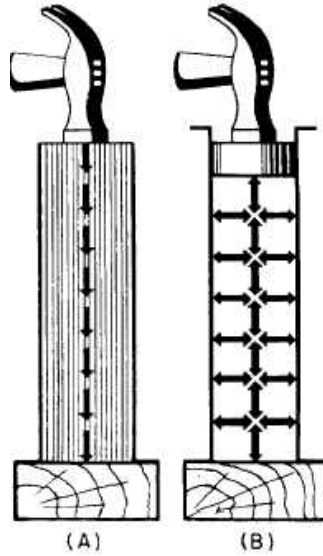


## Enstrumantal Bakış: “Hydraulic Transient(Water Hammer) ”

Aydın Tuncel  
Tuncell Muhendislik Enstrumantasyon ltd.  
Tel: 0532 778 73 37 (24 saat)

Dilimize “su koçu” veya “su çekici” olarak çevrilen “water hammer” veya “bu gün”lerde kullanılan daha doğru kavram ile “hydraulic transient” yerinde bir deyim ile bir çok enstrumanın “canına okuyan” olaydır, buna göre yanlış konumlandırılmış basınç transmitteri, manometre, elektromagnetik debimetre, pH sensörü, iletkenlik sensörü,...başka hiçbir neden yok iken bozulmalara sebep olur: homojen olmayan şok basınca maruz kalan bir basınç transmitteri örneğin iç piezoelektrik diyaframı 8mA’de veya 21mA’de takılı kalır ve ne yapsanız durumu kurtaramazsınız(Avrupa’lı firmada garantisi bitmemiş ise size yenisi ile değiştirir ama hiç fikir vermez) veya yanlış instalasyon ile vakum gören sistemde tüm ızalasyon kaplama maddelerinin borudan kalktığını görmüşsünüzdür. Belki de daha ilginç santrefüj pompaların kısa sürelide olsa elektrik jeneratörü olarak çalıştığını tecrübe etmişsinizdir ancak durum vizkoz sıvılarda kullanılan pistonlu pompalarda boruları, eşanjörleri patlatacak korkunç sonuçlar yaratabilir. Böyle bir uygulamada kapatma pnömatik kelebek vanası ile gerçekleştiriliyorsa sızmadan dolayı belki boru kurtulacak ama ani akış değişikliği ile vananın önünde oluşan vakum hala tehlikelidir.



Şekil1. Su Çekici için yanlış tanımlama

Endüstriyel uygulamalarda pompanın aniden kalkması/durması veya bir kontrol vanasının aniden açılıp kapanması durumu “ev enstrumantasyonu” içinde örneklendirilebilir, çamaşır ve bulaşık makinelerinde solenoid vanalar veya musluğun birden açıldığı durumlarda da “hidrolik transit” ve şok basınç dalgaları oluşur. Durum sokaklar için daha vahim: yağmurlu havada sadece şemsiye almanız yeterli değildir, çünkü “water hammer” hesaba katılmadan yapılmış şehir yağmur suyu drenaj şebekesi partili şirkete para

TUNCELL Muhendislik Enstrumantasyon Ltd.  
Inonu Cd. Sumko Sitesi J1 D.2 Kozyatagi-Istanbul  
Tel: 0216 372 51 75 Fax: 0216 445 23 44  
e-mail: [tuncell@superonline.com](mailto:tuncell@superonline.com)  
website: [www.tuncell.com](http://www.tuncell.com)

ALWAYS Better(Her Zaman Daha İyiye, Birlikte)

kazandırmak için tasarlanmıştır. Peki patlayıp şehir şebekesine karışan lağım suları, sonuç hepatit. Bundan kaçamayız çünkü berberiniz benimki gibi büyük olasılık ile her tıraşta jileti değiştirmiyor.

Yukarıda Şekil18(A)(B) ile verilen tanımlamada (A) metal blok (B) ise içi su dolu kapalı bir borudur, (A) da ki metal blok kuvveti aynen iletilir ancak (B) de ki durum gerçekte daha farklıdır.

Hidrolik transit çalışmaları ses dalgalarının havada yayılması ile ilgili araştırmalar ile birlikte başlamıştır ve bunu takiben RUS Joukowski(1900) ilgili teoriyi geliştirmiştir. Joukowski, 1897'de Moskova'da 50...150mm'lik çaplarda ve uzunluğu 350...750metre olan borularda kapsamlı deneyler yapmış aynı zamanda bir VANA'nın ani ve kademeli olarak kapatılması ile oluşan etkileri irdelemiştir.

Joukowski yasasına göre rijid boru üzerinde ki vananın ani kapanması neticesinde oluşan SU Çekici Basma Yüksekliği H

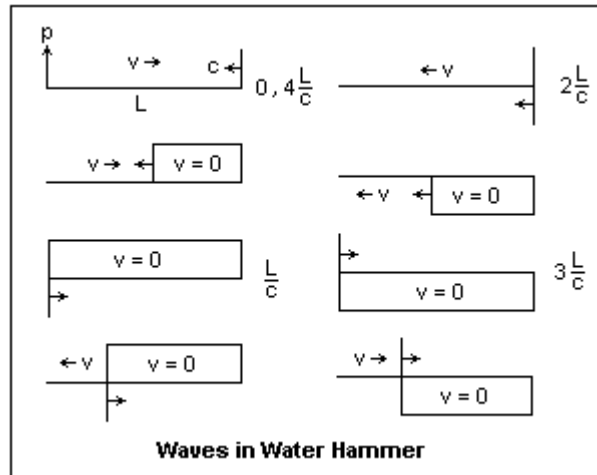
$v_0$ = vana kapanmasından önceki hız

$c$ = sıvıda ki ses hızı

olmak üzere;

$$\text{maximum } \Delta H = \frac{c}{g} v_0$$

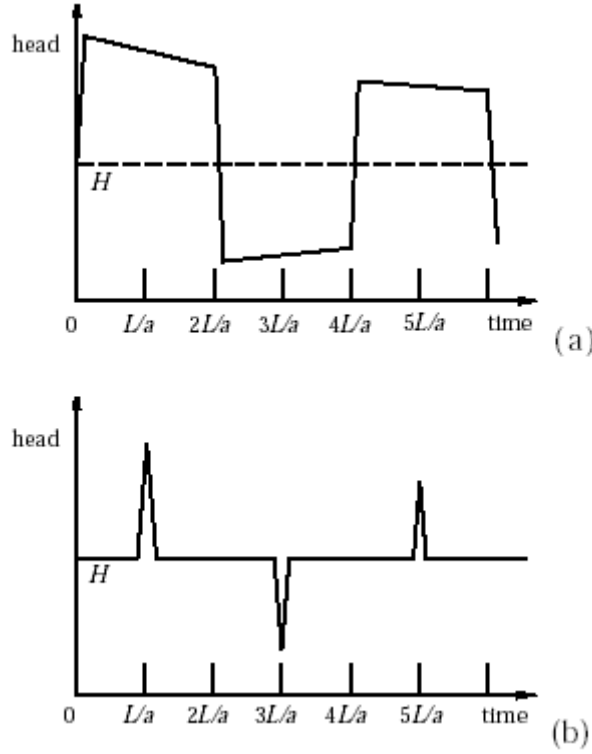
ile verilir. Diğer yandan kapalı bir boruda basınç, sıvının buharlaşma basıncı altına düşerse, kavitasyon oluşur ve bu durum su çekici etkisinin kötü durumlarından biridir. Şimdi de vana kapandığı anda boru içinde ne olduğuna geçelim:



Şekil2.Su Çekici

Temsili verilen Şekil2de yüksekliği H olan bir tanktan P basıncında ve v hızı ile su L uzunluğunda ki borudan akarken ani olarak vana kapansın. Bu durumda ne olur? Vana'nın tam kapandığı  $t(\text{ime})=0$  anında vanaya yakın bölgede ki su kütlesi  $t=\text{ani}$  olarak yavaşlayıp 0 olacak ancak tanktan hala v hızı ile su gelmektedir( $t=L/2c$  anı) ve c ses dalgası hızı ile tanka ilerleyen bir basınç dalgası mevcuttur.  $t=L/c$  anında ise boruda hız sıfır olur ve basınç şok dalgası tanktan vanaya yönelmiştir( $L/c$  anında altta ki ok). Tam bu anda basma yüksekliği  $\Delta h$  kadar değişmiştir.  $3/2(L/c)$  anında ise şok dalgası vanaya doğru ilerlerken borudan tanka doğru su v hızı ile hareketleniyor ancak vana civarında hala sıfırdır.  $2L/c$  anında

ise basınç dalgası vanaya ulaşmış ve tanka geri yönelmiştir ancak bu anda boruda ki su kütlesi v hızı ile tanka yönelmiştir,...Şekil2'ye göre  $t=0$  anı ile  $t=4L/c$  anı eğer titreşim ile mekanik enerjide ki azalma göz ardı edilirse aynıdır. Şekil3'de  $a(=c)$  dalga hızı olmak üzere (a) vanada ki (b) tankta ki basma yüksekliği değişimlerini göstermektedir.



Şekil3. (a) vanada ki (b) tankta ki basma yüksekliği değişimleri

Kademeli olarak vananın kapatılması durumu:

Fizik bizlere ses dalgasının bir ucu kapalı  $L$  uzunluğunda ki boruda frekansının  $\lambda$  dalga boyu ve  $c$  hız olmak üzere  $f=\lambda/c=4L/c$  olduğunu bildirir.  $2L/c$  zamanında basınç dalgası tanka gelir ve vanaya geri döner. Bu zaman kritik bir değerdir çünkü vana bu  $2L/c$  zamanından önce kapanırsa diğer bir ifade ile tanktan yansıyan basınç dalgası vanaya ulaşmadan önce kapanacaktır. Buna göre  $t \leq 2L/c$  ise, duruma ani kapanma denir,  $4L/c$  ise kademeli kapanma olarak adlandırılır. Buna ilişkin bağıntı

$$v_o - dv = \left(1 - \frac{dt}{T}\right) \frac{v_o}{\sqrt{H_o}} \sqrt{(H_o + \Delta H)}$$

ile verilir. Buna göre 750metre uzunluğunda ki bir borunun ucunda ki vananın  $2L/c$  lik 10 adımda kapandığı durum incelenir,  $c=1200\text{m/s}$  olmak üzere başlangıç basma yüksekliği 120metre(12bar) de yine başlangıç hız 3,5m/s olsun ve 1,25, 2,5 s anlarında vanada ki basma yüksekliklerini incelenir;

$dt$  boruda hızın  $dv$  kadar değiştiği zaman olmak üzere

$$Dt=2L/c=2 \times 750/1200=1,25\text{s} \quad H_o=120\text{m}, \quad v_o=3,5\text{m/s}$$

$$1-) t=1Dt=1,25 \text{ s}$$

$$3.5 - \Delta v = \left(1 - \frac{1}{10}\right) \frac{3.5}{\sqrt{120}} \left(120 + \frac{1200}{9.81} \Delta v\right)^{1/2}$$

$$\Delta v^2 - 17.116 \Delta v - 2.326 = 0$$

$$\Delta v = 0,137 \text{ m/s}$$

$$\text{ve } H(t=1,25 \text{ s'de}) = H_0 + (c/g)v_0 = 120 + (1200/9,81) \times 0,137 = 136,76 \text{ metre}$$

$$2-) t=2Dt=2,5 \text{ s'de}$$

yeni  $v_0 = 3,5 - 0,137 = 3,363 \text{ m/s}$ , yeni  $H_0 = 136,76 \text{ metre}$  ve yukarıda ki denkleme koyarsak

$$3.363 - \Delta v = \left(1 - \frac{2}{10}\right) \frac{3.363}{\sqrt{136.76}} \left(136.76 + \frac{1200}{9.81} \Delta v\right)^{1/2}$$

$$\Delta v^2 - 13.197 \Delta v - 4.075 = 0$$

$$\Delta v = 0,316 \text{ m/s}$$

$$\text{ve } H(t=2,5 \text{ s'de}) = H_0 + (c/g)v_0 = 136,76 + (1200/9,81) \times 0,316 = 175,4 \text{ metre olacaktır.}$$

Örnek  $t=3Dt, \dots 10Dt$  ye kadar benzer usul ile hesaplanabilir. Ancak şayet vana bu şekilde 10 kademe ile değil de aniden kapansa idi

Bu durumda  $DH = (c/g)v_0 = 428,1 \text{ metre}$  teorik basma yüksekliği oluşacaktı.

Buna konu ile ilgili diğer postamız enstrümanların burada hangi noktaya monte edilmesi üzerine olacaktır.

Konu ile ilgili herhangi bir ek soru talebiniz için 24 saat açık mobil telefonumuzu tereddütsüz arayabilirsiniz.

Saygılarımızla.

TUNCELL Mühendislik Enstrümantasyon Ltd.  
İnönü Cd. Sumko Sitesi J1 D.2 Kozyatagi-İstanbul  
Tel: 0216 372 51 75 Fax: 0216 445 23 44  
e-mail: [tuncell@superonline.com](mailto:tuncell@superonline.com)  
website: [www.tuncell.com](http://www.tuncell.com)

---

**ALWAYS Better(Her Zaman Daha İyiye, Birlikte)**