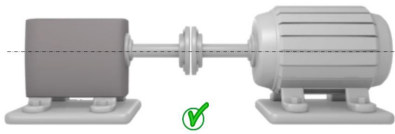


ŞAFT HİZASIZLIĞININ (KAPLIN AYARSIZLIĞININ) ENERJİ TÜKETİM MALİYETLERİ AÇISINDAN İNCELENMESİ ÜZERİNE BİR HESAPLAMA ÖRNEĞİ

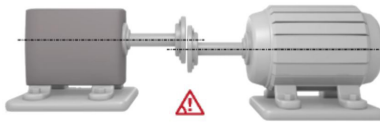
Bilindiği üzere, mekanik gücün bir moment aracılığıyla aktarıldığı makina çiftlerinde, tahrik ve iş makinaları şaftlarına ait dönme eksenlerinin belirli toleranslar dahilinde çakışık olması amaçlanırken, bu çakışmanın açisal ve/veya paralel olarak sağlanamaması durumu şaft hizasızlığı, yani bir başka adıyla kaplin ayarsızlığı olarak isimlendirilir. Geçmişteki endüstri verilerine bakıldığında, makina arızalarının ortalama yarısından fazlasını şaft hizasızlığı oluşturmaktadır. Şaft hizasızlığının neden olacağı maliyet, dört ana kalemde incelenebilir:

- Beklenmeyen arıza sonucu üretimin durması,
- Arızaları gidermek için harcanan yedek parça sayısı ve ilgili yedek parçaların stok maliyeti,
- Planlı bakımlar için harcanması gereken zaman ve emekten feragat ve
- Şaft hizasızlığının neden olduğu fazla enerji tüketim maliyeti, şeklindedir.

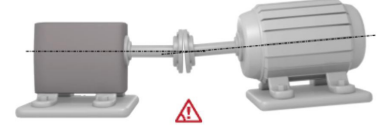
Aşağıdaki hesaplama ile yalnızca bir düzlemde açisal kaçıklığa sahip bir ekipmanda, bu ekipmanın bir yıl boyunca hiçbir arıza duruşu vermediği varsayımıyla, faydalı işe (burada iş makinasına aktarılan moment) dönüştürülemeyen elektrik enerjisinden yola çıkılarak bir maliyet kalemi belirlenmektedir.



Şekil.1a. Hizalı ekipman Temsili



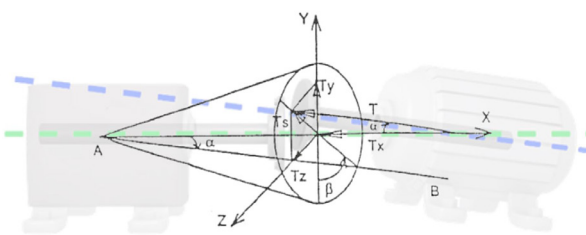
Şekil.1b. Paralel Hizasızlık Temsili



Şekil.1c. Açisal Hizasızlık Temsili

Endüstride yaygın olarak kaplin ayarsızlığı olarak bilinen, ancak aslında makina çiftinin mil dönme eksenlerinin çakışmaması olarak tanımlanabilecek şaft hizasızlığının bulunmadığı ideal hal Şekil.1a ile ve de hizasızlık tipleri sırasıyla Şekil.1b,c ile verilmiştir. Sözkonusu hizasızlıklar, tahrik makinasınca üretilen momentin tümünün iş makinası miline aktarılmasında bir güç kaybına yol açarlar. Dolayısıyla, güç kayıp faktörü olarak isimlendirilen bir parametrenin belirlenmesiyle, faydalı iş üretemeyen bu enerji bileşeninin miktarını hesaplamak mümkündür. Sözkonusu enerjinin nereye yönlendiği sorusuna gelince, tahmin edilebileceği gibi, öncelikli olarak kapline, ardından şaftlara, rulman ve yataklara binebilecek dinamik yükleri oluşturmaktadırlar. Makinalarda hizasızlık nedeniyle görülen titreşimlerin bir kaynağının ise bu yükler olduğu aşikardır.

Esnek bir kaplin bağlantısı bulunan ve yalnızca bir düzlemde açisal hizasızlığı olduğu bilinen bir motor-pompa çiftini ele almak uygun bir örnek olacaktır⁽¹⁾. Dikkat edilirse, esnek kaplin kullanarak hizasızlığın yaratacağı iç kuvvetlerin makina çiftine etkisi etkin biçimde azaltılmıştır, ancak yukarıda bahsedilen güç kayıp faktörünün varlığı nedeniyle uzun sürelerce arıza duruşu vermeyecek dahi olsa boşa giden bir enerji tüketiminin önüne geçilememektedir.

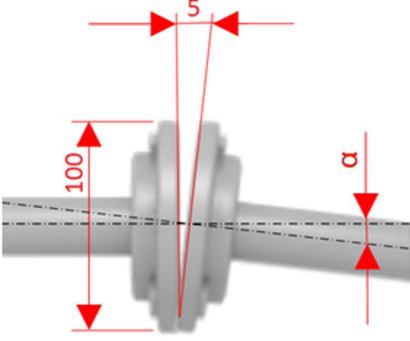


- T : Motor milinde oluşturulan moment vektörü
- T_s : Dinamik yüke neden olan moment bileşeni
- T_x : Pompaya faydalı işi yaptrabilen moment bileşeni
- T_y : Titreşimlere neden olan iç momentin y-bileşeni
- T_z : Titreşimlere neden olan iç momentin z-bileşeni
- α : Açisal kaçıklık miktarı [°]

Şekil 2. Motor-Pompa Çiftinde Moment Vektörleri Temsili

Vektörel temsilden faydalanarak açısal kaçıklık miktarı olan α değerine bağlı bir *güç kayıp faktörü* tanımlamak basit bir geometri hesabıyla⁽²⁾ mümkündür: *güç kayıp faktörü* değerinin α açısının sinüs değeri olduğu görülmektedir.

Son derece kabul edilebilir bir kaçıklık tanımlayarak durum aşağıdaki şekilde görselleştirilebilir:



100 milimetrelik bir kaplin flanşında 5 milimetrelik bir açısal kaçıklık, trigonometrik ilişkiden de faydalanarak güç kayıp faktörünü 0,005 olarak belirler. Kaplinle çalışan bu ekipmanın motor gücü başta olmak üzere, yıllık işletme saati ve elektrik birim fiyatı da dahil edildiğinde, makinadaki hizasızlık hiçbir arıza duruşuna neden olmasa da⁽³⁾ ortaya çıkacak maliyet tablosu aşağıdaki gibi basitçe hesaplanabilir:

Şekil 3. Tek Düzlemde Örnek Açısal Hizasızlık Temsili

$$\{\text{Toplam Maliyet}\} = \{\text{Motor Gücü}\} \cdot \{\text{Güç Kayıp Faktörü}\} \cdot \{\text{Yıllık Çalışma Saati}\} \cdot \{\text{Elektrik Birim Saat Fiyatı}\}$$

Megawatt mertebelerinde güçlerin bulunduğu bir enerji santrali düşünüldüğünde sadece yukarıda izah edilen kalemden gelen fatura miktarının ihmal sınırlarının kat ve kat üzerinde olduğu açıktır. Paralel hizasızlık, balanssızlık gibi sık görülen diğer arıza nedenleri üzerinde de benzer sade etüdler gerçekleştirmek konunun önemi bakımından irdeleyici olacaktır.

Örneği sayılsallaştırmak gerekirse, 2,2 MW gücünde motorlarla tahrik edilen 6 adet pompanın her birinin yılda ortalama 8000 saat çalıştığı, elektrik birim fiyatının 0,35 TL/kW-saat varsayımlarıyla;

$$\{\text{Toplam Maliyet}\} = 6[-] \cdot 2200[\text{kW}] \cdot 0,005[-] \cdot 8000[\text{saat}] \cdot 0,35[\text{TL} / \text{kW} \cdot \text{saat}] = \mathbf{184,800.00 \text{ TL}}$$
 şeklindedir.

Sonuç olarak, üretimi durdurmasa da ele alınan sistemlerdeki mevcut enerji kaybının farkında olmak, göze alınan kaybın veya sözkonusu kaybı gidermek için yapılacak yatırımın rasyonel bir zeminde incelenmesi bakımından oldukça önemlidir.

(1) Paralel hizasızlık ile güç kayıp faktörü hesabında esnek kaplinin tipine bağlı bir değişkenlik bulunduğu ve de vektörel izahının kolaylığı nedeniyle yalnızca açısal hizasızlık tanımlanmıştır. Literatür bilgilerine göre, paralel hizasızlığın kayıp enerji maliyetinin daha yüksek olduğu not edilmelidir. 3-boyutlu uzayda çakışmayan iki eksen, yatay ve dikey düzlemlerde açısal ve paralel olarak toplamda dört tipte hizasızlığa ayrıştırıldığı düşünülürse gerçek maliyet daha çarpıcı olacaktır.

(2) İlgili hesap, *Kaplin Ayarsızlığı Maliyet Hesabı* isimli dökümanımızda bulunmakta olup, talep doğrultusunda paylaşıma açıktır.

(3) Hesaplamalarda kaplin ayarsızlığından doğan iç yüklerin diğer arıza nedenlerini beslemediği, sistemin mevcut kaçıklıkla stabilitesini koruduğu varsayılmaktadır.

Kaynak : H.Temel Belek'in 1996 yılındaki 2.Pompa Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı'nda bulunan Pompalarda Titreşim ve Gürültü başlıklı bildirisinden derlenmiştir.