

## ضربه قوچ (Water Hammer)

هر گاه در مداری با خطوط لوله ی طولانی به عللی سرعت سیال به طور ناگهانی تغییر کند، موج های فشاری در شبکه به وجود خواهند آمد. این موج ها می توانند فشاری چندین برابر فشار کار سیستم را تولید کنند و موجب به وجود آمدن تنش های بسیار زیادی در اجزا مدار شده و در بدترین حالات قادر به ترکاندن لوله ها، پوسته ی پمپ، شیرآلات و شکستن اتصالات گوناگون گردند. به همین دلیل لازم است تا شرایط ایجاد این امواج شناخته شده و حتی الامکان با به کار بردن وسایلی از بالا رفتن فشار تا حد خطرناک جلوگیری به عمل آید.

اولین محاسبات مربوط به برآورد ازدیاد فشار ناشی از ضربه قوچ، به وسیله ی ژوکوفسکی در سال ۱۸۹۸ انجام گرفت. رابطه ی بدست آمده توسط او به صورت زیر است:

$$\Delta P = \rho \cdot a \cdot \Delta v$$

که در آن:

$\Delta P$ : ازدیاد فشار ناشی از ضربه قوچ بر حسب  $N/m^2$

$a$ : سرعت انتشار امواج ضربه ای بر حسب  $m/s$

رابطه ی فوق را می توان به صورت زیر نیز نوشت:

$$H = (a \cdot \Delta v) / g$$

که در آن:

$\Delta H$ : ازدیاد فشار ناشی از ضربه قوچ بر حسب ارتفاع ستون سیال بر حسب  $m$

$g$ : شتاب ثقل بر حسب  $m/s^2$

روابط فوق با فرضیات زیر بدست آمده است:

- \* تلفات اصطکاکی در لوله نسبت به فشار استاتیک لوله ناچیز است.
  - \* همراه سیال گاز موجود نبوده و سیال به صورت یک فازی است.
  - \* تغییر سرعت سیال در زمانی کوتاهتر از زمان بحرانی صورت گیرد.
- روابط پیشنهادی برای به دست آوردن سرعت انتشار امواج به صورت زیر می باشد:

$$a = \sqrt{\frac{1}{\rho \left( \frac{1}{K} + \frac{D C t}{E e} \right)}}$$

که در آن:

$a$ : سرعت انتشار موج

$D$ : قطر لوله

$e$ : ضخامت جدار لوله

$E$ : مدول الاستیته ی جنس لوله

$K$ : مدول الاستیته ی حجمی سیال

$\rho$ : جرم مخصوص سیال

$Ct$ : ضریب ثابتی که مربوط به نحوه ی مهار کردن لوله است و مقدار آن به ضریب پواسون  $\mu$  وابسته است و از آنجا که اثر نحوه ی مهار کردن لوله در انتشار

موج ناچیزی می باشد می توان عدد  $C$  را مساوی یک فرض کرد. برای چدن  $K = 1$  را داریم و برای لوله های فولادی  $K = 0/5$

لازم بذکر است رابطه ی ژوکوفسکی بیشتر برای محاسبات تقریبی و مقایسه ای مفید است.

### عوامل ایجاد ضربه قوچ آب:

موج های فشاری در یک سیستم پمپاژ، به علت باز و بسته شدن سریع شیرها، راه اندازی و خاموش کردن پمپ ها و یا تغییر سرعت دورانی آنها به طور ناگهانی به وجود می آید. علاوه بر این عوامل، مسایلی اتفاقی و غیر معمول نیز باعث ایجاد پدیده ی ضربه قوچ خواهد شد که در زیر به آنها اشاره ای خواهیم کرد:



آکادمی میراب

۳۶