^{-1}$)، قطر أنبوب الدفع لكل مضخة (800mm) ومجهز كل أنبوب بصمام عدم رجوع بنفس القطر وسكر كهربائي بقطر (800mm) تضخ المحطة المياه من خزان مكشوف إلى خزان مكشوف آخر ضمن أنبوب دفع قطر (1400mm) نوع فولاذي وبطول (415m). الشكل (3).



الشكل (3): مقطع طولي في أنبوب الدفع.

أثناء إجراء التجارب تم رصد قيمة غزارة المياه والضاغط في بداية أنبوب الدفع وبعد المضخات والاستطاعة وسرعة دوران الدولاب الدوار للمضخات.

إحدى هذه التجارب كانت بقصد رصد متغيرات العملية الانتقالية الناتجة عن إيقاف عمل مضختين تعملان على التوازي. فعند النظام المستقر لعمل محطة الضخ كانت الغزارة ($3.3m^3/sec$) وقيمة الضاغط بعد المضخات (89m) وفي بداية أنبوب الدفع (86m) إذ أن منسوب المياه في حوض السحب كان (+24.2m) وفي حوض الاستقبال (107m) وبعد إيقاف عمل المضخات ارتفع الضاغط بعد المضخات إلى (137m) بعد فترة زمنية مقدارها أقل من (1sec) حيث أن زمن إغلاق صمام عدم الرجوع لا يتجاوز (0.5sec) واستمرت العملية الانتقالية (0.8sec) أما الضغط في بداية أنبوب الدافع فارتفع إلى قيمة (110.5m). أما نتائج حساب العملية الانتقالية بالطريقة المقترحة على محطة الضخ المذكور لنفس شروط التجربة موضحة على نتائج حسب المحطة (PS-1-CH) وأن تطابق النتائج أكدت إمكانية استخدام هذه الطريقة لذلك تم إجراء أكثر من عشرين تجربة نظرية على محطات ضخ حقيقة قسم منها للري وقسم منها للتأمين الصحي.

3- طرق الحماية من ارتفاع الضغط في الأنابيب ومحطات الضخ:

من أجل تسهيل اختيار طريقة الحماية من ارتفاع الضغط تم تقسيمها إلى قسمين أساسين:

3-1: استخدام وسائل من أجل تفريغ المياه من شبكات الأنابيب:

آ- التفريغ غير المحدد للمياه عن طريق المضخة وفي هذه الحالة لا يحوي أنبوب الدفع على صمام عدم رجوع وعند حدوث عملية انتقالية فسوف تتحرك المياه بالاتجاه العكسي عن طريق المضخة. إن هذه الطريقة توفر ثمن الأجهزة على أنبوب الدفع ولكنها تؤدي إلى دوران الدولاب للمضخة بالاتجاه العكسي وهذا غير مرغوب به[6].

ب- التفريغ المحدود للمياه ويتم باستخدام أجهزة خاصة منها:

1- استخدام أنبوب توجيه حيث يركب أنبوب حول صمام عدم الرجوع المركب بعد المضخات أو في بداية أنبوب الدفع ويكون قطره مساوياً (1/4-1/3) من قطر أنبوب الدفع[1].

2- استخدام صمام عدم رجوع أوتوماتيكي مبرمج بحيث يغلق بسرعة في البداية وم ثم ببطء وزمن إغلاقه يحدد بعد دراسة العملية الانتقالية[3].

3- استخدام منظمات ضغط بحيث تفتح أو تغلق هذه المنظمات عند وصول الضغط إلى قيمة معينة فيخرج قسم من المياه خارج الشبكة ويغلق عندما ينخفض الضغط إلى قيمة معينة أخرى[7].

STATUS: SURGE RELIEF PS-1-CH
SATA ENTRY

Pipe length		415	meters
Pipe size		1400	mm
Flow rate		11880	m^3/hr
Pipe material	S		S/P/A/F
Pipe wall thick	10		mm
Static pressure	82.8		m
Working pressure		90	m

F1 = Help F2 = more info. ↑ = Up
F5 = Units conversation
F3 = Main menu ↓ = Down
SYSTEM SOLUTION

* Wave velocity		930	m/sec
* Wave critical time	0.89		sec
* Flow velocity	0.87		m/sec
* Negative surge		40.8	m
* Negative pressure	49.2		m
* Pressure rise	49		m
* Max. Press. w/o relief	138		m

*** DANGER *** Possible Pressure Surge
VALVE SIZING FOR ZERO SURGE
REQUIRED SURGE RELIEF VALVES FOR 0.0 SURGE
Bypass pipe + one – way valve (Auto)

Pipe size	valve size
Mm	mm
200	800

ANY KEY TO RETURN TO DATA ENTRY!

3-2: استخدام وسائل للحد من سرعة حركة المياه بالاتجاه العكسي:

هذه الطرق مخصصة من أجل منع ارتفاع الضغط وانخفاضه أثناء حدوث العمليات الانتقالية. ومن هذه الوسائل:

1- استخدام خزان هوائي مائي مضغوط: وهو خزان فولاذي مغلق موصول في بداية شبكة الري بواسطة أنبوب بقطر (1/3.5) قطر أنبوب الدفع ويتراوح حجمه بين M^3(1-25) إذ يملئ 2/3 منه ماء و1/3 منه هواء ويتم حساب حجمه بعد دراسة العملية الانتقالية[8].

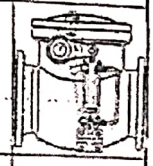
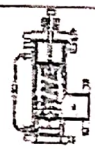
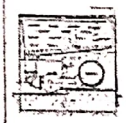
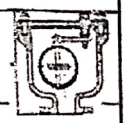
2- استخدام أنبوب التوازن الشاقولي. وهو أنبوب شاقولي قطره نصف قطر أنبوب الدفع المركب عليه ويجب أن يرتفع إلى قيمة أكبر من ضاغط محطة الضخ لذلك يستخدم في محطات الضخ ذات الضغط المنخفض[7].

3- استخدام صمامات هواء. مهمتها إدخال الهواء أثناء انخفاض الضغط وإخراج الهواء أو الماء أثناء ارتفاع الضغط وبشكل عام يستخدم في المنعطفات الشاقولية. المحدبة أو المقعرة[7].

4- استخدام خزان مياه كشوف. وهو خزان مكشف يوصل بأنبوب الدفع إذ يسمح للمياه بالدخول إلى شبكة الأنابيب أثناء انخفاض الضغط ودخول المياه من الشبكة إلى الخزان أثناء ارتفاع الضغط كذلك أيضاً يستخدم هذا النوع في محطات الضخ ذات الضغط المنخفض[1].

5- استخدام صمامات عدم رجوع إضافية. إذ يمكن تقسيم أنبوب الدفع إلى عدة أقسام بتركيب عدة صمامات عدم رجوع وخاصة عندما يكون ضاغط محطة الضخ كبير جداً[8].

ومن أجل اختيار الوسيلة المناسبة للحد من ارتفاع الضغط وانخفاضه أثناء حدوث العمليات الانتقالية يمكن الاعتماد على الجدول رقم (1) وفي حال إمكانية استخدام أكثر من جهاز لمحطة ضخ واحدة يتم الاختيار على أساس الحسابات الاقتصادية.

الطريقة		الوسيلة	Qm^3/sec	D_{MM}	H_M	شكل الجهاز
تفريغ المياه	غير محدود	لا يوجد أي جهاز	> 2	> 1000	< 20	—
	محدود	صمام عدم رجوع أوتوماتيكي	3 — 0.5	1000 — 500	> 50	
		أنبوب توجيه	> 0.5	> 500	> 50	
		منظم ضغط	< 0.5	< 500	20 — 50	
تخفيض سرعة المياه بالاتجاه المعاكس	خزان ضغط مغلق		< 1.0	< 800	> 50	
	خزان مكشوف		> 1	>1000	> 25	
	أنبوب توازن شاقولي		< 1.0	< 1000	> 25	
	صمام هوائي	على أنبوب الدفع في المنعطفات الشاقولية المحدبة والمقعرة				
	صمامات عدم رجوع إضافية		< 2	< 1000	> 100	

الجدول (1): وسائل الحماية من ارتفاع الضغط وانخفاضه

4- التوصيات والنتائج:

- من أجل جميع محطات الضخ العاملة مع شبكات الري المغلقة يجب دراسة العمليات الانتقالية وتحديد طريقة الحماية المناسبة للحد من ارتفاع الضغط أو انخفاضه إذ يمكن الاعتماد على طريقة الحساب المطورة المذكورة.
- قبل وضع أجهزة الحماية قيد الاستثمار يجب تجريبها على الضغط التجريبي والمساوي إلى ضاغط محطة الضخ مضروباً بعامل أمان مقداره (1.2) لفترة زمنية لا تقل عن (10MIN) أما بعد الاستثمار فيجب مراقبتها بشكل دوري وصيانتها من الأعطال الممكنة الحدوث وعندما يتوضع جهاز الحماية خارج مبنى محطة الضخ يجب حمايتها بمنشاة صغيرة إذ لوحظ أن معظم أعطال أجهزة الحماية الظاهرة فوق الأرض ناتج عن اعتداء السكان عليها لجهلهم بطريقة عملها.

وأهم نتائج البحث يمكن تلخيصها كالتالي:

1- أن تطابق نتائج الحسابات النظرية ونتائج التجارب العملية تسمح باستخدام طريقة الحساب المقترحة لحساب العمليات الانتقالية في شبكات الري الأنبوبية أثناء عملها مع محطات الضخ.

2- إن ارتفاع الضغط في جميع الحالات يكون بسبب استخدام صمامات عدم رجوع عادية والمتوضعة إلى أنبوب دفع المضخات الأساسية حتى ولو كان تأخير زمن إغلاقها لا يتجاوز النصف ثانية.

3- إن قيمة سرعة انتشار موجة الضغط في الأنابيب ضمن محطة الضخ هي أقل منها في أنبوب الدفع الرئيسي مع العلم أن الضغط في الأنابيب ضمن محطة الضخ أكبر منه في أنبوب الدفع وهذا يدل على وجود هواء منحل ضمن هذه الأنابيب.

4- إن استخدام منظمات ضغط في بداية الشبكات الصغيرة لا تقوم بتخفيض الضغط المرتفع أثناء توقف المضخات عن العمل وذلك لأن صمام عدم الرجوع العادي يكون أسرع بالإغلاق من زمن بداية عمل النظم.

5- عند استخدام صمام عدم رجوع أوتوماتيكي أو مبرمج يجب أن يغلق بفترة زمنية أكبر من زمن الصدمة الهيدروليكية وذلك بإغلاقه بمقدار 90% خلال 1/10 من الزمن وإغلاقه 10% الباقية خلال 9/10 من الزمن الباقي.

6- يفضل عد استخدام سكر كهربائي حتى ولو كان مبرمج للحد من الصدمة الهيدروليكية وذلك لأن معظم أسباب حدوث الصدمة الهيدروليكية هي انقطاع التيار الكهربائي وبالتالي تعطل السكر عن العمل بنفس الوقت.

7- عند استخدام طريقة تفريغ المياه عن طريق المضخة يجب التحقق من حدوث ظاهرة التكهف في أجهزة الحماية لأن تطور ظاهرة التكهف تؤدي إلى زيادة الضياعات الهيدروليكية فيها وبالتالي تؤثر على تغيرات الضغط في الأنابيب ومحطة الضخ.

المراجع References

[1]- ليسوف. ل.إ، تشابوك. إ.أ مسكيفيتش ب.غ. – استثمار محطات الضخ الخاصة بالري. موسكو (1988) – 255ص أغروبروم للنشر (باللغة الروسية).

[2]- فوكس – د.أ. التحليل الهيدروليسكي للجريان غير المستقر في الأنابيب. موسكو (1981) – 241ص إنيرغي للنشر ترجمة من الإنكليزية (باللغة الروسية).

[3]- فيشنيفسكي ك.ب. بودلاسوف ف.A. تصميم محطات الضخ مع شبكات الري المغلقة. موسكو (1990) – 90ص أغروبروم للنشر (باللغة الروسية).

[4]- جوكوفسكي. ن.ب. – الصدمة الهيدروليكية في الأنابيب – موسكو (1949) – 50ص غروستروي للنشر (باللغة الروسية).

[5]- غيراشينكو ل.س. زاريانوف ف.ب. تاتورا. أ.ب. الحماية في ارتفاع الضغط في شبكات الأنابيب – موسكو (1989) – 171ص فودوبريكت للنشر (باللغة الروسية).

[6]- مينايف أ.ب. كاريلين. ف.ي. المضخات ومحطات الضخ – موسكو (1986) – 312ص ستروي للنشر (باللغة الروسية).

[7]- بايداكوف. و.ف. ذيغيفر. و.إ. الهيدروليك والمضخات – موسكو _1975) – 127ص غوس إنيرجي للنشر (باللغة الروسية).

[8]- G. Enangeliste – Water hammer analyzing by method of characteristics – Energia eletter 1968. 362 P.

[9]- T.A. Fox – The use of the digital computer in the solution of water hammer problem. Inst. Civil Eng. – 1968, 405P.

[10]- فرولوف. ن.ف. طريقة تحديد متغيرات الأنابيب المضغوطة – لينينغراد (1985) – 60ص هيدروتكنيكا للنشر (باللغة الروسية).

[11]- V. Streeter – water hammer analysis of pipelines T. Hydraulic-Amer. Civil Eng. 1964, 245P.