

WATER
Technology Experts

✉ Moh_1_9_77@yahoo.com

📍 <http://www.watertechexperts.com/>

منتدى خبراء تكنولوجيا المياه
حيث تلتقى أعظم العقول فى مجال المياه

Water Technology Experts forum
where the greatest Experts in water meet



انقطاع التيار
الكهربى وشبح
المطرقة المائية!!!



مناقشة دارت في منتدى خبراء تكنولوجيا المياه على
موقع التواصل الإجتماعي في شهر فبراير عام 2018
وتم تدوين المناقشة في هذا الملف لحفظ المادة العلمية.

نص البوست

عند انقطاع الكهرباء عن وحدة التناضح العكسي لابد من أخذ نصائح الخبراء!!
الظاهرة: مبدأياً نقول ... هناك خط تغذية قادم من المعالجة الابتدائية ... وفي المعتاد الخط الخارج من منطقة فلتر الكارتريدج ... هذا الخط هو خط سحب الطلمبة Suction ... يدخل على طلمبة الضغط العالي (HPP) ويخرج منها (خط الطرد) Discharging ومنها إلى الأغشية ... وعند انقطاع الكهرباء يحدث ما يُسمى بظاهرة المطرقة المائية water hammer ... حيث تتوقف طلمبة الضغط العالي عن العمل ويكون الضغط صفر قبلها ... بينما يكون هناك ضغط شديد على الجانب الآخر في منطقة الأغشية فتتحرك المياه في اتجاه معاكس back pressure وبمساعدة أيضاً من الأستاذ الضغط الأسموزي الطبيعي ... تدخل الطلمبة فتدور المروحة في اتجاه معاكس وتدخل المياه باندفاع مروع إلى خط السحب فيحدث كسر في الخط ... في أي منطقة ... في المنطقة الملاصقة للطلمبة أو منتصف الخط أو نهاية الخط في المنطقة التي تجاور فلتر الكارتريدج أو تدمر حتى الكارتريدج نفسه ... وتقوى هذه الظاهرة مع وجود "الكيعان" في خط السحب ...
الحلول المقترحة:

1- يُفضل أن تكون البايابات من الستانلس ستيل بدلاً من الPVC ... مع تكبير نصف قطرهما ... كما يتم وضع وصلة مرنة قبل طلمبة الHPP مباشرة تعمل على امتصاص صدمة الرجوع العكسي للمياه.

2- تركيب صمام ستانلس ستيل عدم الرجوع ضغط عالي (NRV = non-return valve) أو ما يسمى بالcheck valve أو صمام الإتجاه الواحد على طرد الطلمبة (أي بعدها) ... وقد يكون صمام عدم الرجوع المثبت في طلمبة الHPP نفسها لا يعمل ولذا يجب اختباره هو الآخر إن كان موجوداً.

3- تركيب صمام سولونويد عادى Solenoid valve في خط السحب بعد فلتر الكارتريدج ليفتح على خط آخر هو خط التخميد Damping line عندما ينقطع التيار الكهربائي ... أما تركيب صمام عدم الرجوع في هذا الخط فإنه يساعد بالقطع على حدوث المطرقة المائية لأنه يخنق السكة بينه وبين الطلمبة.

4- تركيب surge tank أو surge drum أو surge vessel بعد طلمبة الHPP (خط الطرد) ليمتص الإرتفاع المفاجيء في الضغط ... وهو عبارة عن تنك فوق خط الطلمبة ويكون مضغوطاً بالهواء مثل بالونة مضخات المياه المنزلية وعند زيادة الضغط يفتح ويفرغ الإندفاع العنيف.

قد تحدث أيضاً ظاهرة عند حدوث توقف لحظي للكهرباء (رعشة في المصدر) فتتوقف طلمبة الHPP وتبقى طلمبة تغذية الفيد تعمل فتتكسر الخطوط وبالطبع مع وجود الNRV بعد الHPP والتي تمنع الرجوع العكسي للمياه ... وهناك حلان:
الحل الأول: هو تركيب فاصل الضغط Pressure switch يفصل طلمبة التغذية إذا زاد الضغط عن حد معين.

الحل الثاني: ربط مضخة التغذية بالكنترول الخاص بالHPP ليتوقفان عن بعضهما

والآن إلى تفسير الظاهرة وكلام الخبراء:

إليك أولاً صور لما تحدثه المطرقة المائية Water hammer في الخطوط:



مشاركات المهندس محمد خليفة في وصف ظاهرة المطرقة المائية من أحد المواقع الإلكترونية:

عند حدوث أي تغير في الحالة المستقرة لجريان سائل ضمن ناقل أو شبكة من الأنابيب - عن طريق إغلاق صمام أو إيقاف مضخة - فإن التغير الطارئ يؤثر في الحالة المستقرة للجريان، وتتولد موجات تنتشر بسرعة تقارب سرعة انتشار الصوت في السائل، ابتداءً من النقطة التي حدث عندها الاضطراب في الجريان (كالصمام أو المضخة) حتى نهاية الناقل، أو أي تغير في مقطع الأنبوب أو تفرع فيه، ثم تنعكس هذه الموجات جزئياً أو كلياً، وتعود إلى المقطع الأصلي الذي انطلقت منه، لتنعكس مجدداً وهكذا حتى تتخامد بفعل الاحتكاك، ويستقر السائل في وضع توازن جديد.

إن الانتقال من وضع مستقر للجريان في الناقل أو الشبكة إلى وضع مستقر آخر يرافقه دوماً انتشار موجات ضغط في أنحاء الناقل أو الشبكة مما يؤدي إلى تغير في ضغط السائل في الناقل. وتعتمد قيم الضغوط العابرة - التي يمكن أن تكون لها آثار مدمرة في بعض الأحيان - على مقدار التغير في سرعة جريان السائل في الناقل أو الشبكة من العنصر الذي أحدث الاضطراب (صمام، مضخة...)، وأدى إلى تباطؤ السائل أو تسارعه. تعدّ دراسة هذه الاضطرابات والأسباب التي تؤدي إلى حدوثها ذات أهمية بالغة للمهندسين؛ لما يمكن أن تسببه من أضرار جسيمة في الأنابيب والمعدات إذا ما تجاوزت قيم الضغوط الناتجة القيم التي يمكن للناقل وملحقاته تحملها.

يطلق على هذه الاضطرابات العابرة أسماء متعددة، منها: تمورات الضغط **pressure surges** أو الضغوط العابرة **transient pressures** أو المطرقة المائية **water hammer** والمصطلح الأخير هو الأكثر شيوعاً على الرغم من عدم دقته إذ يوحي باقتصار حدوث هذه الظاهرة على النواقل المائية فقط.

لمحة تاريخية عن تحليل ظاهرة المطرقة المائية:

يصعب تحديد التاريخ الدقيق لبداية تحليل ظاهرة المطرقة المائية في الأنابيب، ويُعتقد أن المهندس الروسي نيكولاي جوكوفسكي **Nicolai Joukowsky** كان أول من أظهر عام 1898 أن مقدار ارتفاع الضغط في ناقل مائي هو تابعٌ لمقدار التغير في سرعة جريان السائل، ولسرعة انتشار الموجة، والكتلة النوعية للسائل:

$$\text{مقدار التغير في الضغط} = \text{الكتلة النوعية للسائل} \times \text{سرعة انتشار الموجة في الأنبوب} \times \text{مقدار التغير في السرعة}$$

أطلق على هذه المعادلة اسم «معادلة جوكوفسكي»، وقد توصل إليها بواسطة دراسة تحليلية وتجريبية كلفته إياها مؤسسة مياه موسكو لتحري ظاهرة المطرقة المائية في أنابيب شبكة مياه المدينة.

تشير معادلة جوكوفسكي إلى أنّ أي تغير في سرعة جريان الماء (الكتلة النوعية = 1000 كغ/م³) في أنبوب فولاذي (سرعة انتشار موجة المطرقة المائية فيه نحو 1000 م/ثانية) بمقدار متر واحد في الثانية يؤدي إلى ارتفاع (أو انخفاض) في الضغط مقداره 1.000.000 نيوتن/م²؛ أي ما يعادل ارتفاعاً (أو انخفاضاً) في الضاغط مقداره 100 متر؛ مما يظهر بوضوح مدى خطورة هذه الظاهرة.

وفي عام 1913 قام عالم الهيدروليك الإيطالي لورنزو ألييفي Lorenzo Allievi بوضع معالجة رياضية وتخطيطية لمسائل المطرقة المائية، وقد أسس ذلك لمزيد من التطور في هذا الحقل قام به في الأعوام الخمسين التالية علماء آخرون مثل أنغس Angus وبرجرون Bergeron وشنايدر Schneider وود Wood. خُصّص النصف الأول من القرن العشرين لتطبيق أعمال جوكوفسكي وألييفي في مسائل المطرقة المائية. وفي عام 1933 عقد أول مؤتمر علمي عنها في مدينة شيكاغو الأمريكية، كما عقد ثاني مؤتمر عنها في مدينة نيويورك عام 1937. أطلق ظهور الحواسيب في الستينيات من القرن العشرين عهداً جديداً في مجال تحليل ظاهرة المطرقة المائية. وقد جعلت أعمال ستريتر ووايلي Streeter & Wylie (من جامعة ميتشيغان) تحليل ظاهرة المطرقة المائية جزءاً أساسياً من أعمال التصميم الهيدروليكي التي يضطلع بها المهندسون الهيدروليكيون يومياً بدل أن يكون مقتصرأ على مجموعة من المختصين النادرين. المطرقة المائية في محطات الضخ:

ينشأ كثير من حالات المطرقة المائية المهمة التي تستوجب الدراسة والتحليل عن التوقف والتشغيل المفاجئ للمضخات والصمامات المرتبطة بها في محطات الضخ. في الحالة الطبيعية يُفتح الصمام تدريجياً بعد إقلاع المضخة، ويغلق تدريجياً قبل أن توقف هذه المضخة عن العمل، ولا تتشكل في هذه الحالة أي مخاطر تذكر. أما في الحالات الطارئة التي تتوقف المضخة فيها عن العمل فجائياً كما هي الحال عند انقطاع التيار الكهربائي، تتشكل ظاهرة المطرقة المائية، فتنشأ موجة ضغط منخفض تنتشر باتجاه مصب الأنبوب؛ لتنعكس، وتصبح موجة ضغط مرتفع؛ مما قد تسبب الأذى للمضخة والتجهيزات الملحقة بها؛ عدا عن الأذى الذي يمكن أن تلحقه بأنبوب الدفع الموصول مع المضخة.

طرائق الحماية من المطرقة المائية:

يمكن من حيث المبدأ تصميم الناقل أو أي مجموعة من الأنابيب بحيث تتحمل جميع الضغوط العظمى والدنيا التي يمكن أن تنشأ تحت أي ظروف تشغيلية ممكنة في فترة عمر المشروع؛ إلا أن مثل هذا التصميم يكون في معظم الحالات غير اقتصادي. لذا كان لابد من اتباع طرائق حماية تعتمد على استخدام تجهيزات خاصة أو القيام بإجراءات تحكم في التشغيل مهمتها منع حدوث موجات الضغط العالية أو المنخفضة التي يمكن أن تلحق بالناقل أو المجموعة أضراراً جسيمة.



الشكل (1) سكر فراشة كهربائية

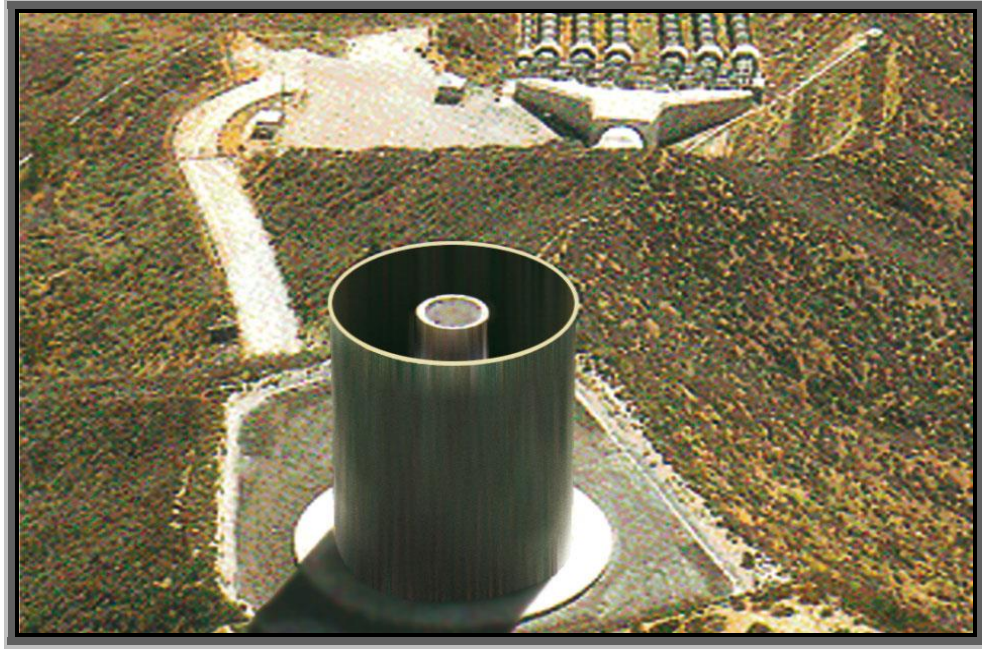
هنالك كثير من أجهزة الحماية من المطرقة المائية ... ويختلف تصميم كل منها ومبدأ عمله باختلاف طبيعة الحالة التي تستخدم من أجلها. ولا يتوافر جهاز وحيد مناسب لجميع الحالات ولجميع شروط التشغيل. لذا فعند القيام بتصميم ناقل أو مجموعة من الأنابيب فلا بد من الموازنة ما بين مجموعة من الخيارات وانتقاء الحل الأنسب للناقل أو المجموعة وذات الكلفة الاقتصادية المناسبة.

يلاحظ من معادلة جوكوفسكي أن التغير في الضغط هو تابع مباشر لمقدار التغير في سرعة جريان السائل؛ لذلك فإن المهمة الرئيسية لأي جهاز أو إجراء حماية من المطرقة المائية يقتضي التقليل من قيمة التغير في سرعة الجريان أساساً. وهناك عدد من الوسائل الشائعة الاستخدام في الحماية من المطرقة المائية والحالات المناسبة لاستخدامها منها ما يأتي:

1- الإغلاق البطيء للصمامات يُعدّ معدل إغلاق الصمام ذا أهمية بالغة في تحديد القيمة العظمى لموجة الضغط الناشئة عن الإغلاق. فإذا كان زمن إغلاق الصمام قصيراً (إغلاق سريع)، فمن المحتمل أن يرتفع الضغط عند الصمام إلى قيم كبيرة مما قد يشكل خطراً على الأنبوب ... والحل الأمثل هو اختيار زمن مناسب لإغلاق الصمام بحيث تكون قيم الضغوط العظمى والدنيا الناشئة عن عملية الإغلاق ضمن الحدود المقبولة. ويتم تحديد ذلك بالطرق الحسابية. ويبين الشكل (1) صماماً من نموذج فراشة مزوداً بمحرك كهربائي يسمح بتغيير زمن فتح القرص وإغلاقه للتحكم بمقدار ضغط المطرقة المائية الناتج.

2 - خزانات الحماية surge tanks:

في الحالات التي لا يمكن فيها التحكم في قيم الضغوط العابرة في الناقل أو المجموعة عن طريق تعديل عملية إغلاق السكر أو التخفيف من سرعة تباطؤ المضخة، فإن تحويل جريان السائل إلى خزانات حماية قد يخفف من معدل تباطئه ومن ثم من قيم الضغوط الناتجة من ذلك. يبين الشكل (2) صورة لخزان حماية منفذ من «البيتون» المسلح ومفتوح من الأعلى.



الشكل (2) صورة لخزان حماية منفذ من البيتون ومفتوح من الأعلى

3 - خزانات الضغط pressure vessels:

تُستخدم خزانات الضغط في الحالات التي لا يمكن فيها استخدام خزانات حماية مفتوحة من الأعلى لأسباب اقتصادية أو فنية. وخزان الضغط هو وعاء يحتوي على غاز مضغوط في جزئه العلوي (عادة هواء) وسائل في جزئه السفلي. وغالباً ما تستخدم خزانات الضغط وسيلة للحماية من المطرقة المائية الناتجة من توقف المضخات (الشكل 3). يوضع في هذه الحالة خزان الضغط عند طرف دفع المضخة وبعد صمام عدم الرجوع.



الشكل (3) خزان ضغط نموذجي

في حال توقف المضخات عن العمل فجأة ينخفض الضغط عند طرف دفع المضخة؛ مما يؤدي إلى تمدد الهواء الموجود في الخزان دافعاً السائل أمامه باتجاه الناقل ومخففاً بذلك من حدة التغير في معدل الجريان في الناقل ومن ثم من مقدار الهبوط في الضغط. أما عند انعكاس الجريان في الناقل، فيُغلق صمام عدم الرجوع الموجود عند طرف دفع المضخة، ويتم تحويل كامل الجريان نحو الخزان مما يؤدي إلى انضغاط الهواء وتقلص حجمه. وتؤدي عملية الجريان من الخزان وإليه وتمدد الهواء وتقلصه فيه إلى التخفيف من قيم الضغوط الدنيا والعظمى الناتجة. لخزانات الضغط ميزات عديدة بالمقارنة مع خزانات الحماية المفتوحة. أهمها أن حجم خزان الضغط اللازم للحفاظ على قيم الضغوط العظمى والدنيا ضمن الحدود المقبولة هو أصغر دوماً. كما أنه من الممكن تركيبها بشكل أفقي وبالقرب من المضخة، وهو ما يتعدّر فعله لخزانات الحماية التي قد تكون كبيرة

الحجم. أما مساوئها الرئيسية فهي حاجتها إلى ضواغط هواء للتعويض عن الهواء المنحل في السائل وما يتطلب ذلك من صيانة دورية للضواغط.

4 - صمامات إدخال الهواء وإخراجه: air valves

عندما يمكن للضغط في مواقع معينة في الناقل أن ينخفض إلى ما دون قيمة الضغط الجوي مؤدياً بذلك إلى انفصال عمود السائل ثم إعادة التحامه في مرحلة لاحقة، وما يرافق ذلك من ضغوط عالية؛ قد يكون من المناسب في هذه الحالة استخدام صمامات إدخال هواء في تلك المواقع المعرضة للضغوط المنخفضة. تتلخص مهمة صمام إدخال الهواء في أن يفتح، ويسمح للهواء بالدخول إلى الناقل عندما يهبط الضغط عند الصمام إلى ما دون الضغط الجوي. ويجب أن يسمح صمام إدخال الهواء بدخول كميات كافية من الهواء في أثناء موجة الضغط المنخفض؛ وألا يتم طردها سريعاً جداً عند زوال الموجة؛ وذلك لتأمين التحام تدريجي لعمود السائل وللتخفيف من الصدمة الناتجة من الالتحام (الشكل 4).



الشكل (4) صمام إدخال الهواء وإخراجه

5- صمامات تحرير الضغط pressure relief valves:

قد يكون من الأنسب في بعض الحالات استخدام صمامات تحرير الضغط للحماية من موجات الضغط العالية عوضاً عن استخدام خزانات حماية أو خزانات الضغط. ويحتوي سكر تحرير الضغط عموماً على فتحة مغلقة بوساطة مكبس يرتكز على نابض أو بوساطة بوابة مثقلة بوزن خارجي. فإذا زاد ضغط السائل الجاري في الأنبوب عن حدٍ مسبق التعيين (وهو الضغط الأعظمي المسموح للأنبوب تحمله مع هامش أمان مناسب)؛ يتحرك عند ذلك المكبس أو البوابة فتتكشف الفتحة، ويخرج منها السائل، ويخف بذلك الضغط. وبعد زوال الضغط المرتفع يعود المكبس أو البوابة إلى وضعهما الأصلي بفعل النابض أو الثقل الخارجي (الشكل 5).



الشكل (5) صمام تحرير ضغط مزود بنابض

مشاركات المهندس محمد خليفة في وصف ظاهرة المطرقة المائية من موقع ألكتروني آخر:

تعد مشكلة المطرقة المائية من المشاكل التي تكلف الكثير من المال، هل سمعت من قبل عن المطرقة المائية ؟ إليك التفسير الكامل لها. تُعتبر ظاهرة المطرقة المائية من أكثر الظواهر المنبوذة في الحياة المائية بشكل عام والزراعية بشكل خاص، فهي تُتلف عند حدوثها المواسير والمعدات، وتتسبب في تكبيد المزارع أو صاحب المضخة خسائر فادحة، لا دخل له فيها، ولا دخل للطبيعة كذلك فيها، لكنها ظاهرة تحدث نتيجة خطأ تقني هندسي، يجعل توقف ضخ المياه المفاجئ أشبه بكارثة صغيرة، تُشبه مع الفارق الفيضانات التي كانت تحدث قديماً وتُدمر كل ما حولها، حتى تم التغلب عليها فيما بعد ببناء السدود، فهل هناك ما يُشبه السدود بالنسبة للمطرقة المائية؟ هذا بالضبط ما سنتعرف عليه في السطور التالية بعد أن نعرف المقصود بالمطرقة المائية وأسباب حدوثها.



ما هي المطرقة المائية؟

تُعد المطرقة المائية واحد من الظواهر الهيدروليكية التي تنتج عن تفاعل شيء مع شيء أو تحدث نتيجة لحدوث شيء ما، فعندما تقوم الهيئات المائية بإغلاق مضخات المياه أو المحابس بشكل مفاجئ تحدث حالة أشبه بالموجة، هذه الموجة، التي تحدث خلف المضخة، تزداد سرعتها بصورة جنونية حتى تصل في بعض الأحيان إلى ألف متر في الثانية الواحدة بالمواسير الحديدية، وثلاثة أضعاف تلك السرعة في المواسير البلاستيكية الهشة، وهذه الظاهرة تنل من كل المواسير بكافة أنواعها وأحجامها، إلا أنها تكون شدة وطأة في تلك التي تمتلك أقطار كبيرة وضغط عالي وسرعات جنونية، فكل هذه الصفات تصنع بيئة خصبة جداً تسمح بحدوث المطرقة المائية.

ما هي تبعات المطرقة المائية؟

عندما تحدث ظاهرة المطرقة المائية فإنها تُخلف الكثير من الأضرار بالماسورة التي حدثت بها، هذه الأضرار تشمل تقريباً كافة المناطق المؤثرة، مثل المحبس ومنتصف الماسورة ونهايتها، فالمحسب مثلاً يقع بجواره عن حدوث المطرقة المائية ضغط سالب، هذا الضغط قد يؤدي لحدوث بعض الجروح والتشوهات في جسم الماسورة، أما المحابس نفسها فهي تتعرض للتلف أو على الأقل التشويش بصوت دائم لطرقات. - إعلانات - في الناحية الأخرى من الماسورة لا يكون الأمر أفضل من المنتصف، فالضغط الموجب الذي يحدث هناك لا يمنع من تغيير كلي في عزوم الماسورة، وينتج عنه أيضاً إجهادات الطرق ذاتها، وهذا الضغط الموجب في الأساس يكون بسبب ارتطام ما نتج عن المطرقة المائية من تدفق مائي بالشيء الأهم في الماسورة وهو المحبس، الأمر الأكثر تأثيراً هو أن تلك العملية تحدث فجأة وبسرعة شديدة جداً لا تتحملها أي ماسورة في الغالب. 3 الطرق وسرعة الموجة فيما يتعلق بالمطرقة المائية، ثمة بعض العوامل التي تتأثر بها عملية الطرق، أهمها بالتأكيد السرعة التي تكون عليها الموجة المصاحبة للطرق وحجم الماسورة، سواء كان طويلاً أم قصيراً، فهو في الحالتين يحدث تأثيراً، ولكن، يُمكن تفادي هذا الأمر بقراءة الكتالوج القادم مع القطعة ومعرفة المكان الذي يمكن أن تتجمع فيه المياه عند الضخ. أما سرعة الموجة فتحددها عوامل أخرى كمرونة السائل وتناسبها مع مرونة الماسورة وقطرها وسمكها، وعلاقة كل ما مضى أيضاً بكثافة السائل، والعامل الأهم بالطبع في هذه العملية هو عدد لفات المضخة، فبناءً عليه يُمكن تحديد سرعة الموجة بكل سهولة. 4 برامج المطرقة المائية مع تفشي ظاهرة المطرقة المائية ظهرت بعض البرامج التي تُمكن من قياس الظاهرة وحساب قوتها، بل ومحركاتها أيضاً، وهذه البرامج ليست في الواقع دليلاً على التقدم الكبير في هذا المجال بقدر ما هي دليلاً واضحاً على اشتداد قوة وتأثير ظاهرة المطرقة المائية وخوف الناس منها، لكن هذه البرامج بدأت في التلاشي شيئاً فشيئاً بعد التوصل إلى طرق تُمكن من القضاء على المطرقة المائية. كيف يُمكن القضاء على المطرقة المائية؟ أتلقت ظاهرة المطرقة المائية في الآونة الأخيرة عدد كبير جداً من المواسير الضخمة، وتسببت في خسائر فادحة للجميع، لذلك تكاتف المعنيين بالأمر وأخذوا في البحث عن سبل للقضاء على المطرقة المائية حتى انتهوا إلى عدة عوامل تُسهم في ذلك، أهمها مثلاً العمل على زيادة أعداد المحابس داخل الماسورة الواحدة، وهذا بالطبع يعني تقليل طول تلك الماسورة، وكما اتفقنا، طول الماسورة من أهم أسباب حدوث المطرقة المائية. 5 الحذر والكهرباء التوخي والحذر أيضاً من عوامل القضاء على المطرقة المائية، وتطبيقهما هنا يعني عدم غلق المحبس دفعة واحدة، وإنما يجب حدوث ذلك ببطء حتى يتم تفادي الموجات الكبيرة وسرعتها، كذلك من ضمن عوامل القضاء على المطرقة المائية توفير الكهرباء، فغلق المحابس دفعة واحدة يشبه كثيراً انقطاع الكهرباء المفاجئ، كلاهما يُسبب صدمة داخل الماسورة، لذلك يجب توفير مصدر بديل احتياطي للكهرباء يساهم في الحالات الطارئة. هناك أيضاً نوع من الغرف الهوائية المضغوطة، تُثبت بالماسورة فتضمن عدم حدوث ضخ مفاجئ، هذا بالإضافة إلى الشيء الأهم والذي يجب وضعه في الحسبان قبل التفكير في شراء الماسورة من الأساس، وهو قدرتها على التحمل لظاهرة مثل ظاهرة

الطرق المائي عند حدوثها، وهذا الأمر يُمكن الوصول إليه عن طريق مُعaine السُمك والطول .

المطرقة المائية والمشاريع العملاقة:

كل ما سبق يُمكن من خلاله القضاء على ظاهرة المطرقة المائية، لكن، هناك مشاريع عملاقة تمتلك مواسير ومضخات كبيرة الحجم وثقيلة الوزن، وهذه المواسير لا يُجدي معها الحلول التقليدية وإنما يتم عمل ما يُشبه الأبراج المائية عند بداية مكان الضخ أو خطه، تكون كفيلة بامتصاص الضغط الناتج عن المطرقة المائية وتمرير الأمر بسلام دون شروخ أو كسور، وهذا الحل كما ذكرنا يُجدي فقط مع المشاريع العملاقة ذات البنية التحتية الضخمة.

المطرقة المائية والبيئة:

ربما يتوهم البعض أن المطرقة المائية لا تنعكس أضرارها على البيئة، ولتصحيح هذا الاعتقاد نحن في حاجة أولاً إلى معرفة التأثير الناتج عن عملية كسر أو شرخ الماسورة، وهو شيء في غاية الأهمية، حيث يؤدي هذا الكسر، الذي قد يتوهم البعض أنه أمر بسيط، إلى تعطيل الحياة الزراعية، هذا إذا ما كانت تلك الماسورة تُغذي مساحة معينة من الأراضي الزراعية، أما إذا كانت الماسورة مُخصصة للشرب مثلاً فتنضاعف الكارثة أكثر وأكثر، فلا يوجد شيء جدير بالاهتمام أكثر من مياه الشرب، يليه في الأهمية المحصولات الزراعية، وتلك هي أضرار المطرقة المائية على البيئة باقتضاب.

بلاد لا تعرف المطرقة:

هناك بعض الدول التي لا تعرف المطرقة المائية، أو بمعنى أدق، لم تتعرض لها مُسبقاً، وهي بالتأكيد الدول التي لا تلجأ إلى المواسير القابلة للطرق من الأساس، فقد تمكنت العلاقاتين، الولايات المتحدة الأمريكية واليابان، من اختراع وتطوير نوع جديد من المواسير والمحابس، لا يؤدي فيه الانقطاع المفاجئ عن ضخ المياه إلى حدوث المطرقة المائية، بل إن المواسير التي تُستخدم هناك تحتوي على مواد مُساعدة في تسهيل حركة المياه وعدم تعريض الماسورة المحبوسة داخلها إلى الطرق أو التوقف المفاجئ. وقد توصلت الولايات المتحدة الأمريكية تحديداً إلى هذا النوع من المواسير عام 1997، وذلك بعد حدوث طرق مائي مُفاجئ بمدينة لوس أنجلوس أدى إلى إتلاف الماسورة الأم بالمدينة وتعطيل المياه قرابة الأسبوع، فتم احتواء المشكلة بالمواسير الجديدة ثم تم تعميمها خلال العشر السنوات التالية في جميع الولايات حتى أصبحت الولايات المتحدة الأمريكية آمنة من المطرقة المائية.

مشاركة أخرى للمهندس محمد خليفة:

الاحتياطات هو تركيب نظام حماية من المطرقة المائية وهو عبارة عن خزان يمتص قوة اندفاع الماء بعيداً عن المضخات والصمامات والخط ويحميهم من الانكسار ويتم تصميم هذا الخزان بناء على دراسة قطر وطول الخط وسرعة المياه والضغط والتدفق Water hammer arrester or anti-hammer system- أيضاً الاحتياطات في حالة التشغيل العادي عند الإيقاف الطبيعي للمضخات وغلق الصمامات في الحالة الطبيعية

... مثلاً إيقاف المضخات ببطء عن طريق تركيب مغير سرعة VFD واغلاق الصمامات ببطء.

 مشاركة المهندس **Haiman Abd Elzaher**:

تصميم وحدة الكهرباء plc بحيث يتم تشغيل المحطة بالتتابع وفصل المحطة بالتتابع وتلك الطريقة أفضل حيث أنها تحمي المحطة بالكامل بما فيها الخطوط.

 رد المهندس: **Abedulkariem Ali**

برأيي هذا هو الحل صحيح فقط لحالة التشغيل والإطفاء بحالة الحاجة للماء أو امتلاء الخزانات أما في حال انقطاع التيار الكهربائي تبقى المشكلة على حالها.

 رد المهندس **Ammar Al Hammadi**:

نعم هذا أفضل حل لكن عند حدوث انقطاع مفاجيء في التيار الكهربائي لن يصلح هذا الحل.

 مشاركة المهندس محمد على عبد المنعم:

هذا يحدث عندنا فعلاً في المحطات نتيجة الرعشة الكهربائية (توقف لحظي للمصدر) وللأسف كسر خطوط وعمل مشاكل ... وحل الربط الكهربائي بين طلبات التغذية و HPP للأسف أحياناً غير مجدي نتيجة وجود delay في بعض الاوقات في الفصل ما يسبب حدوث hummer وحتى حساس الضغط العالي pressure switch قد يسبب تأخير لحظي ... الحل الأمثل بالنسبة لي تركيب وصلات مرنة على طرد طلبات التغذية و سحب طلبية HPP لتفادي الصدمات الميكانيكية نتيجة الإنخفاض المفاجئ في الضغط عند توقف المحطة لحظياً... أو فكرة ال solenoid valve إن كانت ممكنة وغير مكلفة.

 مشاركة المهندس **Hassan Yassin**:

بالنسبة لفكرة ال surge tank ... كيف نحسب السعة المناسبة؟ أيضاً بالنسبة للمحطات الكبيرة فإن هذه الفكرة مكلفة لأنه كلما كبرت المحطة سيكون لها surge tank أكبر. واجهت هذه المشكلة بمحطة ٦٠ م^٣/س والحل الوحيد المناسب كان توصيل خط تغذية كهرباء طلبات الفيد على كهرباء UPS . بهذه الحالة عندما تنقطع الكهرباء فإن طلبية الفيد تظل عاملة وال HPP تنطفئ وما يحدث hammering. وفي هذه المحطة كان ال UPS موجوداً عند الزبون.

بهذا الموقف بالتحديد الحل مجدي اقتصادياً وخصوصاً أن الزبون يستعمل ال UPS بالمنشأة الخاصة فيه. يعني ال UPS مدفوع ثمنه و يلزمه بشكل دائم أضف على ذلك أن المنشأة مجهزة بمولدات كهرباء واستعمال ال UPS هو فقط لتغطية الفترة ما بين انقطاع الكهرباء وتدوير مولد الكهرباء التي لا تتخطى البضع دقائق وهذا دور ال UPS.

تعليق المهندس محمد علي عبد المنعم:

لكن وحدة UPS أيضاً مكلفة ... بالإضافة لعدم توافرها في الكثير من المواقع. وهذه حالة خاصة لا يمكن تعميمها لأن أغلب المواقع ليس فيها UPS system.

تعليق Abedulkariem Ali:

الحل غير مجدي اقتصادياً أبداً وخصوصاً في ما يتعلق بتبديل البطاريات الخاصة ب UPS

تعليق المهندس محمد خليفة:

هذا إذا كان ال UPS أرخص من الخزان.

المهندس محمد ربيع أضاف روابط لفيدوهات:

How a DFT® WLC® Silent Axial Check Valve Works:

https://www.youtube.com/watch?v=MD_8iRHJbB4&feature=youtu.be

Pressure Relief Installation & Maintenance - Insert Holder:

<https://www.youtube.com/watch?v=MjC0iX1Uygo&feature=youtu.be>

مشاركة المهندس أيمن موسليني:

لو بلف XV علي السحب لوفلير open وبلف البيرميت اليدوي يكون مفتوح وبلف الريجيكت مفتوح علي وضعه قبل التوقف أيأ كان سبب التوقف للمحطة ومع استمرار تشغيل طلمبة الفيد ستجد المسارات مفتوحة ومن ثم لن يحدث hammering هو شرط أن تكون البلوف الفلير لها open ... ووجود بلف عدم رجوع علي طرد الطلمبة يمنع رجوع مياه علي سحب الطلمبة أثناء التوقف المفاجئ وكما ذكر ... يجب التأكد من إحكام وعدم تهريب بلف عدم الرجوع ... والآن يكون هناك "باي باص" علي بلف الريجيكت ... يفتح عند توقف المحطة لأي سبب ... ويهرب الضغط في لحظات وهذا موجود عندي في المحطات ... وهذه الظاهرة تكون أخطر في الضغوط المرتفعة إن لم يتم تجنبها وتقل احتمالياتها في الضغوط المنخفضة.

رد المهندس Mahmoud Gamal علي موضوع بلف عدم الرجوع:

بلف عدم الرجوع ليس حلاً حيث أنه في بعض الأوقات يكون سبباً من أسباب تضخم الطرق المائي ولا بديل عن خزان سيرج مضغوط كمنظومة مقاومه للطرق المائي. وكلامي هذا بشكل عام علي أي شبكة خطوط بها سائل مضغوط ويتم الضخ بطلمبات... والطرق المائي ينتج بسبب تغيير السرعات المفاجئ ... هذا هو العامل الكبير المؤثر بجانب خامة المواسير وبعض العوامل الأخرى ... في حالة بلف عدم الرجوع فإنه يتوقف علي زمن الغلق ... فإذا تصادف رجوع الموجة مع غلق البلف يزداد الطرق المائي ويصاحبه

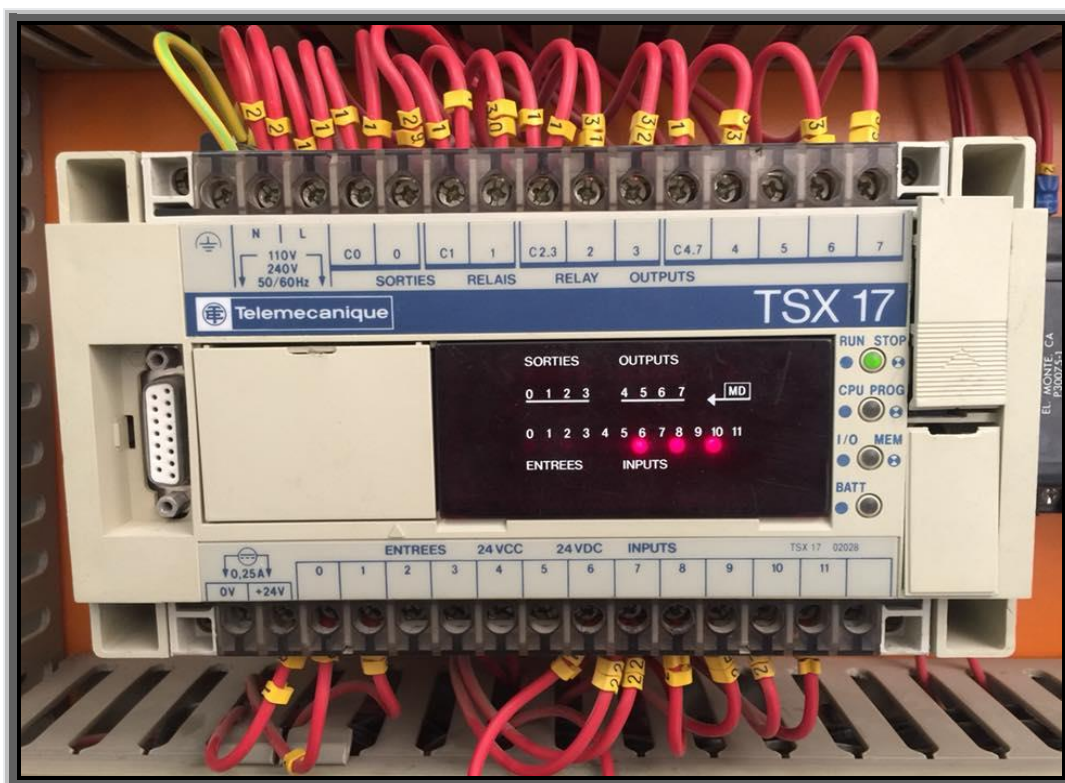
طرق ميكانيكي ... لذا في بعض الأحيان نوصي بتركيب دامبر للبلف لتأخير زمن الغلق قليلاً ... طبعا الكلام علي ثواني ... وهذا يساعد علي عدم ازدياد الطرق بجانب المنظومة. وبالنسبة لخامة المواسير فكل خامة لها سرعتها ويوجد جدول خاص بالسرعات. وبالنسبة للوصلة المرنة ... فأعتقد الوصلة المرنة تفيد في حالة وجود أي اهتزازات بالخطوط ولكنها لا تعالج الطرق المائي.

مشاركة المهندس Ahmed Ismail

أنا كان عندي نفس القصة في إحدى المحطات وكان دائماً خط السحب للHPP ينكسر لأنه PVC ... فاضطرت أن اجعل محبس الdump الذي قبل الكارتريديج يفتح مباشرة في حالة انقطاع التيار الكهربائي فينزل الضغط الذي في الخط وعندما جربتتها وجدت أن الضغط في هذه اللحظة فعلاً ينزل مباشرة إلى نصف بار مع فتح هذا المحبس ... وطبعاً هذه المياه تذهب إلى خزان الreject ومن وقتها لم يحدث كسر أوحتي اهتزازات في هذه المنطقة.

مشاركة المهندس Ahmed Khairy

من وجهة نظري أهم أمر لتفادي المطرقة المائية هو تركيب ال high pressure switch ... مع تشغيل المحطة بنظام PLC مع تركيب خط طرد HPP بالكامل من الإستانلس ستيل ... أما تركيب محبس عدم رجوع بعد HPP فله مشاكله:





وعندي 4 محطات بنفس النظام من 15 سنة ولم تحدث مشكلة عندما تقطع الكهرباء وفجأة.

مشاركة المهندس Mamdoh Zedan:

- كل الحلول التي سبق ذكرها أو ما تم اقتراحه من قبل الزملاء معظمها حلول جيدة جداً وفعالة وأغلبها تم تنفيذها على أرض الواقع بالفعل في بعض الأماكن من قبل الكثير مع الاختلاف في درجات التطبيق من مكان لآخر حسب الظروف والإمكانيات المتاحة ... ولكن من وجهة نظري ومن أنسب الحلول والأكثر شيوعاً لتفادي مشكلة Water Hammer:
- 1- ربط طلمبة Transfer (طلمبة التغذية) ب H.H.P عن طريق PLC وفي حال انقطاع التيار الكهربائي يتوقف الإثنان معاً في نفس التوقيت أو تدريجياً إذا تم ربطها مع بعض عن طريق استخدام VFD في لوحة الكنترول .
 - 2- عمل محبس سيفتي أوماتيك على خط المالتى ميديا وربطه ب Pressure Switch ويتم ضبطه ويكون متصل ب PLC وفي حالة زيادة الضغط يقوم السيفتي بالفتح وتهريب أو تخفيف الضغط على خط الصرف الخاص بالمحطة .
 - 3- يتم وضع Check Valve على خط سحب طلمبات Transfer لزيادة التأكد والأمان.

المهندس محمد علي عبد المنعم:

فلنوضح أكثر موضوع الرعشة الكهربائية ... حساسية جهاز الvfd المشغل لمحرك طلمبة الضغط العالي عالية جداً مقارنة بالحماية الكهربائية العادية الموجودة على باقي محركات الطلمبات ... لذلك مع التغير المفاجئ اللحظي في قيمة الجهد الكهربائي قد يشعر بها جهاز الvfd فيوقف طلمبة HPP دون أن تشعر بها حماية طلمبة التغذية فلا تتوقف ... من هنا جاءت فكرة aid point أو استخدام النقط المساعدة في التحكم الكهربائي لإيقاف طلمبة التغذية فور توقف طلمبة HPP.

تعليق المهندس Mamdoh Zedan: 

مشكلة الرعشة الكهربائية أو ارتفاع أو انخفاض الفولت بشكل مفاجئ من الممكن التغلب عليها عن طريق جهاز الحماية الموجود بلوحة الكنترول الخاص بجميع المضخات بالمحطة والتي يتم فصلها أوتوماتيكياً دون الحاجة إلى تدخل العنصر البشري بالإضافة إلى ربط H.P.P بمضخات التغذية على الـ PLC وعندها يتم التوقف اللحظي للإثنين معاً في نفس التوقيت حتى مع وجود الـ VFD أو من الممكن تركيب جهاز حماية خاص بطللمبة التغذية وتكون درجة حساسيته أعلى من حساسية جهاز حماية طلمبة الضغط العالي ... فبالتالي نضمن توقف طلمبة التغذية ويتوقف بعدها H.P.P مباشرة لوجود Pressure Switch عليّة وتتوقف المحطة Low Suction.

المهندس محمد علي عبد المنعم: 

موضوع الربط يكون فيه delay وعن تجربة يتأخر أيضاً ولو كسر من الثانية يسبب فرق الضغط.

وعن وضع الأغشية بعد انقطاع الكهرباء ووجود المولد تحدث الخبراء:

المهندس Waleed Besho:

إذا كان الوقت أقل من 12 ساعة فانت في مأمن في حال وجود suck back tank أعلى المحطة وإذا كان الوقت سيستمر أكثر فوجود movable chemical cleaning system يعتمد على مصدر كهرباء لطلبة 220 فولت ضرورة لعمل flushing بمصدر لمياه نظيفة من تنك الإنتاج و سيستمر العمل بهذه الطريق لحين انتهاء صلاحية المياه المحفوظة في تانك الإنتاج و التي تستمر لثلاث أيام مع المداومة على عمل هذا ال flushing مرة كل 12 ساعة.

المهندس Mohammed Elsayed:

أولاً نادر في محطات التحلية انقطاع كهرباء لمدة طويلة ولو سلمنا بالأمر يتم خروج الأغشية ووضعها في تانج فلاشينج حفاظاً عليها.

المهندس Mohyeldine Abdelhay:

ولماذا تعمل تحت ضغط؟ من الأساسيات لأي خدمات لابد من توفير مولد كهربائي مناسب ومن خبرتي الطويلة وجدت أن اغلب الشركات والأماكن الصناعية التي بها محطات معالجة للمياه أو الصرف بها مولدات كهرباء.

تعليق المهندس Mamdoh Zedan:

لو على افتراض إن انقطاع الكهرباء سيستمر فترة طويلة عن المحطة وهذا نادراً ما يحدث ولو سلمنا بالأمر الواقع فيلزم وجود مولد طوارئ في المكان لتشغيل المحطة عليه وهذا يكون من أهم أساسيات التصميم قبل كل شئ وإذا لم يتوفر المولد يمكن الاعتماد على مولد صغير الحجم لتشغيل طلمبة تعمل على مصدر تيار 220 لعمل Flushing للمحطة باستمرار وهذا من المؤكد سيكون من خزان الإنتاج الخالي من وجود الكلور المتبقى من جراء عملية تعقيم المياه وهذا يكون حل مؤقت للمشكلة ولتجنب تلك المشكلة يمكن عمل أكثر من خزان لمياه الإنتاج أما من يقولون باستخراج الممبرين من المحطة ووضعها في المياه وبها محلول للحفاظ عليها فهذا سيكون حل غير منطقي بالمرّة وصعب تطبيقه على أرض الواقع خصوصاً لو كانت المحطة كبيرة نسبياً فانت تحتاج كمية تنكات كثيرة وأيضاً كمية مياه لتتم العملية في أسرع وقت ممكن وفي النهاية لابد من وجود مولد طوارئ لتفادي المشكلات الناتجة عن تلك التوقف لفترة طويلة .

تعليق المهندس Ezoo Saber:

أوافقك الرأي... فخرج الممبرينات من الفيزلات أمر صعب والأفضل وجود مولد احتياطي.
