

ALÇAK TABANLI OTOBÜSLERDE KULLANILABİLECEK TRANSFER KUTUSUNUN TİTREŞİM İZOLASYONUNDA TEMEL KURALLAR

Deniz Yazgaç*, Emin Erensoy*, Güven YAVUZ*

*Hexagon Studio, KOCAELİ

ÖZET

Bu çalışmada, alçak tabanlı otobüslerde kullanılabilecek güç aktarma sisteminde bulunan transfer kutusunun titreşim izolasyonu hakkında bilgi verilmiştir. Çalışmada tork eksen, elastik eksen ve dinamik tork eksen kavramları açıklanmış; tork eksen ile elastik eksenin çakışmasının önemi açıklanmıştır.

Anahtar kelimeler: Transfer kutusu, titreşim izolasyonu, tork eksen, elastik eksen, dinamik tork eksen

LOW FLOOR VEHICLE TRANSFER CASE VIBRATION ISOLATION

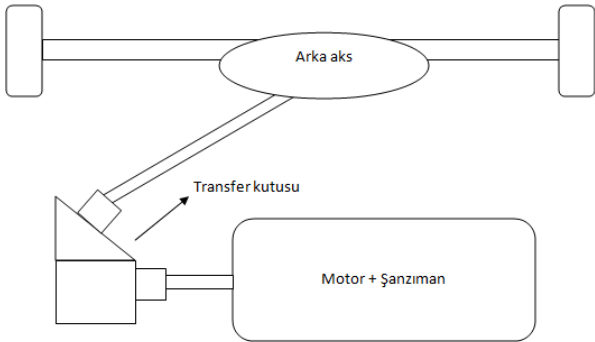
ABSTRACT

This study mainly focus on vibration isolation of which can be used in low floor vehicle. Torque axis, elastic axis, torque roll axis (dynamic torque axis) are defined in this study and mentioned the importance of elastic axis, torque axis coincidence.

Keywords: Transfer , vibration isolation, torque axis, elastic axis, dynamic torque axis

1. GİRİŞ

Alçak tabanlı doğu-batı motor yerleşim konfigürasyonuna sahip otobüslerde kullanılan transfer kutusu, şanzımandan sonra bulunmakta ve torku arka aksa aktarmaktadır (Şekil-1).



Şekil-1 Genel yerleşim

Sistemin giriş ve çıkışında iki adet kardan mili bulunmaktadır. Torkun transfer kutusu ile arka aksa iletilmesi, transfer kutusunun titreşim izolasyonunu gündeme getirmektedir.

Araçlarda kullanılan transfer kutuları (dişli kutuları) gerek NVH gerekse dayanım bakımından çalışılması, çoğu zaman iyileştirilmesi gereken sistemlerdir. Araç seviyesinde bu çalışmalar bir noktaya kadar devam ettirilebilmektedir. Dişli kutularında gözlenebilecek NVH problemlerinin başında inleme (whine) ve takırtı (rattle) gelmektedir. Whine, genel olarak tonal bir ıslık sesini andırır ve dişlilerin tork altında dinamik kuvvetlerle eğilmesi veya üretim toleranslarından ortaya çıkmaktadır. Rattle problemi genelde kazıma sesi olarak hissedilir ve dişli üretim toleransları veya montaj toleranslarıyla ilgilidir[1].

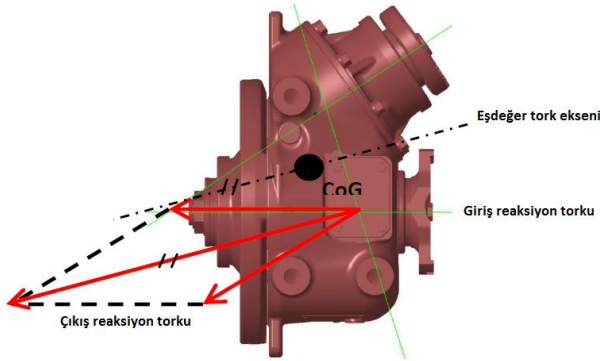
Araç seviyesinde yapılan iyileştirmeler genellikle yapısal ve hava yolu ile yayılan gürültü ve titreşimin azaltılmasını hedefler. Yapısal yolda alınabilecek en önemli önlem, elastik izolatörlerle titreşim yalıtımıdır. Hava yolu ile iletilebilecek en önemli önlem de bilindiği gibi, akustik yutumu yüksek ve akustik geçirgenliği düşük malzemelerin kaynak-alıcı arasına konumlandırılmasıdır.

1.1 Etkin tork eksen, dinamik tork eksen, elastik eksen tanımları

Tork iletimi için kullanılan transfer kutuları çeşitli kurallar gözetilerek ana yapıdan izole edilmelidir.

Transfer kutusuna iletilen torka göre, sistem çeşitli yönlerde hareket yapmaya zorlanmaktadır. Bu sanki-statik hareketin davranışını tanımlayan parametreye tork eksenini denir[2].

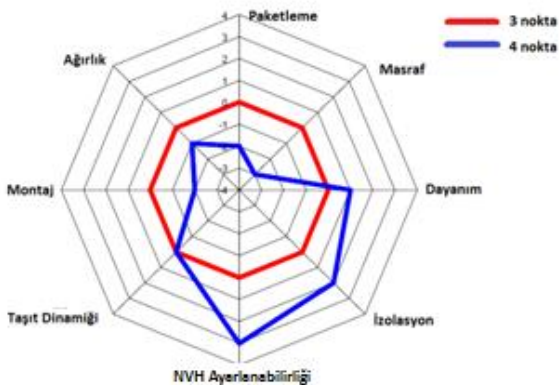
Tork eksenini Şekil 2 'de de görüldüğü gibi dışı kutusu giriş ve çıkışındaki reaksiyon torklarının vektörel toplamı olarak tarif edilir. Fiziksel olarak, sistemin girişinden tork uygulandığında ve çıkışından tutulduğunda, sistemin uzayda yapacağı hareketin eksenine etkin tork eksenini (eşdeğer tork eksenini) denmektedir.



Şekil-2 Tork eksenini

Sistem bu eşdeğer tork eksenini çevresinde hareket edeceği için, izolator konumlarının da bu eksene göre belirlenmesi önemlidir.

Teoride, tork eksenine eşit uzaklıkta bulunacak iki izolator yeterli olurken, pratikte başka yönlerden gelebilecek kuvvetler için en az üç noktadan bağlantı gerekmektedir. Dört nokta bağlantı sistemi, üç nokta bağlantı sistemine göre; daha pahalı bir konfigürasyon olmasına karşın, izolasyon etkinliği, dayanım ve NVH ayarlanabilirliği bakımından avantajlı yanları bulunmaktadır. Buna rağmen izole edilen sistemde üç nokta bağlantı konfigürasyonu ile devam edilmiştir.

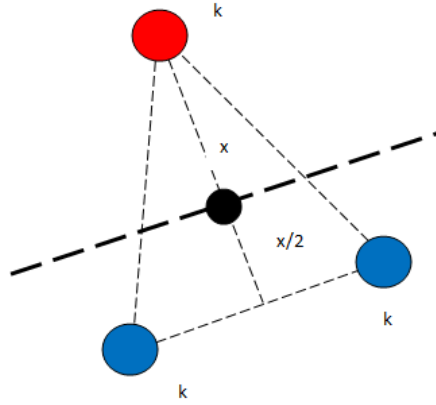


Şekil-3 Üç ve dört nokta bağlantının karşılaştırması

Sistem, eşdeğer tork eksenini etrafında birim hareket ettiğinde, elastomer izolatorlardan kaynaklı reaksiyon

kuvvetlerinin yaratacağı momentler, eşdeğer tork eksenini doğrultusunda olmalıdır. Böylece elastik eksen ile eşdeğer tork eksenini üst üste çakıştırılmış olur. Bu durum en başta, izolatorların eşit olarak yüklenmesini sağlar.

Şekil-4'de görüldüğü gibi mavi renkli izolatorlar ile kırmızı renkli izolator, sistemin eşdeğer tork eksenini etrafında birim hareket yapması sonucu eşit yüklenmektedir.



Şekil-4 Tork eksenini ile elastik eksenini çakışması

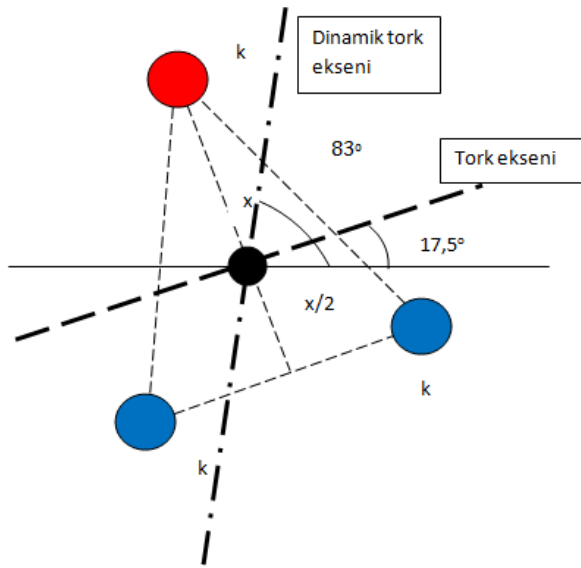
Tasarım esnasındaki önemli bir ayrıntı da, sistem ağırlık merkezinin, üç adet izolatorun ortasında kalması gereğidir. Teorik olarak x mesafesi artırılıp, k düşürülebilir ancak gerçekte x mesafesinin artması kullanılan braketlerin uzamasına ve gerekli direngenlik hedeflerinin braketlerde ulaşılamamasına sebep olur. Kullanılan braketlerin direngenlik değerleri, elastomerlerin direngenliğinin en az 10 katı olmalıdır. Aksi takdirde, elastomer yeterince çalışmaz ve izolasyon yeterince yapılamaz[2].

Dinamik tork eksenini, uzayda serbest olan bir sisteme etkin tork ekseninden tork uygulanması sonucu yaptığı dönme hareketinin eksenine denilmektedir. Bu eksenini doğrultusu, sistemin atalet dağılımını ve etkin tork eksenini yönüne göre belirlenir.

$$[M]X_{DTE} = f_{ETE} \quad (1)$$

$$X_{DTE} = [M]^{-1}f_{ETE} \quad (2)$$

Burada f_{ETE} etkin tork ekseninden uygulanan torkun vektörü, $[M]$ sistemin kütle-atalet matrisidir. X_{DTE} vektörü, sistemin etkin tork altında dönüş gerçekleştireceği eksenini göstermektedir. Fiziksel olarak, transfer kutusu, minimum ataletle sahip eksene yakın hareket etmektedir. Şekil-5'te gözlemlendiği gibi, tork eksenini ile dinamik tork eksenini çakışmamaktadır.

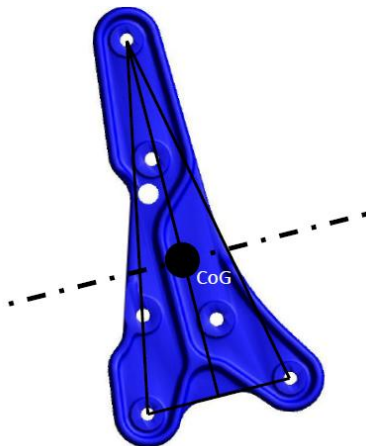


Şekil-5 Dinamik tork eksenini ve tork eksenini

Dinamik tork eksenini ile elastik eksenini çakışması durumunda, sistemin tüm rijit cisim modları birbirlerinden ayrılmış olur ve karmaşık modlar görülmez. Bu durumda modlar birbirine yakın olsa bile, bir modun özvektörü yönündeki hareket başka bir modun özvektörünü tetiklemez[3].

Çoğu zaman tork eksenini ile dinamik tork eksenini çakışmaz. Bu durum bir seçimi beraberinde getirir. Tork eksenini ile dinamik tork eksenininin çakışabilmesi için daha imalat aşamasında çalışma yapılmalıdır.

Braket tasarımına; hem elastomer izolatörlerin konumları, hem paketlenme durumu, hem de tasarlanan braketin doğal frekansları etki etmektedir. Özellikle maksimum dişli çalışma frekansından daha yüksek doğal frekanslara sahip bir braketin kullanımı, dişli kaynaklı gürültü ve titreşimin araç içerisine olan yayılımını engellemektedir (Şekil-6).

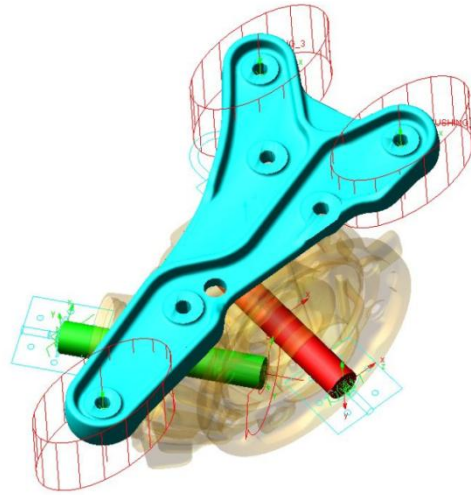


Şekil-6 Kullanılan döküm braket

İzolatörlerin seçimi yapılırken en temel kurallar aşağıdaki gibi verilebilir.

- İzolatörler, maksimum tork altında tamamen kapanmamalıdır.
- Aracın en çok kullanılacağı vitesindeki maksimum tork altında, izolatörler lineer bölgede kalmalıdır.
- Bası ve çeki yönünde simetrik özellik gösteren izolatörler kullanılmalıdır.
- Maksimum tork altında, dişli kutusunun tork eksenini çevresindeki dönüş açısı belli bir hedefin üzerine çıkmamalıdır. Bu durum özellikle kardan mafsallarındaki homokinetik bağın bozulmasına ve tork harmoniklerinin arka aksa aktarılmasına sebep verir.

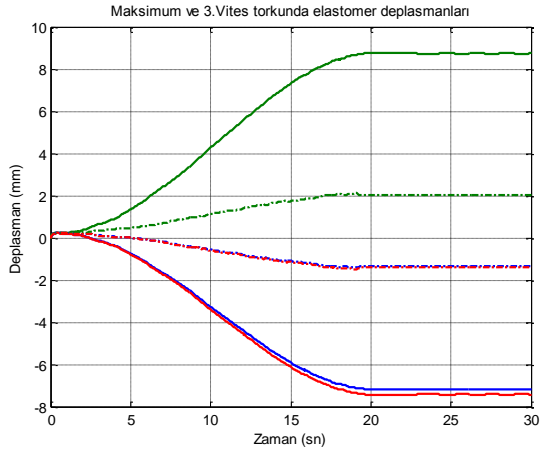
2. ANALİZLER



Şekil-7 ADAMS modeli

Analitik yaklaşımı doğrulamak için MSC ADAMS programında yapılan analizlerde; dişli kutusu sahip olduğu kütle ve atalet ile modellenmiş, braket ve izolatörler eklenmiştir. İzolatörlerin bir ucu brakete bağlıyken diğer ucu yere sabitlenmiştir. İzolatörlerin bası ve çeki altındaki direngenlik eğrisi MSC ADAMS ortamında her üç izolatör için de tanımlanmıştır. Dişli kutusunun girişinden, maksimum tork ve en çok kullanılan vitesindeki maksimum tork uygulanarak izolatörlerin ne oranda hareket ettiği tespit edilmiştir (Şekil-7)

Görüldüğü gibi iki yükleme şartında da elastomerler eşit oranda yer değiştirme sergilemişlerdir. Aradaki ufak farklılık yer çekimi sonucu oluşan yüklemelerden kaynaklanmıştır(Şekil-8).Grafikte görüldüğü gibi iki elastomer bası, bir elastomer çeki yönüne çalışmaktadır.



Şekil-8 Zamana bağlı analiz

3. SONUÇ

Bu çalışmada alçak tabanlı otobüslerde kullanılacak transfer kutusunun titreşim izolasyonundan bahsedilmiştir. Bilgisayarda ADAMS modeli kurularak, izolatörlerin eşit yük alması sağlanmıştır. Tork ekseninin elastik eksenle çalışması, izolatörlerin eşit yük almasını sağlarken; dinamik tork eksenini ile elastik eksenin çakışması, transfer kutusunun rijit cisim modlarının birbirinden ayrılmasını sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

1. J.S Williams, “**The dynamics of powertrain mounts and brackets and their contribution to high frequency powertrain noise**”, IMAC XIV,2005
2. J.Taeseok, 1999, “**Analytical methods of decoupling the automotive engine torque roll axis**”, Journal of Sound and Vibration, 1999
3. S.Y. Chang, “**Design optimization and development of vibration analysis program for engine mount system**”, Technical Division AhTTi Co. Ltd.

