

دراسة تأثير قطر أنبوب خزان التغذية على خواص المطرقة المائية في محطات الضخ

الدكتور المهندس عبدالله الحمد

مدرس في قسم هندسة الطاقة-كلية الهندسة الميكانيكية-جامعة حلب

الملخص

تحدث موجات الضغط والمطرقة المائية في نظام الضخ، عند حدوث تغيرات فجائية في خواص الجريان. يجب أن يأخذ المهندسين، دراسة ظاهرة المطرقة المائية بعناية كبيرة، وما يمكن أن تسببه من زيادة كبيرة في قيم الضغوط الموجبة والسالبة. إن تخفيف وتلافي الأخطار التي يمكن أن تسببها الصدمة المائية من خلال علاقة شدة الصدمة بالكثير من العوامل والإجراءات الهندسية والتصميمية، التي من الممكن إتباعها للتخفيف من الآثار المدمرة للصدمة المائية. درسنا في هذا البحث استخدام حماية شبكة أنابيب، من الفولاذ STEEL ' والبولي إيثيلين HDPE ، باستخدام خزان التغذية ذو اتجاه واحد، درسنا تأثير قطر الأنابيب الواصل من خزان التغذية إلى خط الأنابيب الرئيسي بأخذ فرق ضغط ثابت مقداره $1[mH_2O]$ ماء على طرفي صمام عدم الرجوع، وبأقطار مختلفة، لاحظنا باستخدام أنبوب بقطر أقل من $125[mm]$ = $5[inch]$ ، يؤدي ذلك إلى حدوث ظاهرة التكهف وانخفاض الضغط إلى أقل من ضغط بخار الماء ضمن شبكة الأنابيب.

الكلمات المفتاحية: خزان التغذية، المطرقة المائية، محطات الضخ.

المقدمة

استخدم العديد من الباحثين أساليب تجريبية، وعددية، وتحليلية، لدراسة ظاهرة المطرقة المائية في الأنابيب. تحدث الأضرار الناجمة عن المطرقة المائية في خطوط الأنابيب في ظل ظروف غير ملائمة. يساعد استخدام أداة CFD، في دراسة الآثار الناجمة عن المطرقة المائية، واقتراح الطرق المناسبة للحد منها. أجرى الباحثان Emadi, Abbas Solemani دراسة عددية على شبكات الأنابيب لتحديد القيمة العظمى للضغط، كمخرج بالنسبة لعدة عوامل مثل درجة حرارة السائل، قطر الأنبوب، سماكته، المادة التي يصنع منها الأنبوب، عطالة المضخات، وسرعة دوران المضخة، وتأثير هذه العوامل على خواص المطرقة المائية، وبشكل خاص على القيم العظمى للضغط [1]. خلال نمذجة شبكات الأنابيب، يتم تحليل زيادة الضغط في شبكات الأنابيب من أجل أهداف مختلفة من أهمها التنبؤ بالآثار المدمرة للمطرقة المائية. حيث قام Sahil Lahane وآخرون بتصميم خط أنابيب باستخدام برنامج GAMBIT، ويتم محاكاة حالة انخفاض الضغط، في معادلات المطرقة المائية باستخدام برنامج FLUENT. تساعد المحاكاة المصممين على فهم جيد لظاهرة المطرقة المائية، والعمل على تقليل الآثار التي تنتج عنها [2]. يستخدم في نظام خطوط أنابيب إمدادات المياه، أنابيب البولي إيثيلين (PE) المقواة بشبكة من الفولاذ، يمكن لشبكة الفولاذ تحسين قوة الشد وثبات الأنابيب، ومع ذلك، يمكن أن تتسبب أيضاً في حدوث خطر أكبر للمطرقة المائية، بسبب زيادة سرعة الموجة. من أجل تحليل تأثير شبكة الصلب على سرعة موجة الصدمة والحالات غير المستقرة في الجريان، قام WUVI WAN, XINWEI MAW باقتراح صيغة سرعة موجة معدلة من خلال استخدام معامل مرونة مكافئ [3]. لقد قام سلمانزاده بدراسة تأثير موقع خزان التغذية على طول خط الأنابيب على خواص المطرقة المائية، ولاحظ أن وضع خزان التغذية بالقرب من نهاية الخط، يؤدي إلى أن الضغط يقترب من ضغط التشغيل، والضغط الأعظمي ينخفض بشكل كبير [4]. غالباً ما تنشأ ظاهرة المطرقة المائية خلال التغيرات السريعة غير المستقرة. أحد أساليب حماية خطوط الأنابيب هو خزان هواء

مضغوط، والذي يتم تصميمه بواسطة معادلات لتذبذب كتلة الماء، في شبكات إمداد المياه. يتم إجراء تحليل لتأثير الزيادات في الضغط الناتجة عن المطرقة المائية، على قيم الضغط في خطوط الأنابيب المحمية بواسطة خزان الهواء المضغوط. درست هذه الظاهرة غير المستقرة (العابرة) في خط إمداد المياه بين محطة ضخ رافنيك وخزان فيليكو برديو، وبالتالي تم مقارنة قيم الضغط المقاسة بالقيم المحسوبة بنموذج رقمي. لوحظ أنه على الرغم من أن خزانات الهواء، تحول الطاقة الحركية إلى تذبذبات لكتلة الماء، فإن جزءاً من الطاقة يتحول إلى تشوهات مرنة لخطوط الأنابيب، وتغير ضغط المياه. تقوم هذه الدراسة بتقييم العلاقة بين تحويل الطاقة الحركية إلى تغيرات كبيرة في الضغط (ظاهرة تسمى المطرقة المائية)، اعتماداً على مدى تغير السرعة في الزمن المناسب [5]. غالباً ما نواجه تدفق غير مستقر عند دراسة وتصميم خطوط الأنابيب، في الهندسة الهيدروليكية، حيث تتسبب تغيرات التدفق (وبالتالي سرعة الماء) في تحويل الطاقة الحركية للمياه إلى أشكال أخرى من الطاقة. ومع ذلك، ونظراً لأن المياه والسوائل بشكل عام تكون قابليتها للانضغاط صغيرة نسبياً. حيث إن تغير صغير في التدفق يمكن أن يؤدي إلى تغيرات كبيرة في الضغط، وبالتالي يسمح بتخزين كمية كبيرة من الطاقة. التغيرات السريعة في سرعة المياه يمكن أن تسبب ظاهرة المطرقة المائية، والتي يمكن أن تضر بخطوط الأنابيب والمعدات الهيدروليكية الأخرى. إن أكثر أسباب المطرقة المائية شيوعاً، هي الإغلاق المفاجئ (أو الفتح) للصمام، والتوقف المفاجئ للمضخة. إن نمذجة الأحداث غير المستقرة لتغيرات الضغط هي الأساس لتحقيق التشغيل الآمن في أنظمة إمدادات المياه، وهو الجزء الأكثر تحدياً في التصميم العقلاني لمثل هذا النظام.

لتجنب الأضرار الناجمة عن المطرقة المائية، يتم حماية خطوط الأنابيب بطرق مختلفة من أهمها خزانات التغذية. وتتمثل المهمة الرئيسية لخزان التغذية تحقيق تغيرات تدريجية في سرعة الجريان، وحماية الأنابيب وبشكل خاص من الضغوط السالبة، وعندما يكون الضاغط قليل نسبياً. كما هو هدف أغلب وسائل الحماية من المطرقة المائية.

2- أهمية البحث

تكمن أهمية البحث في دراسة الأضرار الناجمة عن المطرقة المائية وما يمكن أن تسببه من أضرار كبيرة في خطوط ، وشبكات الأنابيب المستخدمة في نقل السوائل، وما يرافق ذلك من التوقف في الإمدادات، وكلف كبيرة تصرف على عملية إصلاح الأضرار الناجمة عن المطرقة المائية. والهدف الرئيسي من هذا البحث يتلخص في حماية شبكات توزيع السوائل من الأضرار والأعطال الناجمة عن المطرقة المائية، باستخدام خزان التغذية ذو الاتجاه الواحد، ودراسة تأثير قطر أنبوب خزان التغذية على خواص المطرقة المائية.

3- طرائق البحث ومواده

3-1- الدراسة النظرية

يعرف الجريان الهيدروليكي العابر، أيضاً بالجريان غير المستقر للسوائل. خلال تحليل الجريان غير المستقر، السائل وحدود المنظومة النظام يمكن أن تكون إما مرنة أو غير مرنة:

▪ نظرية مرنة:

تصف الجريان غير المستقر لسائل قابل للانضغاط في نظام مرن (على سبيل المثال، حيث الأنابيب يمكن توسيعها وتقلصها). في هذا البحث نستخدم طريقة المميزات (MOC) لحل أي مشكلة هيدروليكية تتعلق بالجريان غير المستقر.

▪ نظرية العمود الجامد:

تصف الجريان غير المستقر لسائل قابل للانضغاط في نظام صلد (جامد). هو يستطيع حل المسائل التي تتعلق بالجريان غير المستقر. كلا الفرعين لنظرية عدم الاستقرار تعتمد على معادلة الاستمرارية ومعادلة كمية الحركة، حيث هناك حاجة لتحديد V و p في أي نظام جريان أحادي البعد. حل هاتين المعادلتين يعطي النتيجة

النظرية التي عادة ما تقابلها عن كثب قياسات النظام الحقيقية إذا كانت البيانات والافتراضات تستخدم لبناء النموذج العددي صالحة. تنتج دراسات وتحليلات عدم الاستقرار على أنه ليس هناك تطابق وتوافق عند مقارنتها مع نتائج القياسات الفعلية للنظام، والتي عادة ما تحدث بسبب بيانات النظام غير المناسبة (خاصةً الشروط الحدية) وافتراضات غير مناسبة.

3-1-1- معادلات الاستمرار

تم دراسة ظاهرة المطرقة المائية في شبكات الأنابيب باستخدام معادلات الاستمرار، ومعادلة كمية الحركة من أجل جريان أحادي البعد:

$$\frac{\partial p}{\partial t} + V \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{a^2}{g} \left(\frac{\partial V}{\partial x} \right) = 0 \quad \dots(1)$$

بإهمال الحد الثاني في هذه المعادلة لصغره مقارنة مع الحدود الأخرى نجد:

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{a^2}{g} \left(\frac{\partial V}{\partial x} \right) = 0 \quad \dots(2)$$

حيث: $v(x,t)$ السرعة، $p(x,t)$ الضغط، g تسارع الجاذبية، D قطر الأنبوب الداخلي، a سرعة موجة المطرقة المائية، ρ_w الكتلة النوعية للماء، x الإحداثيات المكانية على طول المحور الطولي، t الزمن.

3-1-2- معادلة كمية الحركة

يمكن استخلاص معادلات كمية الحركة للسائل من النظر في القوى التي تؤثر على عنصر صغير، أو حجم المراقبة، بما في ذلك إجهاد القص المتولد من حركة السوائل اللزجة. تعرف معادلات كمية الحركة لسائل حقيقي، بمعادلات Navier - Stokes. بما أن قيمة التدفق العمودي على جدران الأنابيب يساوي الصفر، يمكن أن يكون التدفق في الأنبوب أن يعتبر أحادي البعد، وبالتالي تصبح معادلة كمية الحركة على الشكل:

$$\frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial x} + g \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{f}{2D} V |V| = 0 \quad \dots(3)$$

يمثل الحد الأخير على الجانب الأيسر $(V |V| (f/2D))$ ضياعات الاحتكاك في اتجاه الجريان، بينما يمثل الحد الأول على الجانب الأيسر التسارع المحلي، في حين أن الحد الثاني يمثل التسارع المكاني، والتي غالباً ما يتم إهمالها لإعطاء المعادلة الشكل المبسط التالي:

$$\frac{\partial V}{\partial t} + g \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right) + V |V| \left(\frac{f}{2D} \right) = 0 \quad \dots(4)$$

3-1-3- طريقة المميزات (MOC)

في هذا البحث يستخدم الأسلوب الأكثر استخداماً وعلى نطاق واسع، المعروف باسم طريقة مميزة (MOC)، لحل المعادلتين 2 و 4 لجريان السائل غير المستقر في الأنابيب. باستخدام طريقة المميزات MOC، يمكن تحويل المعادلات التفاضلية الجزئية السابقة إلى المعادلتين التاليتين ذات الفروق الآجلة:

$$\frac{\partial V}{\partial x} = \frac{V_{i+1}^n - V_i^n}{\Delta x}$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \frac{p_i^{n+1} - p_i^n}{\Delta t}$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} = \frac{V_i^{n+1} - V_i^n}{\Delta t}$$

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{p_{i+1}^n - p_i^n}{\Delta x}$$

$$\frac{p_i^{n+1} - p_i^n}{\Delta t} - \frac{a^2}{g} \left(\frac{V_i^{n+1} - V_i^n}{\Delta x} \right) = 0 \quad \dots(5)$$

$$\frac{V_i^{n+1} - V_i^n}{\Delta t} - g \frac{p_i^{n+1} - p_i^n}{\Delta x} - \frac{f}{2D} V_i^n |V_i^n| = 0 \quad \dots(6)$$

مع القيم غير المعروفة للضغط p والسرعة V عند الزمن n ، والموضع i ، هناك قيم تحسب باستخدام المعادلتين (5)، و(6) عند الزمن $n+1$.

لكن لدينا أيضا: $p = \rho g H$ و $dZ/dx = 0$,

$$H_i^{n+1} = H_i^n - \frac{a^2 \Delta t}{g \Delta x^2} (V_{i+1}^n - V_i^n) \quad \dots(7)$$

$$V_i^{n+1} = V_i^n - \frac{g \Delta t}{\Delta x} (H_{i+1}^n - H_i^n) - \frac{f \Delta t}{2D} V_{i+1}^n |V_{i+1}^n| \quad \dots(8)$$

يعوض عامل الاحتكاك في المعادلتين (3) إلى (8) من معادلة تقريب تشيرشل التي تغطي جميع شروط الجريان من الصفحي حتى المضطرب.

$$f = 8 \left[\left(\frac{8}{\text{Re}} \right)^{12} + \frac{1}{(A+B)^{1.5}} \right]^{1/2}$$

حيث:

$$A = 2.547 \ln \left[\frac{1}{\left(\frac{7}{\text{Re}} \right)^{0.9} + \frac{0.27e}{D}} \right]^{16}, \quad B = \left(\frac{37530}{\text{Re}} \right)^{16}$$

3-1-4- الشروط الحدية:

حسب مبدأ الفتحة يتم تقييم القيم حتى الإغلاق الكامل، ويتم تقييم معادلة الفروق المحدودة على أساس الميزات الإيجابية على النحو التالي:

$$V_m^n = V_o \left(1 - \frac{t}{T_c} \right) \quad \text{if} \quad 0 \leq t \leq T_c$$

$$H_m^{n+1} = H_m^n - \frac{a^2 \Delta t}{g \Delta x^2} (V_m^n - V_{m-1}^n)$$

عندما يكون الصمام مغلق كلياً:

$$V_m^{n+1} = 0 \quad \text{و} \quad A = 0 \quad \text{إذا} \quad t > T_c$$

حيث: T_c الزمن الحرج، a سرعة الموجة $[m/s]$ ، A_n مساحة مقطع الأنبوب بين خزان التغذية وخط الأنابيب $[m^2]$ ، C_o عامل الفتحة، e الخشونة المطلقة $[mm]$ ، f

عامل الاحتكاك (عامل دارسي - فايسباخ)، H ارتفاع الحمولة (الضاغط) m ، P الضغط Pa ، Q_s التدفق من خزان التغذية إلى الأنابيب $[m^3 /s]$ ، Re رقم رينولدز، t زمن إغلاق الصمام $[s]$ ، V السرعة $[m/s]$ ، ρ الكتلة النوعية $[kg/m^3]$.

خزان التغذية وحيد الاتجاه:

يستخدم خزان التغذية وحيد الاتجاه من أجل حالات الضغوط المنخفضة وفي حالة انفصال عمود السائل، وليس له تأثير عند حالات الضغوط الكبيرة. يوضع صمام عدم رجوع عند مدخل خزان التغذية لمنع تسرب المائع من خط الأنابيب إلى خزان التغذية. عندها، في حالة خزان التغذية وحيد البعد يتدفق من الخزان إلى خط الأنابيب ولا يعود إلى الخزان بسبب وجود صمام عدم الرجوع.

للتحليل، يجب علينا النظر في خزانات التغذية أحادية الاتجاه بأن لها شروط حدية خاصة. إذا كان معروفاً موضع، وأبعاد والخواص الهيدروليكية للخزانات، يمكننا تطوير المعادلات العائدة لهذه الشروط الحدية. للقيام بذلك، نفترض أن الخزان يقع عند تقاطع خطين من السلاسل. المعادلات التالية هي الشروط الحدية الداخلية للخزان حيث يقع في موقع الضغط المنخفض.

$$C_1 = V_{i+1}^n - \frac{g}{a} H_{i+1}^n - \frac{f\Delta t}{2D} V_{i+1}^n |V_{i+1}^n|$$

$$C_2 = V_{i-1}^n + \frac{g}{a} H_{i-1}^n - \frac{f\Delta t}{2D} V_{i-1}^n |V_{i-1}^n|$$

$$V_A^n = C_2 - \frac{g}{a} H_A^n$$

$$V_B^n = C_1 + \frac{g}{a} H_A^n$$

$$H_A^n = H_B^n \quad \text{and} \quad V_B^n A_B^n = V_A^n A_A^n + Q_s$$

$$Q_s = C_O A_n \sqrt{2g (H_s^n - H_A^n)}$$

ويجب أن نبحت عن معادلات أخرى. من أجل كتابة هذه المعادلات يجب أن نعتبر المتغير H_S تابع للزمن. لنأخذ ارتفاع الحمولة الأولي في الخزان، عندئذ بكتابة معادلة الاستمرار بالنسبة لحجم المراقبة (الخزان)، نحصل على:

$$H_S^{n+1} = H_S^n + Q_S \left(\frac{\Delta t}{A_S} \right)$$

حيث: A_S - مساحة مقطع الأنبوب بين الخزان والأنبوب.

$$Q_S = 0.5C_3 \left(-1 + \left(\sqrt{1 + \frac{4C_4}{C_3^2}} \right) \right)$$

$$C_3 = \frac{2gC_0^2 A_n^2}{(g/a)(A_B - A_A)}$$

$$C_4 = C_3 \left| C_1 A_B - C_2 A_A + (g/a)(A_A + A_B) H_S^n \right|$$

يجب التحكم بقيمة Q_S ، لأنه إذا كان سالبًا Q_S ، فإنه يساوي الصفر لأنه في هذه الحالة يتم إغلاق الصمام وليس هناك تدفق معاكس في الخط.

في الخطوات التالية، نستخدم خزان تغذية ذو اتجاه واحد في مسار خطوط الأنابيب وتحديد أفضل قطر للأنبوب الواصل من خزان التغذية إلى خط الأنابيب.

3-2- الدراسة العددية

لقد تم استخدام برنامج AFT IMPULSE من أجل إجراء دراسة لمحطة ضخ حيث أنه من المعلوم أن كل منظومة ضخ لها خواصها التي تختلف بها عن غيرها، وبالتالي فإن هذا البرنامج يساعد بشكل كبير على دراسة المتغيرات وتأثيرها على شدة المطرقة المائية.

3-2-1- مزايا برنامج AFT IMPULSE

يستخدم البرنامج واجهة رسومية متقدمة من خلال إمكانية رسم نظام خط الأنابيب ومرافق التخزين والمضخات ووسائل التحكم بالمطرقة المائية التي من الممكن تصميمها بسرعة وسهولة. مجهز البرنامج بمزايا مرنة ومحددة مسبقًا تسمح بالنسخ

السريع لمعلومات النموذج. يجوز للمستخدم استيراد البيانات والنتائج المرتبطة بنماذج أخرى للتطبيق. هذه الطريقة لا توفر فقط الزمن ولكنها تقلل أيضًا من احتمالية حدوث الأخطاء التي قد تحدث أثناء نسخ التاريخ إلى البرنامج. باستخدام برمجيات المطرقة المائية، يمكن للمستخدم تحليل موجات الضغط الناتجة من المطرقة المائية:

- تقليل مخاطر الأضرار المرتبطة بالمطرقة المائية، وبالتالي زيادة السلامة وتقليل معدل الفشل.
- الحد من آثار المطرقة المائية في أنظمة الضخ وخطوط الأنابيب، وزيادة عمر البنية التحتية.
- تقليل مخاطر تلوث المياه في حالة الضغوط أقل من الضغط الجوي، حيث يوجد خطر سحب المياه الجوفية مما يؤدي إلى تلوث شبكة الأنابيب.
- تقليل وتيرة وشدة صدمات الضغط (الضغوط والقوى) قد تسبب ونمو الشقوق، وزيادة تسرب).

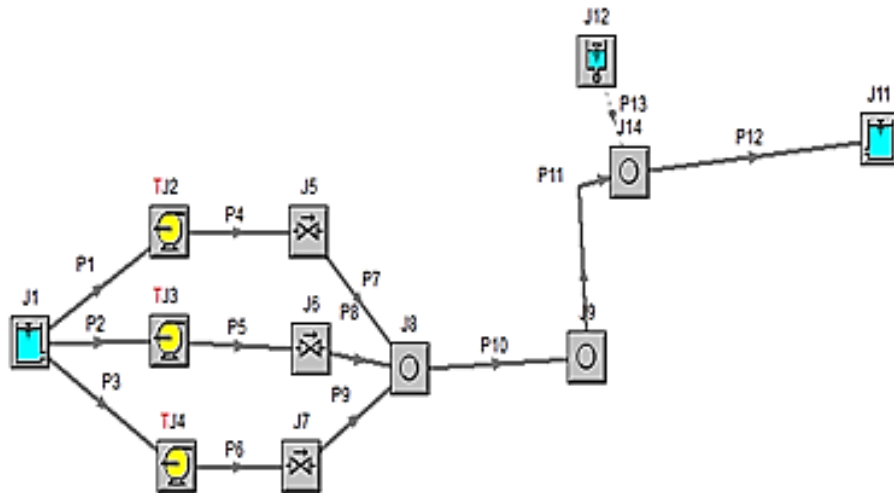
3-2-2- أسئلة التحقيق

من أجل تحليل الموجات غير المستقرة في أنظمة نقل المياه، نستخدم في حساباتنا، الخصائص المرنة في خطوط الأنابيب، والسوائل. ترتبط هذه الميزات بشكل وثيق مع اختلافات الضغط و سرعة انتشار موجات الضغط. تستخدم برمجيات AFTIMPULSE طريقة المميزات لحل المعادلات التفاضلية غير الخطية. ثم يجب تحديد الشروط الحدية. من أجل حل معادلات كمية الحركة، والاستمرار، فإن يفترض البرنامج مجموعة من الشروط التالية:

- السائل متجانس.
- مرونة خط الأنابيب والسوائل يتبع نموذج خطي.
- الجريان أحادي البعد وقابل للانضغاط.

3-3- مثال لتحليل المطرقة المائية

خط أنابيب (القطر الاسمي $DN = 300[mm]$ ، وطول إجمالي $620[m]$)، محطة ضخ مؤلفة من ثلاث مضخات تعمل على التوازي، التدفق الكلي في الحالة المستقرة $Q=145[l/s]$ ، والضاغط $H = 28.5[m_{H_2O}]$ ، كل مضخة مجهزة بصمام عدم رجوع، يغلق بشكل سريع حال حصول جريان عكسي، كما هو موضح بالشكل (1)، العقد التي تربط أجزاء معينة من خط أنابيب موجودة على سطح الأرض. نموذج الجريان غير المستقر (الانتقالي) من دون عطالة، يجري إيقاف المضخات دفعة واحدة وبنفس الوقت خلال $1[s]$. نتيجة حصول المطرقة المائية تحدث تغيرات كبيرة في الضغط والقوى وخواص الجريان بشكل عام في شبكة الأنابيب، والهدف من الدراسة اختار الوسيلة الأفضل، واستخدام تجهيزات حماية مناسبة من آثار المطرقة المائية.



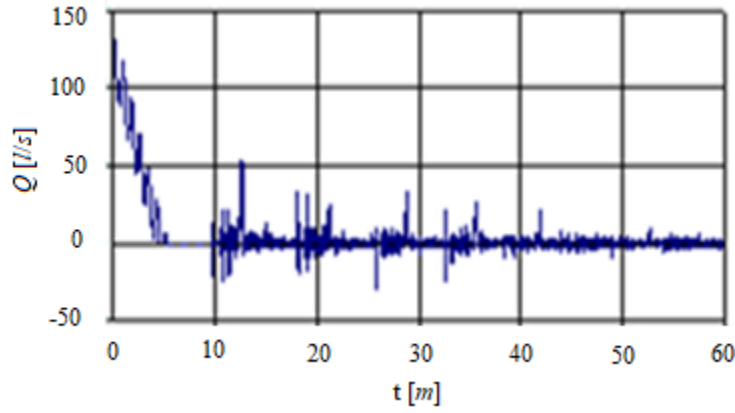
الشكل (1): مخطط شبكة الأنابيب.

4- النتائج والمناقشة

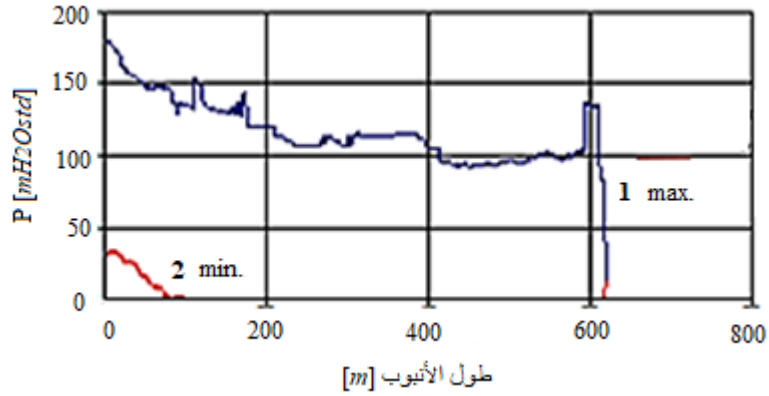
1-4- دراسة الشبكة من دون حماية

نلاحظ في الأشكال (2)، (3)، (4)، تذبذب التدفق ضمن المجال من $+50[l/s]$ إلى $-25[l/s]$ ، وتتغير القيمة العظمى للضغط على طول خط الأنابيب من القيمة $185[mH_2Ostd]$ إلى القيمة $10[mH_2Ostd]$ ، بينما تتغير القيمة الدنيا للضغط

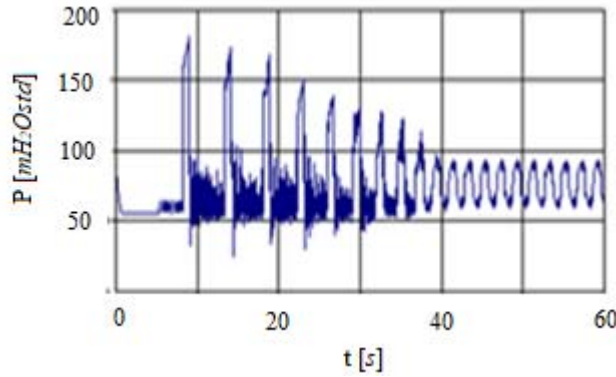
من حوالي $27[mH_2Ostd]$ إلى الصفر المطلق على طول خط الأنابيب، وتتغير القيمة العظمى للضغط $185[mH_2Ostd]$ عند مدخل الأنبوب P10،



الشكل (2): تغير التدفق مع مرور الزمن.



الشكل (3): تغير القيمة العظمى والدنيا للضغط على طول خط الأنابيب (من دون حماية).



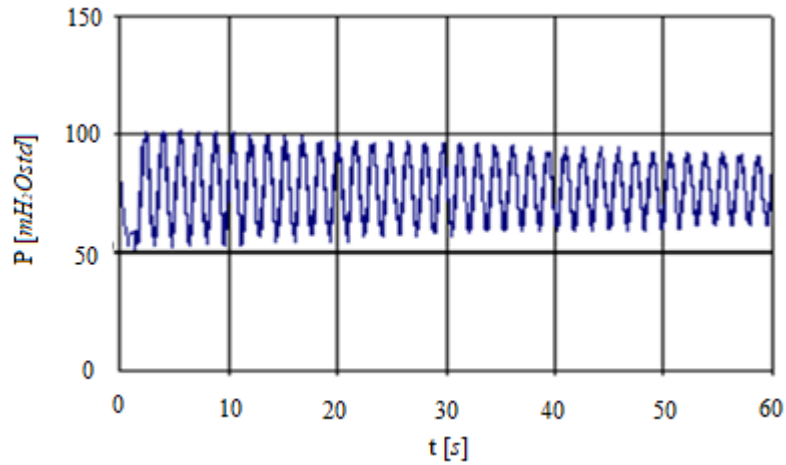
الشكل (4): تغير القيمة العظمى والدنيا للضغط عند مدخل P10 (من دون حماية).

4-2- دراسة تأثير قطر أنبوب خزان التغذية P13 الذي يتصل بشبكة الأنابيب على توهين المطرقة المائية:

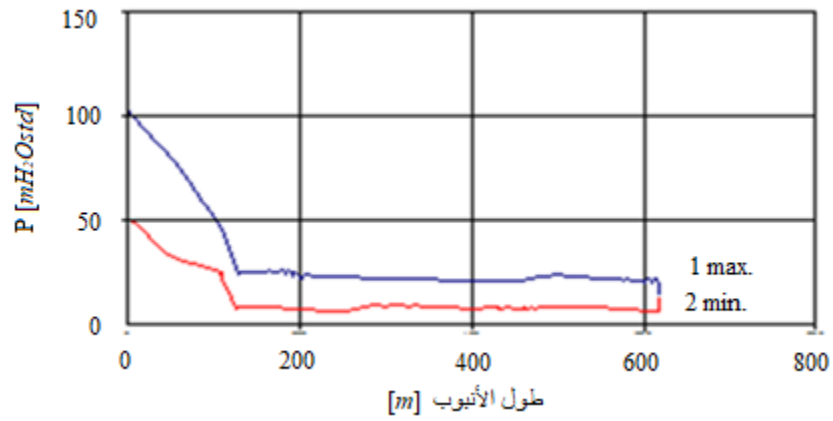
تم استخدام خزان تغذية Surge tank وحيد- الاتجاه كوسيلة حماية من المطرقة المائية للشبكة الموضحة بالشكل (1)، الأنبوب P10 مصنوع من HD-PE SDR13.5 وقطر $Din=300[mm]$ والأنابيب 11,12 من الفولاذ وقطر $Din=305[mm]$. المقطع العرضي لخزان التغذية $A = 8 [m^2]$ ، وارتفاع الماء في الخزان $7[m]$ ، حيث أخذنا فرق الضغط $\Delta p = 1 [mH_2O]$ على طرفي صمام عدم الرجوع لخزان التغذية وأخذنا عدة حالات لأقطار أنبوب خزان التغذية:

▪ الحالة الأولى قطر $10 [inch] = 0.25 [m]$:

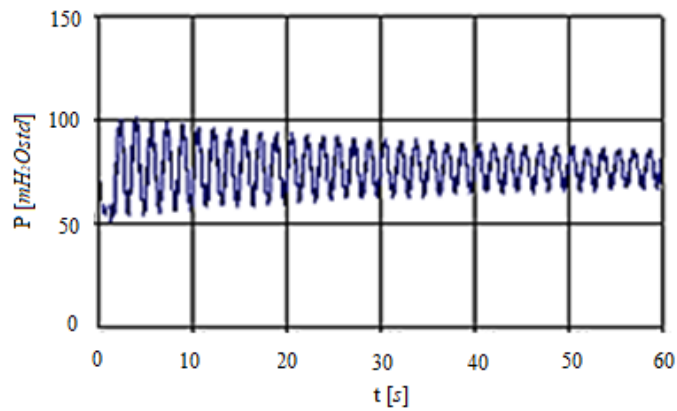
نلاحظ في الأشكال (5)، (6)، (7)، نلاحظ أن القيمة العظمى انخفضت إلى $100 [mH_2Ostd]$ عند مدخل الأنبوب P10 وهي قيمة قريبة من ضغط التشغيل. بينما نلاحظ أن القيمة العظمى للضغط تتغير على طول خط الأنابيب من القيمة $100 [mH_2Ostd]$ إلى القيمة $20 [mH_2Ostd]$ ، والقيمة الدنيا للضغط تتغير من $50 [mH_2Ostd]$ إلى $20 [mH_2Ostd]$ ، بينما التدفق يستقر تقريبا حول الصفر.



الشكل (5): تغير القيمة العظمى والدنيا للضغط عند مدخل p10.

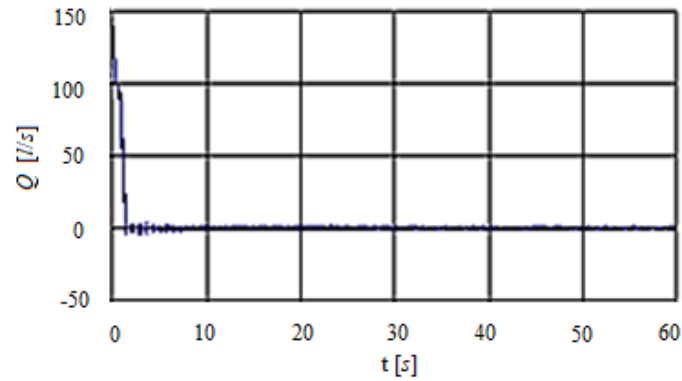


الشكل (6): تغير القيمة العظمى والدنيا للضغط على طول خط الأنابيب.

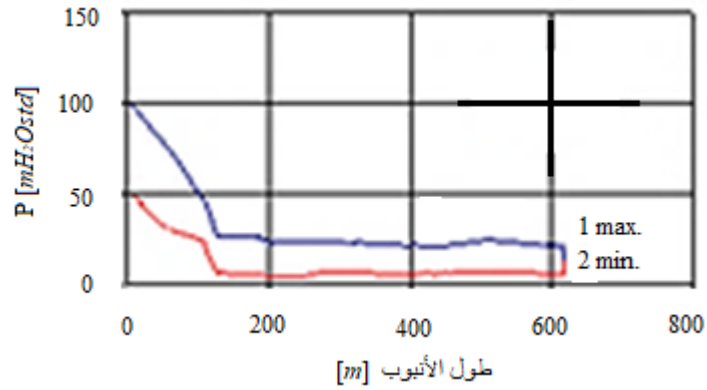


الشكل (7): تغير القيمة العظمى والدنيا للضغط على طول خط الأنابيب.

▪ الحالة الثانية قطر $0.2 [m] = 8 [inch]$

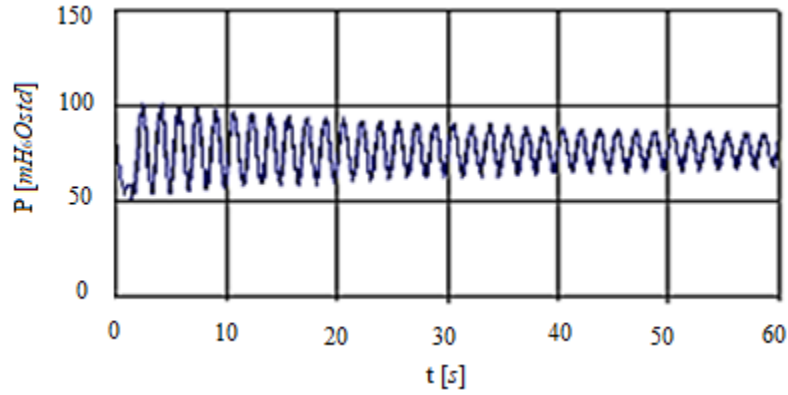


الشكل (8): تغير التدفق مع الزمن عند مدخل p10.

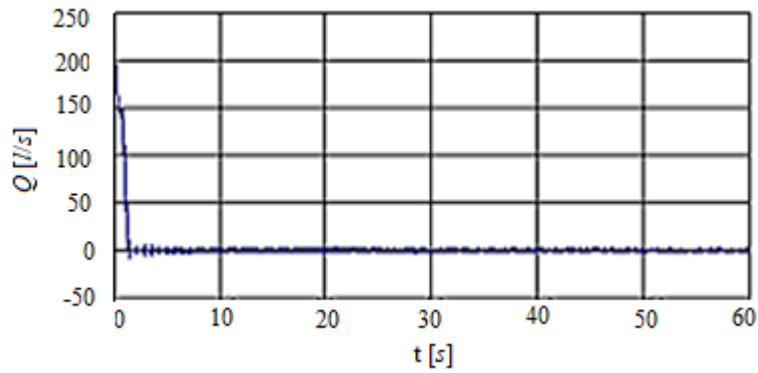


الشكل (9): تغير القيمة العظمى والدنيا للضغط على طول خط الأنابيب.

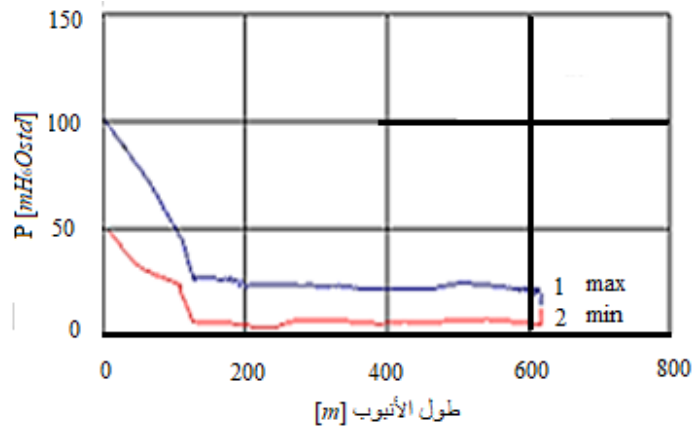
▪ الحالة الثالثة قطر $0.15 [m] = 6 [inch]$



الشكل (10): تغير القيمة العظمى والدنيا للضغط على طول خط الأنابيب.



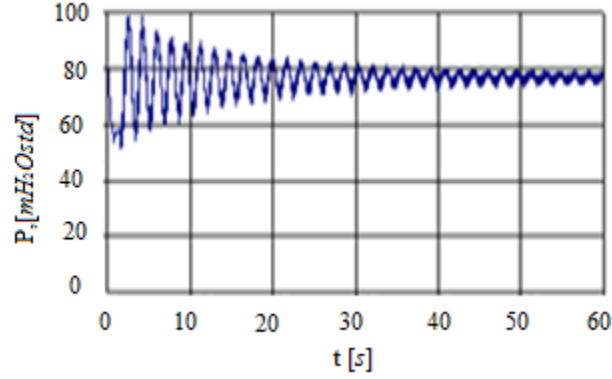
الشكل (11): تغير القيمة العظمى والدنيا للضغط على طول خط الأنابيب.



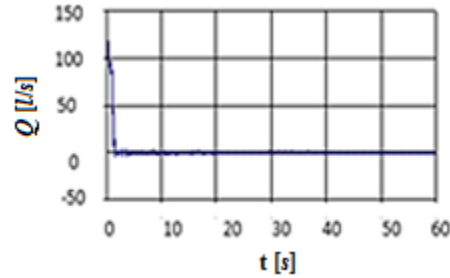
الشكل (12): تغير القيمة العظمى والدنيا للضغط على طول خط الأنابيب.

نلاحظ أن ما حصل في الحالة الأولى من استخدام الحماية قد تكرر في الحالتين الثانية والثالثة.

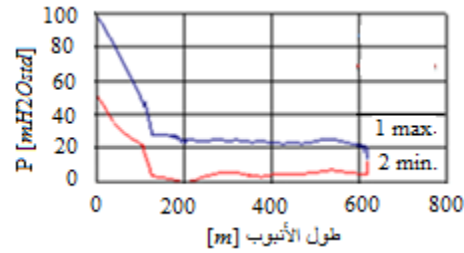
▪ الحالة الرابعة قطر $5 \text{ [inch]} = 0.125 \text{ [m]}$:



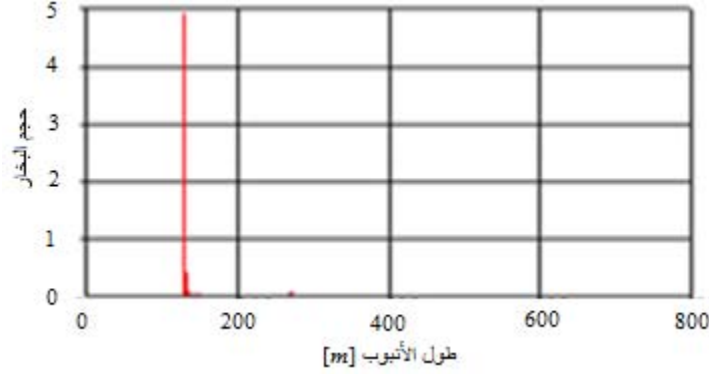
الشكل (13): تغير القيمة العظمى والدنيا للضغط عند مدخل p_{10} .



الشكل (14): تغير التدفق مع الزمن عند مدخل p_{10} .



الشكل (15): تغير القيمة العظمى والدنيا للضغط على طول خط الأنابيب.



الشكل (16): حجم بخار الماء على طول الأنبوب.

لوحظ في الحالة الرابعة من استخدام وسيلة الحماية من المطرقة المائية انخفاض القيمة الدنيا للضغط إلى قيمة قريبة من الصفر المطلق كما في الشكل (15)، وظهور بخار الماء على طول خط الأنابيب حسب الشكل (16)، وحصول ظاهرة التكيف.

بمناقشة النتائج نجد في حالات الحماية بواسطة خزان التغذية، أن القيمة العظمى للضغط تنخفض من $185[mH_2Ostd]$ من دون حماية إلى القيمة $100[mH_2Ostd]$ عند مدخل الأنبوب P10 وهي قيمة قريبة من ضغط التشغيل $82[mH_2Ostd]$ ، وأن التذبذب في قيمة التدفق مع الزمن قد انخفض كثيراً وأصبحت في حالة الحماية بواسطة خزان التغذية حوالي الصفر، بينما من دون حماية، يتذبذب التدفق، $-25[l/s]$ إلى القيمة $50[l/s]$. القيمة الدنيا للضغط على طول خط الأنابيب انخفضت مع حماية من القيمة $50[mH_2Ostd]$ إلى حوالي $20[mH_2Ostd]$ ، بينما من دون حماية انخفضت إلى قيمة قريبة من الصفر المطلق. لم نشاهد تشكل بخار الماء وحدث التكيف على طول خط الأنابيب عند أقطار أنبوب خزان التغذية أكبر من $125[mm]$. بمقارنة هذه النتائج مع النتائج الواردة في المراجع [5,6]، نجد أن النتائج قريبة من بعضها حيث أن كل وسائل الحماية تؤدي إلى التخفيف من آثار المطرقة المائية، وبشكل خاص القيمة العظمى للضغط، إنما يجب اختيار طريقة الحماية المناسبة لكل محطة

5- الاستنتاجات والتوصيات

تبيين من خلال التحليل:

- أن كل منظومة ضخ هي حالة خاصة يجب دراستها واختيار طريقة الحماية المناسبة.
- يجب اختيار قطر مناسب لأنبوب خزان التغذية بحيث لا يسبب تشكل بخار الماء في شبكة الأنابيب.
- حصول ظاهرة التكهف (تشكل بخار الماء) عند قطر أقل من $12.5[mm]$ يؤدي إلى ضغوط سلبية عميقة.
- يمكن اعتماد النتائج لطلاب الجامعات، والجهات التي تتعامل مع نقل السوائل بواسطة شبكات الأنابيب.

المراجع

- 1- EMADI, ABBAS SOLEMANI.,2011- **Maximum Water Hammer Sensitivity Analysis** , World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Computer and Information Engineering Vol 5, No1.
- 2- SAHIL LAHANE, RACHANA PATIL, RASHMI MAHAJAN, KAVITA PALVE,., 2015-**Analysis of Water Hammering in Pipeline and its CFD Simulation**, International Journal of Engineering Technology, Management and Applied Sciences. May, Volume 3, Issue 5, ISSN 2349-4476
- 3- WUVI WAN , XINWEI MAW,., 2016- **Shock Wave Speed and Transient Response of PE Pipe with Steel-Mesh Reinforcement**. Shock and Vibration Volume, Article ID 8705031, 10 pages
- 4- MEHDI SALMANZADEH'. 2013-Numerical **Method for Modeling Transient Flow in Distribution Systems**, IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, VOL.13 No.1, January P 72
- 5- GORAN GJETVAJ, MARTINA TADIC,., (2014)- **The effect of water hammer on pressure increases in pipeline protected by air vessel**, Tehnički vjesnik 21, 3, 479-484

- 6- MEHDI SALMANZADEH,(2013). **Numerical Method for Modeling Transient Flow in Distribution Systems.** IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, VOL.13 No.1, January 2013 72.

Study of the effect of diameter of surge tank pipe on the characteristics of the water hammer in pumping stations

Dr. Eng. Abdullah AL Hamad

teacher in Energy Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, University of Aleppo

Abstract

Pressure waves and water hammer occur in the pumping system when sudden changes in flow characteristics occur. Engineers should take, study the phenomenon of water hammer very carefully, and what can cause a significant increase in the values of positive and negative pressure. The mitigation and avoidance of the risks that a water shock can cause through a shock severity relationship is due to many factors and engineering and design measures that can be followed to mitigate the devastating effects of water shock. In this study we studied the protection of a STELL and HDPE steel pipe system using a one-way surge tank. We examined the effect of pipe diameter coming from the surge tank to the main pipeline by taking a constant pressure difference of $1[mH_2O]$ on both ends of the no- In different diameters, we observed that using a pipe with a diameter of less than $125[mm] = 5[inch]$, this would cause the phenomenon of attenuation and low pressure to less than the vapor pressure within the pipe network.

Keywords: surge tank, water hammer, pumping stations.

