

**MANUEL ŞANZIMANLI BİR OTOMOBİLİN VİTES
KABLOSUNUN TASARIMI VE GELİŞTİRİLMESİ**

Sezer METİN



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MANUEL ŞANZIMANLI BİR OTOMOBİLİN VİTES KABLOSUNUN
TASARIMI VE GELİŞTİRİLMESİ**

Sezer METİN
0000-0003-3805-7873

Prof. Dr. Yahya IŞIK
0000-0002-1982-9666
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2019

TEZ ONAYI

Sezer METİN tarafından hazırlanan “MANUEL ŞANZIMANLI BİR OTOMOBİLİN VİTES KABLOSUNUN TASARIMI VE GELİŞTİRİLMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Yahya IŞIK

Başkan : Prof. Dr. Yahya IŞIK
000-0002-1982-9666
Uludağ Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı

İmza


Üye : Prof. Dr. Abdil KUŞ
000-0002-4626-0719
Uludağ Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza



Üye : Dr. Öğr. Üyesi Celalettin Yüce
000-0003-1387-907X
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi
Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN
Enstitü Müdürü

03.09.2013


U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

06/08/2019


Sezer METİN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MANUEL ŞANZIMANLI BİR OTOMOBİLİN VİTES KABLOSUNUN TASARIMI VE GELİŞTİRİLMESİ Sezer METİN

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman. Prof. Dr. Yahya IŞIK

Bu çalışmada, mekanik vites kumanda kablolarının tarihçesi, tanımı, performans özellikleri, kabloları meydana getiren elemanlar detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Ardından, bir otomobil üreticisinin talepleri tanımlanmış ve bu talepler doğrultusunda kablo tasarımı yapılması amacıyla takip edilen tüm süreçler itinayla irdelenmiştir. Vites kumanda kablosunun tasarım adımları tamamlandıktan sonra, performans kaybına sebep olan 2 adet problemin çözülmesi üzerine çalışılmış ve bu problemlere çözümler getirilerek kablonun geliştirilmesine katkı sağlanmıştır.

Çözüm getirilen problemlerden birincisi, kablo basma yükü dayanımının düşük olması sebebiyle testlerde ve tasarım onaylama sürecinde kablonun gerekli yüklere dayanamayıp kırılmasıdır. Bu çalışmada, hedef olarak belirlenmiş olan dayanım vites kumanda noktasından 500 N (Vites oranı 3,13 ve vites kablosunda $500 \times 3,13 = 1565$ N) iken 1400 N mertebesinde kabloda deformasyon meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bu sorunun çözülmesi için yapılan tasarım değişikliklerinden sonra kablo dayanım yükleri 1900 N'a yükseltildi.

Diğer bir problem ise vites kumanda kablosunun hedef olarak belirlenen değerden fazla sürtünme dayanımına sahip olmasıdır. Bu durum, vites geçişlerinde zorlanma meydana getirirken, son kullanıcıda da istenmedik bir durum ortaya çıkartmaktadır. Hedef olarak belirlenen sürtünme dayanımı, vites kablosu araç rotasındaki halindegken, en fazla 9,83 N iken 15–16 N civarında gelmekteydi. Yapılan tasarım değişiklikleri sonucu sürtünme dayanımı 7 N'a düşürüldü.

Anahtar Kelimeler. vites kumanda kablosu, mekanik kablo tasarımı, sürtünme yükü, kırılma yükü dayanımı, basma dayanımı
2019, x + 104 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

DESIGN AND DEVELOPMENT OF GEAR SHIFT CABLE ON MANUAL AUTOMOTIVE TRANSMISSIONS Sezer METİN

Bursa Uludag University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering

Supervisor. Prof. Dr. Yahya IŞIK

In this master thesis, firstly the history, definition, performance characteristics and the components of the mechanical gear shift cables were explained in detail. Subsequently, the demands and requirements of an automobile manufacturer regarding the shift cables were identified and all of the processes for the purpose of shift cable design were followed up carefully step by step. After the completion of the design steps of shift cables, studies have been performed in order to bring the solutions to problems which cause the performance decrease and by this way cable was developed.

One of the problems which is solved in this thesis is that the cable cannot withstand the required loads during the breaking strength test in its design approval phase due to its low compression load resistance. In this first study, the breakage occurred in 1400 N range where the target is minimum 500 N from on top of the knob (force application point) (Ratio= 3,13 and $500 \times 3,13 = 1565$ N to cable) After the design changes implemented in the shift cable in order to solve the problem, breakage loads were increased up to 1900N.

The second problem is that the shift cable has more friction resistance (NLSR) than the required target. This situation creates the non-conformity during the gear shifting and undesirable feelings for the driver. The maximum friction resistance of the shift cable on real vehicle routing which is requested 9,83 N. Nevertheless, the friction of the cable was around 15 – 16 N. After the design improvement studies, friction values of the cable was reduced down to around 7 N.

Key words. command and control cable, design of mechanical shift cable, friction resistance, breaking load, compression strength

2019, x + 104 pages

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu yüksek lisans tezi çalışmasında öncelikle gerek Türkiye gerekse dünya literatüründe oldukça az kaynak bulunan vites kumanda kablosu tanıtımı hakkında detaylı bilgi verilecektir. Verilecek olan bu teknik bilgiler ışığında okuyucular, araştırmacılar vites kumanda kabloları hakkındaki akıllarındaki birçok soruya cevap verebilecek iken aynı zamanda öğrenecekleri yeni bilgileri kendi faydalarına kullanabileceklerdir. Şanzımanlar ve transmisyon elemanları fonksiyonelliği açısından ön planda olduğu için önem seviyesine bağlı olarak vites kumanda kabloları geri planda kalmıştır. Bu yüksek lisans tezi, çoğu kişinin az bilgi sahibi olduğu, öneminin ve fonksiyonelliğinin tam kavranamadığı vites kumanda kabloları için bir rehber haline gelecektir.

Yüksek lisans tez konusunun belirlenmesinden tezin son aşamasına gelene dek bana yol gösteren, yoğun iş temposu arasında çok değerli vaktini ayırarak bana destek ve yardımlarını esirgemeyen, yüksek lisansıma başladığım andan beri tecrübeleri ile bana ışık tutan Tez Danışmanım saygıdeğer hocam Prof. Dr. Yahya IŞIK'a teşekkür ederim.

Çalıştığım süre boyunca tezimi yazabilecek seviyeye gelmemi ve bu süreçte maddi ve manevi tüm imkânlarla sahip olmamı sağlayan FICOSA OTOMOTIV SAN ve TIC. AŞ ailesine teşekkürlerimi borç bilirim. Tez çalışmalarım sırasında bana gerek dostça gerekse teknik açıdan desteklerini hiçbir zaman eksik bırakmayan müdürüm Önder ÖZFİDAN'a ve çalışma arkadaşlarım K. Çağlar KİLCİ, Oğuz KAYA, Derya CESSUR ÖZEN ve Şeref ÖZEN'e ayrı ayrı teşekkürlerimi sunarım.

En az benim kadar yüksek lisansımı tamamlamamı isteyen, bu süreçte bana daima destek olan ve tezi yazma motivasyonu sağlayan sevgili aile üyelerim annem Ayşe METİN, babam Sezai METİN, kardeşim Aslı METİN ve pek değerli müstakbel eşim, nişanlım Melike SAATÇI'ya ayrıca şükranlarımı sunarım.

Sezer METİN
06/08/2019

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	6
2.1. Şanzıman Türlerinin Sınıflandırılması	6
2.2. Vites Kablolarının Tanımı Ve Sınıflandırılması.....	6
2.2.1. Manuel Transmisyon Kabloları	7
2.2.2. Otomatik Transmisyon Kabloları.....	8
2.2.3. Elektronik Transmisyon Kabloları (Shift-By-Wire)	10
2.3. Vites Kumanda Kablolarının Fonksiyonları.....	11
2.3.1. Birincil Fonksiyonlar.....	11
2.3.2. İkincil Fonksiyonlar	12
2.3.3. Üçüncül Fonksiyonlar	12
2.4. Vites Kumanda Kablolarını Oluşturan Elemanlar	12
2.4.1. İç Kablo	13
2.4.2. Kılıf	14
2.4.3. Yağ	14
2.4.4. Kablo Sonu Sabitleyicileri (CaEF).....	15
2.4.5. Kılıf Sonu Sabitleyicileri (CoEF)	15
2.4.6. Gromet.....	16
2.4.7. Braket	16
2.4.8. Koruyucu Tüpler	17
2.4.9. Ek Elemanlar.....	17
2.5. Kumanda Kablolarının Sağlaması Gereken Koşul ve Yeterlilikler	19
2.5.1. Verimlilik.....	20
2.5.2. Sürtünme Dayanımı.....	21
2.5.3. Vites Kumanda Kablosundaki Boşluk (Backlash).....	23
2.5.4. Rijitlik.....	24
2.5.5. Kablo Basma Yüğü Dayanımı	25
2.5.6. İç Kablo & Kılıf Esneklik Ve Elastisitesi.....	26
2.5.7. Kuvvete Karşı Yer Değiştirme.....	26
2.5.8. Eğilme Yarıçapına Karşı Moment Kuvveti	28
2.5.9. Ömür (Durability) Testi.....	30
2.5.10. Kimyasal Dayanım Testi	32
2.5.11. Salınım (Osilasyon) Testi	33
2.5.12. Bağlantı Elemanlarının Montaj - Demontaj Testleri	34
2.5.13. Sızdırmazlık Testi.....	37
2.5.14. NVH (Noise – Vibration - Harshness) Testi.....	39
3. MATERYAL ve YÖNTEM	41
3.1. Otomotiv Üreticisinden Gelen Verilerin İncelenmesi.....	41
3.1.1. Boyutsal Gereksinimlerin Tayin Edilmesi	42

3.1.2. Kablonun Araç İçindeki Konumunun Belirlenmesi.....	45
3.1.3. Kablonun Taşıyacağı Yüklerin Belirlenmesi.....	48
3.1.4. Kablo Çevresi Gereksinimleri	51
3.1.5. Bağdaştırıcılar & Arabirimler	52
3.1.6. Sistem Ayarlanabilirliği.....	53
3.1.7. Sistemin Hedef Ağırlığı.....	54
3.1.8. Standartlar.....	55
3.2. Vites Kablo Tasarımı Aşamasında Yapılan Teorik Hesaplamalar	55
3.2.1. Makro Yardımı İle Teorik Rota Hesaplaması.....	56
3.2.2. Geometrik Rota Kontrolü	60
3.2.3. Teorik VKK Verimlilik Analizi	62
3.2.4. Teorik VKK Ömür Analizi.....	63
3.2.5. Teorik Xi Hesaplaması (VKK Sabitleyicilerin Boy Hesaplamaları)	65
3.3. Tasarımın Nihai Halini Kazanması (Üretim Ve Testler)	68
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	70
4.1. Kırılma Yüğü (Breaking Strength) İyileştirilmesi	70
4.1.1. Kırılma Yüğü Test Düzeneginin Hazırlanması.....	70
4.1.2. Seçici Kablo Kırılma Yüğü Testi.....	72
4.1.3. Geçirici Kablo Kırılma Yüğü Testi.....	74
4.1.4. Kırılma Yüğü Testi Karşılaştırmalı Sonuçları	85
4.2. Sürtünme (Friksiyon) İyileştirilmesi	86
4.2.1. Sürtünme Testinin Test Düzeneginin Hazırlanması	86
4.2.2. İlk Sürtünme Testi Sonuçları	87
4.2.3. Sürtünme İyileştirme Çalışmaları	89
4.2.4. İyileştirilmiş Kablo Sürtünme Sonuçları	97
5. SONUÇ.....	100
KAYNAKLAR.....	102
ÖZGEÇMİŞ.....	104

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
g	9,81m/s ²
gr	Ağırlık Birimi, Gram
kg	Ağırlık Birimi, Kilogram
I	Alan Atalet Momenti
Mpa	Basınç Birimi, Megapascal
EI	Eğilme Rijitliği(N.m ²)
E	Elastisite Modülü
v	Hız, V=Çevrim.Dakika
F	Kuvvet, Force
N	Kuvvet Birimi, Newton
d	Mutlak Yer Değiştirme
C°	Sıcaklık Birimi, Santigrat Derece
±	Tolerans Simgesi, Artı/Eksi
Σ	Toplam Simgesi
T	Torque, T=d.F
L	Uzunluk simgesi
μ	Uzunluk
mm	Uzunluk Birimi, Milimetre
η	Verim Simgesi
V _x , V _y , V _z	X,Y,Z Eksen Simgeleri
%	Yüzdelik Oran Simgesi
h	Zaman Birimi, Saat
s	Zaman Birimi, Saniye

Kısaltmalar	Açıklama
2D	2 Boyutlu
3D	3 Boyutlu
AB	Avrupa Birliği
CaEF	Cable End Fitting / Kablo Sonu Sabitleyicisi
Le	CaEF baş kısmının merkezi ile bitişi arasındaki mesafe
Lt	CaEF ve metalik çubuk uzunluğu
Ld	CoEF dayama noktası ile CaEF montaj noktası arası mesafe
Lr	CoEF döner çubuk merkezi ile montaj dayama noktası arası mesafe
CoEF	Conduit End Fitting / Kılıf Sonu Sabitleyicisi
NBR	Doğal Kauçuk türü
SbW	Elektronik Vites Kumanda Kablosu (Shift by Wire)
OT	Kalıp Onay Testleri
EPDM	Kauçuk türü
Ltg	Kılıf sonu sabitleyicisinin döner çubuk boyu
MTX	Manuel Transmisyon Kabloları
ATX	Otomatik Transmisyon Kabloları
NVH	Ses, Titreşim ve Kabalık
SEM	Sonlu Elemanlar Metodu
DVP	Tasarım Onay Testleri
OT/OP	Tasarım ve Üretim Onay Testleri
RFQ	Teklif Talebi (Request for quotation)
KZP	Vites Kolu Sıfır Noktası (Knob Zero Point)
VKK	Vites Kumanda Kablosu
C	Vites kumanda kablosunun yaptığı hareket mesafesi
FAP	Yük Uygulama Noktası (Force Application Point)
NLSR	Yüksüz Sürtünme Direnci (No Load Sliding Resistance)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Manuel araçların genel vites kumanda sistemi	7
Şekil 2.2. Manuel bir vites kumanda topuzunun üstten görünümü	8
Şekil 2.3. Vites kumanda mekanizması ve kablosundan oluşan manuel sistem	8
Şekil 2.4. Otomatik bir vites kumandasının adımlarının üstten görünümü.....	9
Şekil 2.5. Vites kumanda mekanizması ve kablosundan oluşan otomatik sistem	10
Şekil 2.6. Elektronik bir vites kumandasının üstten görünümü	10
Şekil 2.7. Vites kumanda kablosu elemanlarının genel görünümü	13
Şekil 2.8. İç tel kesit görünümü	13
Şekil 2.9. Kılıf kesit görünümü	14
Şekil 2.10. Örnek bir kablo sonu sabitleyicisi.....	15
Şekil 2.11. Örnek bir kılıf sonu sabitleyicisi	16
Şekil 2.12. Manuel gromet örneği	16
Şekil 2.13. Örnek bir manuel braket örneği	17
Şekil 2.14. EPDM (kauçuk) malzemeli tüp örnekleri.....	17
Şekil 2.15. Kılıf sabitleyici braket örneği	18
Şekil 2.16. Dur kalk sensörü örneği.....	18
Şekil 2.17. Körük örneği ve açıklamaları.....	19
Şekil 2.18. Değişken yüke bağlı meydana gelen kablo verimliliği grafiği	21
Şekil 2.19. VKK hareketine bağlı olan sürtünme yükleri	22
Şekil 2.20. Vites kumanda kablolarının hareketine bağlı ortaya çıkan boşluk	23
Şekil 2.21. Vites kumanda kablolarındaki rijitlik ve boşluk arasındaki etkileşim	24
Şekil 2.22. Farklı türlerde iç tellerin basma yükü testlerin deformasyona uğraması	25
Şekil 2.23. İç tele uygulanan yük boyunca farklı iç tellerin basma yüküne dayanımı ...	26
Şekil 2.24. VKK kuvvete karşı yer değiştirme testi için standart yöntem	27
Şekil 2.25. VKK hareketine bağlı ortaya çıkan boşta kayma yükleri.....	28
Şekil 2.26. VKK eğilme direnç momentini ölçmek için test yöntemi	29
Şekil 2.27. Vites kumanda kablolarının eğilme yarıçaplarını ölçme yöntemi	29
Şekil 2.28. VKK uygulanan tork değerine bağlı eğilme yarıçapı.....	30
Şekil 2.29. VKK ömür testi için hazırlanan test masası	31
Şekil 2.30. Tuz spreyi testi sonucu kabloda gelen değişiklikler (beyaz paslanma).....	32
Şekil 2.31. Kimyasal dayanım testi sonucu kablo parçalarının genel görünümü.....	33
Şekil 2.32. Salınım testi mekanizması ve ekipmanı	34
Şekil 2.33. CoEF montaj ekipmanları ve test düzeneği	35
Şekil 2.34. CoEF montaj testinin mesafeye bağlı yük artışı	35
Şekil 2.35. CoEF demontaj ekipmanları ve test düzeneği	36
Şekil 2.36. CoEF demontaj testinin mesafeye bağlı yük artışı.....	37
Şekil 2.37. VKK daldırma yöntemi ile sızdırmazlık testinin gösterimi.....	38
Şekil 2.38. VKK püskürtme yöntemi ile sızdırmazlık testinin gösterimi	39
Şekil 2.39. VKK NVH testi için test ekipmanları ve test düzeneği.....	40
Şekil 3.1. Örnek manuel vites kumanda kablosu.....	43
Şekil 3.2. Vites kumanda kablosunun kokpit tarafındaki cable-out mesafesi.....	43
Şekil 3.3. Vites kumanda kablosunun şanzıman tarafındaki ara mesafesi.....	45
Şekil 3.4. VKK araç içindeki konsola göre konumunun belirlenmesi.....	46
Şekil 3.5. VKK en küçük eğrilik yarıçaplarının belirlenmesi için CAD analizi	46
Şekil 3.6. VKK 3D lazer tarama sayesinde CAD ile karşılaştırılması	47

Şekil 3.7. VKK 3D lazer tarama sayesinde CAD ile karşılaştırılması - 2	48
Şekil 3.8. VKK yük uygulama noktası ve gereken yük değerleri	49
Şekil 3.9. 1 çevrim süresince uygulanan yük ile kablunun hareketi.....	50
Şekil 3.10. Bir aracın iç tasarımı ve elemanlarının pozisyonlamaları	52
Şekil 3.11. Örnek bir ayarlanabilir kablo sonu sabitleyicisi (CaEF)	54
Şekil 3.12. Otomobil hedef ağırlık yüzdelerinin tarihsel değişimi	54
Şekil 3.13. Rota analizi için önemli elemanlar ve kablo çizgisi.....	57
Şekil 3.14. Rota analizlerinde x, y, z eksenlerinde açının belirlenme yöntemi.....	60
Şekil 3.15. Rota sonucu eğilme yarıçaplarının kablodaki mesafesine göre değişimi.....	61
Şekil 3.16. Eğilme yarıçaplarının mesafeye göre logaritmik değişimi	61
Şekil 3.17. Teorik verimlilik hesaplamasında kullanılan denklem ve şekil.....	62
Şekil 3.18. Eğilme yarıçapı ve ömür analizinin karşılaştırmalı gösterimi	65
Şekil 3.19. Xi hesaplamalarındaki ölçülerin kablo sonu sabitleyicisinde gösterimi	66
Şekil 3.20. Kokpit tarafındaki montaj mesafelerinin gösterimi	67
Şekil 3.21. Şanzıman tarafındaki montaj mesafelerinin gösterimi	68
Şekil 4.1. Kırılma yükü test düzeneği.....	71
Şekil 4.2. Yük uygulama yöntemi	72
Şekil 4.3. Seçici kablo, çekme yönü 350 N yük grafiği.....	73
Şekil 4.4. Seçici kablo, basma yönü 350 N yük grafiği.....	73
Şekil 4.5. Seçici kablo, basma yönü kırılma yükü.....	74
Şekil 4.6. Geçirici kablo, çekme yönü 500 N yük grafiği.....	74
Şekil 4.7. Geçirici kablo, basma yönü 500 N yük grafiği.....	75
Şekil 4.8. Geçirici iç kablo deformasyonu	76
Şekil 4.9. 1x8 kablo, Yük x Zaman grafiği	77
Şekil 4.10. 1x8 kablo, Yük x Mesafe grafiği.....	78
Şekil 4.11. Test sonrası kırılan salınım tüpü	78
Şekil 4.12. Geliştirilmiş plastik tüp	80
Şekil 4.13. 1x8 kablo, T/S kırılma grafiği.....	80
Şekil 4.14. T/S’de yaşanan kırılma	81
Şekil 4.15. Tork kuvveti prensibi	81
Şekil 4.16. Tork kuvveti iyileştirilmiş tasarım	82
Şekil 4.17. VKK’daki tüm tasarım değişiklikleri	83
Şekil 4.18. Geliştirilmiş VKK çekme yönü grafiği	84
Şekil 4.19. Geliştirilmiş VKK basma yönü grafiği.....	84
Şekil 4.20. Geliştirilmiş kabloda yüksek yük deformasyonu.....	85
Şekil 4.21. Sürtünme test düzeneği.....	87
Şekil 4.22. Sürtünme test grafiği	89
Şekil 4.23. S/S CoEF metal mesnet açısı	92
Şekil 4.24. Damper sertliğinin mesnet açısına etkisi	93
Şekil 4.25. Sürtünme direncine körük etkisi	93
Şekil 4.26. Mevcut ve yeni körük arasındaki fark	94
Şekil 4.27. Kısa körüklü sürtünme testi grafiği.....	95
Şekil 4.28. Zor rotaya sahip VKK rotası.....	95
Şekil 4.29. S/S coef kesiti	96
Şekil 4.30. Xi hesaplaması karşılaştırması.....	97

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Örnek bir VKK'su boyları	42
Çizelge 3.2. VKK farklı vites pozisyonlarındaki boyları.....	44
Çizelge 3.3. Otomatik VKK farklı vites pozisyonlarındaki boyları – 2	45
Çizelge 3.4. Farklı iç kablo türlerinin karşılaştırmalı özellikleri.....	50
Çizelge 3.5. Farklı ısı koruyucu tüp türlerinin karşılaştırmalı özellikleri	52
Çizelge 3.6. Rota analizi eğrilerinin 3 ekseninde gösterimi.....	59
Çizelge 3.7. Verimlilik hesaplaması için gerekli girdi verileri ve çıktısını gösterimi	63
Çizelge 4.1. Kırılma yükü gereklilikleri	72
Çizelge 4.2. İç kablo karşılaştırması	76
Çizelge 4.3. Geliştirilmiş kablo test sonuçları.....	83
Çizelge 4.4. Geliştirilmiş kablo deformasyon yükleri	85
Çizelge 4.5. Karşılaştırmalı basma yükü test sonuçları	86
Çizelge 4.6. Mevcut tasarım kablunun sonuçları	88
Çizelge 4.7. Sürtünme deney tasarımı sonuçları	90
Çizelge 4.8. 1x7 inox ve galvaniz kablo karşılaştırması.....	91
Çizelge 4.9. Problem etmenleri ve çözüm yöntemleri tablosu	97
Çizelge 4.10. Tasarımı iyileştiren kablunun sürtünme sonuçları	98
Çizelge 4.11. Karşılaştırmalı sürtünme direnci değerleri.....	99

1. GİRİŞ

Küreselleşen iş dünyasında, sürekli ve hızlı bir değişim yaşayan otomotiv sektörü son yıllarda oldukça önem kazanmıştır. Dünya ekonomisinin yaklaşık %5'ini oluşturan otomotiv sektörü, alıcı olarak demir-çelik, petro-kimya, cam, plastik, tekstil ve elektronik gibi sektörlerle; tedarikçi olarak tarım, turizm, savunma, ulaştırma, alt yapı ve inşaat gibi sektörlerle doğrudan veya dolaylı olarak bağlantılıdır (Pişkin, 2017). Otomotiv sektörü, pazarın büyüklüğü ve artan değeri sonucu yaşanan yoğun rekabet ortamında (Chiaberge 2011), ana ve yan sanayi ile özellikle ekonomik açıdan gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için stratejik bir öneme sahiptir (Mitchell ve ark. 2010; Öztekin 2016; Çiçek ve Çağma 2014).

Otomotiv sanayii, Almanya ve Fransa'nın öncülüğünde Avrupa'da doğmuş, 1900'lü yıllardan itibaren, önce ABD'de daha sonra Avrupa'da seri üretime geçilmiştir. 1960'lı yıllarda ise Japonya üretimde gösterdiği başarı sayesinde önemli ölçüde ihracat yapar duruma gelmiştir. Otomotiv sektörü 1979'daki ikinci petrol şokunu izleyen durgunluk ortamının olumsuz etkilerini dört yılı aşkın bir sürede atabilmiş, dünya motorlu taşıt üretimi 1979'da 41,6 milyon adet iken, 1982'de 36,1 milyon adede düşmüştür. 1980'lerin ilk yıllarındaki bu azalma Kuzey Amerika'da daha ciddi boyutlara ulaşmıştır (Bedir 2004; Vakıflar Bankası Sektör Araştırmaları 2003).

Türkiye'de otomotiv sektörü üretime 1950'lerin ortalarında başlamış ve üretim 1960'ların ortalarından itibaren hız kazanmıştır. 1950'li yıllarda bazı ilk örnek araçların üretilmesinden sonra ilk montaj hattı 1954'te silahlı kuvvetlere jip ve kamyonet temini için kurulmuş, 1955'te kamyon ve 1963'te otobüs montajına başlanmış, takip eden üç yıl içinde de binek otomobil üreten montaj fabrikaları (Tofaş-Fiat, OYAK-Renault, Otosan-Ford) imalata geçmiştir. 1966'da ise otomotiv sanayi kendi modellerinin montajına başlamış ve Otosan tarafından o dönemlerin otomobili Anadol üretilmiştir. İki büyük otomobil üreticisi Tofaş ve OYAK-Renault, İtalyan ve Fransız lisanslarıyla 1971'de imalat hatlarını kurmuşlardır (Vakıflar Bankası Sektör Araştırmaları 2003).

Türkiye'de tedarik zincirinde aksam parça üretmek üzere 1.100 civarında firma bulunmakta olup, bunların büyük bölümü ana sanayi firmalarına orijinal parça üretmektedir (Türkiye Otomotiv Sektörü Strateji Belgesi ve Eylem Planı "2011-2014")

2011). Ana üreticilerinin teknik ve ekonomik desteği ile kurulan ve gelişen yan sanayi bugün kendi alanında önemli bir potansiyel göstermektedir. Yan sanayide AB (Avrupa Birliği) firmalarının ağırlığı göze çarpar. 130'un üzerinde AB ve 10'un üzerinde AB dışı firma yan sanayide lisans ve ortak yatırım kurmak suretiyle faaliyet göstermektedir (Sönmez 2010). Taşıt araçları imalat sanayine direkt olarak orijinal parça tedarik eden ve uluslararası pazarlara kaliteli mamullerle giren 350 civarında yan sanayi işletmesi bulunmaktadır. Diğer işletmeler ise küçük ölçekli işletmeler olarak faaliyet göstermektedir.

Otomobiller ilk üretildikleri zaman çağına göre hayliyle yeni ve mekanik olarak oldukça basit makinalar idi fakat kendi çağına göre bir o kadar da karmaşık yapıdaydılar. Başlangıçtan itibaren, otomobil transmisyenları araçların en karmaşık, tasarımı zor ve araca adapte edilmesi en zor elemanlar idi.

Transmisyen teknolojileri gelişip evrimleştiğçe, yeni bir bilgi birikimi ve karmaşıklık seviyesi eklenmiş oldu. 1915 yılında, bir araç sahibi olabilecek kadar durumunuz iyiydi ise ya kendi aracınızın transmisyenunu tamir ederdiniz ya da aracı kullandığınız öğrenen şoför edebilirdi Çünkü o zamanlar şoförler sadece araç sürücüsü olmaktan çok daha ilerideydiler. Ticaret olarak otomobil tamirciliği işi o zamanlar çoğunlukla duyulmamıştı ve bazen bisiklet tamiri için uygulanan yöntemler bile otomobillerde çalışıyordu.

Otomobillerin ilk üretildikleri zamanlarda transmisyenlar tamamen manuel ve karmaşıklıkları dişli kutusundaki dişli sayılarının fazlalığı ile ölçülmekteydi. Fakat o zamanlar bile basit mekanizmaya sahip olması gereken araçlarda dahi transmisyen parçaları en zorlu elemanlar idi. Buna rağmen, transmisyen ve bunun elemanları geçmiş zamanlarda da günümüzde de en önemli amacı taşımaktaydı, motordan gelecek olan gücü tekerleklere iletmek. Buna ilave olarak iletimi yönetmek amacıyla araçta bulunması gereken vites kumanda sistemi (topuz, mekanizma ve kablo) de en az transmisyen kadar önem taşımaktaydı.

Otomatik transmisyenlu araçlar piyasaya 1938 yılında Oldsmobile Hydra-Matic sayesinde çıkmıştır. Otomatik şanzımanlar daha popüler hale geldikçe, bu karmaşık sistemleri onarabilen özel mekanikler için ihtiyaç artmıştır.

Günümüzde, yollardaki araçların teknoloji ile nasıl inanılmaz kombinasyonlar sonucu meydana geldiğini ve bu kombinasyonların üst düzey yetkinlik ve tecrübe gerektirdiğini görmekteyiz. Ford Model T'den Tesla Model S'e kadar tüm araçların sadece teknolojik (mekanik ve elektronik) gelişimine değil ayrıca bu otomobillerin transmisyon elemanlarının da gelişimine ve ilerleyişine şahitlik ediyoruz.

1980 yıllarından günümüze ise transmisyon araştırma ve geliştirme çalışmaları belirli bir kullanıma özel, bireysel çözümler üzerine odaklanmıştır. Binek otomobiller için geliştirilen ve kullanılmakta olan alternatif transmisyonlara örnek olarak; manuel transmisyon (MT), otomatikleştirilmiş manuel transmisyon (AMT), çift debriyajlı şanzıman (DCT), PowerShift - otomatikleştirilmiş manuel transmisyon (PS-AMT), otomatik transmisyon (AT), sürekli değişken şanzıman (CVT) ve hibrit transmisyon (HT), elektriksel değişken transmisyon vb.

Gelişmekte ve değişmekte olan transmisyonlara ve şanzımanlara bağlı olarak, bunları yönetmek için kullanılan ara elemanlar da evrimleşmiştir. Çağımızın gereklilikleri her ne kadar ana elemanları etkiliyor gibi görünse de şanzımanlarda meydana gelen değişikliklere adapte olabilmesi amacıyla vites kumanda mekanizmaları da kendini geliştirmek ile yükümlüdür.

Bu yüksek lisans tezi çalışmasında öncelikle gerek Türkiye gerekse dünya literatüründe oldukça az kaynak bulunan vites kumanda kablosu tanıtımı hakkında detaylı bilgi verilecektir. Verilecek olan bu teknik bilgiler ışığında okuyucular, araştırmacılar vites kumanda kabloları hakkındaki aklarındaki birçok soruya cevap verebilecek iken aynı zamanda öğrenecekleri yeni bilgileri kendi faydalarına kullanabileceklerdir. Şanzımanlar ve transmisyon elemanları fonksiyonelliği açısından ön planda olduğu için önem seviyesine bağlı olarak vites kumanda kabloları geri planda kalmıştır. Bu yüksek lisans tezi, çoğu kişinin az bilgi sahibi olduğu, öneminin ve fonksiyonelliğinin tam kavranamadığı vites kumanda kabloları için bir rehber haline gelecektir.

Kablo denildiğinde çoğu kişinin aklına doğal olarak elektrik akımı iletiminde kullanılan üzeri yalıtkan bir madde ile kaplı bir iletken tel gelmektedir. Hâlbuki mekanik olarak itme ve çekme görevi yapan vites kumanda kablolarında ortalama yaklaşık 50 farklı tekil

eleman bulunmaktadır. Tüm bu elemanlar tezin ilerleyen kısımlarında detaylı bir şekilde tanıtılacak ve görevlerinden bahsedilecektir.

Her ne kadar fonksiyon olarak sadece itme ve çekme görevlerini yerine getiriyor gibi görünseler de arka planda birçok fonksiyonları bulunmaktadır. İlerleyen sayfalarda birincil, ikincil ve üçüncül fonksiyonlar olmak üzere ayrılacak ve detayları aktarılacaktır. Bu fonksiyonlara ilave olarak vites kumanda kablolarının tasarım aşamasında yerine getirmesi gereken birçok performans kısıtları bulunmaktadır. Tüm bu kısıtların tanımlanması, ölçülmesi, hesaplanması ve problem çıkması durumunda problemin çözülmesi amaçlanarak detayları okuyucuya aktarılmıştır.

Vites kumanda kablosu tasarımı için verilmiş olan bilgiler ışığında, tasarım aşamasında hangi verilerin gerektiği ve elimizde olan veriler ile kablo tasarımında hangi adımların izlenmesi gerektiği okuyucuya bildirilmiştir. Bu tezde, vites kumanda kablosu tasarımı temel alınarak, bir otomobil yan ürünü tasarımının nasıl olması gerektiği detayları ile açıklanmıştır.

İlave olarak dayanıklılık ve performans geliştirme çalışmaları kapsamında, birbirinden farklı kablolarda yaşanan 2 adet probleme çözüm getirilmiş ve çözüm detayları tezde belirtilmiştir. Bunlardan birincisi dayanıklılık özelliği olan kablo basma yükü dayanımıdır. Kumanda kablosunda düşük yüklerde deformasyon meydana gelmekteydi ve bu hedef olarak belirlenen ve kablonun uyması gereken yükü karşılamamaktaydı. Bu durumu iyileştirmek amacıyla, kırılmanın meydana geldiği iç kablo tasarımı ve malzemesi değiştirildi, Xi hesaplaması tekrardan gerçekleştirildi ve kırılmanın meydana geldiği noktadaki moment kuvveti azaltılarak daha esnek bir yapı ortaya getirildi. Bazı durumlarda da kablo sonu sabitleyicisindeki metal çubuğun eğilmesi ve kılıf sonu sabitleyicisindeki sallanma tüpünün kırılması problemleri ile karşılaşılmaktaydı. Bu problemler de boy ayarlaması ve malzeme güçlendirilmesi ile çözülmüş oldu.

Bir diğer problem ise, vites kumanda kablosunun araç rotasındaki haliyle hedef olarak belirlenen en yüksek sürtünme yükünden fazla değerde olmasıydı. Vites kumanda kablosu olması gerekenden fazla direnç gösterdiği için hedef olarak tayin edilen en yüksek sürtünme değerine ulaşamamıştır. Bu durum, aracın kullanılması esnasında vites değiştirmek için vites topuzuna olması gerekenden fazla yük uygulanmasını gerektireceği

için sürücüyü rahatsız edecek bir kusurdur. Ayrıca, uzun vadede kabloda daha fazla aşınmaya sebebiyet vereceği için ömür testinde olumsuz sonuç doğurma potansiyeli bulunmaktadır. Problemin çözümü için ise, iç kablo değişikliği, Xi hesaplamasının tekrarlanması, transmisyon tarafındaki körük değişikliği ve kokpit tarafındaki sönümleyicilerin sertliklerinin ayarlanması yöntemleri uygulandı.

Bu 2 problem çözme çalışmasında da performans ve dayanıklılık kriterlerini sağlamak amacıyla iç kablo türünün ve Xi hesaplamasının önemi vurgulanmaya çalışılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

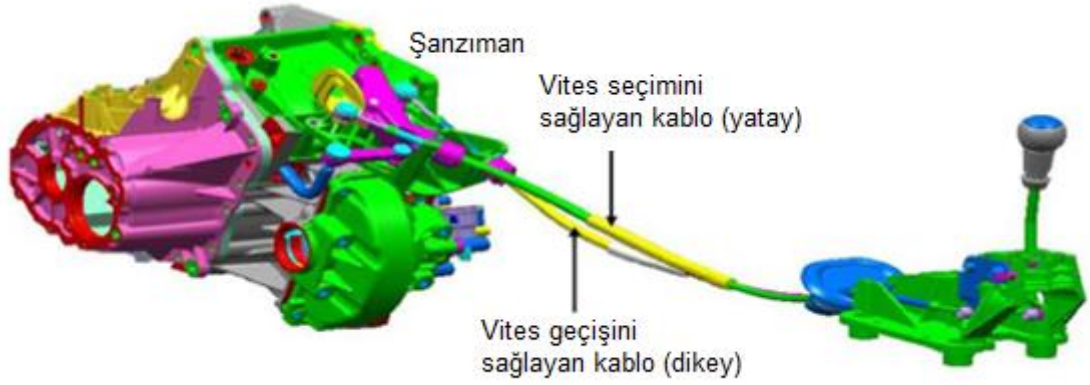
2.1. Şanzıman Türlerinin Sınıflandırılması

Motordan alınan dönme gücünü, tekerleklere ileten dişli mekanizmaya şanzıman, yani vites kutusu adı verilmektedir. Hızın sabit kalmasını, hıza bağlı olarak motor devrinin ve torkunun ayarlanmasını, araç geri vitese alındığında geri gitmesini, hızın sabit tutulmasını ve araç dururken motorun çalışmaya devam etmesini sağlayan mekanik bir aksandır.

Düz şanzıman genellikle iki paralel dişli mili içerir; biri tork ve güç giriş mili, diğeri tork ve tekerleklere güç sağlayan çıkış milidir. (Teng Ma, B.S.) Bu şanzımandaki vites değişimi, genellikle zemin tipi vites değiştirme kolu ile gerçekleştirilir. Vites kolu, vites kolunun iki geçiş yönünde hareketine göre aksenal olarak karşılıklı ve dönebilen iyi bilinen bir vurma çubuğuna bağlanmıştır. (U.S. Patent No. 4,304,144, 1981).

2.2. Vites Kablolarının Tanımı Ve Sınıflandırılması

Şanzımanın göstermiş olduğu bu mekanik etkileri araç içerisinde, kokpitten, kontrol edebilmek amacıyla, şanzıman (vites kutusu) ve vites kumanda sistemi adı verilen bağlantı elemanları ile bağlanmaktadır. Vites kumanda sistemini oluşturan elemanlar ise vites kolu, mekanik kumanda mekanizması ve vites kumanda kablosudur. Sürücünün araç içerisinde eli aracılığıyla komutları verdiği, üzerinde vites numaraları yazılı olan elemana vites kolu (knob), verilen bu komutların şanzımana aktarılması için ilk iletiildiği yer ise mekanik kumanda mekanizmasıdır (shifter) Kumanda mekanizmasına gelen komutlar şanzımanın otomatik veya manuel olmasına göre ayrı şekilde iletilir. Otomatik şanzımanlı otomobillerde, bu görevi gören kablolar sadece bir adet (geçirici) oluşurken, manuel şanzımanlı araçlarda geçirici (shift, X ekseninde iletim) ve seçici (select, Y ekseninde iletim) olmak üzere 2 adet kablo bulunmaktadır. Vites kolu aracılığı ile kumanda mekanizmasına gelen komutlar, mekanik aktarım mekanizması sayesinde vites kumanda kablosunu harekete geçirir ve gelen yükler şanzımana iletilerek, şanzımandaki dişlilerin oranı değiştirilerek vites değiştirme görevi tamamlanmış olur. Aşağıdaki Şekil 2.1’de sistemin genel yapısı görülmektedir.



Şekil 2.1. Manual araçların genel vites kumanda sistemi (Leib ve ark. 2007)

Lucian (2014) çalışmasında, hareket iletiminde verim artışı, sürtünmede azalma, daha sesiz çalışma performansı, daha hızlı vites değişimi, yüksek düşük frekanslarda daha iyi akustik davranış, vites kumanda mekanizmasına ait tüm Hareket Oranları toplamında gelişme avantajları sağlayan hidrolik vites kumanda kablosu tasarlamayı amaçlayarak prototip hidrolik vites kumanda kablolarını geliştirmiştir. Bu çalışmada ise hareket iletimindeki verimin, elemanlar arasındaki sürtünmenin ayrıca sistemin kinematik tasarımının doğrulanması ve değerlendirilebilmesi için bir karakterizasyon test cihazı tasarlamış ve imal edilmiştir (Hıdıroğlu 2016).

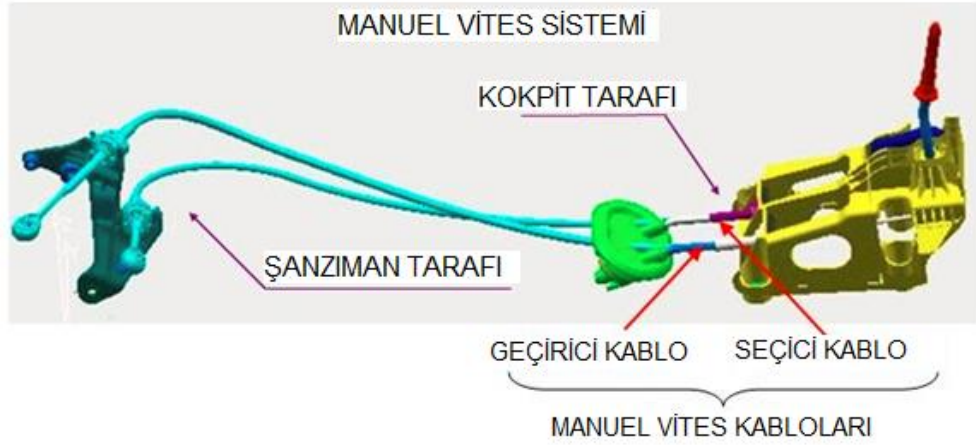
2.2.1. Manuel Transmisyon Kabloları

Manuel şanzımanlı otomobillerde, araç hızına bağlı olarak motorun devrini ayarlamak sürücünün sorumluluğundadır ve bu sorumluluk altında kokpitten debriyaj ve vites topuzu sayesinde vites kutusunun kontrolünü sağlayabilir. Araç durur konumdayken, aracı 1. vitese alarak başlamış olduğu şanzıman kontrolüne, aracı aktif olarak kullandığı sürece değiştirerek motor hızına bağlı olarak en uygun devri belirler.

Manuel vites kablolarında, geçirici (shift) (X ekseninde ileri – geri hareket) ve seçici (select) (Y ekseninde sağ – sol hareketi) olmak üzere, iki eksen de çalışabilen kablolar bulunmaktadır. 1-2, 3-4, 5-6. Vitesler arası geçişi sağlayan itme hareketine “shift” adı verilirken, vites topuzunun yatayda çalışırken yapmış olduğu harekete “select” adı verilmektedir. Örnek bir manuel vites kumandasının görünümü aşağıdaki Şekil 2.2’de ve vites kumanda sistemi şematığı Şekil 2.3’te belirtilmiştir.



Şekil 2.2. Manuel bir vites kumanda topuzunun üstten görünümü



Şekil 2.3. Vites kumanda mekanizması ve kablosundan oluşan manuel sistem (Ficotriad SA 2008)

2.2.2. Otomatik Transmisyon Kabloları

Otomatik şanzımana sahip otomobillerde aracın farklı hızlarda ilerlemesi amacıyla motorun alacağı devri ve dişlilerin seçimi kararını sürücünden ziyade vites kutusu devralır. Otomatik vites kumanda sistemleri, sürücünün yolculuk ve iletim modunu seçmesine izin veren bir arabirim olarak çalışır.

Manuel transmisyonlu otomobillerin aksine, vites kumanda sistemleri bir adet kablodan oluşur ve geçirici görevi oynar. Şanzımandaki devri, çalışma yönünü ayarlamak için

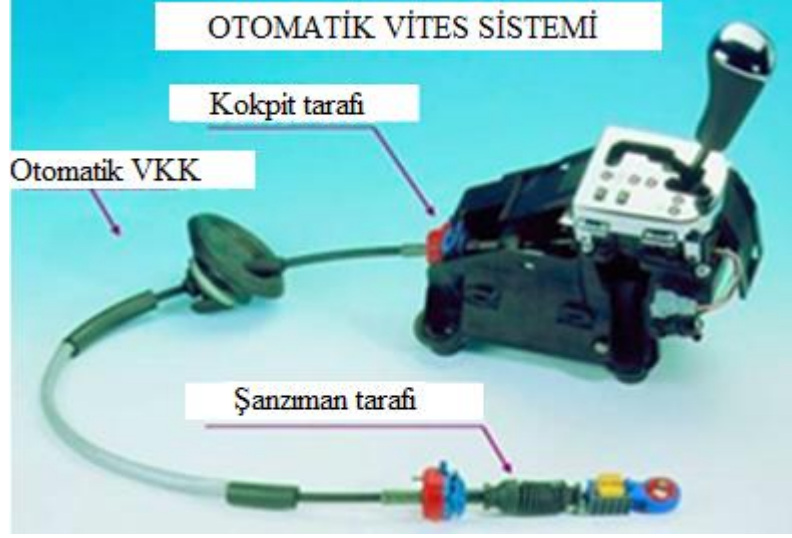
kumanda sistemlerinde genellikle P (Park), R (Reverse), N (Neutral) ve D (Drive) olmak üzere 4 farklı konum bulunmaktadır.

- P (Park): Araç tamamen durduktan sonra veya uzun süreli duraklamalarda vites kolunun bulunması gereken konumdur. Bu pozisyonda vites kutusu kilitlenir ve şanzımandaki dişliler hareket etmez.
- R (Reverse): Vites kutusundaki dişlilerin ters yönde çalışmasını sağlayarak otomobilin geri gitmesini sağlar.
- N (Neutral): Manuel şanzımanlı otomobillerde, motor ile vites kutusunun bağlantısının kesilmesine eş olarak görev alır. Duraklamalarda, kısa süreli beklemelerde motorun çalışması istendiği durumlarda kullanılır.
- D (Drive): Aracı hareket ettirmek amacıyla kullanılması gereken konumdur. Vites kumanda sistemi, D noktasındayken vites kutusu ve motor arasındaki bağlantı sağlanarak, araç harekete hazır hale gelmektedir.

Örnek bir otomatik vites kumanda sisteminin görünümü aşağıdaki Şekil 2.4'te ve vites kumanda sistemi şematığı Şekil 2.5'te belirtilmiştir.



Şekil 2.4. Otomatik bir vites kumandasının adımlarının üstten görünümü



Şekil 2.5. Vites kumanda mekanizması ve kablosundan oluşan otomatik sistem (Ficotriad SA 2008)

Aracı yolda sürmek amacıyla şanzıman için gerçek zamanlı olarak uygulanabilir bir dişli stratejisi gerekir. Tahrik gücü talebi tam olarak bilinmediğinde, harita tabanlı bir vites değiştirme stratejisi, viteslerin ne zaman çevrimiçi olacağına karar vermek için bir çözümdür. (Viet 2012)

2.2.3. Elektronik Transmisyon Kabloları (Shift-By-Wire)

Günümüzdeki gelişmiş araçlarda kullanılan bir özellik, vites değiştirme işleminin mekanik vites kolu, aktarma mekanizması ve kablosu ile değil elektriksel sinyal olarak yapma işlemidir. Bu uygulamada, vites konum bilgisi vites kolundan alınarak, şanzımana elektriksel olarak iletilmekte, vites değiştirme işlemi elektromekanik ya da elektro-hidrolik olarak yapılır. Örnek elektronik VKK sistemi Şekil 2.6’da belirtilmiştir.



Şekil 2.6. Elektronik bir vites kumandasının üstten görünümü (www.ficosa.com 2019)

Shift by Wire kabloları geleneksel otomatik vites kablolarına alternatif ve alt ürünü olarak geliştirilmeye başlanmış ve ana hedef kitlesi sürekli değişken (CVT), çift debriyajlı (DCT) ve otomatik – manuel (AMT) transmisyonları olmuştur (Andersson, ve ark. 2015).

2.3. Vites Kumanda Kablolarının Fonksiyonları

Her otomobilde bulunan vites kumanda & kontrol kablolarının otomobil montajı esnasında çalışanlara kolaylık, müşteri isteklerine paralel yeterli performans ve araç ömrü boyunca yerine getirmesi gereken koşulları sağlayabilmesi amacıyla karşılaması gereken bazı performans göstergeleri bulunmaktadır. Bu performans göstergeleri, bir vites kumanda kablosunun karşılaması gereken en önemli ve gerekli kıstaslar olan Birincil Fonksiyonlar, ürün performansını etkileyen ve kullanıcı / sürücü konforunu sağlayan İkincil Fonksiyonlar ve aracın ve vites kumanda kablosunun üretiminin kolaylaştırılmasını sağlayan Üçüncül Fonksiyonlardan oluşmaktadır (<http://designhandbook.ficosa.com> 2007).

2.3.1. Birincil Fonksiyonlar

Vites kumanda kontrol kablolarının temel performans değerlerini ifade etmek amacıyla kullanılan kıstaslardır. Vites kumanda kontrol kablosu çalışırken, yeterli yükü vites mekanizmasından şanzımana iletmekle yükümlüdür. Vites değiştirebilmek için verilen gerekli yükü şanzımana iletebilmesi için belirlenen kıstaslara birincil fonksiyonlar denmektedir. Belirtilen performans değerlendirme kıstasları istenen değeri sağlamadığı sürece vites kumanda kabloları etkinliğini yitirecektir. Etkinliğini yitiren vites kumanda kabloları ve mekanizması, otomobildeki vites geçişlerini zorlaştıracak ve sürücü memnuniyetsizliğine yol açacaktır. Ayrıca etkinliğini tamamen yitiren kablolar, araçta vites geçişinin tamamıyla engellenerek, kazaya yol açabileceği gibi hayati değerleri de tehlikeye atacaktır. Bahsedilen bu performans değerlendirmeleri aşağıdaki başlıklar halinde özetlenebilir;

- İtme kuvvetinin vites kumanda mekanizmasından şanzımana iletilmesi
- Çekme kuvvetinin vites kumanda mekanizmasından şanzımana iletilmesi
- Kablo sonu sabitleyicilerinin vites kablosuna uyumu
- Kılıf sonu bağlayıcılarının vites kablosuna uyumu

2.3.2. İkincil Fonksiyonlar

Yükü iletirken meydana gelen kayıpların belirlenmesi, vites kablosuna gelen beklenmedik fazla yüklere karşı dayanımı, motor tarafındaki yüksek sıcaklıklara dayanımı ve otomobil çalışırken meydana gelen titreşimleri ve mekanik etkileri belirleyen kısıtlardır. Başlıklar halinde şöyle incelenebilir;

- Vites topuzuna gelen yükü yüksek verim ile şanzımana iletme
- Yatay seçme yükünü dikey itme – çekme kuvvetine dönüştürme
- Ses ve titreşim karakterlerini belirlenen şartnameye göre sağlamak
- Motor ve sürücü kompartımanında yalıtımı sağlamak (ısı ve mekanik dayanım)
- Ortanca bağlantı elemanları ile uyumunun sağlanması
- Vites kumanda kablosunun araç içerisindeki rotasını belirlemek

2.3.3. Üçüncül Fonksiyonlar

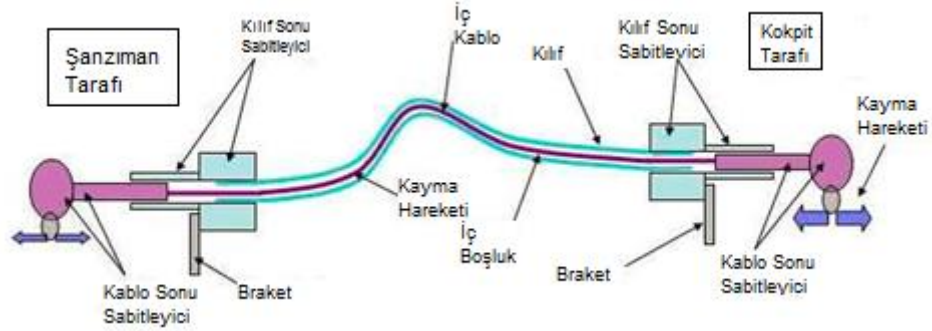
Vites kumanda kablosunun performansını ve gerekliliklerini yerine getirebilmesi amacıyla temel bileşenlerin de sağlaması gereken koşullar vardır. Bu koşullar üçüncül fonksiyonlar başlığı altında incelenebilir. Bunlar sırasıyla;

- Yıllık üretim hacmine göre ürünlerin üretilebilirliği
- Yarı mamul ürünlerin vites kumanda kablosuna montaj karakterleri
- Vites kumanda kablolarının otomobil üreticisindeki montaj kolaylığı
- Kumanda kablolarının çevre yönetmeliklerine uyumu
- Hammaddelerin geri-dönüştürülebilme özelliğine sahip olması

2.4. Vites Kumanda Kablolarını Oluşturan Elemanlar

Kokpit içerisindeki vites kolundan, sürücünün komutunu alarak vites kutusuna kadar iletilmesinde görev alan vites kumanda kablolarını oluşturan her bir elemanın kendine ait özellikleri bulunmaktadır. Belirtilen elemanlar ve kablo hareketi şematik olarak Şekil 2.7’de gösterilmiştir. Bu özelliklerden başlıcaları, mekanik yükü aktarmak, aktarma kablosunu mekanik darbelere ve termal ısılara karşı korumak, araç içerisindeki diğer fonksiyonel parçaların konumuna göre kablonun esnekliğini sağlamak, kablonun alacağı

rotaya uygun olarak bağlantı elemanlarının konumlamak, kaput altı sistemi ile kokpit arasındaki bağlantıyı sağlamak, sızdırmazlığı engellemek, titreşimi ve araç içerisindeki sesi azaltmaktır.



Şekil 2.7. Vites kumanda kablosu elemanlarının genel görünümü (Ficotriad SA 2008)

2.4.1. İç Kablo

Vites kumanda kablolarının en iç ve merkezinde yer alan, talep edilen gereksinimlere göre malzemesi, çapları, sarım sayıları farklılık gösteren, vites kolundan aldığı komutlara şanzımana aktarmakta rol oynayan en önemli elemandır.

Gereksinim duyulan, iletim kuvvetlerine, sürtünme ve verimlilik değerlerine, kablo rotasının esnekliğine, tamamlayabileceği ömür testinin çevrim süresine göre, tellerin çapları, malzemesi, sarım sayıları değişkenlik gösterebilir. 2 farklı iç kablo aşağıdaki Şekil 2.8’de gösterilmiştir.



Şekil 2.8. İç tel kesit görünümü

Barbieri ve ark. (2002) yaptıkları çalışmalarda çelik tel sarımlı kabloların teorik ve deneysel olarak titreşim özelliklerini tayin etmek için çalışmışlardır. Çalışmaların

sonuçlarına göre halatın uzunluğu arttıkça sönümlenme miktarının da aynı oranda arttığı ve mekanik yüklerin armasına paralel olarak sönümlenmenin azaldığı tespit edilmiştir.

2.4.2. Kılıf

Aktarma görevi gören iç kabloyu dıştan saran ve mekanik darbelerden, termal etkilerden koruyan, araç içerisindeki geometriye bağlı olarak kumanda kablosunun rotasını düzenleyen ve bu rotayı korumasını sağlayan kablo elemanıdır. Katmanlar halinde ayrılmış kılıf Şekil 2.9'da gösterilmiştir.

Genel olarak, vites kumanda kablolarının en dışını oluşturup koruma sağlayan yapıdır. En içten dışa doğru iç kablonun hareketi esnasında sürtünmeleri azaltan ve telin kılıfa direkt olarak teması sayesinde kılıfın zedelenmesini engelleyen plastik iç tüp (inner liner) ana elemandır. Dışarıdan gelen darbeleri sönümlemek ve iç tüpün deformasyonunu engellemek amacıyla sarılan metalik teller ve bu telleri plastik ekstrüzyon ile kaplama vasıtasıyla kabloya esneklik sağlayan ceketten meydana gelir.



Şekil 2.9. Kılıf kesit görünümü

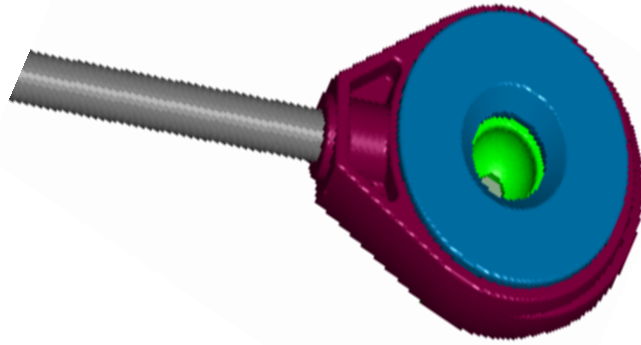
2.4.3. Yağ

Bir kayganlaştırıcı eklemenin en önemli iki nedeni, sürtünmeyi ve aşınmayı azaltmak için 2 yüzey arasında bir ayırma filmi oluşturmak ve yapının gücünü korumak için soğutma sağlamaktır. (Andersson 2014)

Vites kumanda kablosu çalıştığı süre boyunca, iç tel kılıfın en iç yüzeyinde bulunan tüp ile sürtünme halindedir. Bu sürtünmeleri en aza indirerek, telin iç tüp içerisindeki hareketini kolaylaştırır ve daha uzun ömürlü olmasını sağlar.

2.4.4. Kablo Sonu Sabitleyicileri (CaEF)

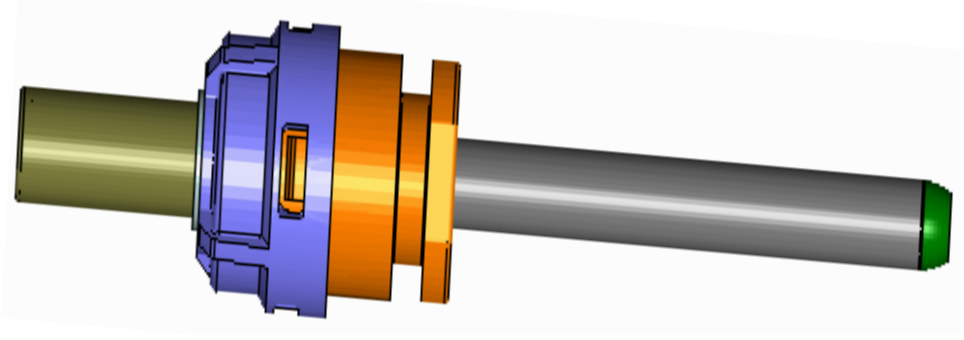
Vites kumanda kablosu sonu sabitleyicileri, kablonun her iki tarafında da bulunan, bir taraftan kokpitteki vites kumanda mekanizması ile diğer taraftan vites kutusuna bağlanan elemanlardır. Örnek bir kablo sonu sabitleyicisi Şekil 2.10'da fotoğraflanmıştır. İç tel, kablo sonu sabitleyici elemanlarından biri olan metalik şafta soğuk şekil değiştirme yöntemlerinden biri olan presleme yöntemiyle sabitlenir. İlk hareketin verilmiş olduğu vites kolundan aktarılan yükler, vites aktarma mekanizmasına bağlı olan kablo sonu sabitleyicisine gelir. Ardından, bağlı olduğu iç tel yardımı ile gelen yükü şanzımana kadar iletir ve vites kutusuna bağlı olan başlık ile şanzımandaki vites değişimi sağlar.



Şekil 2.10. Örnek bir kablo sonu sabitleyicisi

2.4.5. Kılıf Sonu Sabitleyicileri (CoEF)

Kılıf sonu sabitleyicileri, iç kabloyu saran kılıf her iki tarafına (kokpit sürücü bölümü ve transmisyon bölümü) vites kumanda kablosunun, araç içerisindeki diğer elemanları gözeterek rotasını almasını sağlar. Bu bağlantı elemanları, otomotiv üreticilerinin isteğine, kumanda kablosu gereksinimlerine, otomobile montajlanacağı bölümlere göre farklılıklar gösterir. Örnek bir kılıf sonu sabitleyicisi Şekil 2.11'de gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Örnek bir kılıf sonu sabitleyicisi

2.4.6. Gromet

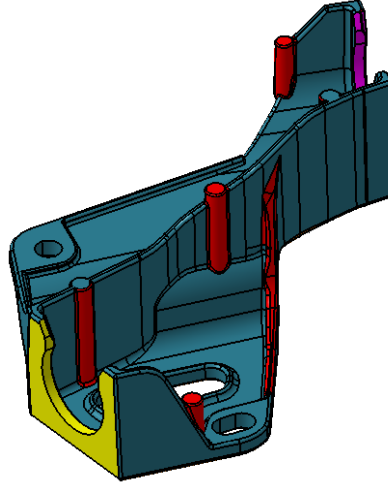
Gromet elemanları, transmisyona tarafı ve kokpit bölmelerini ayıran yüzey panelindeki boşluğa montajlanan ve montajlandığı bölgeyi izole ederek sızdırmazlık, titreşim ve ses sönümlenmeyi sağlayan bağlantı elemanlarıdır. Örnek bir gromet Şekil 2.12’de gösterilmiştir. Manuel vites kumanda kablolarında geçirici ve seçici kabloları için 2 ayrı baca bulunur ve bu kabloların kokpit tarafından transmisyona tarafına geçişini sağlar. Genellikle kauçuk ve plastik hammaddenin bir araya gelmesi ile oluşur.



Şekil 2.12. Manuel gromet örneği

2.4.7. Braket

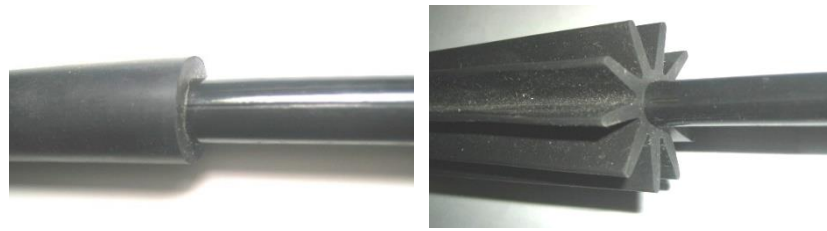
Braket parçaları, vites kumanda kablolarının transmisyona tarafındaki dişli kutusuna montajının sağlanması amacıyla kullanılan metal parçalardır. Kılıf sonu sabitleyicilerini motor tarafında bağlantısının sağlanması amacıyla kullanılır. Örnek bir braketin 3 boyutlu CAD verisi Şekil 2.13’te gösterilmiştir. Otomobil üreticilerinin belirlemiş olduğu şanzıman ve/veya bağlantı elemanlarına, karşılaması gereken gereksinimlere göre CoEF montaj bölgesinin tasarımı, malzemesi ve dayanıklılığı değişkenlik göstermektedir.



Şekil 2.13. Örnek bir manuel braket örneği

2.4.8. Koruyucu Tüpler

Koruyucu tüpler, vites kumanda kablolarını en dıştan sararak öncelikli olarak sıcaklık olmak üzere mekanik yüklere karşı korumak amacıyla kullanılır. Sıcaklığın daha fazla olduğu transmisyon bölgesinde ısı direnci yüksek malzemeler kullanılırken, kokpit tarafında ise mekanik olarak gelen yükleri azaltmak ve titreşimi sönmölemek amacıyla koruyucu tüplerden faydalanılır. 2 adet örnek EPDM kauçuk hammaddeli koruyucu tüpler Şekil 2.14’te fotoğraflanmıştır.

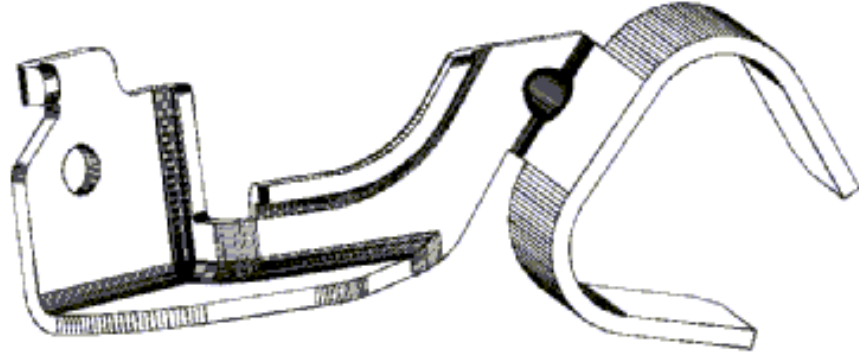


Şekil 2.14. EPDM (kauçuk) malzemeli tüp örnekleri

2.4.9. Ek Elemanlar

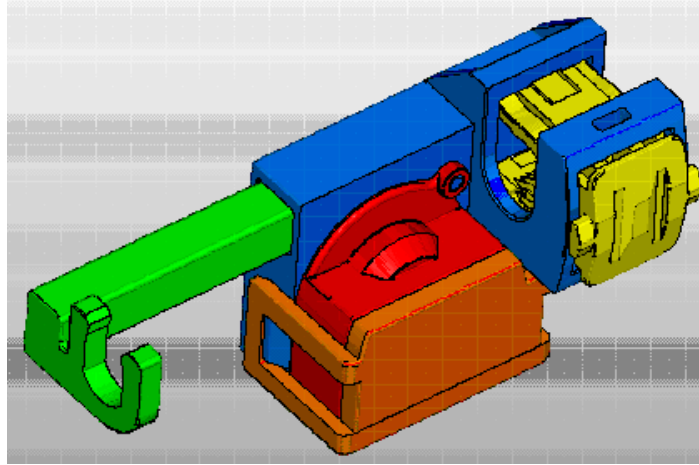
Yukarıda belirtilen, vites kumanda kablosunu oluşturan temel elemanların haricinde, otomotiv üreticisinden üreticisine değişen ve özel istekleri karşılamak amacıyla ek olarak kullanılan elemanlar aşağıda listelenmiştir;

- İkili Bağlantı Braketi (Twin Clamp Bracket): Manuel vites kumanda kablolarında geçirici ve seçici kabloları bir arada tutmak ve araç tüneline montajlanarak, kablonun alacağı rotayı sabitlemek amacıyla kullanılır. Direkt olarak geçirici veya seçici kabloya preslenen ve rotanın zorlu olduğu veya motor tarafındaki diğer elemanlardan dolayı kablonun kendi rotasını alamadığı yerlerde rotayı iyileştirmek amacıyla kullanılır. Örnek kılıf sabitleyici braket Şekil 2.15’te fotoğraflanmıştır.



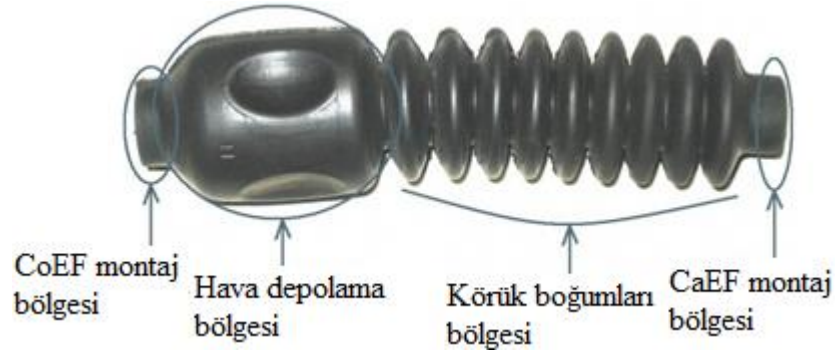
Şekil 2.15. Kılıf sabitleyici braket örneği

- Dur – Kalk (Start-Stop) Sensörü: Şekil 2.16’da gösterilen, üzerinde bulunan elektronik sensörler ile kumanda kontrol kablosunun kat edeceği mesafeyi kısıtlayarak, olması gerekenden fazla yol kat etmesini engelleyen elemandır.



Şekil 2.16 Dur kalk sensörü örneği

- Körük: Şekil 2.17’de gösterilen, genellikle transmisyon tarafındaki kablo sonu sabitleyicilerinde kullanılan, kablo içerisinde meydana gelebilecek olan sızdırmayı ve toz girişini engellemek amacıyla vites kumanda kablosunda görev alan elemanlardır.



Şekil 2.17. Körük örneği ve açıklamaları

2.5. Kumanda Kablolarının Sağlaması Gereken Koşul ve Yeterlilikler

Vites kumanda kablolarının araç ömrü boyunca performansının istikrarlı olmasını, vites topuzundan gelebilecek yüksek yüklere dayanımlı olmasını, meydana gelebilecek negatif dış etmenlere (sıcaklık, sıvı, kimyasal) karşı sağlam olmasını sağlamak ve sürücünün konforunu arttırmak amacıyla birbirinden farklı birçok gereklilik ve koşul bulunmaktadır. Bu koşullar madde madde incelenerek, o performans kıstasının nasıl tayin edildiği, test düzeneklerinin nasıl kurularak testlerin yapıldığını, yapılan testlerin ne şekilde değerlendirildiği detaylandırılacaktır. Bu bilgiler ışığında vites kumanda kablolarının tasarım aşamasına geçilmeden önce hangi durumların değerlendirilmesi gerektiğinin farkına varılarak, otomobil üreticilerinin talep etmiş oldukları istekler ışığında kablounun tasarım aşamalarına geçilecektir.

Kullanıcı deneyimi, bir kullanıcının bir ürün, sistem veya hizmette beklediği bir etkileşimden kaynaklanan algısı ve tepkisidir. (Dreijer, S. ve ark. 2014) Bu sebeple, kullanıcı deneyimini en üst düzeyde tutmak amacıyla vites kumanda kablosunun yerine getirmesi gereken birçok koşul vardır.

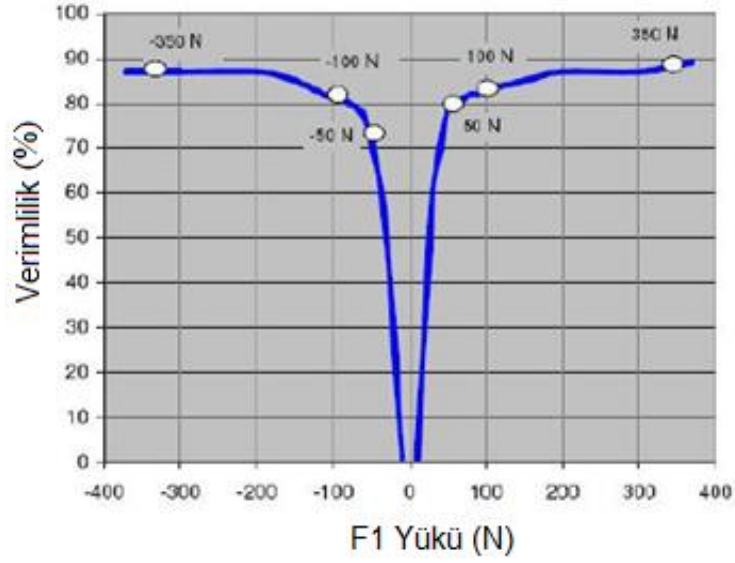
2.5.1. Verimlilik

Vites kumanda kablosu karakterini belirleyen en önemli etmenlerden bir tanesi olan verimlilik, genellikle uygulanan yükün ne kadarının dişli kutusuna iletiildiğini belirten bir kavramdır. Bu kavram aynı zamanda, sürücü tarafından vites kumanda koluna uygulanan kuvvette meydana gelen kaybı da ifade etmektedir. Aşağıda belirtilecek olan etmenlerden dolayı kumanda kablolarında genellikle %10 ila %25 arasında değişen bir verim kaybı meydana gelmektedir.

Uygulanan yük değerleri de göz önünde bulundurulduğunda vites kumanda kablolarının verimlilikleri farklı değerler göstermektedir. Şekilde görüleceği üzere düşük yüklerde verimlilikler de düşük iken, yükler arttıkça verimlilik değerlerinde de iyileşmeler meydana gelir. Ayrıca, Şekil 2.18’de görüldüğü gibi kumanda kablosunun kat ettiği mesafe içerisindeki itme ve çekme yönlerinde de verimlilik grafiği değişkenlik göstermektedir.

Verimliliğin düşük olması durumunda, vites kutusunda yetersiz deplasmanlar meydana gelecek ve bunun sonucunda da vites geçişi sağlanamayacaktır. Dolayısıyla da vites kablosu görevini yerine getiremeyecektir. Vites kablolarında genel olarak %80’in üzerinde bir kuvvet iletim verimliliği, vites geçişleri için yeterli kabul edilmektedir. Verimlilik değerlendirilmesi yapılırken uygulanan kuvvetin 100 N’un üzerinde olan noktalara dikkate edilir. Aksi halde daha düşük kuvvetlerde değerlendirilme yapılırsa çıkan sonuçlar yanıltıcı olacaktır. Bunun sebebi, 100 N’a kadar olan kuvvetlerin vites kumanda kablolarının parça içi ile parçalar arası boşluklarının kapatılması ve sürtünme direncini yenmesi için harcanmasıdır. (Karabulut 2011)

Genel olarak, ömür testine girmiş vites kumanda kablolarında %7’den fazla verim kaybı meydana gelmemektedir fakat ömür testinin sonucunda verimliliği artan kablolar da mevcuttur.



Şekil 2.18. Değişken yüke bağlı meydana gelen kablo verimliliği grafiği (Ficotriad SA 2011)

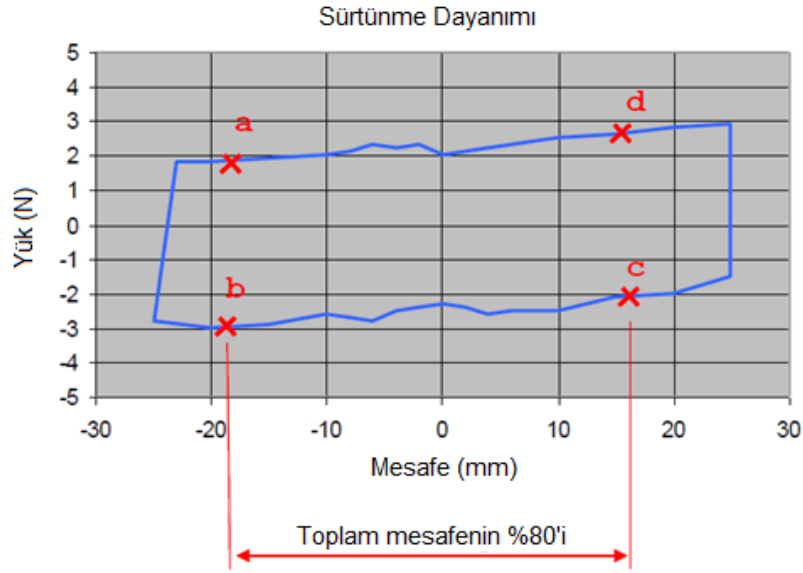
2.5.2. Sürtünme Dayanımı

Vites kumanda kablolarındaki sürtünme dayanımı (No Load Sliding Resistance – NLSR), vites kumanda koluna verilen yüke tersinir bir şekilde çalışan ve iç kablonun kılıfla olan temasından meydana gelen bir etmendir. Bu parametre, kumanda kablosunun şanzıman tarafında herhangi bir dayanım yükü olmadığı zamanlarda kablonun hareketini engellemektedir.

Sürtünme etkileri, azalan konforun başlıca nedenlerinden biridir. Bir yandan bileşenlerin içinde malzeme sürtünmesi vardır. Öte yandan da sürtünme, temas halindeki bileşenlerin nispi hareketi nedeniyle de ortaya çıkmaktadır. (Kind ve ark. 2014) Sürtünmeye dayanım yükünün az veya fazla olmasının olumlu olumsuz etkileri mevcuttur. Şöyle ki;

Bazı otomobil üreticileri tarafından tercih edilen düşük sürtünme dayanımı yükleri, kumanda kablolarının daha hassas olmasını sağlamaktadır ve kumanda koluna uygulanan yükte beklenmedik şekilde kayıplar meydana gelmemektedir. Fakat düşük NLSR yükleri, kabloların ses ve titreşim seviyelerini yükseltmektedir. Ayrıca, kumanda koluna uygulanana düşük yüklerde boşta-kayma dayanımı olumsuz etkilemektedir.

Yüksek sürtünme dayanımı yüklerinde ise meydana gelen etkiler yukarıda bahsedilenlerin tam tersi şekilde oluşmaktadır. Detaylar Şekil 2.19’da belirtilmiştir.



Şekil 2.19. VKK hareketine bağlı olan sürtünme yükleri (Ficotriad SA 2010)

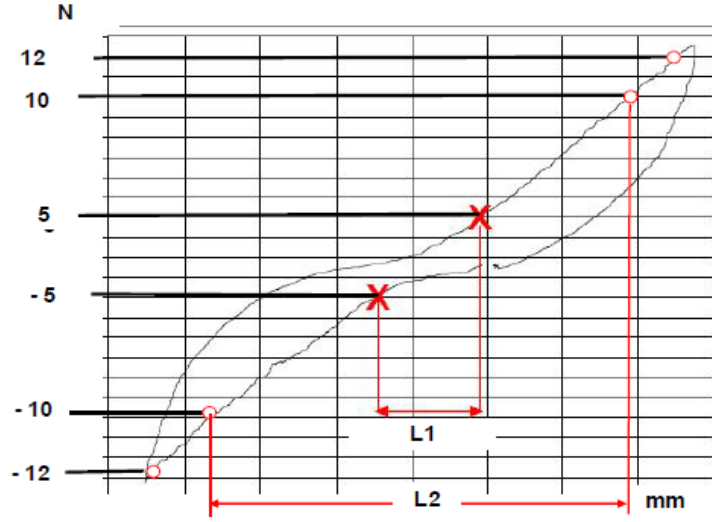
Düz rotada ve araç rotasında kumanda kablolarında meydana gelen sürtünmeler de farklılık göstermektedir. Vites kumanda sistemi için gerekli ve önemli olan NLSR değeri, araç koşullarına benzetilmiş olan rotalarda meydana getirilen testlerde elde edilmektedir. Düz rotada ölçülen değerler, kumanda kablosunun montaj hattında üretildikten sonra kontrolünü sağlamak amacıyla yapılması daha uygundur. Doğru olan ve önerilen NLSR değeri ölçümü, yukarıdaki şekilde gösterilen 4 noktadaki (a, b, c, d) sürtünme değerlerinin ortalamalarının alınmasıdır.

Yaşanılan sürtünme problemlerinin çözümü basit olmasına ve bu durumun vites kumanda kablolarının temel özelliklerini anlamamıza yardımcı olmasına rağmen, ortaya çıkarılan çözümler genel durumlar için geçerli değildir. Çünkü sürtünme değerleri minimum eğrilik yarıçapı ve tüm kablo uzunluğu boyunca ön gerilme gibi bazı basitleştirilmiş varsayımlara dayanmaktadır. Pratikte, başlangıçtaki gerginlik profili önceden uygulanan kuvvetlerin zaman geçmişine bağlıdır ve genellikle tekdüze değildir. Ayrıca bir vites kumanda kablosunun esneklik özellikleri nedeniyle, kılıfın eğrilik yarıçapı, vites kumanda kablosunun çalışması sırasında değişebilir (Chen 2014).

2.5.3. Vites Kumanda Kablosundaki Boşluk (Backlash)

Boşluk, vites kumanda kablolarını oluşturan iç elemanlarda meydana gelen boşta kayma, oynama gibi etmenlerden dolayı meydana gelen hareketin kısıtlanması ve kaybı anlamına gelmektedir. Kablo araç içerisine montajlandığı zaman, esnek kablonun almış olduğu rotadan dolayı iç kablo ve kılıf ile arasında meydana gelen boşluklardan dolayı boşluk durumu ile karşılaşılmaktadır. Yük ve mesafe Şekil 2.20’de belirtilmiştir.

Yukarıdaki paragrafta açıklanan boşluk etkisi, hesaplamaya kumanda kablosunun esnemelerini ve deformasyonlarını dâhil edilmeden yapılmasını sağlamak amacıyla, NLSR kuvvetinden büyük kuvvetler ile test edilmelidir.



Şekil 2.20. Vites kumanda kablolarının hareketine bağlı ortaya çıkan boşluk (Ficotriad SA 2008)

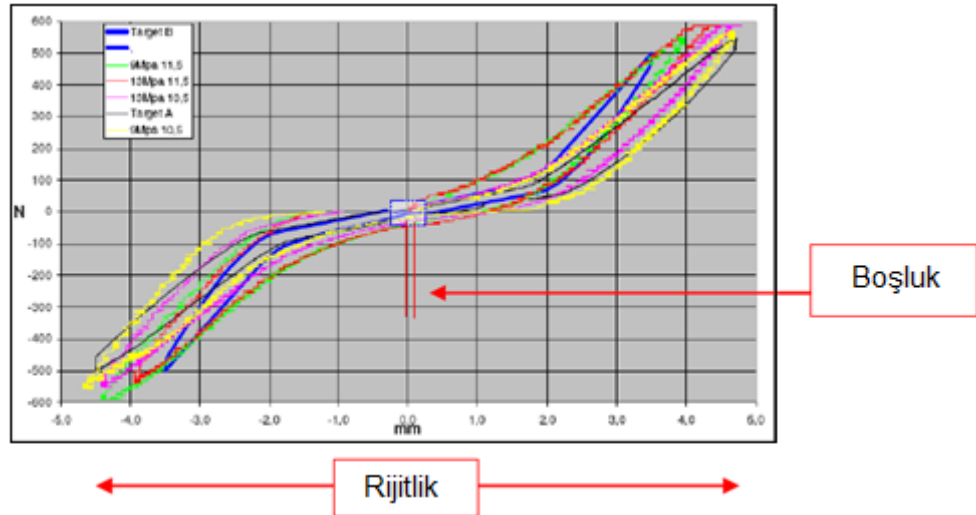
Vites kumanda kablolarındaki boşluk etmeninin, kumanda kolundan ölçülen başlangıç boşta-kayma değerine, kısıtlanmış bir şekilde olsa da, direkt olarak etkisi bulunmaktadır. Örnek olarak, kablo üzerinde kumanda kablosunda ölçülen değer 10 N olması durumunda, kumanda kolundaki yük 3 N civarında olmaktadır.

Sürtünme dayanımı yükü (NLSR) fazla olması durumunda, boşta-kaymanın bir kısmı engellenmiş olmaktadır.

2.5.4. Rijitlik

Rijitlik (stiffness), vites kumanda kablosunda meydana gelen hareket kayıplarını yüksek yükler ile elde etme yöntemidir. Bir önceki maddede belirtilen backlash ile aynı koşullarda test edilmesine karşın aralarındaki en önemli fark, rijitliğin ölçümünün daha gerçek hayatı temsil eden, sürücülerin uygulayabileceği yüksek yükler ile yapıyor olmasıdır. Bitmiş ürün haline gelmiş olan vites kumanda kablosundaki rijitlik değeri, kabloyu oluşturan tüm elemanlardan etkilenmektedir. Rijitliği etkileyen en önemli elemanlar ise kılıf sonu sabitleyicileri ve kablo sonu sabitleyicileri elemanlarının içerisinde yer alan damperlerdir.

Bu karakteristiğin etkisi, kumanda kablosunun yükü iletimi esnasındaki damperlerin sönümlenme yükü ve iletimi sönümlenme yeteneğine bağlıdır. Bu yetenek hissiyat eğrisi olarak da tanımlanabilir. Pozitif etkenler olarak, vites dişli kutusunda meydana gelen yüksek yükleri izole etmek, genel sönümlenme etkisi ve titreşim karakterlerinde azalma olarak sayılabilirken, negatif etki olarak vites değiştirme hissiyatında azalma ve meydana gelen fazla iletim kaybı olarak belirtilebilir. Rijitlik ile vites kumanda kablosunun boşta kaymasının ilişkisi Şekil 2.21’de belirtilmiştir.



Şekil 2.21. Vites kumanda kablolarındaki rijitlik ve boşluk arasındaki etkileşim (Ficotriad SA 2008)

Rijitlik karakterinin en önemli anahtar noktası, şekil üzerindeki eğrinin dağılışı biçimidir. Şekildeki eğri sayesinde, kablonun hangi yüklerde istenilen rijitliği sağladığı ve kötü etki yaratacak olan limit değerleri okuyabiliriz.

Rijitlik ve boşluk değerlerini ölçebilmek amacıyla her iki taraftaki (vites kumanda mekanizması ve vites dişli kutusu) kılıf sonu ve kablo sonu sabitleyicileri montajlanır. Ardından, kumanda mekanizması tarafındaki kablo sonu sabitleyicisine yük uygulanarak meydana gelen yer değiştirme değeri ölçülür. Kumanda mekanizması ile dişli kutusu tarafında meydana gelen farklı yer değiştirmeler kablodaki rijitlik ve boşluk değerlerini vermektedir.

Bu iki karakteristikten çıkarılacak sonuç, vites kumanda kolundan verilen hareketin tamamı, dişli kutusu tarafındaki bağlantı elemanlarının yaptığı hareket ile aynı olmamaktadır.

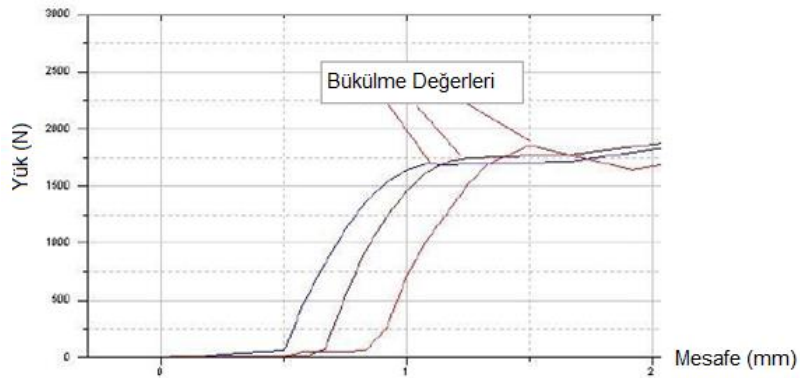
2.5.5. Kablo Basma Yükü Dayanımı

Vites kumanda kablosunun en iç tarafında bulunan ve yükü iletmekle görevli olan iç kablo, çekme (Pull) yüklerinde oldukça yüksek bir güvenlik katsayısı ile çalışmaktadır. Buna rağmen, basma (Push) yükleri ise kumanda kabloları için en zayıf halkayı oluşturan noktadır. Basma yükü dayanımı, bitmiş ürün olarak değerlendirilen vites kumanda kablosunun itme yüklerine olan direncinin bir göstergesidir. Farklı yüklerde farklı dirençlere sahip olan iç kablolar Şekil 2.22’de belirtilmiştir. Vites kumanda kablolarına basma & itme yönünde uygulanan, alışlagelmişin dışındaki yüksek yüklerde, iç kabloda (kablo sonu sabitleyicilerinin şaft uçlarına yakın bölgelerde) bükülme (buckling) ve/veya eğilme (bending) meydana gelecektir.



Şekil 2.22. Farklı türlerde iç tellerin basma yükü testlerin deformasyona uğraması (Technical dossier for shifter cables, Ficosa 2010)

Kabloların basma yüklerine dayanımlarını test etmek amacıyla farklı test metotları uygulanmaktadır. Genellikle, iç kabloların dayanımlarını, laboratuvarlarda gerçekleştirilen karakterizasyon testleri ile kontrol edilmektedir. Yapılan testler sonucu meydana gelen grafik Şekil 2.23'te görülebilir. Kumanda kablosunda kullanılacak olan iç kablonun tayini amacıyla dikkat edilmesi gereken en önemli faktör budur. Dikkate alınacak olan bu hususta, otomobil üreticilerinin belirlemiş olduğu, kumanda koluna gelebileceği kararlaştırılan yükler göz önünde bulundurulur.



Şekil 2.23. İç tele uygulanan yük boyunca farklı iç tellerin basma yüküne dayanımı

2.5.6. İç Kablo & Kılıf Esneklik Ve Elastisitesi

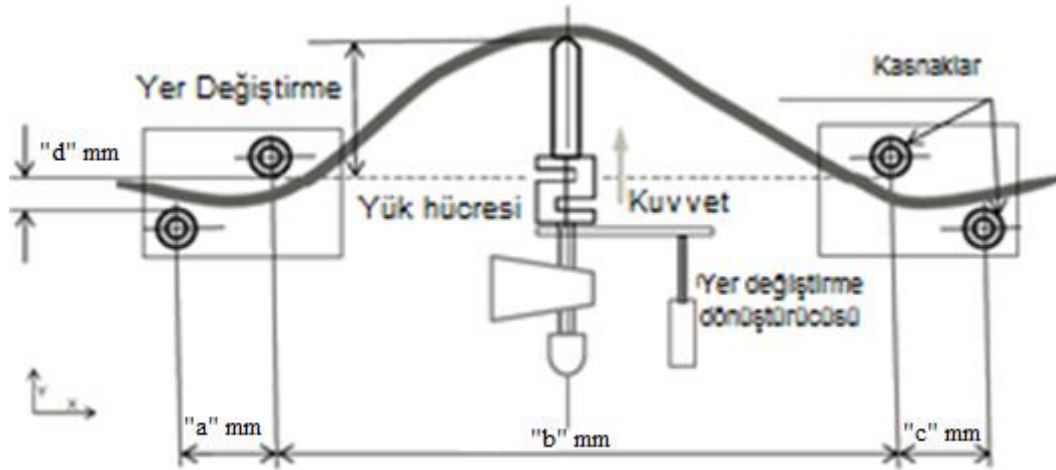
Kılıfın esnekliği, bu elemanın üzerine gelen yüklere karşı göstermiş olduğu eğilme yeteneği olarak tanımlanabilir. Yüksek esnekliğe sahip olan kılıflar düşük moment kuvvetlerinde istenilen eğilme yarıçapını sağlarken daha da esnek yapıya sahip olan kılıflar belirlenen moment kuvvetlerinde daha düşük eğilme yarıçapı sağlayabilir. Kılıfın esnekliğinin fazlalığına bağlı olarak, esnekliğin vites kumanda kablosuna olumlu ve olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bu tezde, kılıf esnekliği 2 farklı test başlığı altında incelenmiştir.

2.5.7. Kuvvete Karşı Yer Değiştirme

Kılıfın bu davranışı, bazı otomobil üreticilerinin montaj hattında uyguladıkları kablo sonu sabitleyicilerinin araca montajı esnasındaki yükler ile daha çok ilişkilidir. Genellikle, otomotiv sektöründe kullanılan standart kılıflar, vites kumanda kablosunun araca doğru montajının gerekliliklerini yerine getirmektedir. Fakat bazı durumlarda, araç içerisinde

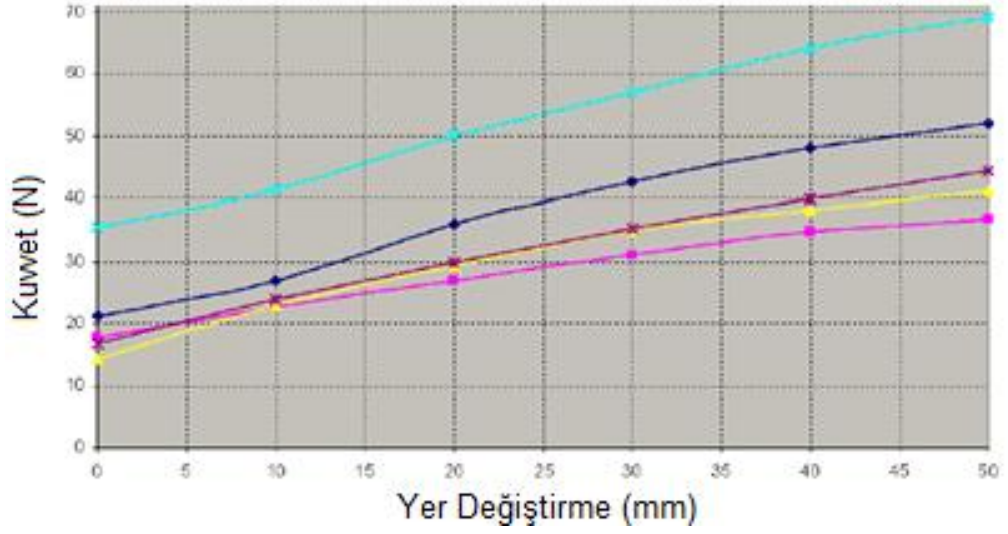
kumanda kablosunun alacağı rotayı engelleyecek bağlantı elemanları bulunduğunda ve kablunun doğal rotasını almasının engellendiği durumlarda daha esnek kılıf kullanımı gerekebilir.

Bu durumun değerlendirilmesi için test masasının aşağıdaki resme göre kurulması gerekmektedir. Ardından, uygun ve belirli bir uzunlukta kılıf hazırlanarak resimde belirtildiği üzere yatay halde bulunan ve 4 adet dış çapı belirli uzunluklarda olan kasnak veya rulmanlardan oluşan test mekanizması hazırlanır. Sisteme ilave olarak yük hücresi ve lineer dönüştürücü (yer değiştirme dönüştürücü) ilave edilir. Açıklanan bu test mekanizması Şekil 2.24'te görülebilir.



Şekil 2.24. VKK kuvvete karşı yer değiştirme testi için standart yöntem

Yapılan bu testte hedef kuvvete karşı yer değiştirme verilerini elde ederek aşağıda belirtilen grafiği elde etmektir. Ölçümlerden elde edilmek istenen değer minimum 0 ile maksimum 60 mm'dir. (Yük hücresi hareketi yatay yöndedir) Yapılan testler sonucu meydana gelen yük – yer değiştirme grafikleri Şekil 2.25'te belirtilmiştir.



Şekil 2.25. VKK hareketine bağlı ortaya çıkan boşta kayma yükleri
(Technical dossier for shifter cables, Ficosa 2010)

2.5.8. Eğilme Yarıçapına Karşı Moment Kuvveti

Bu davranışta ise vites kumanda kablosu otomobile montajlandıktan sonra kablunun doğal olarak almış olduğu rota ile kılıfın esnekliği doğrudan ilişkilidir. Bu değer, doğru bir şekilde değerlendirilip bilgisayar destekli programlar ile simüle edilerek, değerler test edilmeden öngörülebilir.

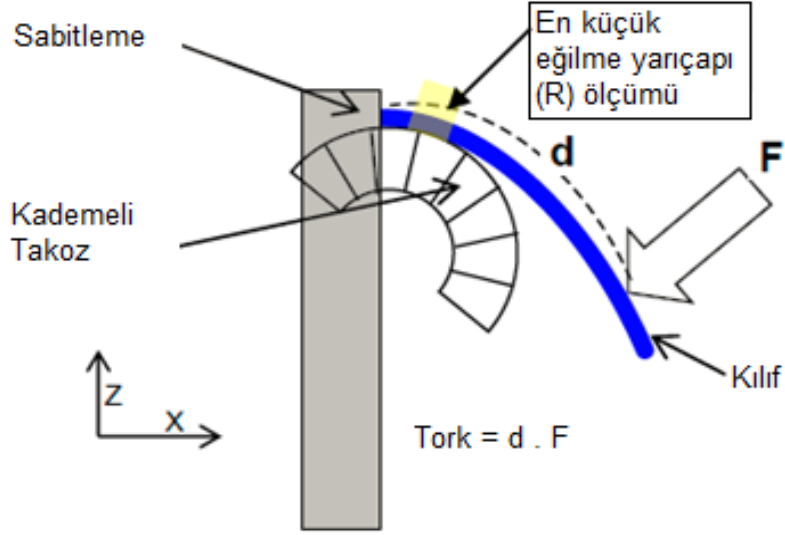
Esnekliği daha az ve rijitliği daha yüksek olan kılıflara sahip vites kumanda kabloları, verimlilik, sürtünme dayanımları göz önünde bulundurularak, ömür testi için daha iyi koşullarda rota oluşturulmasını sağlar.

Kılıf elastisitesi, kılıf üzerinde eğilmeyi meydana getiren yükün kalkmasının ardından, kablunun kendi şeklini geri alması anlamına gelmektedir.

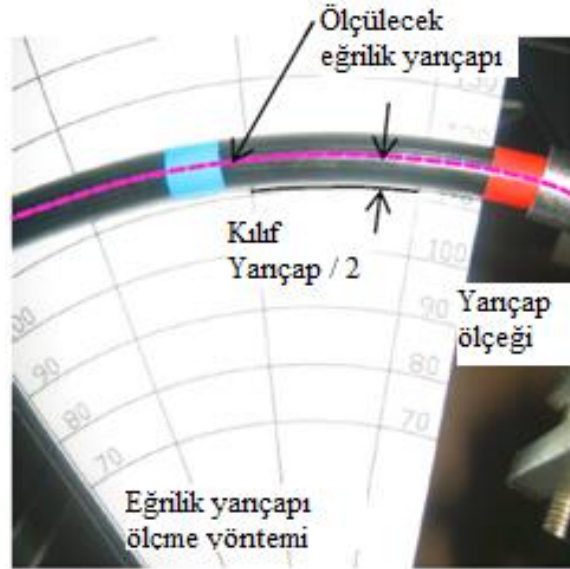
Eğilme yarıçapına karşı moment yükünün değerlendirilmesi metodu, kılıf numunesine tork uygulayarak kılıfın aldığı rotaya bağlı olarak meydana getirdiği eğriliğin yarıçapının ölçülmesi ile sağlanmaktadır. Testin yapılışı Şekil 2.26 ve Şekil 2.27'de şematik olarak açıklanmıştır.

Testi yapabilmek için belirli bir uzunluktaki kılıf ve aşağıda belirtildiği üzere dikey yönlü test masası gerektirmektedir;

- Kılıfın bir ucu sert bir şekilde sabitlenir
- Bir dinamometre yardımı ile kılıfa dik olarak F kuvveti uygulanır
- Bir adet minimum eğrilik yarıçapını ölçmek amacı ile şablon kullanılır



Şekil 2.26. VKK eğilme direnç momentini ölçmek için test yöntemi



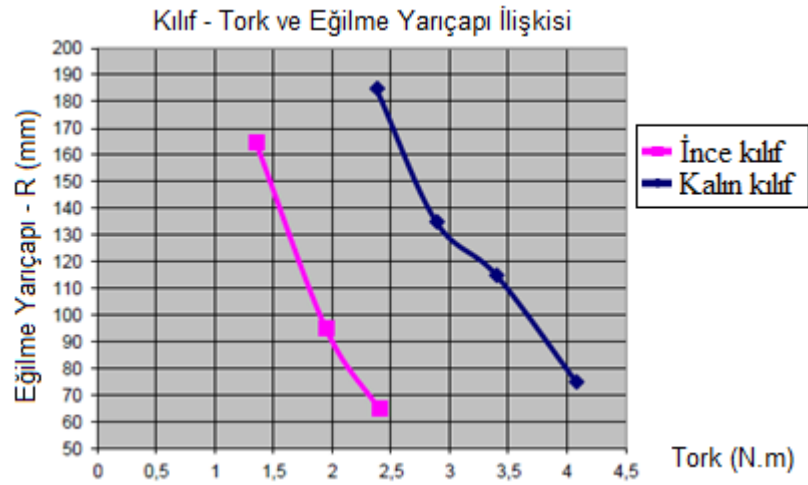
Şekil 2.27. Vites kumanda kablolarının eğilme yarıçaplarını ölçme yöntemi

Aşağıdaki şekilde görüleceği üzere mutlak yer değiştirme “d” ve uygulanan kuvvetin “F” çarpımı ile bulunan değer tork değeridir ve değer “Nm” olarak ifade edilir.

Ölçülen minimum eğrilik yarıçapı kılıfın ekseninde olan yarıçaptır. Kılıfların dış çaplarına göre eğilme yarıçaplarındaki değişkenlik Şekil 2.28’de belirtilmiştir. Bu, yarıçap kılıf zemin 180° açtığı zaman, yukarıdaki şekilde gösterildiği üzere, yüzey ile paralel olacağı anlamına gelmektedir. Eğrilik yarıçapı hesaplaması yapılırken, kılıfın da dış çapı hesaplamaya katılarak ($Dış \ Çap / 2$) şablon üzerindeki değerler okunur.

Şablon ile yapılan eğrilik yarıçapı hesaplamaları, özellikle testi yapan operatörün yeteneği ile tecrübesine bağlı olduğundan ve kılıfın muntazam bir şekilde rotayı takip etmemesinden dolayı her zaman çok doğru sonucu vermeyebilir. Bu sebeple aşağıdaki önlemler alınmıştır;

- Şablondaki değerler 10 mm’de bir artacak şekilde ayarlanarak 10’un katı değer alınması sağlanmıştır
- Minimum eğrilik yarıçapı, kılıfın her 20mm uzunluğunda bir ölçülerek ortalamasının alınması ile meydana gelecek pik değerlerden kaçınılmış olur.



Şekil 2.28. VKK uygulanan tork değerine bağlı eğilme yarıçapı (Technical dossier for shifter cables, Ficosa 2010)

2.5.9. Ömür (Durability) Testi

Ömür testi, bir vites kumanda kablosunun gerçek araç koşullarını simüle ederek, aracın kullanılacağı süre boyunca yapacağı öngörülen hareketleri sağlayarak, zamana bağlı dayanımını test eder. Testin yapılacağı düzenek, aşağıda görülebileceği üzere, araç kaput

altını tam simüle edecek şekilde sıcaklıklar belirlenir, genellikle motor tarafı için 120°C ve vites kumanda mekanizmasının bulunduğu kokpit tarafı 80°C, vites kumanda kablosunun alacağı rota bağlantı elemanları vasıtasıyla belirlenir. Kumanda mekanizmasına montajlanmış olan shift ve select kablo sonu sabitleyicilerine, belirlenmiş olan vites geçiş yükleri belirli aralıklarla ana üretici tarafından verilir. Vites kumanda kablolarının tamamlayacağı öngörülen toplam çevrim sayısı araçtan araca değişeceği üzere genellikle 800.000 ila 1.000.000 vites geçişini sağlaması beklenir. Ömür testi esnasında kabloya uygulanan yükler belirli çevrim sayılarında farklılık gösterebilir. Çoğunlukla, testler önce düşük çevrim sayılarında düşük yükler ile başlayarak, test ilerledikçe artan yük değerleri daha fazla çevrim sayıları boyunca uygulanır. Testlerin yapıldığı test masası Şekil 2.29’da örnek olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.29. VKK ömür testi için hazırlanan test masası (Ficosa Otomotiv 2015)

Ömür testinin amacı tümleşik kablo performansını araç ömrü boyunca test etmek olsa da başlıca iç kablo, kılıf, yağlama ve krimpeme (CaEF ve CoEF’ler için) performanslarını görmektir.

Her otomotiv üreticisinin ömür testlerini değerlendirmek için farklı kıstasları bulunsa da genellikle ömür testine başlamadan önce kablonun başlangıç performans değerleri test edilir. Bunlar, verimlilik, sürtünme dayanımı ve boşluk, rijitlik testleridir. Kablo ömür testine girmeden önce yapılan bu testler, ömür testi tamamlandıktan sonra tekrarlanır ve meydana gelen performans kayıplarına göre kablonun testi başarılı bir şekilde

tamamlayıp tamamlamadığı değerlendirilir. Önce – sonra testlerinde meydana gelebilecek %15 oranındaki performans kaybı, kabul edilebilecek bir düzeydedir.

2.5.10. Kimyasal Dayanım Testi

Vites kumanda kabloları, araç içerisinde çalıştığı sürece meydana gelen sürtünmeler, sıcaklığa maruz kalınması, taş, kum, ozon, ayrıca korozyon ve kimyasal maddeler ile etkileşimi sonucu yaşlanmakta ve performans kaybı yaşayarak başlangıç değerlerinde düşüşler meydana gelmektedir. Bu tarz etmenler, kabloların tasarımına gölge düşürerek kabloların çalışma mekaniklerine negatif etkilerde bulunur.

Yukarıda belirtilen bu tarz dış etmenler, metalik ve plastik parçaların dayanımı olumsuz yönde etkileyerek kablo performansını da düşürmektedir. Kimyasal dayanım testlerinden başlıcası, metal parçaların dayanımını ölçmek amacıyla en yaygın olarak yapılan tuz spreyi testidir (salt spray test). Metal parçaların, kabloda kullanıldığı yere bağlı olarak, 120, 240, 360 ve 720 saat tuz testine maruz bırakıldığında olumlu sonuç alması beklenmektedir. Testten çıkmış kablo numuneleri Şekil 2.30’da örnek olarak gösterilmiştir. Kokpit tarafında meydana gelebilecek zararlı kimyasala maruz kalma durumu motor tarafında göre daha düşük olduğu için bu bölgedeki dayanım beklentisi daha düşüktür.



Şekil 2.30. Tuz spreyi testi sonucu kabloda gelen değişiklikler (beyaz paslanma)
(Ficosa Otomotiv 2012)

Tuz spreyi testi haricinde, araç kaput altı sistemlerinde, araç temizliğinde, performans arttırmada kullanılan kimyasallar, araç deposundaki yakıt tarzı kimyasal maddelere de dayanım beklenmektedir. Bu kimyasallar özet olarak şu şekilde sıralanmaktadır; Motorin, benzin, motor ve şanzıman yağı, fren hidroliği, katran, soğuk temizleme çözücüsü, cam yıkama suyu, anti-freeze ve araç temizleme şampuanı. Belirtilen tüm bu kimyasal ve korozyon maddelerin vites kumanda kablosuna temas etme ihtimali olduğundan dolayı,

seçilecek olan malzemelerin bu kimyasallara dayanıklı olması beklenmektedir. Otomotiv üreticisi tarafından belirlenmiş kimyasallar ile test yapılan ürünler Şekil 2.31.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.31. Kimyasal dayanım testi sonucu kablo parçalarının genel görünümü

2.5.11. Salınım (Osilasyon) Testi

Bir otomobil çalıştığı ve seyahatte olduğu sürece birçok farklı yol koşullarında bulunur. Araç, kimi zaman engebeli bir arazide sürülürken kimi zaman taş, toprak ve çakıllardan meydana gelen yollarda seyir eder. Yüzey pürüzlülüğünün fazla olduğu her zeminde araçta meydana gelen sarsılmalar, titreşimlerin tamamı süspansiyonlar tarafından sönmülemeyeceği için bir kısmı araç içerisindeki organlara aktarılmaktadır ve vites kumanda kabloları da bu elemanlardan biridir. Salınım seviyesini ölçmek amacıyla kurulmuş olan test mekanizması ve ekipmanının CAD görüntüsü Şekil 2.32'de gösterilmektedir.

Otomobilde meydana gelen sarsılmaların tamamı test düzeneklerinde canlandırılmayacak olsa da tanımlanan parametreler ışığında X, Y, Z eksenlerinde verilen yer değiştirmeler sayesinde kablonun salınımına dayanımı test edilebilir. Yapılacak olan testte öncelikle kablo, araç rotasına uygun şekilde kurulmuş olan düzeneğe montajlanır ve sıcaklıklar istenen seviyeye getirilir (örneğin 100° sıcak ve -30°C soğuk) ve dikey, yatay, boylamsal olarak, ± 8 ile ± 20 mm arasında değişen yer değiştirme uygulanır.



Şekil 2.32. Salınım testi mekanizması ve ekipmanı (Ficosa Otomotiv 2011)

Bu testte genellikle, kabloların bağlantı elemanlarının performansı değerlendirilir ve önceden belirlenmiş olan çevrim sayıları boyunca göz ile görülemeyen kırık ve çatlaklar meydana gelmez ise test başarılı şekilde tamamlanmış olarak değerlendirilir.

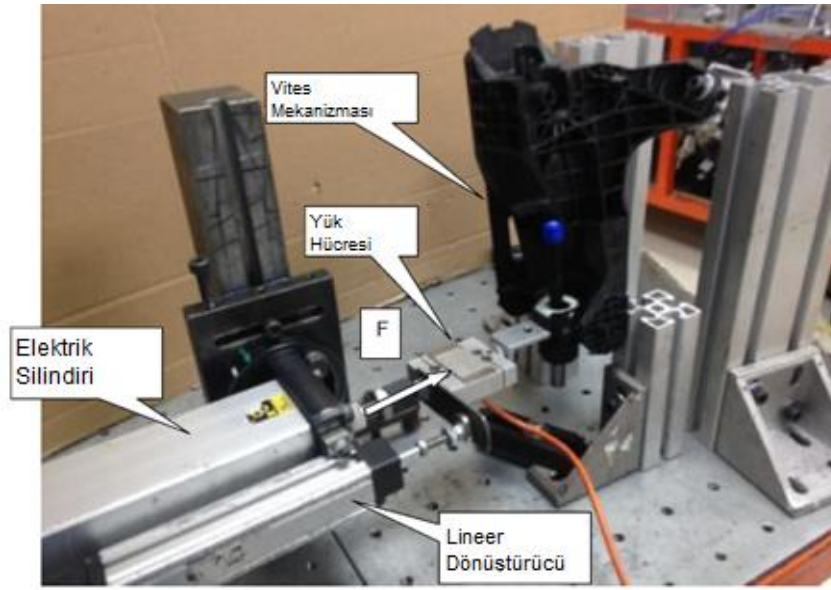
2.5.12. Bağlantı Elemanlarının Montaj - Demontaj Testleri

Şimdiye kadar belirtilen testlerin tümü, kablonun dayanımı, ömrü, performansı ve karakterizasyonunu belirlemek amacıyla performe edilen testlerdi. Bu maddede konusu geçecek olan testlerden montaj testi otomobil üreticilerinin konforu göz önünde bulunarak yapılırken demontaj testleri iki sınıfta incelenecektir.

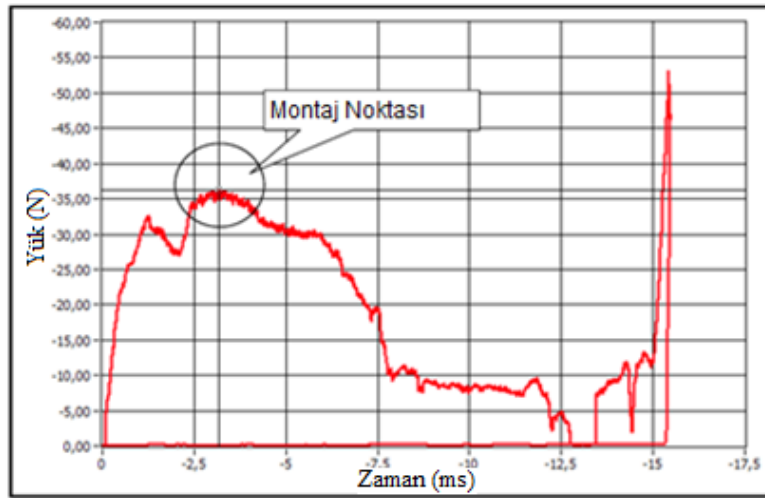
Birbirinden farklı birçok bağlantı elemanı tasarımı aynı amaca hizmet etmektedir. Düşük montaj yükleri ile parçalar araca bağlanır iken, araç çalışması esnasında kolayca çıkmaması için demontaj yüklerinin fazla olması talep edilmektedir. Teorik olarak ortada olan bu durumun gerçek hayattaki halini görmek amacıyla montaj / demontaj testleri yapılmaktadır.

Montaj Testi: Vites kumanda kablosu, otomobil üreticilerinde araç içerisine kılıf sonu sabitleyicileri (CoEF), kablo sonu sabitleyicileri (CaEF), gromet, braket elemanları sayesinde montajlanır ve her tekil ürünün kendine has bir montaj yöntemi bulunmaktadır. Birbirinden farklı montaj yönteminin bulunması sebebi ise bu elemanların araç içerisinde bağlandıkları noktaların otomotiv üreticisinden üreticisine değişmesidir.

Otomobil üreticileri, temin ettikleri vites kumanda kablolarını üretim sahalarında otomobillerine montajlayacağı esnada çalışanlara kolaylık sağlaması, yüksek montaj yüklerine maruz bırakarak bir deformasyon meydana gelmesinin istenmemesi gibi sebeplerden dolayı düşük montaj yükleri talep edilmektedir. Talep edilen bu montaj değerleri otomotiv üretici fabrikalardaki operatörleri zorlamayacak şekilde yüklerde ve ergonomik olmalıdır. Örnek bir CoEF montaj testinin düzeneği (Şekil 2.33), metodu ve montaj değerinin grafiği Şekil 2.34’te belirtilmiştir.



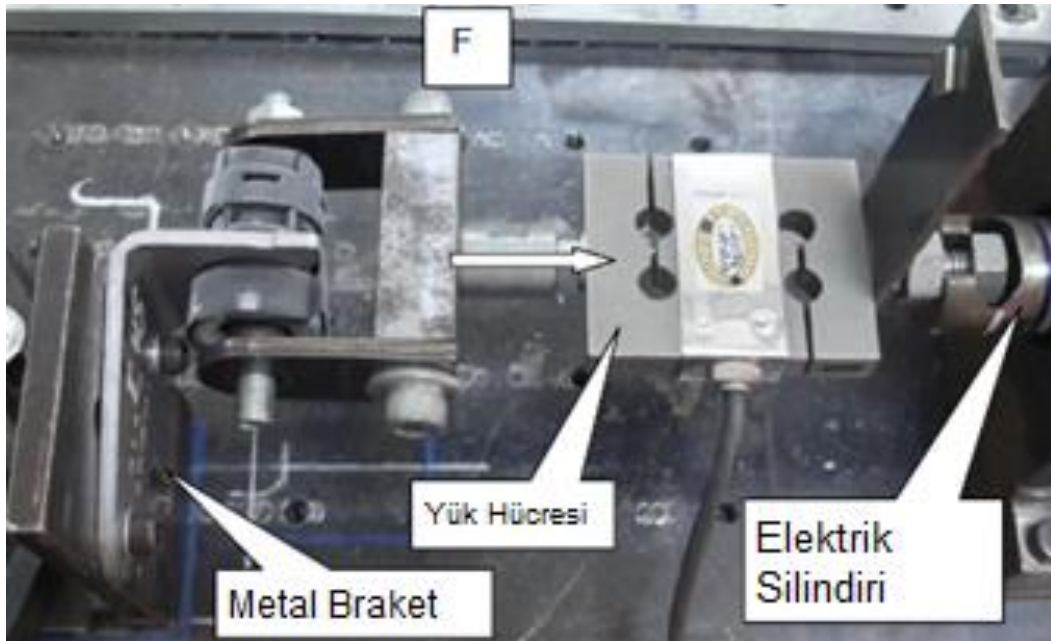
Şekil 2.33. CoEF montaj ekipmanları ve test düzeneği



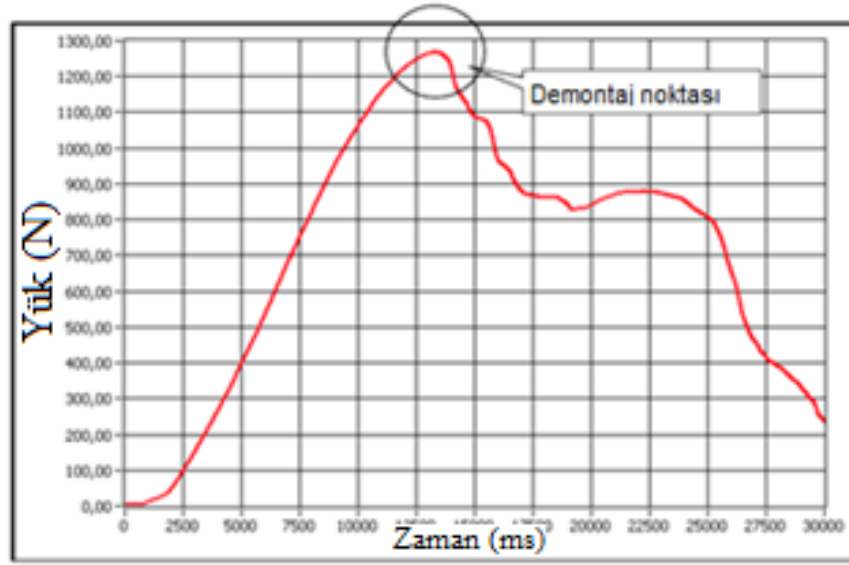
Şekil 2.34. CoEF montaj testinin mesafeye bağlı yük artışı

Demontaj Testi: Her ne kadar montaj testleri sadece otomobil üretimi esnasındaki konforu sağlamak amaçlı olsa da demontaj testlerinde durum biraz daha farklıdır. Genel çoğunlukla, araç seyir ettiği sürece kablo bağlantı elemanlarına gelecek olan aksel ve açısız yüklerle dayanarak, montajlandığı bölgeden rahat ve kolay bir şekilde çıkmasını engellemek amacıyla tasarımlar yapılmaktadır fakat bazı durumlarda aracın servis koşullarında da kablonun demontajının zor olmaması ve bağlandığı yerden çıkarılmasına yardımcı olması amacıyla ek tasarımlar oluşturulmaktadır.

Sürücünün otomobili kullanma şartları göz önünde bulundurulduğunda, bağlantı elemanlarına gelebilecek olan hesaplanarak bu elemanların dayanması gereken minimum çıkma değeri tayin edilir. Kablonun araca bağlandığı noktaya ve gelen yük miktarına göre değişiklik gösteren bu değerler genellikle minimum 300 ile 500 N arasında talep edilmektedir. Elde edilen değerler ise güvenlik katsayısı ile 1300 N'lara kadar ulaşmaktadır. Örnek bir CoEF demontaj testinin düzeneği (Şekil 2.35), metodu ve montaj değerinin grafiği Şekil 2.36'da belirtilmiştir.



Şekil 2.35. CoEF demontaj ekipmanları ve test düzeneği



Şekil 2.36. CoEF demontaj testinin mesafeye bağlı yük artışı

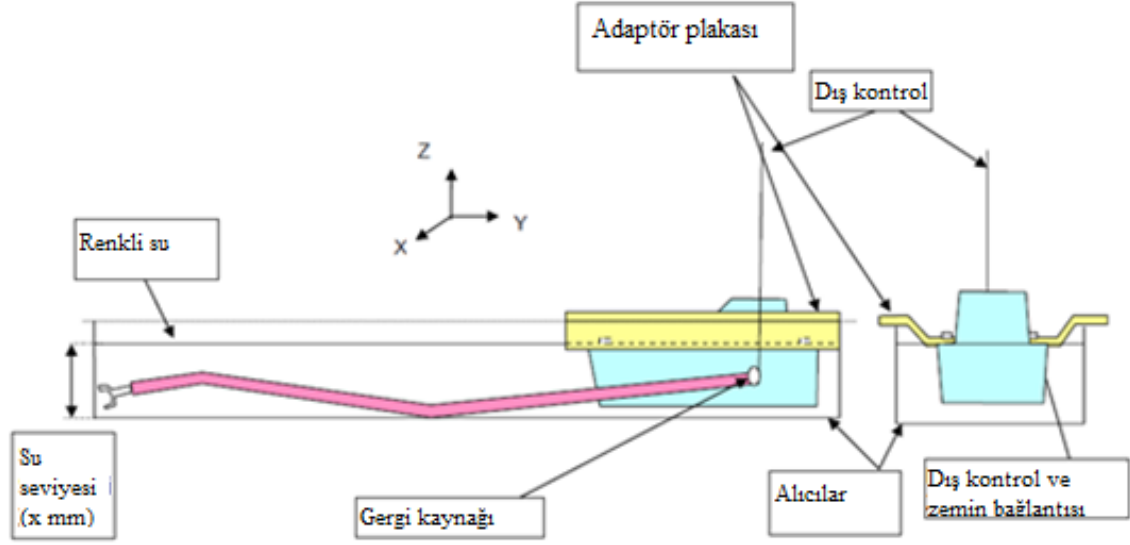
2.5.13. Sızdırmazlık Testi

Vites kumanda kabloları, araç içerisinde tam izole edilmiş bir şekilde montajlanmaz ve açıkta bulunan kısımlarında suya, toza, çamura, yağışlı hava koşullarına maruz kalabilir. Dış yüzeyine bulaşan bu tarz sıvı maddelerin kablonun iç yüzeyine (kılıf ile iç kablo arasına) temasta bulunması metalik parçalarda oksitlenmeye bağlı olarak korozyona sebep olabileceken, içeriye temas eden suyun soğuk havalarda donarak kablolarda blokaja sebep olabilir.

Daha önceki testlerde de belirtildiği üzere, otomobil üreticisinden üreticisine geçecek şekilde, sızdırmazlık testi çok farklı yöntemler ile uygulanabilir ve testin performans değerlendirmesinde farklılıklar gözükülebilir. Temel olarak statik ve dinamik olmak üzere sızdırmazlık testleri ikiye ayrılır.

Statik sızdırmazlık testinde, vites kablosu araç koşullarını simüle edecek şekilde test düzeneğine bağlanır ve belirli miktar yükseklikte bulunan suya daldırılır ve yük altında hareket etmemesi için sabitlenir. Daldırılan suyun, kablodaki kablo sonu ve kılıf sonu sabitleyicilerinin ve kılıf & iç kablo ikilisinin içerisine sızıp sızmadığını inceleyebilmek adına renklendirici kimyasallar yardımıyla boyanır. Belirli basınç altında belli bir süre bekletilen kablolar, test sonucunda elemanlarına ayrılarak iç yüzeyleri incelenir ve boyalı

sıvı temasının olup olmadığı kontrol edilir. Açıklanan bu testin şematik gösterimi Şekil 2.37’de belirtilmiştir.



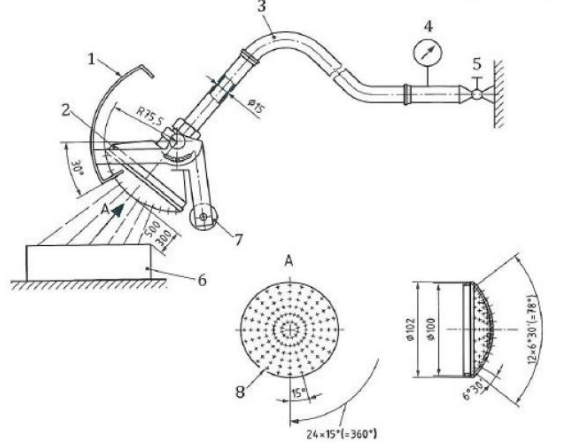
Şekil 2.37. VKK daldırma yöntemi ile sızdırmazlık testinin gösterimi

Dinamik sızdırmazlık testlerinde ise, statik testlerden farklı olarak vites kumanda kablosu düzeneğe bağlandıktan sonra belirli yük ve çevrim süreleriyle hareket halinde olur. Daldırma metodu uygulanmayan bu testlerde, sıvı, sprey yardımıyla kablunun riskli görülen bölgelerine püskürtülür. Bu riskli bölgeler başlıca, açılı çalışma esnasında boşluk meydana getirme ihtimali olan kablo sonu sabitleyicileri, kılıf sonu sabitleyicileri ve grometler olarak sıralandırılabilir.

Ekte belirtilen örnek dinamik sızdırmazlık testinde öncelikli olarak kumanda kablosu araç koşullarında test düzeneğine montajlanır. Motor tarafı kablo sonu sabitleyicileri orijinal transmisyon kolu ile dairesel yük simülatörüne montajlanır (Şekil 2.38) ve aşağıdaki şekilde test başlatılır;

- Kablo hareket hızı belirlenir,
- Sıvı içeriği hazırlanır (Solüsyon ve ISO standartlarına uygun toz),
- ISO standardına göre belirli oranda kum içeriği hazırlanır,
- Sıcaklık belirlenir (Genelde oda sıcaklığı),
- Sıvı miktarı ayarlanır,
- Kablo çevrim sayısı belirlenir,

- Çevrim tamamlandıktan sonra belirli süre hareketsiz bekletilir,
- Ardından kabloya bir ilave çevrim yaptırılır,
- İlave çevrimi tamamlayan kablo soğukta belirli süre bekletilir,
- Son olarak, durağan konumdan harekete geçirmek için gerekli olan yük dinamometre ile ölçülür.

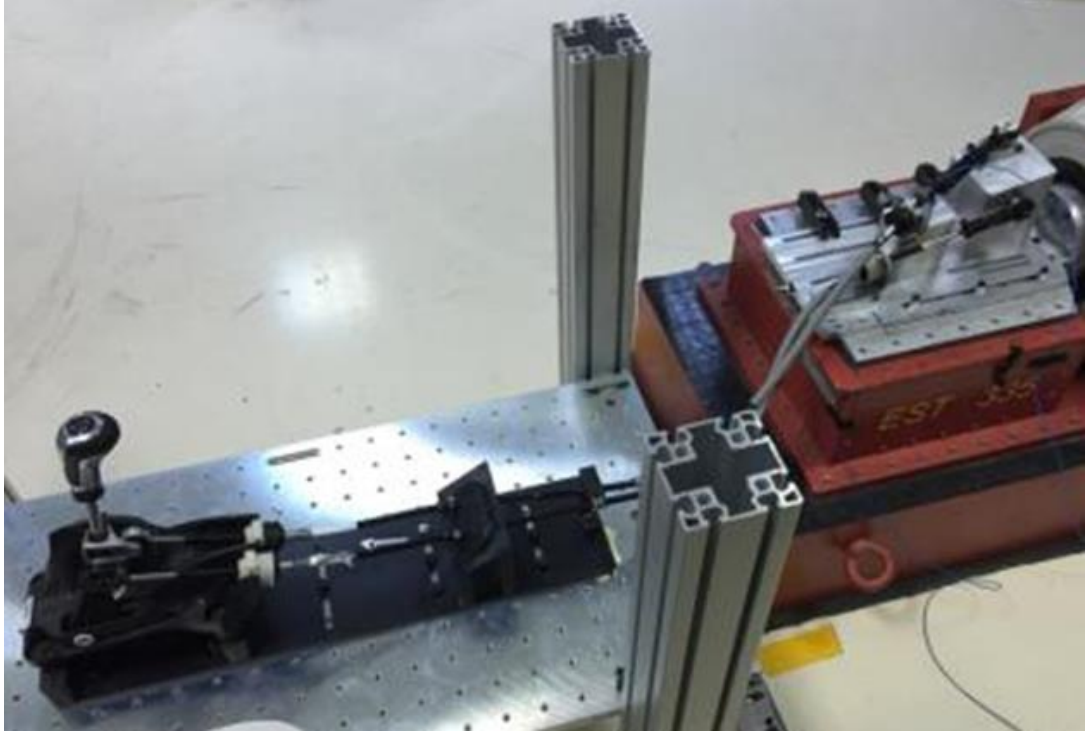


Şekil 2.38. VKK püskürtme yöntemi ile sızdırmazlık testinin gösterimi

2.5.14. NVH (Noise – Vibration - Harshness) Testi

Otomobil seyahat halindeyken, hem yol koşullarının engebeli olması hem de kaput altında çalışan hareketli mekanizmalardan dolayı araç motor tarafından oldukça fazla titreşim meydana gelmektedir. Şanzımana CaEF ile bağlı olan vites kumanda kablosunun, meydana gelen titreşimleri kokpitteki vites kumanda koluna kadar iletebilme ihtimali bulunmaktadır. Meydana gelen bu titreşimler sürücünün vites değiştirme esnasında elleri ile hissedebileceği gibi titreşimden meydana gelen sesler de sürücü tarafından işitilerek rahatsız edici olabilir.

Transmisyon tarafında meydana gelen bu titreşimler vites topuzundan okunan titreşim cevabının oranı dikkate alınarak belirlenir. Örnek test düzeneği Şekil 2.39’da belirtilmiştir. Bu cevaplar, belirli bir frekans veya frekans aralıkları için belirli bir ivme değerine sahip olacak şekilde değerlendirilir. Birincil kullanıcı tarafından rahatlıkla fark edilebilecek olan bu titreşim ve sesler, kullanıcının konforunu negatif olarak etkileyeceği için, vites kumanda kablolarının titreşim sönümleme performansı otomotiv üreticileri tarafından oldukça önemli yere sahiptir.



Şekil 2.39. VKK NVH testi için test ekipmanları ve test düzeneği
(Ficosa Otomotiv 2010)

Campbell ve arkadaşları (2005) çalışmalarında, vites kablolarında titreşim olgusunun sonlu elemanlar yöntemi ve deneysel olarak analizini gerçekleştirmişlerdir. Çalışma, vites kablolarının titreşim transferinin tespit edilmesi amacıyla deneysel ölçümler ve sonlu elemanlar analizleri için veri toplama çalışmalarından oluşmaktadır. Araştırma, vites kablolarının titreşim seviyelerini düşürmek için yapılacak tasarım değişikliklerini önermektedir. Buna göre, koruyucu dış kılıfın rijitliğinin azaltılması, iç kablonun rijitliğinin artırılması ve iç kablo ile dış zarfın arasındaki mesafenin azaltılması gerektiği sonuçlarına varılmıştır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Piyasadaki birçok otomobil üreticisinin, müşteri kitlesi, hitap ettiği topluluk, teknolojilerinin el verdiği imkânlar, fiyat / performans kıstaslarının yüksekliği gibi sebeplerden dolayı tasarlanacak olan vites kumanda kablosu değişkenlik gösterebilir. Otomotiv üreticileri, yukarıda belirtilen kıstasları göz önünde bulundurarak teknik şartnameleri oluşturur. Oluşturulan bu şartnamelerde, öncelikli olarak vites kumanda kablosunun yerine getirmesi gereken performans değerleri belirtilirken, araç içerisinde alacağı rota, araçtaki diğer elemanların kapladığı alana bağlı kalınmak koşuluyla belirtilir. Otomotiv üreticisinin belirlemiş olduğu ölçüsel gereksinimler (kılıf boyu, dayama noktaları arasındaki mesafe, CaEF cable out boyu, sabitleme noktalarının gromete olan uzaklıkları vs.) belirtilerek, kumanda kablosunun iskeleti oluşturulmuş olur. Performans, paketleme ve boyutsal gereksinimlerin haricinde, kabloda kullanılan hammaddelerin uyması ve sağlaması gereken standartlar belirtilir. Bu standartlar dünya genelinde kullanılan, tüm üreticiler tarafından kabul görmüş normlar olabileceği gibi otomotiv üreticisinin kendi oluşturmuş olduğu normlar da olabilir. Vites kumanda kablosu tasarımına başlanmadan önce müşteriden teslim alınan tüm şartnamelerin ve standartların dikkatli bir şekilde incelenmesi gerekmektedir.

Tasarımı başlangıç adımlarını oluşturup geliştirmeye devam edilebilmesi için aşağıdaki adımlar takip edilmelidir. Aynı tasarım adımları hem seçici hem de geçirici kablo için ayrı ayrı uygulanmalıdır.

3.1. Otomotiv Üreticisinden Gelen Verilerin İncelenmesi

Bir vites kumanda kablosunun tasarımına başlanabilmesi için, otomotiv üreticisinden vites kumanda kablosu tedarikçilerine RFQ (Request for Quotation) paketi gönderilir. Bu paketin içeriğinde, vites kumanda kablosunun sağlaması gereken boyutsal gereksinimler belirtilir. İç kablo ve kılıf uzunluğu, vites kumanda mekanizmasının ve kablosunun kaput altındaki sistemin pozisyonu, vites değiştirmek için gerekli olan ve vites topuzundan uygulanacak yük açıklanır. Kablonun performans kıstasları ve karşılaması gereken şartname, mekanik ve termal etkilere karşı savunacak koruyucular, bağdaştırıcı arabirimleri (gromet, braket vs.), hedef ağırlık ve tüm komponentlerin uyması gereken standart ve normlar paylaşılır.

Vites kablosu tasarımı esnasında otomotiv üreticisinin tayin etmiş olduğu belli başlı ölçüler ve pozisyonlar haricinde sorumluluğun büyük kısmı tedarikçiye aittir. Örneğin, iç kablo ve kılıfın uzunluğu vites mekanizması ile şanzıman arasındaki mesafeye, kablunun izleyeceği yol, rota ve rotayı engelleyen elemanlara, kılıf sonu sabitleyicileri ile kablo sonu sabitleyicileri arasındaki mesafe (cable-out boyu) bağlantı elemanlarının pozisyonuna bağlı olarak müşteri tarafından belirlenir ve tasarım bu yapıtaşlarının üzerine kurulur, değiştirilmesi güçtür.

Fakat kabloyu oluşturan diğer elemanların seçimi, boyların uzunlukları, damperlerin sertlik değerleri, kullanılacak olan gres yağı, seçilecek olan iç kablo ve iç tüp konfigürasyonları müşterinin şartnamesi göz önüne alınarak kablo geliştiricisi tarafından tayin edilir. Bu tayin etme işleminde fiyat / performans kıstası dikkate alınarak en uygun seçimler yapılarak tasarım aşamasına başlanmış olur. Otomotiv üreticisinden teslim alınan bu paket, sıkı ve detaylı bir şekilde incelenerek, istenen tüm özelliklerin sağlanabilmesi amacıyla çalışmalar başlatılır. Bu çalışmalar sırası ile aşağıdaki maddeler halinde takip edilecektir;

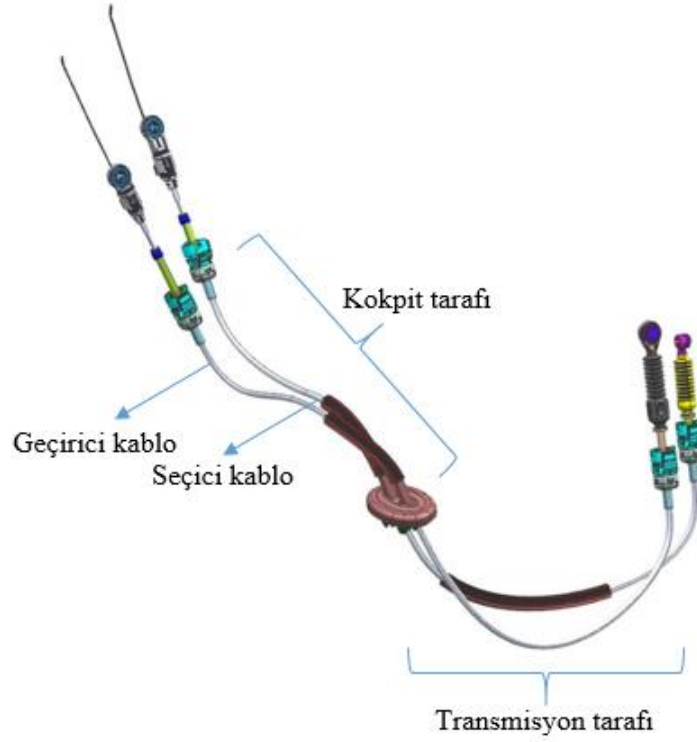
3.1.1. Boyutsal Gereksinimlerin Tayin Edilmesi

Vites kumanda kablosu tasarım aşamalarından en öncelikli olanı, müşteriden gelen kabuk verinin incelenmesi, talep edilen kablo uzunluğunun belirlenmesi, montaj yapılacak bölgelerdeki (CaEF, CoEF, gromet ve braket) montaj noktalarının tayin edilmesi ile tasarım süreci başlamış olur. Örnek belirlenen boylar Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Ana gövdenin kabataslak oluşturulmasından sonra üzerine gelecek olan yükleri taşımak ve iletmekle görevli olan kablo sonu sabitleyicilerinin vites kumanda mekanizmasına ve motor tarafındaki şanzımana göre tasarlanabilmesi amacıyla boylar belirlenir (Şekil 3.1).

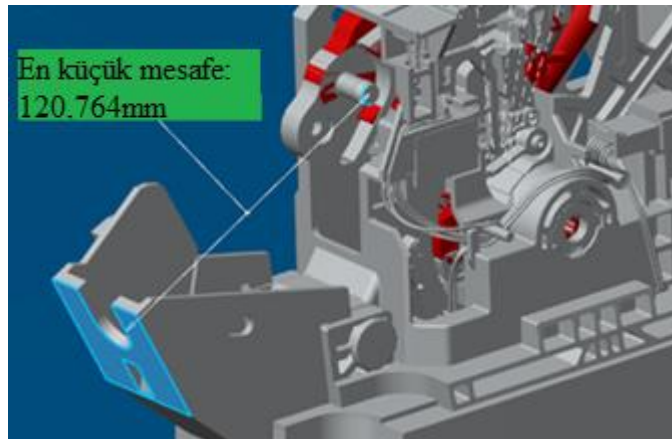
Çizelge 3.1. Örnek bir VKK’su boyları

	UZUNLUK [mm]		
	KOKPİT TARAFI	TRANSMİSYON TARAFI	TOPLAM
GEÇİRİCİ KABLO (SH)	245	643	888
SEÇİCİ KABLO (SE)	280	679	959



Şekil 3.1. Örnek manuel vites kumanda kablosu

Kumanda kablosunun (otomatik vitesleri için P, R, N, D ve manuel vitesler için 1, 2, 3, 4, 5, 6) konumlarına geldiklerinde, meydana gelecek boy değişimleri otomotiv üreticisinin kumanda mekanizması veya şanzıman tasarımı göre belirlenir. Aşağıdaki Şekil 3.2’de mesafenin araç içerisinde nasıl alındığı ve Çizelge 3.2’de bir vites kumanda kablosunun, her kablo konumunda kokpit tarafında aldığı mesafeler belirtilmiştir.



Şekil 3.2. Vites kumanda kablosunun kokpit tarafındaki cable-out mesafesi (Ficosa Otomotiv 2016)

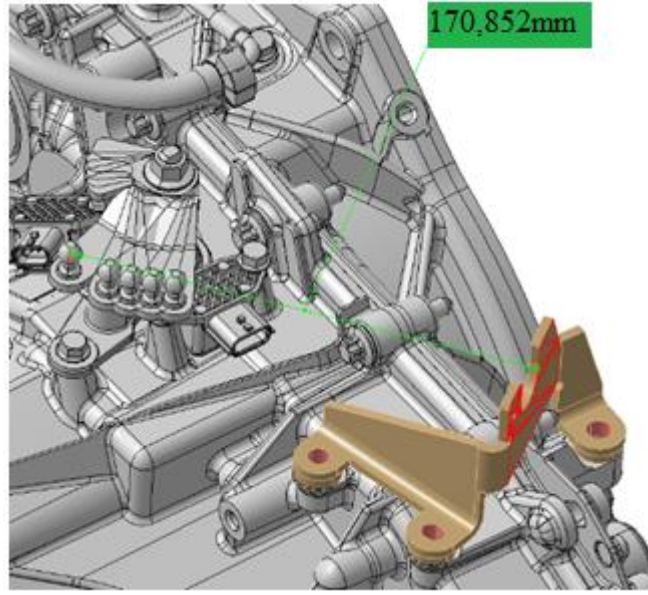
Çizelge 3.2. VKK farklı vites pozisyonlarındaki boyları

Kablo	Pozisyon	CaEF ile CoEF Arası Montaj Noktaları Mesafesi	Hareket Yönleri	Kablunun Eksende Aldığı Mesafe
SH	1 - 2	120,744	N > 1 - 3 - 5	+34 mm
	3 - 4	137,571	N > 2 - 4 - 6	-34 mm
	5 - 6	146,846	-	
SE	1 - 3 - 5	155,947	N > 1 - 2	+17,5 mm
	2 - 4 - 6	164,29	N > 5 - 6	-8,5 mm

Yukarıda belirtilen tabloda, vites kumanda mekanizmasındaki kılıf sonu sabitleyicilerinin montajlanacağı braket noktası ve kablo sonu sabitleyicilerinin montajlanacağı pinler ile arasındaki mesafe verilmiştir. Genelde cable-out adı ile adlandırılan bu uzaklık kimi otomobil üreticilerinde “Protrusion Length” (girişim uzunluğu) olarak da adlandırılır. Bu mesafe, vites kumandasının her pozisyonunda değişkenlik göstermektedir. Brakete montajlanan kılıf sonu sabitleyicisinin sabit olması sebebiyle, kumanda mekanizmasının yapacağı hareketi CaEF’teki metal çubuk ile CoEF’teki salınım tüpünün (swivel tube) uzunluğu belirleyecektir.

İkinci sütunda yer alan mesafeler ise, vitesin her bir geçişinde kablo sonu sabitleyicilerinin kat edeceği mesafeyi tayin etmektedir.

Vites kumanda mekanizması tarafında alınan bu yollar, kablunun yük iletim verimi dikkate alınarak şanzıman tarafına iletilir. Çoğunlukla kumanda mekanizması ile şanzımanın kat ettiği mesafeler birbirine yakın olmasına rağmen, kablodaki boşluklar, sürtünmeler, esnemeler ve sönümlenmelerden kaynaklı yük kaybı olacağı için farklılıklar meydana gelme ihtimali bulunmaktadır. Aşağıdaki Şekil 3.3’te mesafenin araç içerisinde nasıl alındığı ve Çizelge 3.3’te bir otomatik vitesin, her kablo konumunda şanzıman tarafında aldığı mesafeler belirtilmiştir.



Şekil 3.3. Vites kumanda kablosunun şanzıman tarafındaki ara mesafesi (Ficosa Otomotiv 2016)

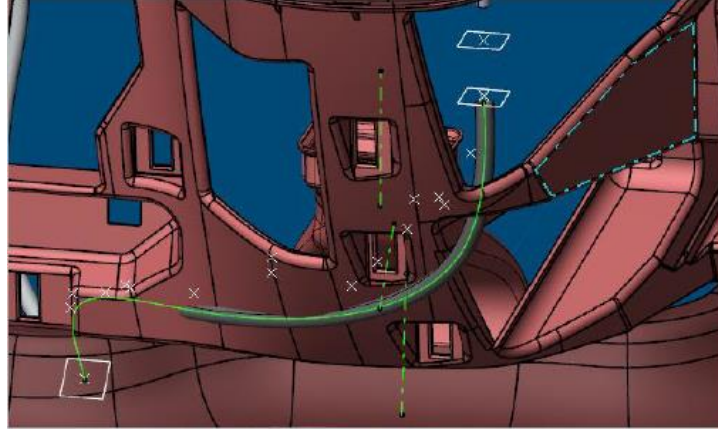
Çizelge 3.3. Otomatik VKK farklı vites pozisyonlarındaki boyları – 2

Kablo	Pozisyon	CaEF ile CoEF Arası Montaj Noktaları Mesafesi	Hareket Yönleri	Kablonun Eksende Aldığı Mesafe
SH	1 - 2	196,55	N > 1 - 3 - 5	+34 mm
	3 - 4	178,59	N > 2 - 4 - 6	-34 mm
	5 - 6	169,3	-	
SE	1 - 3 - 5	160,65	N > 1 - 2	+17,5 mm
	2 - 4 - 6	151,9	N > 5 - 6	-8,5 mm

3.1.2. Kablonun Araç İçindeki Konumunun Belirlenmesi

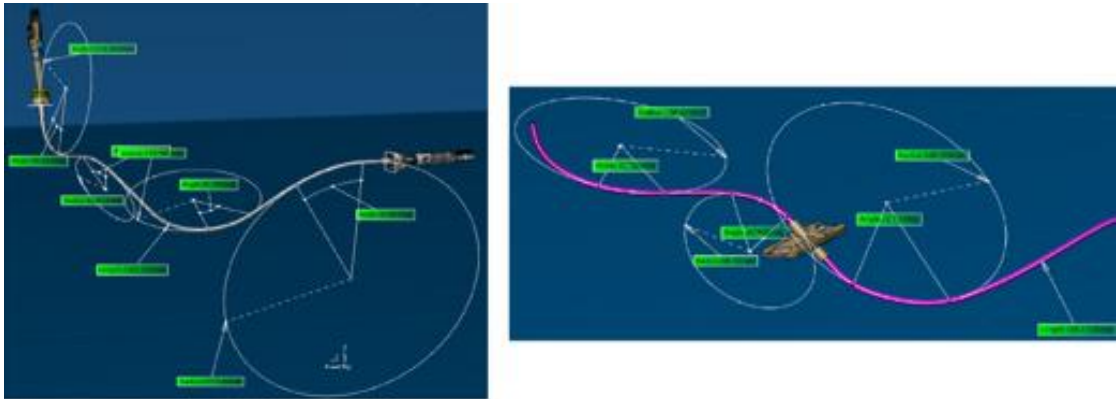
Konunun başlarında da belirtildiği üzere, vites kumanda mekanizmasının ve kablosunun araç içerisinde alacağı rota, kaput altı sistemlerinin varlığı dikkate alınarak otomobil üreticisi tarafından tayin edilir. Kablonun alabileceği rota kabataslak bir şekilde üç boyutlu bilgisayar destekli programlarda belirtilir. Otomotiv endüstrisinde çoğunlukla CATIA, Siemens NX, Solidworks gibi CAD programları kullanılır. Otomotiv üreticilerinin tasarlanacak vites kumanda kablosu hakkındaki bilgi ve tecrübesi kablo üreticileri kadar fazla olmadığı için müşteriden teslim alınan bu veriler tedarikçi tarafından kontrol edilip iç kablo ve kılıf malzemeleri ve tasarımı göz önüne alınarak

gerçeğe daha da yakınlaştırılarak hesaplamalar bu rota üzerinden yapılır. Aşağıdaki örnekte (Şekil 3.4), araç konsoluna göre vites kumanda kablosunun alacağı rotanın tayini belirtilmiştir. Bu işlem hem geçirici hem de seçici kablo için ayrı ayrı yapılmalıdır.



Şekil 3.4. VKK araç içindeki konsola göre konumunun belirlenmesi
(Ficosa Otomotiv 2016)

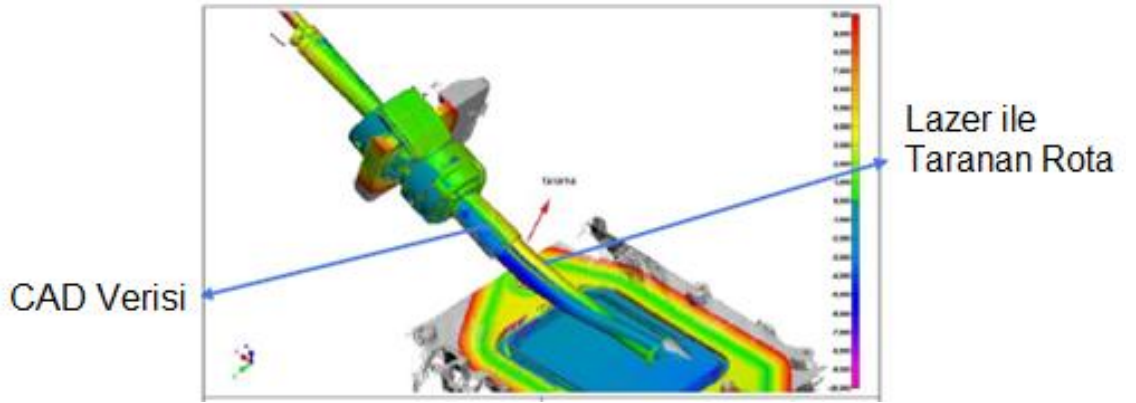
Örneğin, yukarıdaki şekilde vites kumanda mekanizmasından başlayarak şanzımana kadar ulaşacak kablonun rotası, araç konsolu dikkate alınarak tayin edilmeye çalışılmıştır. Kumanda kablosunun, konsol ile yapacağı teması minimuma indirebilmek amacıyla kılıf boyu ideal olarak belirlenecek ve bu boyda yapacağı eğilme ve/veya bükülmeleri minimuma indirebilecek iç kablo ve iç tüp konfigürasyonu seçilecektir. Şekil 6.5'te vites kumanda kablolarının en küçük eğilme yarıçaplarının tayin edilmesi amacıyla CAD programında yapılan çalışma belirtilmiştir.



Şekil 3.5. VKK en küçük eğrilik yarıçaplarının belirlenmesi için CAD analizi
(Ficosa Otomotiv 2016)

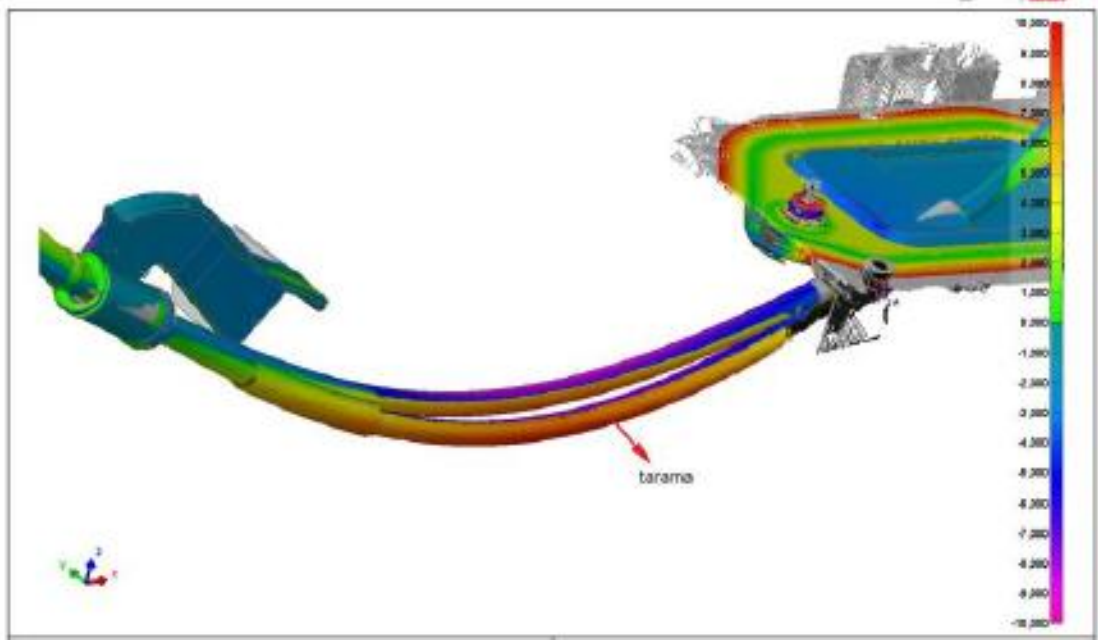
Kabataslak olarak otomobil üreticisi tarafından teslim alınan veriler, kumanda kablosunun gerçek hayatta alabileceği ideal rota vites kumanda tasarımcısı tarafından belirlenerek rota analizi çalışmalarına başlanacaktır.

Her ne kadar tecrübeli veya çalışmaya hâkim olursa da günümüz teknolojisi ile kablunun rotasını %100 tayin ederek analizlerin sapmasız bir şekilde tamamlanması maalesef mümkün değildir. Yapılan analizlerin %95'lik kısmı gerçek hayatı birebir yansıtıyor olsa da bazı zorlu durumlarda kumanda kablosunun alacağı rotaya karşı vereceği tepkiyi öngörmek mümkün olmamaktadır. Bu gibi durumlarda analizlerde belirlenen boylara uygun şekilde ilk örnek kablolar üretilir ve kablunun CAD programlarındaki rotasından farklı yol alacağı belirlenen noktalar simüle edilir. Ardından, 3D lazer tarama cihazları ile kablo rotası belirlenir ve bu veriler CAD programına geri aktarılarak kablunun nihai rotası belirlenmiş olur. Şekil 3.6 ve Şekil 3.7'de teori ve gerçek karşılaştırması gösterilmektedir.



Şekil 3.6. VKK 3D lazer tarama sayesinde CAD ile karşılaştırılması

Yukarıdaki ilk örnekte görüldüğü üzere kılıf sonu sabitleyici eleman katı bir cisim olarak düşünülerek kılıf rotası gromet bacasına montajlanabilmesi için bacaya yakın bir noktada kavis almıştır. Fakat kauçuk parçaların esnekliğinden dolayı (sabitleyici içerisindeki darbe sönümleyici damperlerin ve grometin hammaddesi) mesnetin açısı değişmiş ve kılıf kendi rotasını almıştır.

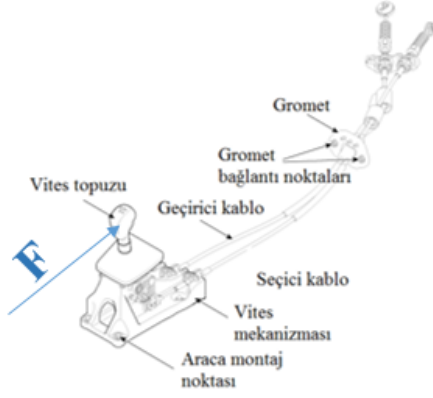


Şekil 3.7. VKK 3D lazer tarama sayesinde CAD ile karşılaştırılması - 2

Üstteki ikinci örnekte ise kılıf tahmin edilenden fazla salınım yaparak minimum eğilme açısında artış meydana gelmiştir. Bu artışın meydana gelmesindeki başlıca etmenler kılıf ceketinin esnek bir hammadde olması ve katı bir cisim olarak düşünülemez olan kablunun kendi doğal rotasını almaya çalışmasıdır.

3.1.3. Kablunun Taşıyacağı Yüklerin Belirlenmesi

Vites kumanda kablosunun, vites topuzundan uygulanarak şanzımana kadar iletilecek olan yükler, otomobil üreticisine, ürettiği aracın kullanım yerine ve otomobilin kullanıcı kitlesine göre farklılıklar göstermektedir. Birden fazla markanın ve modelin belirlemiş olduğu yükler projeden projeye farklılıklar göstermektedir. Tasarıma başlamadan önce belirlenen bu yüklere göre iç kablunun konfigürasyonu, malzemesi, kablo ve kılıf sonu sabitleyicilerindeki plastik ve metalik malzemelerin seçimi yapılmalıdır. Aşağıdaki Şekil 6.8'de yük uygulama noktası ve uygulanacak yük miktarları örneği görülebilir.



VKK GENEL ÇEVİRİM ve YÜK DEĞERLERİ	ÇEVİRİM SAYILARI (adet)	YÜK (N)
	80.000 - 100.000	40 - 60
	170.000 - 230.000	80 - 120
	130.000 - 170.000	130 - 170
	30.000 - 70.000	175 - 225
	10 - 20 (yüksek yük)	300 - 400
	750 - 1.250 (min. - maks. Sıcaklık)	125 - 175

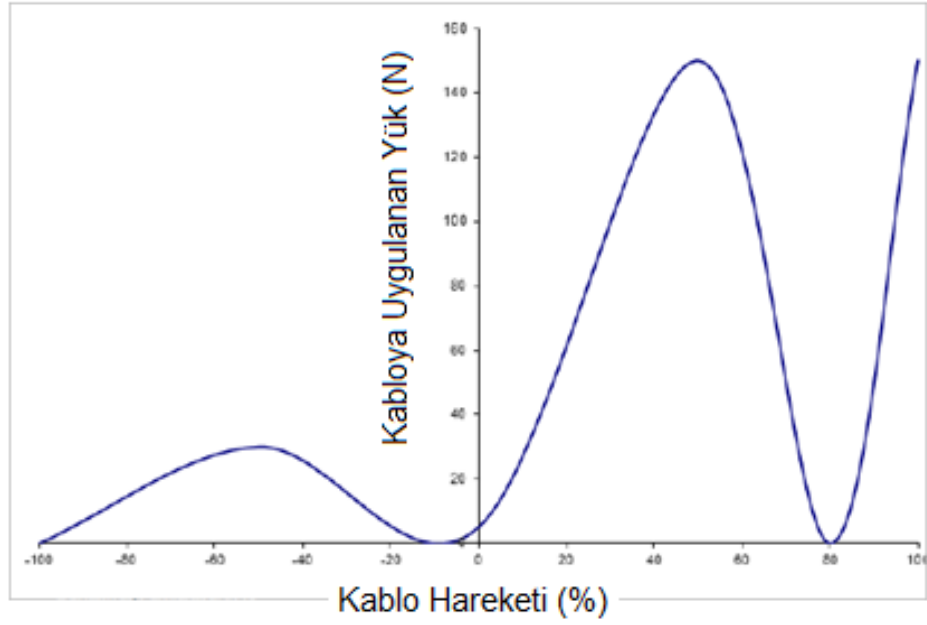
Şekil 3.8. VKK yük uygulama noktası ve gereken yük değerleri
(Ficosa Otomotiv 2014)

Yukarıda örnek olarak bir otomobil üreticisinin, vites kumanda kablosunun taşınması için Yük Uygulama Noktası'na (Force Application Point – FAP) uygulanması gereken yük ve bu yüklerin toplam kaç çevrim boyunca uygulanacağı belirtilmiştir.

Tablodan belirtilen yükler FAP'tan uygulandığı takdirde kabloya gelecek olan yük hesaplanması için değerin vites oranı (ratio) ile çarpılması gerekmektedir. Uygulanan bu yük, vites mekanizmasındaki metal çubuk aracılığı ile moment kuvveti ile iletileceğinden otomobil üreticisi tarafından belirlenmiş ratio değeri ile çarpılır. Ratio'nun belirlenmesi otomobil üreticisinin kararına bırakılabileceği gibi vites mekanizması üreticisinin tasarımına bağlı olarak da değişebilir.

Yukarıdaki örnekte vites oranını 2,78 olarak alırsak eğer kabloya sırası ile $50 \times 2,78 = 140$ N'dan başlamak üzere $200 \times 2,78 = 556$ N'a kadar artmaktadır. Ömür testinde uygulanan bu yüklerin haricinde kablonun kırılma dayanımını test etmek için de çevrim adedi 10 olan $350 \times 2,78 = 973$ N'luk yük uygulanmaktadır. Yük ve kablo hareketi Şekil 3.9'da gösterilmiştir.

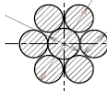
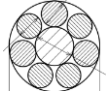
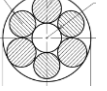
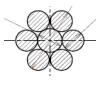
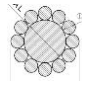
İç kablo ve kılıf seçiminde en belirleyici faktörler başlangıç performans testleri (verimlilik, sürtünme, backlash, stiffness) olsa da kablonun kırılma dayanımı da önemlidir. Normal operasyonel ömür testinin haricinde yapılan bu testler, kablonun aşırı durumlarda taşıyabileceği en fazla yükü tayin etmek adına kullanılır.



Şekil 3.9. 1 çevrim süresince uygulanan yük ile kablunun hareketi

Aşağıdaki Çizelge 3.4'te de görüleceği üzere, iç kabloyu oluşturan elemanların malzemesine, çapına ve sarım sayısına bağlı olarak dayanabileceği yük değişiklik göstermektedir. Örneğin, merkez telin ve dış çapın en yüksek olduğu (1,4 ve 3,30 mm) iç kablunun dayanabileceği maksimum yük 1800 N iken merkez telinin çapı 0,80 mm ve dış çapının 2,3 mm olduğu iç kablunun dayanabileceği maksimum yük 650 N'dur. Bu değerler standart test düzeneklerinde belirlenmiş olup, testin yapıldığı sıcaklığa, kablunun araç üzerindeki rotasına bağlı farklılıklar göstermektedir.

Çizelge 3.4. Farklı iç kablo türlerinin karşılaştırmalı özellikleri

TÜR	Inox	Galvaniz	Galvaniz	Inox	Inox
BOYUT	Büyük ~ 3,3	Büyük ~ 3,3	Büyük ~ 3,3	Küçük ~ 2,3	Küçük ~ 2,3
GÖRSEL					
ANA TEL	AISI 302-304	SWO-B	SWO-B	AISI 302-304	AISI 302-304
MALZEME NORMU	Grade 1770 Mpa	Grade 1770 Mpa	Grade 1770 Mpa	Grade 1770 Mpa	Grade 1750 Mpa
DIŞ TELLER	AISI 302-304	SWRH 72A Class B	SWRH 72A Class B	AISI 302-304	AISI 302-304
MALZEME NORMU	Grade 1770 Mpa	Grade 1770 Mpa	Grade 1770 Mpa	Grade 1770 Mpa	Grade 1900 Mpa

Otomatik vitesli araçlarda vites topuzuna gelen yükler manuel vitesli araçlardan daha az olduğu için genellikle maliyet ön planda olmak üzere daha düşük yüklere dayanabilen kablolar tercih edilmektedir. Hem kullanım sürecindeki çevrim sayıları düşük hem de vites kumanda kablosunun kullanım frekansı fazla olmadığı için yüksek dayanıma sahip kablolar kullanılarak maliyetin yükseltilmesi tercih edilmez. Manuel vitesli araçlarda ise durum tam tersine işlemektedir. Müşteri şartnamesindeki yüklere dayanabilecek kablo seçilip final kablo tasarımına adapte edilmediği sürece maliyet göz önünde bulundurulmaz.

3.1.4. Kablo Çevresi Gereksinimleri




Vites topuzundan aktarılacak yüksek yüklere dayanabilecek kablo belirlendikten sonra, kablonun kılıfını negatif etkileyecek kaput altındaki diğer etmenler dikkate alınır. Bunlar, sıcaklığa karşı korumak için termal ısı tüpleri, mekanik etkileri sönmek amaçlı kauçuk koruyucu tüpler, yol şartlarına bağlı olarak kaput altı mekanizmalarını olumsuz etkileyebilecek toz ve/veya sıvıya karşı sızdırmazlık önlemleri.

Araca bağlı olmayan dış etmenlerin dışında, otomobil hareket halindeyken meydana gelen çalışma sıcaklığı (operating temperature range), otomobil kapasitesinin en üst seviyesinde iken karşılaşılan doruk sıcaklığı (peak temperature) araçta kullanılacak olan plastik ve kauçuk malzemeleri seçmekte büyük rol oynar.

Çalışma sıcaklığı, her zaman olmasa da çoğu zaman otomotiv üreticisi tarafından belirlenen sabit bir değerdir. Bu durumlarda şanzıman tarafı (transmission side) çalışma sıcaklığı çoğunlukla kokpit tarafından (shifter side) yaklaşık 40 – 45°C daha sıcaktır. Bu durum, kokpit ve şanzıman tarafında kullanılacak olan malzemelerin seçiminde farklılıkların ortaya çıkmasına sebebiyet verir. Malzeme seçiminde, tüm rolü sıcaklık etmeni üstlenmese de etkisi büyüktür. Sıcaklığın yanında, kullanılan ürünlerin mekanik özellikleri, aşınma dirençleri, korozyona dayanımları, üretilebilir olması ve maliyeti gibi etmenler bulunmaktadır.

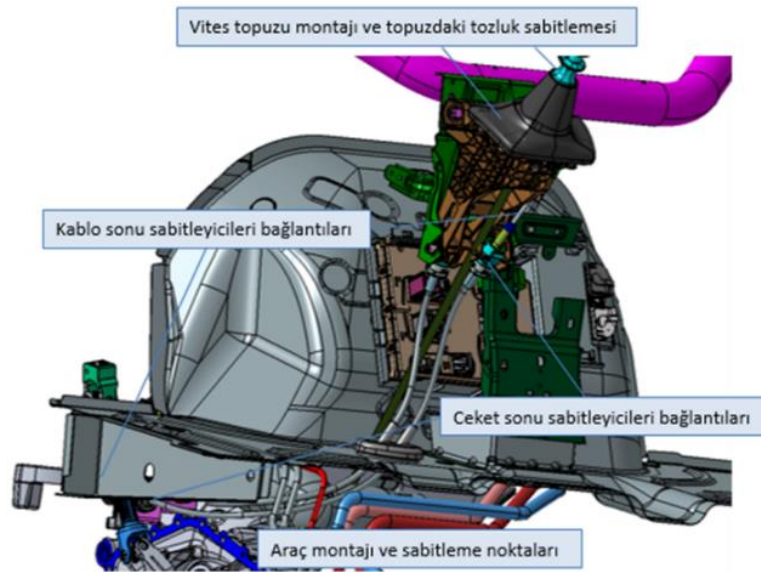
Vites kumanda kablosunu sıcaklık ve mekanik özelliklerden koruma amaçlı kullanılan tüplerin, sıcaklığa olan dayanımlarının karşılaştırması aşağıdaki Çizelge 3.5'te belirtilmiştir.

Çizelge 3.5. Farklı ısı koruyucu tüp türlerinin karşılaştırmalı özellikleri

GÖRSEL	MALZEME AÇIKLAMASI	ÇALIŞMA SICAKLIĞI	YÜKSEK SICAKLIK DAYANIMI	AŞINMA DİRENCİ
	Alüminize silikon kaplı fiberglas örgü	-70°C to 235°C	300°C	ÇOK İYİ
	Alüminize doymuş polyester örgü	-25°C to 150°C	180°C	ORTA İYİ
	Alüminyum kaplamalı örgü	-40°C to 250°C	-	KÖTÜ

3.1.5. Bağdaştırıcılar & Arabirimler

Bir vites kumanda kablosunun tasarımı ve otomobile montajı için otomobil üreticisi tarafından belirlenmiş olan montaj elemanları ve pozisyonları bulunmaktadır. Bu elemanlar, bir otomobili baştan sona inşa ederken, her üründen tam verim almak üzere, konumlandırıldıkları pozisyonlarda araçlara en üst verimi sağlaması amacıyla otomobil üreticileri tarafından belirlenmektedir. Şekil 6.10'da araç kokpit ve motor tarafının ayrımı ve sabitleyici pozisyonlarının CAD görüntüleri bulunmaktadır. Tüm çalışır mekanizmaların araç içerisindeki konumuna bağlı olarak etkinlikleri değişeceği gibi, vites kumanda kabloları da bu durumdan etkilenmektedir.



Şekil 3.10. Bir aracın iç tasarımı ve elemanlarının pozisyonlamaları

Vites kumanda kablosunun pozisyonunu ve rotasını belirlenmesinde görev alan en önemli 4 adet madde sırası ile aşağıda verilmiştir; (Bkz. 7.1.2 Kablonun Araç İçindeki Konumunun Belirlenmesi)

- Araç montajı ve sabitleme noktaları (Kauçuk ile yalıtım ve sabitleme tipleri vs.)
- Vites topuzu montajı ve topuzdaki tozluk sabitlemesi
- Kablo sonu sabitleyicilerin bağlantıları (Shift ve Select)
- Kılıf sonu sabitleyicileri bağlantıları (Shift ve Select)

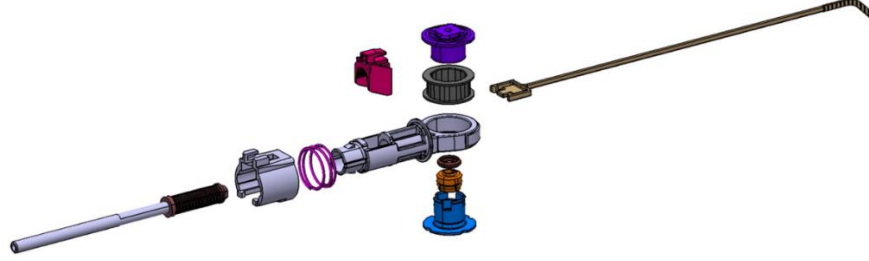
Geliştirmeye alınan her yeni vites kumanda kablosu projesinde, bu tarz tasarımlar gözden geçirilerek hem performans hem de maliyet açısından iyileştirmeler yapılmaktadır. Yukarıda belirtilen kıstasların haricinde, arabirim elemanlarından beklenen mekanik performanslar da gün geçtikçe artmaktadır. Meydana gelen bu artışın öncelikli sebebi, montajının kolay ve demontajının zorlu olmasıdır. Bu sayede, araç inşa edilirken montajı yapılacak olan vites kumanda kablosu kolaylıkla araca monte edilebilecek iken çalışması esnasında üzerine gelecek beklenmedik yüksek yüklere de dayanıklı olacaktır. Aşağıdaki tabloda farklı bağlantı birimlerine montajlanabilen ve mekanik performansları birbirinden farklı olan birkaç sabitleyici elemanını örneği verilmiştir;

3.1.6. Sistem Ayarlanabilirliği

Sistem ayarlanabilirliği, her otomotiv üreticisi tarafından talep edilmese de kimi üreticiler tarafından sistemin kilitlenmesi (montajlanması) için gerekli olan yön ve pozisyon belirlenir. Bu bilgi, vites kumanda kablosunu teknik olarak etkilemekten ziyade, otomotiv imalatçısının üretim sahasındaki akış yönüne bağlı olarak meydana gelecek ayarlamalardır.

Bu maddeye örnek olarak, mesafesi ayarlanabilir kablo sonu sabitleyicileri (adjuster cable end fittings) örnek olarak gösterilebilir. Ayarlanabilir kablo sonu sabitleyicileri, iç kablonun krimplediği dişli shaft parçasının sabitleyici içerisinde serbest şekilde hareket etmesine imkân sağlayan bir mekanizmadır. Bu mekanizmanın, şanzıman tarafında mı yoksa kokpit tarafında mı kullanılacağı otomotiv üreticisi tarafından, kendi araç üretim hattı göz önünde bulundurularak belirlenir. Erişimin zor ve montajın zahmetli olduğu

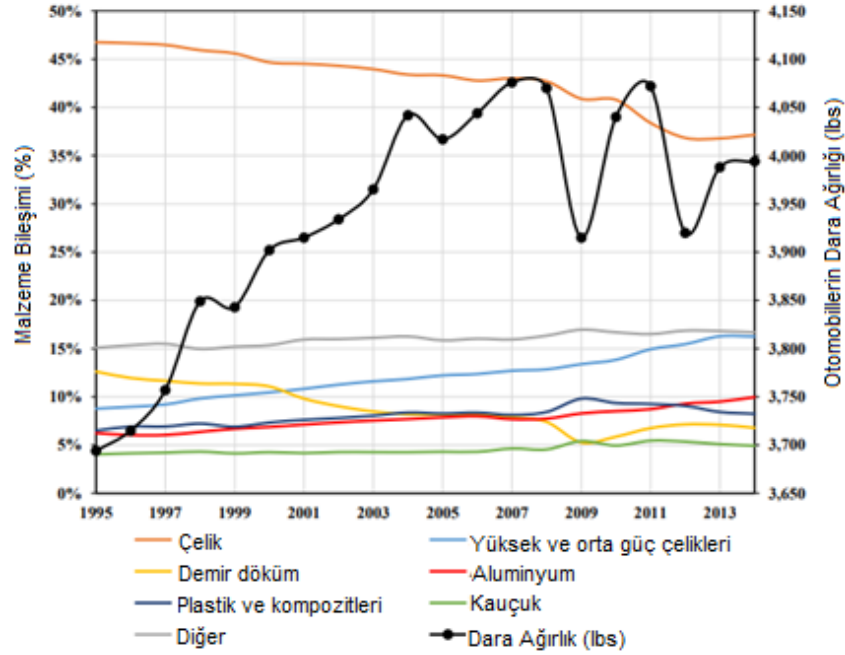
noktalarda ayarlanabilir CaEF kullanılarak pozisyon ayarlama işlevi daha rahatlıkla uygulanabilir. Örnek ayarlanabilir kablo sonu sabitleyicisi Şekil 3.11’de görülmektedir.



Şekil 3.11. Örnek bir ayarlanabilir kablo sonu sabitleyicisi (CaEF)

3.1.7. Sistemin Hedef Ağırlığı

Birçok otomobil üreticisi, ürününü tasarlarırken motorundan alacağı verim, otomobilin yol tutuşu, sürüş esnasındaki yakıt verimliliği, çevresel koşullar (emisyon vs.) gibi kriterleri göz önüne alarak her yarı – mamul parçasına bir hedef belirlemek durumundadır. Teker teker belirlenen bu ağırlıklar, aracın tümüne baktığımız zaman büyük bir kütle meydana getirmektedir. Detaylar aşağıdaki Şekil 3.12’de görülmektedir.



Şekil 3.12. Otomobil hedef ağırlık yüzdelerinin tarihsel değişimi

Vites kumanda kablosunun uyması gereken hedef ağırlık da otomotiv üreticisi tarafından belirlenerek, tedarikçilere bildirilen bir başka koşuldur. Önceki konu başlıklarında belirtilen kıstaslar (mekanik performanslar, sıcaklık dayanımları, konfor sağlayıcı yardımcılar) kadar etkisi bulunmamaktadır.

3.1.8. Standartlar

Vites kumanda kablosu üretimi ve kullanımı esnasında önceki konu başlıklarında belirtilen kablonun mekanik performansını belirleyici şartnamelerin haricinde, tekil olarak birçok elementin bağlı olması gereken standartlar vardır. Bu standartlar aşağıdaki şekilde ikiye ayrılabilir;

- Dış Kaynaklı Standartlar: Dünya genelinde kabul görmüş malzeme, kaplama standartlarıdır (DIN, EN, ISO, OIML, ASTM, AIS vs.)
- Otomotiv Üreticisine ait Standartlar: Dünya genelindeki standartların yanında, üreticiler de kendi standartlarını belirleyerek, tasarlanan / geliştirilen ürünlerin bu standartlara uygun olmasını talep etmektedir (VDA, DBL, TIS vs.)

Yukarıda belirtilen bu standartlar otomotiv üreticisi ile proje başında karşılıklı anlaşarak yapılacak olan bu tasarımın, gerekli olan tüm standartlara uygun olması gerekmektedir.

3.2. Vites Kablo Tasarımı Aşamasında Yapılan Teorik Hesaplamalar

Vites kumanda kablosu tasarımına başlamadan önce, otomotiv üreticilerinin paylaştığı ve tasarımın bel kemiğini oluşturan kıstaslar yukarıda detaylı bir şekilde belirtilmiştir. Belirtilen bu detaylar, otomotiv üreticisinin belirlemiş ve vites kumanda kablosu tedarikçilerine sunulmuştur. Her ne kadar sunulan bu değerler ve verilerin sağlanmasında vites kablosu üreticileri sorumlu olsa da, araç konumuna, kablo özelliklerine ve seçilecek olan malzemelere göre teorik hesaplar yapılarak, geliştirilmesi gereken noktalar belirlenebilir.

Nono ve arkadaşları (2006) çalışmalarında sonlu elemanları analiz yöntemi ile vites kumanda kablolarının analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Araç pozisyonuna göre rotasını alan VKK'nın elastiklik ve lineer olmayan özelliklerini içeren sonlu elemanlar modeli

oluşturulmuştur. Bu model, vites ömür performansının tahmin edilmesi amacıyla kullanılacaktır.

Otomotiv üreticisinden gelen veriler incelendikten sonra, verilerin işlenmesi amacıyla kullanılması gereken birkaç teorik hesaplama yöntemi mevcuttur. Bu yöntemler, vites kumanda kablolarının mekanik karakteristiklerini ortaya çıkartmak, kablo, araç rotasının şeklini aldığı zaman üzerine gelecek eğilme & burulma yüklerini hesaplamak, kabloya uygulanacak yük ile meydana gelecek değişiklikleri öngörmek işleviyle kullanılır.

Ek olarak, kablo konfigürasyonu için belirlenmiş olan seçimlerin (iç kablo malzemesi ve çapı, kılıf iç tüp malzemesi ve çapı vb.) kablonun fonksiyonel performanslarını (verimlilik, sürtünme gibi) teorik hesaplamalar ile öngörmek mümkündür. Yapılacak olan teorik hesaplamalar ışığında, belirlenen konfigürasyonun uygunluğu kontrol edilir. Ortaya çıkan sonuçlara bağlı olarak da vites kumanda kablosu tasarımında, iç kablo ve kılıf boylarında, malzeme seçiminde düzeltmelere gitmek gerekebilir. Bunun yanı sıra, otomotiv üreticisine bağlı olarak, sağlanması istenen mekanik performans değerinin üzerinde bir sonuç ile karşılaşılacağı tahmin edilirse, kumanda kablosu fiyatında düşüşe gitmek için az önce bahsedilen kıstaslarda değişiklik yapabilme imkânı ortaya çıkabilmektedir.

Bu teorik çalışmalar konu başlıkları halinde aşağıdaki şekilde belirlenebilir;

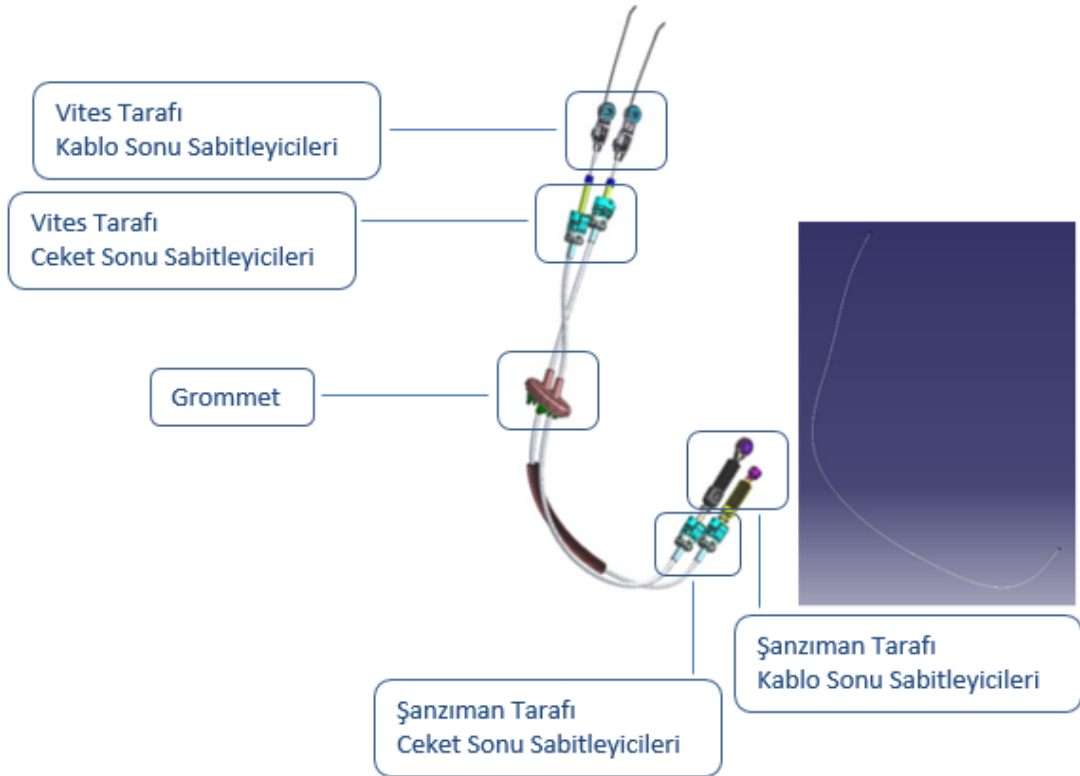
1. Makro Yardımı ile Teorik Rota Hesaplaması
2. Geometrik Rota Kontrolü
3. Teorik VKK Verimlilik Analizi
4. Teorik VKK Ömür Analizi
5. Teorik Xi Hesaplaması

3.2.1. Makro Yardımı İle Teorik Rota Hesaplaması

“Route Macro” araçta kurulacak olan vites kumanda kablo rotası üzerinde meydana gelen eğilme ve bükülme yarıçaplarını hesaplamaya yarayan, CATIA CAD programı altyapısı ile çalışan bir teorik hesaplama metodudur. Detayları aşağıda açıklanacak olan bu metot, vites kumanda kablosu bağlayıcı ve sabitleyici elemanları (kılıf sonu sabitleyicileri,

gromet, (varsa eğer) braket) araç içerisindeki pozisyonlarında konumlandırıldıktan sonra vites kumanda kablosu kılıfının ve iç kablosunun alacağı yola ve rotaya bağlı olarak meydana gelen minimum eğilme yarıçaplarını hesaplamaya yarar.

Vites kumanda kablosunda meydana gelen eğilme yarıçapları ne kadar az ise kabloyu o derecede olumsuz etkileme ihtimali bulunmaktadır. Bunun sebebi, meydana gelen eğilme noktalarında iç kablo ile kılıf iç tüpünün temasının ve buna bağlı olarak sürtünmesinin artmasıdır. Artan bu temas ve sürtünme, vites kumanda kablosunun başlangıç performans karakterlerini de negatif olarak etkilemektedir. Örneğin verimliliği düşürerek vites topuzuna uygulanan yük şanzımana iletilene kadar azalır, sürtünmeyi arttırarak sürücünün topuzdan daha fazla yük uygulamasına sebep olur. Kablonun ömrü bakış açısından inceleyecek olur isek eğer, sürtünmenin fazla olduğu yerlerde plastik iç tüp deformasyona uğrayarak parçalanabilir ve bu durum ileride kabloda boşluk ve ses problemi meydana getirebilir. Çalışmaların yapılabilmesi amacıyla gerekli olan vites kumanda sabitleme noktaları Şekil 3.13'te gösterilmiştir.



Şekil 3.13. Rota analizi için önemli elemanlar ve kablo çizgisi

Yukarıda bahsedilen tüm bu durumları ön görmek amacıyla, vites kumanda kablosu tasarımına öncelikle makro rota çalışması yapılarak başlanması gerekmektedir. Yapılacak olan bu teorik hesaplamada kablonun performansı ve ömrü için öncelikli olan rota, iç kablo ve kılıf konfigürasyonu seçimi hakkında fikir verecektir. Kablo üzerindeki diğer elemanların tasarıma uygunluğu bu durumu etkilemediğinden dolayı makro rota çalışması kapsamına girmemektedir.

Yukarıda gösterilen şekilde, araç rotasındaki konumuna göre şekillendirilmiş bir vites kumanda kablosu ve bu kablonun seçici (select) kablosunun krokisi gösterilmiştir. Resimden de belli olacağı üzere rota makro çalışması vites ile şanzıman tarafı kılıf sonu sabitleyicileri arasındaki kablonun aldığı şeklin çizgisi CATIA programında çıkartılır. Bu rota ilk olarak vites kumanda kablosu tasarımında çok uzman olmayan otomotiv üreticileri tarafından belirlenir. Meydana gelen krokide, mekanik performansı olumsuz etkileyebilecek unsurlar varsa (düşük eğilme yarıçapları, bağlantı noktalarında meydana gelen açılar vb.) bunlar kablo tasarımcıları tarafından düzeltilmeye giderilmek üzere kablo iskeleti üzerinde çalışmalar yapılır.

Ortaya çıkan bu kroki üzerinde, tüm kılıf boyunca belirli mesafeler ile nokta oluşturularak analiz yapılacak konumlar belirlenir. Bu mesafenin belirlenmesi çalışmanın hassasiyetine bağlı olarak değişmektedir. Kablo rotası ne kadar düz ve eğri yarıçapları fazla gözüküyor ise noktaların arasındaki mesafenin dar olması mühim değildir fakat iki nokta arasındaki mesafe ne kadar dar ise kroki üzerinde o kadar nokta olacağı anlamına gelir. Yapılan çalışmalarda bu mesafe çoğunlukla 4 mm olarak kabul edilir.

Vites kumanda kablosunun krokisi ve çalışma yapılacak noktalar ve aralık belirlendikten sonra CATIA programı içerisinde “Curve Macro Spline” adlı makro uygulaması çalıştırılır. Çalışma tamamlandıktan sonra aşağıda görüleceği üzere bir tablo ile sonuçlanır. Böylelikle CATIA programında işlenen veriler Microsoft Office EXCEL programına aktarılmış ve değerlendirilmeye hazır hale gelmiş olur. Her sütundaki verinin detaylı açıklamasına çalışmanın ilerleyen sayfalarında ulaşılabilir.

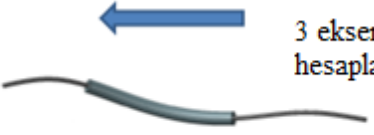
“Radio (mm)” sütununda, kablonun o noktadan geçen eğrisinin yarıçapı hesaplanarak ortaya çıkan değerler belirtilmiştir. Bu eğriler, vites kumanda kablosunun araç rotasındaki şekli aldıktan sonra kabloda meydana gelecek eğilme yarıçaplarını ifade eder ve

belirlenecek olan iç kablo & kılıf konfigürasyonunda büyük rol oynar. Kılıfın uzunluğuna bağlı olarak, kroki üzerinde belirlenen nokta sayılarında değişiklik olur. “Radio (mm)” sütununda sadece 21 adet noktanın yaptığı yarıçap gösterilmiş iken genel olarak bu nokta sayıları 200 ile 250 adet arasında değişiklik göstermektedir.

Vites kumanda tasarımcılarının ürün yelpazesinde bulunan iç kablo ve kılıf seçenekleri bu çalışma sonucunda belirlenen eğilme yarıçaplarına göre şekillenir. Eğilme yarıçapları ne kadar az olur ise, bu eğilmelere dayanıklı olması amacıyla daha esnek malzemeler seçmek önemlidir. Böylelikle zorlu rotalarda çıkabilecek problemler öngörülerek tasarımın ilerleyen aşamalarında problemle karşılaşma ihtimali azaltılır.

Açı İzdüşümü X, Açı İzdüşümü Y ve Açı İzdüşümü Z sütunlarında ise her belirli noktanın, vites kumanda çizgisinin x, y, z eksenlerinde yaptığı açı belirlenir. Çalışmanın ilerleyen safhalarında kullanılmak amacı için ise bu 3 açının bileşkesi alınarak yeni bir sütunda depolanır. Tüm bu açıklamalarda kullanılan veriler Çizelge 3.6’da ve verilerin toplanması esnasında yapılan işlemler Şekil 6.14’te gösterilmektedir.

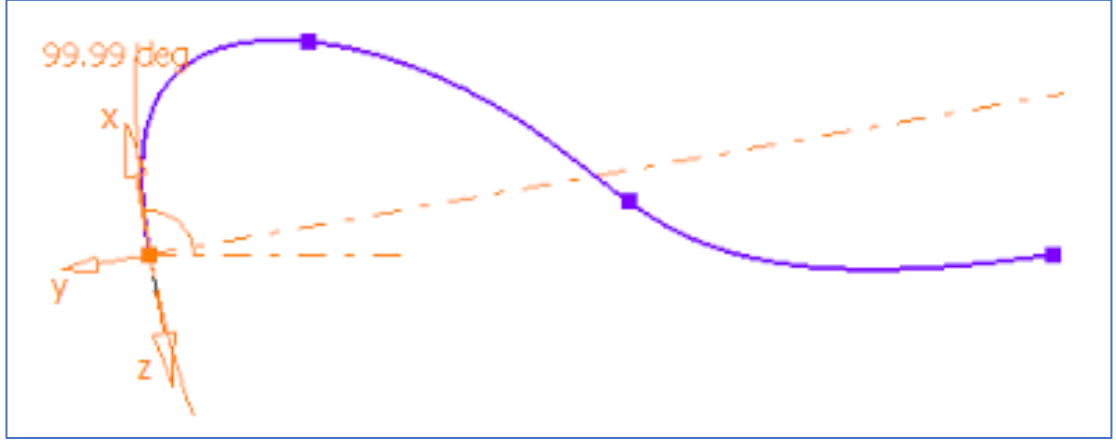
Çizelge 3.6. Rota analizi eğrilerinin 3 eksende gösterimi



Eğri Numaralan	Eğilme Yarıçapı (mm)	Açı İzdüşümü X	Açı İzdüşümü Y	Açı İzdüşümü Z	Hesaplamalarda kullanılacak açı
Eğri 1	1669,4	132,8	54,0	63,9	156,9
Eğri 2	1664,9	132,8	54,0	63,9	156,9
Eğri 3	1647,0	132,7	54,0	63,9	156,9
Eğri 4	1607,9	132,7	53,9	63,9	156,9
Eğri 5	1542,7	132,7	53,9	64,0	156,8
Eğri 6	1450,8	132,7	53,8	64,0	156,8
Eğri 7	1336,1	132,6	53,7	64,0	156,7
Eğri 8	1206,2	132,5	53,6	64,1	156,7
Eğri 9	1070,3	132,5	53,5	64,2	156,6
Eğri 10	956,7	132,4	53,4	64,2	156,5
Eğri 11	812,7	132,3	53,3	64,3	156,4

Hesaplamalarda kullanılacak açılar, X, Y, Z eksenlerindeki açıların vektörel toplamının karekökü sonucunda ortaya çıkmaktadır.

Örnek 1 Örnek 2



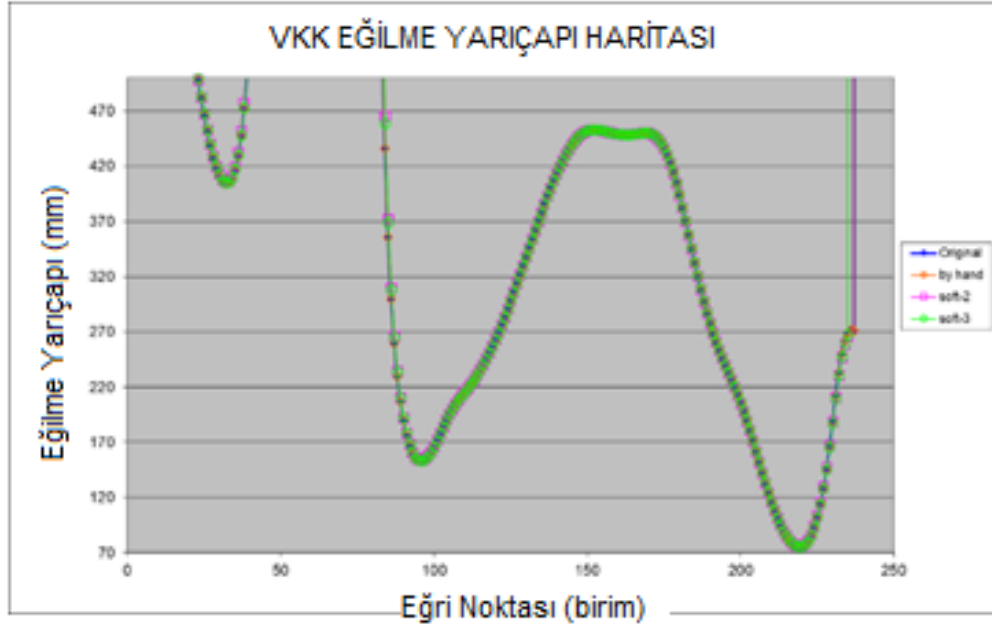
Şekil 3.14. Rota analizlerinde x, y, z eksenlerinde açının belirlenme yöntemi

3.2.2. Geometrik Rota Kontrolü

CATIA programındaki Macro Curve Spline eklentisi yardımıyla işlenen vites kumanda kablo krokisi, Excel verilerine aktarıldıktan sonra geometrik rota kontrolü hesaplamasına geçilir. Bu konu başlığı altında, kısaca kablo rotasındaki eğilme yarıçaplarının, kabloun hangi noktasında artıp hangi noktasında azaldığı irdelenecektir.

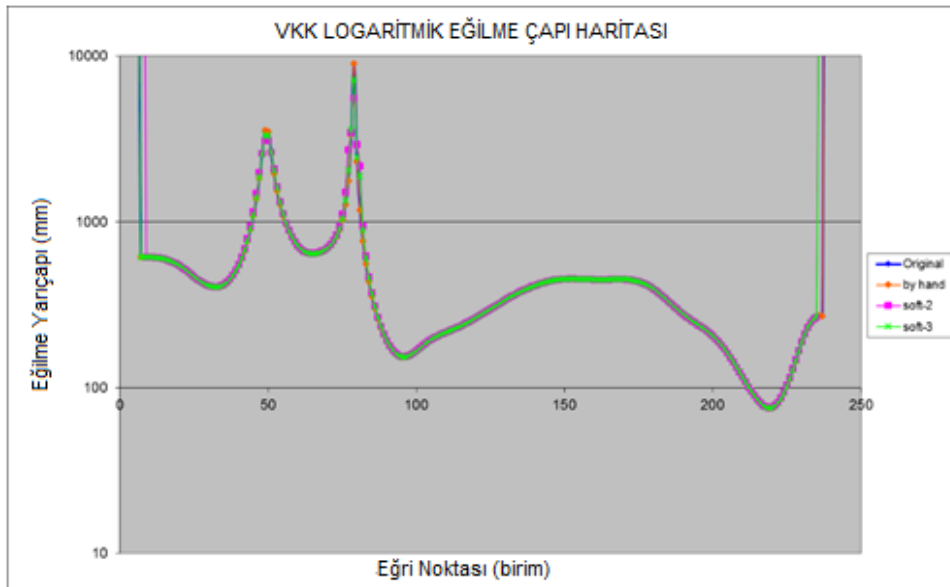
Excel dokümanındaki eğrilik yarıçapı ve kablo uzunluğunun dörtte biri değerinde olan eğrilik noktalarından aşağıdaki görülecek grafikler oluşturulur. Bu grafikler sayesinde, vites kumanda kablosunun kokpit tarafından şanzıman tarafına kadar kabloun oluşturduğu eğrilik yarı çapları görülebilir. Bu işlemin temel amacı, kablo rotasını uzaktan irdeleyip, başlangıç performans değerlerini ve karakteristiğini öngörmektir.

Aşağıdaki örnekte, en düşük eğrilik yarıçapı kabloun vites tarafından yaklaşık 870 mm uzaklıktaki noktada meydana gelmektedir ve değeri yaklaşık 75 milimetredir. Eğilme yarıçaplarına bağlı oluşturulan haritalar Şekil 3.15 ve Şekil 3.16'da (logaritmik) belirtilmiştir.



Şekil 3.15. Rota sonucu eğilme yarıçaplarının kablodaki mesafesine göre değişimi

Yukarıdaki şekil linear ölçek ile hazırlanmış bir şekil iken, logaritmik ölçekte hazırlanan grafik aşağıdaki şekilde görülür. Ortaya çıkan bu grafiklerin, kablo başlangıç performanslarına ne şekilde etki edeceği ilerleyen aşamalarda detaylı olarak irdelenecektir.



Şekil 3.16. Eğilme yarıçaplarının mesafeye göre logaritmik değişimi

3.2.3. Teorik VKK Verimlilik Analizi

Vites kumanda kabloları için oluşturulan krokiler belirlenip, eğrilik yarıçaplarının hangi noktalarda artıp hangi noktalarda azaldığının netleştirilmesinin ardından mekanik performans değerlerinden en öncelikli olan verimlilik ölçümünün yapılması amacıyla teorik hesaplamalara başvurulur.

En düşük eğrilik yarıçapının pozisyonu belirlendikten sonra tüm rota boyunca meydana gelecek sürtünmeler göz önüne alınarak verimlilik hesabı yapılacaktır.

Yapılacak olan işbu verimlilik analizi aşağıdaki Şekil 3.17’de belirtilen formül ile hesaplanır;

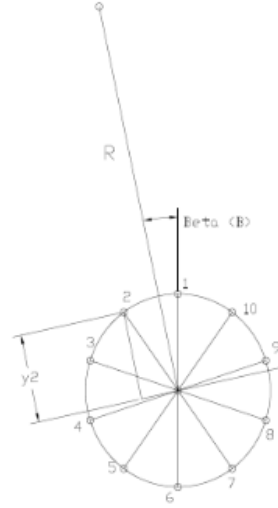
$$\eta = e^{-(\mu \Sigma \theta)}$$

N: Verimlilik değeri

E: Doğal sayı üssü

Mü: Giriş sürtünme katsayısı

To degree: Toplam açı (radyan)



Şekil 3.17. Teorik verimlilik hesaplamasında kullanılan denklem ve şekil

Yapılacak olan verimlilik hesaplamasına, kablunun başlangıç noktasından %100 verimli olacak şekilde başlanır. Rota analizi yapıldığı esnada, kablo krokisinin 4 mm’de bir bölünmüş her bir noktası için verimlilik gittikçe azalır. Bu azalmanın sebebi, vites kumanda kablosunun kokpit tarafından uygulanan yükün kablunun iletim yolu boyunca sürtünmelere ve eğilme yarıçaplarına bağlı değişimidir.

Aşağıdaki tabloda görüleceği üzere, ilk 6 satırdaki verilerin ardından gerçek rotanın analizine başlanır. İlk 6 satırdı, verilerin standart ve stabil olmasının sebebi, kablunun bu noktalarda mesnet adı verilen ürünün içerisinde olması ver herhangi bir açı yapmamasıdır.

Excel dokümanındaki her bir satırdaki hesaplama, kablunun 4'er milimetredeki verim düşüşünün hesaplanması şeklindedir. Kablo rotası tamamlanana kadar yapılan bu hesaplama sonucunda, varsa eğer diğer etmenler de ilave edilerek verimlilik analizi tamamlanmış olur. Diğer etmenlere örnek olarak kablolarda kullanılan körük ve kep verilebilir. Verimlilik analizi detayı aşağıdaki Çizelge 3.7'de detaylı olarak gösterilmiştir.

Çizelge 3.7. Verimlilik hesaplaması için gerekli girdi verileri ve çıktısını gösterimi

GİRDİ Eğilme Yarıçapı (r) veya (R) / mm	mm sn	q derece	Sq açı toplamı	Sq (rad)	Verimlilik değeri (h)	Veriler	Değerler
174,4	28	1,3	1,3	0,02	99,9%	En küçük eğrilik yarı çapı (mm)	62,2
153,3	44	1,5	6,9	0,12	99,6%	Kablo uzunluğu (mm)	792
141,7	48	1,6	8,5	0,15	99,5%	Toplam rota açısı, Sq (grad)	220
105,5	60	2,2	14,4	0,25	99,2%	Girdi verimlilik değeri (h)	90,0%
95,3	64	2,4	16,8	0,29	99,0%	Girdi toplam açısı, Sq (grad)	180
62,2	100	3,7	46,8	0,82	97,3%	Hesaplanan sürtünme katsayısı (m)	0,0335
62,6	104	3,7	50,5	0,88	97,1%	Girdi sürtünme katsayısı (m)	0,0335
117,9	140	1,9	76,7	1,34	95,6%	Girdi açısı Sq (rad)	3,84
135,3	144	1,7	78,4	1,37	95,5%	Verimlilik değeri (h)	87,9%
201,5	156	1,1	82,3	1,44	95,3%	Verimlilik sonucu (h)	86,6%
228,2	160	1,0	83,3	1,45	95,2%	Frekans aralığı (mm)	4,00
257,8	164	0,9	84,2	1,47	95,2%	Körük ve kep etkisi (N)	1,30
1027,1	196	0,2	88,0	1,54	95,0%		
1238,2	200	0,2	88,2	1,54	95,0%		
917,3	216	0,2	89,1	1,55	94,9%		
578,2	232	0,4	90,4	1,58	94,8%		
530,3	236	0,4	90,9	1,59	94,8%		
402,6	252	0,6	92,9	1,62	94,7%		

Körükler, kablunun hareketi esnasında içerisinde biriktirmiş olduğu havanın uyguladığı basınç kuvvetine bağlı sürtünmeyi arttırdığı için verimlilikte düşüşe sebep olur. Kepler ise içerisinden geçen metal çubuğun dış çapından küçük bir iç çapa sahip olduğundan sürtünmeyi arttırarak, verimliliğe negatif etki eder.

3.2.4. Teorik VKK Ömür Analizi

Otomotiv üreticileri için, vites kumanda kablosunun kullanımı için en önemli etmenlerden birisi, gerekli olan ömür testini tamamlayıp tamamlayamayacağıdır. Önceki sayfalarda belirtilen çoğu testin sonucu olumlu sonuçlanmış olsa bile, istenilen çevrimi ve ömrü tamamlayamayan kablolar tercih edilmez. Ömür testi ve performans testlerinin sonuçları her ne kadar birbiriyle bağlantılı gözüküyor olsa da, otomobil üreticisinin şart

koştuğu performans kıstaslarını yerine getiremeyen kablo ömür testini tamamlayabilir. Ayrıca, bu durumun tersi de yaşanma ihtimali olan durumlardan biridir. Tüm başlangıç performanslarını başarıyla tamamlayan bir vites kumanda kablosu, çalıştığı esnada özellikle iç kablosunda meydana gelen aşınmalar ve yorulmalardan dolayı deformasyona uğrayarak, ömür testini tamamlayamayabilir.

Vites kumanda kablosunun 3 boyutlu verisinin incelenmesine en küçük eğrilik yarıçapı hesaplanarak başlanmış ardından verimlilik analizi yapılmıştır. Bu ilk iki analiz yöntemi, kablonun başlangıç performansını öngörebilmek amacıyla kullanılmış olan yöntemlerdir. Bu konu başlığı altında incelenecek olan yorulma dayanımı ise, vites kumanda kablosunun ömrü boyunca yapacağı çevrimler göz önünde bulundurularak, belirlenmiş olan çevrim sayısını tamamlayıp tamamlayamayacağını öngörür.

Her çalışmada olduğu gibi öncelikle CATIA programında çalıştırılmış olan Routing Analysis makrosundan çıkan veriler Excel programına aktarılır. Burada en önemli etmen, 4'er milimetre ile ayrılmış her kablo parçasının yapmış olduğu eğrilik yarıçaplarıdır. Giriş verisi olarak kullanılacak olan işbu rota analizine, vites kumanda kablosunun ömür performansın etkileyen diğer etmenler bir sonraki sayfada ilave edilecektir.

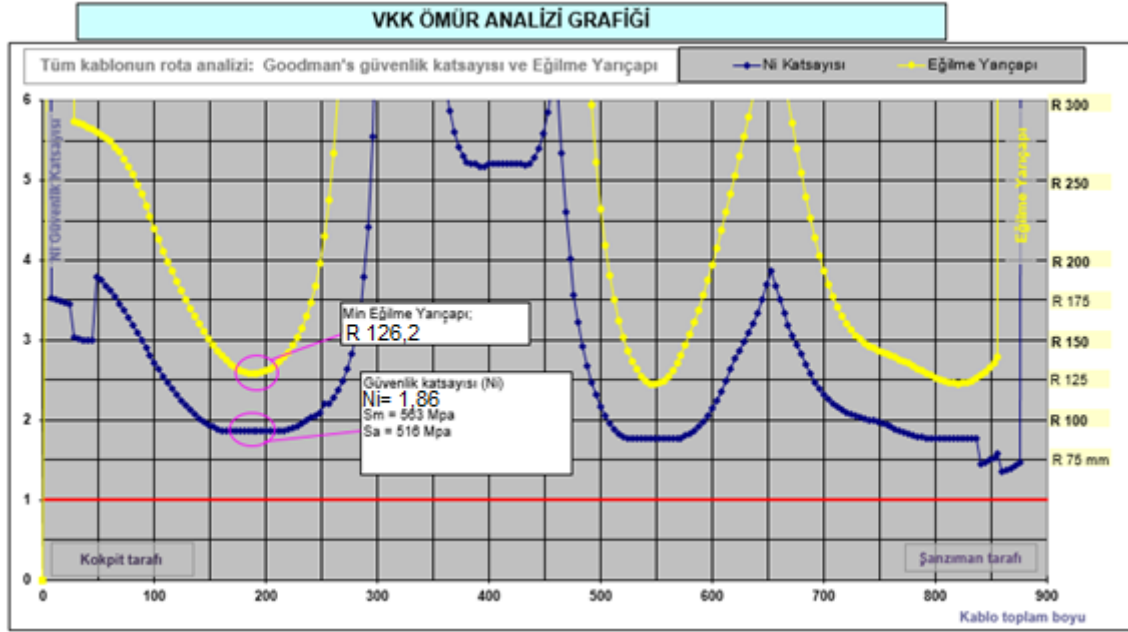
Ömür analizi yapılmasının başlıca sebebi, vites kumanda kablosunda kullanılan iç kablonun performansın öngörmek amaçlı olduğundan dolayı, her bir kablonun kendine ait olan mekanik özellikleri hesaplamaya ilave edilir. İlave edilen bu özellikler iç kablo malzemesine ve tasarımına bağlı olmak üzere değişkenlik gösterir.

Giriş verileri sayesinde, gerekli hesaplamalar yapılarak vites kumanda kablosunun teorik olarak ömür testini tamamlayıp tamamlamadığı gözlemlenir. Bu hesaplamalar ışığında aşağıdaki Şekil 3.18 ortaya çıkmaktadır.

Yapılan teorik hesaplamalarda genellikle, Goodman Güvenlik Katsayısı 1 olarak değerlendirilir. Ni değeri 1'in üzerinde olması, kablonun toplamda 1.000.000 çevrimlik bir ömür testini problemsiz bir şekilde tamamlayabileceğinin göstergesidir.

Rotası yumuşak ve eğrilik yarıçapları riskli seviyede düşük olmayan vites kumanda kablosu rotalarında Ni değeri çoğunlukla 1'in üzerinde hesaplanabilirken, eğrilik

yarıçapları düşük olan kablolarda sonuç 1'in altında kalır. Bunun en önemli sebebi, kablo rotasında meydana gelen eğilmeler ve sürtünmelerden dolayı zamanla malzemelerin yorulması ve deformasyona uğraması gösterilebilir. Bu gibi durumlarda kablo rotaları ekstra çalışmalar ile eğrilik yarıçaplarının artırılması amaçlanır.



Şekil 3.18. Eğilme yarıçapı ve ömür analizinin karşılaştırmalı gösterimi

Yukarıdaki şekilde de görüleceği üzere, sol taraftaki sütunda Ni (Goodman Security Coefficient) ve sağ taraftaki sütunda ise Eğilme Yarıçapı bulunmaktadır. X ekseninde ise kablo boyu tarif edilmektedir. Şekil detaylı incelendiğinde, kablunun hangi uzunluğunda eğrilik yarıçapının düştüğü ve bu düşüğe bağlı olarak Ni değerinin ne seviyede azaldığı incelenebilir.

3.2.5. Teorik Xi Hesaplaması (VKK Sabitleyicilerin Boy Hesaplamaları)

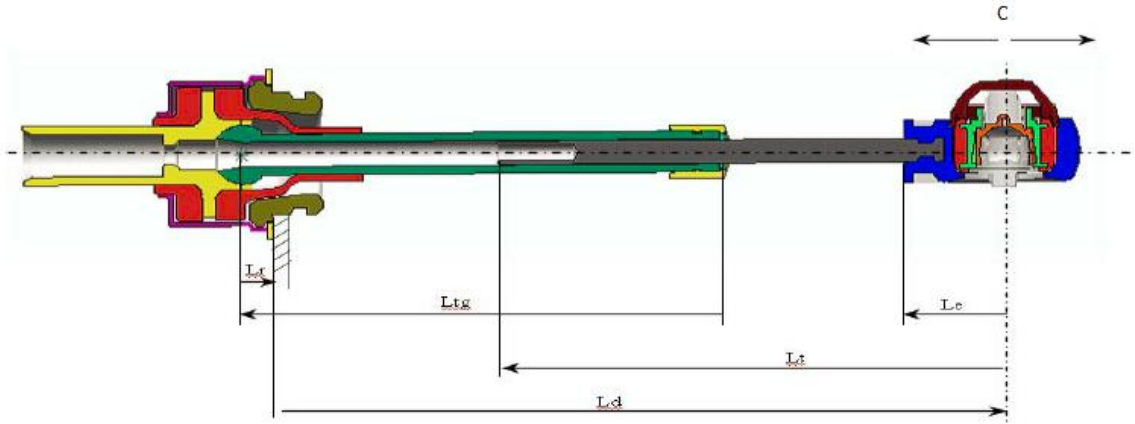
Vites kumanda kablosunun, kılıf sonu sabitleyicileri arasında kalan kısmı, kablunun mekanik performanslarını (verimlilik, sürtünme, boşta hareket, rijitlik) en çok etkileyen unsur olduğu daha önceki konu başlıklarında belirtilmişti. Bu sonuç verilerinin, teorik olarak ortaya konması için rota analizleri tamamlandıktan sonra hem vites kumanda kablosunun hem üretilebilirliğini sağlamak hem de CoEF (kılıf sonu sabitleyicileri) ve

CaEF'ler (kablo sonu sabitleyicileri) arasındaki elverişli mesafenin sağlanması amacıyla boylar belirlenir.

Belirlenecek olan bu boylar kablo sonu sabitleyicileri (CaEF) ve kılıf sonu sabitleyicileri (CoEF) isimli konu başlıklarında tanımlanan vites kumanda kablosu elemanlarıdır. Yarı montaj ürünü olan bu parçaları oluşturan minimum 4 maksimum 8 adet alt ürün bulunmaktadır. Xi Calculation hesaplamasının sonucu olarak, kılıf sonu sabitleyicilerindeki salınım tüpü (swivel tube) boyu ve kablo sonu sabitleyicilerindeki metalik çubuk parçalarının pozisyonlamayı ve hareketi sağlayan boyları belirlenmiş olur.

Xi Calculation hesaplaması, bir vites kumanda kablosunun hem kokpit tarafı (shifter side) hem de şanzıman tarafına (transmission side) ayrı ayrı uygulanır. Bu çalışmalar otomatik şanzımanlı araçlarda tek bir kabloya uygulanırken, manuel transmisyonlu araçlarda hem seçici hem de geçirici kabloda olmak hesaplama 2 kere uygulanır.

Hesaplamaların detaylı bir şekilde anlatılmasından önce, bu çalışma için gerekli olan girdi verileri ve hesaplama sonucunda ortaya çıkacak olan çıktı verileri aşağıdaki Şekil 3.19'da belirtilmiştir.



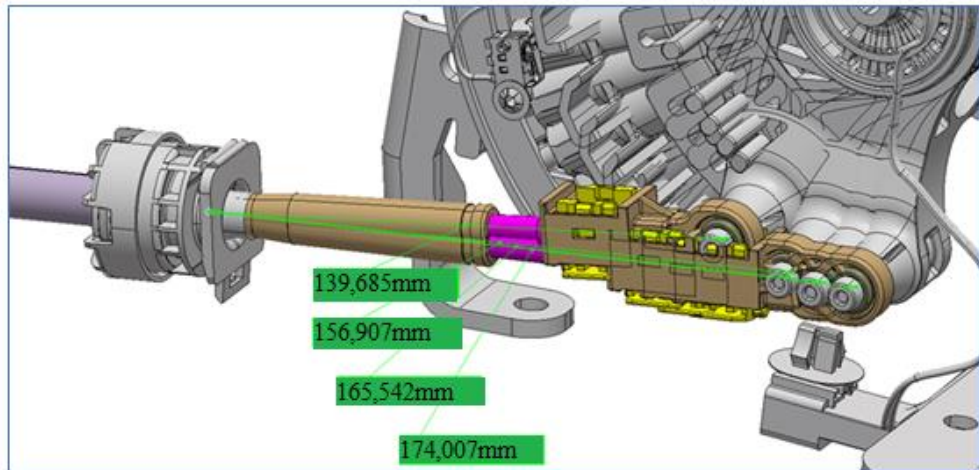
Şekil 3.19. Xi hesaplamalarındaki ölçülerin kablo sonu sabitleyicisinde gösterimi

- Ltg: Kılıf sonu sabitleyicisinin döner çubuk boyu
- Lr: CoEF döner çubuk merkezi ile CoEF montaj dayama noktası arası mesafe
- Ld: CoEF dayama noktası ile CaEF montaj noktası arası mesafe
- Lt: CaEF ve metalik çubuk uzunluğu

- C: Vites kumanda kablosunun yaptığı hareket mesafesi
- Le: CaEF baş kısmının merkezi ile bitişi arasındaki mesafe

Her ne kadar, sistem bir bütün olarak düşünülse de yukarıda belirtilen her bir ölçü ve uzunluğun, vites kumanda kablosuna olan etkisi farklıdır. Aynı girdi verileri ile birden fazla çeşit tasarım yapmak mümkündür. Ortaya çıkarılan bu tasarımların hepsi vites kumanda kablosunun ana görevi olan gerekli hareketi sağlaması açısından uygundur fakat bazı bölgelerdeki mesafelerin az ve/veya fazla olması kabloya pozitif veya negatif etki edebilmektedir. Detaylı açıklama ve örneklem, hesaplama adımları tamamlandıktan sonra verilecektir.

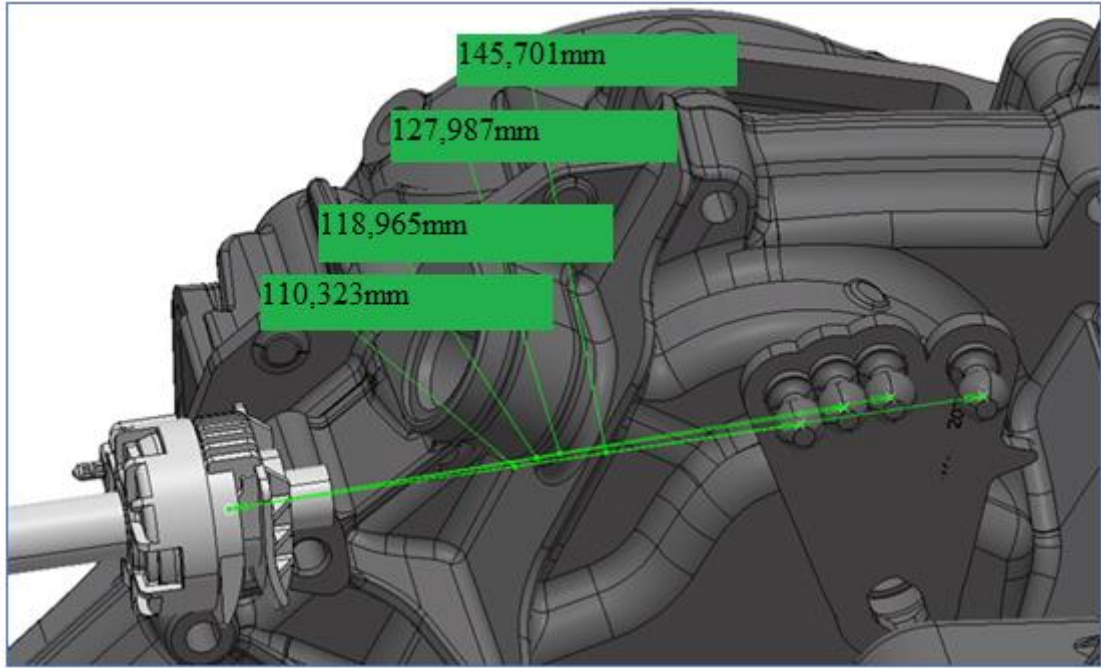
Hesaplamaya, kablo rota analizinde olduğu gibi otomotiv üretici tarafından belirlenen Ltg boyu ile başlanmaktadır. Ltg boyları, braketlere montajlanan kılıf sonu sabitleyicileri ile araç içerisindeki konuma bağlı olarak kokpit veya şanzıman tarafındaki kablo sonu sabitleyicilerinin arasındaki mesafedir. Bu mesafeler, otomatik kablolar için vitesin P, R, N, D ve manuel vitesli otomobiller için 1, 2, 3, 4, 5 (ve bazen 6) pozisyonlardaki konumlarına göre değişiklik göstermektedir. Bu değişkenliği ana sebebi, kılıf sonu sabitleyicileri montajlandıkları noktada sabit bir şekilde dururken kablo sonu sabitleyicilerinin hareket halinde olmasıdır. Aşağıdaki Şekil 3.20’de bir otomobilin, kokpit tarafı için 4 farklı pozisyondaki Ltg boyları gösterilmiştir.



Şekil 3.20. Kokpit tarafındaki montaj mesafelerinin gösterimi

Yukarıdaki fotoğrafta, kokpit tarafı kılıf sonu sabitleyicisi ile vites kumanda mekanizması üzerindeki CaEF montaj noktaları arasındaki mesafe gösterilmiştir.

Aşağıdaki Şekil 3.21’de ise şanzıman (transmisyon) tarafı kılıf sonu sabitleyicisi ile şanzıman üzerindeki CaEF montaj noktaları arasındaki mesafeler belirtilmiştir.



Şekil 3.21. Şanzıman tarafındaki montaj mesafelerinin gösterimi

3.3. Tasarımın Nihai Halini Kazanması (Üretim Ve Testler)

Yukarıdaki konu başlıklarında açıklanan tüm detaylar, en sonunda vites kumanda kablosunun nihai halini alması durumunda ürün onay sürecine başlanır. Ürün onay süreçleri genellikle 2 bazen de 3 adımdan meydana gelmektedir.

Öncelikle ilk örnek kablosunun (prototip kablo) yapılması sağlanır. Seri koşulları temel olarak üretimi gerçekleştirilecek olan bu kabloda, üretim hattında kullanılan tüm takım - donanım özel bir odada toplanmıştır. Yapılacak her üretim adımı vites kumanda kablosuna etki edeceğinden, itina ile kablo üretimi sağlanır. Üretilmiş olan bu kablo tasarım onay testlerine (DVP) tabi tutularak, yapılmış olan tasarımın otomotiv üreticisinin şartnamelerine uygun olup olmadığı kontrol edilmektedir.

Ardından, tasarımın sürecinde sıfırdan tasarlanmış, standart olmayan bir ürün ve/veya eleman mevcut ise bu ürün kalıp onay testlerine (OT) alınır. Seri olmayan koşullarda, itina ile üretilmiş elemanların seri koşullara uygun olup olmadığı bu testler ile belirlenmiş olur.

Son aşama olarak ise birçok onay sürecini kapsayan seri koşul ürün onay testleri (OT/OP) ile birlikte son aşamaya gelinmiş olunur. OT/OP testlerinde hem vites kumanda kablosu tasarımı, hem kabloyu oluşturan elemanlar için yapılmış olan kalıplar hem de seri koşullarda üretilen vites kumanda kablosunun kontrolü sağlanır.

Tüm bu testlerde şartnamenin sağlanması durumunda vites kumanda kablosu seri üretime hazır demektir. Meydana gelebilecek olan olumsuz sonuçlar, şartnameyi sağlayamayan performans değerleri kablolarda yapılan iyileştirmeler sonucu ortadan kaldırılır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Onay testleri esnasında problem yaşanmaması halinde kablo tasarımı başarıyla tamamlanmış ve tasarımın seri üretim koşullarına uygun olduğu belirtilmiştir. Fakat otomotiv üreticilerinin zorlu şartnamelerini sağlamak kimi zaman mümkün olmamaktadır. Meydana gelen bu problemler son kullanıcıda konforu düşüren, vites geçişini zorlaştıran, huzursuzluk yaratan durumlar ortaya çıkarabilir. Hatta kimi durumlarda kabloların kırılması, montajlandığı yerden çıkması gibi ciddi durumların ortaya çıkma riski bulunmaktadır. Bu gibi durumlar, kesinlikle, yukarıda bahsedilen DVP, OT ve OT/OP testlerinde belirlenerek problemleri giderici önlem alınmalıdır.

Aşağıdaki konu başlıklarında iki farklı vites kumanda kablosunun geliştirilme çalışmalarından bahsedilmiştir. Birincisi, kabloya gelen fazla yük sonucunda iç kablonun dayanıklılığını tespit etmeye yarayan kırılma yükü testidir. Vites kumanda sistemindeki vites topuzuna gelen fazla statik yük sonucu iç kablo deformasyona uğrayıp VKK işlevselliğini kaybetmektedir. İkinci bir konu ise araç kullanıldığı süreçte, vites kumanda kablosunun zor hareket etmesine sebep olan yüksek sürtünme direnci problemidir.

4.1. Kırılma Yükü (Breaking Strength) İyileştirmesi

Birçok otomotiv üreticisi kablonun dinamik çalışma koşullarının haricinde, statik durumlarda da performans kıstaslarını göz önünde bulundurmaktadır. Bu kıstaslar vites kumanda kablosunun dinamik çalışması esnasında, son kullanıcı tarafından fark edilebilen, konfor ve rahatlık sağlayan veya araç sürüşü esnasında anlaşılabilen özellikler değildir. Genellikle, sıcaklık şartlandırması, yük dayanımı ve ani darbe direnci gibi konulardır.

Aşağıda detaylı inceleyeceğimiz konu başlığında yüksek sıcaklık altında talep edilen yükü sağlayamayacak kadar düşük kırılma yükü değerinde olan vites kumanda kablosunun geliştirilme adımlarını göreceğiz.

4.1.1. Kırılma Yükü Test Düzenine Hazırlanması

Yapılacak olan test adımları şu şekilde açıklanır; öncelikle vites kumanda kablosu, araç içerisindeki rotasına uygun şekilde test düzeneğine montajlanır. Ardından, şanzıman

tarafı 120°C ve kokpit tarafı 80°C sıcaklık ile bir saat boyunca ısıtılır. Önceki konu başlıklarında belirtildiği üzere, şanzıman tarafının sıcaklığının kokpit tarafının sıcaklığından her zaman için daha fazladır. Bu fazlalığın sebebi ise şanzıman tarafında sürekli çalışan mekanik aksamın (motor, şanzıman, klima vs.) bulunması, kokpit tarafının ise daha karantina altına alınmış bir bölge olmasıdır. Vites kumanda kablolarının ceketleri plastik ile kaplı olduğu için esnekliği de kısıtlıdır. Kablolar üretildikten sonra düz bir biçimde meydana geldiği ve bu şekilde muhafaza edildiği için araca ilk takıldığı durumda düz haline dönmek amacıyla esnemeler olacaktır. Fakat gerçek araç rotasında ve sıcaklıkta bekletildiği koşulda bu durum ortadan kalkacaktır. Sıcaklık altında bekletmenin sebebi de daha gerçekçi koşullarda daha gerçekçi sonuçlar alabilmektir.

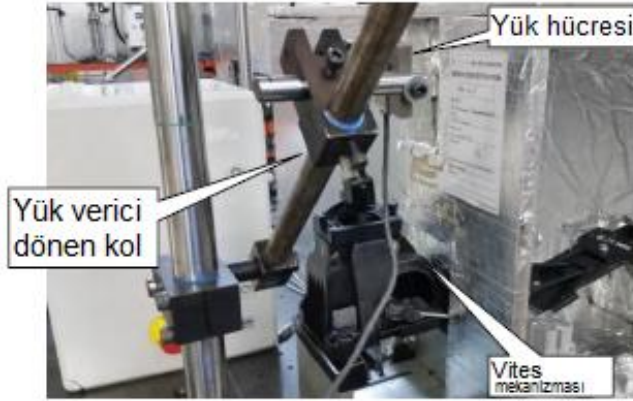
Gerçekleştirilmeye çalışılacak olan durum, vites kumanda kablosunun hareket kabiliyeti olmadığı durumda dayanabileceği yükü tespit etmektir. Bunun için, sonraki adım olarak, şanzıman tarafındaki kablo sonu sabitleyicisinin şanzıman üzerindeki bağlantı elemanına montajlanarak hareketi kısıtlanır. Bu hareket kısıtlaması, şanzıman üzerindeki pim sabitleştirilmesi ile sağlanmaktadır. Oluşturulan test düzeneğinde şanzıman yerine, şanzımandaki pim konumunun birebir aynı pozisyonunda olan bir bağlantı elemanı düzeneğe eklenmiştir. Şekil 4.1'de araç rotasında bağlanmış bir vites kumanda kablosu ve hareket kabiliyeti engellenmiş kablo sonu sabitleyicisi görünmektedir.



Şekil 4.1. Kırılma yükü test düzeneği

Test düzeneği kurulup, vites kumanda kablosu araç rotasında sabitlendikten sonra sıra test yapmaya gelmektedir. Yapılacak olan testlerde yük uygulama yöntemi farklı şekillerde olabilmektedir. Genel olarak yük verici dönen kol vites kumanda mekanizmasına bağlanır ve istenen yükler manuel olarak verilmektedir. Şekil 4.2'de yük

verici dönen kol ve uygulanan yükü ölçmeye yarayan yük hücresi gösterilmektedir. Test düzeneğinin vites kumanda kablosuna etkisi ve manuel ve otomatik yöntemler arasındaki farklı etkiler konunun ilerleyen kısımlarında veriler ile detaylı açıklanacaktır.



Şekil 4.2. Yük uygulama yöntemi

Her otomotiv üreticisinin, kendi araç koşullarını, kullanıcı yelpazesini ve otomobil kullanım durumlarını göz önünde bulundurduğunda, belirlediği kırılma dayanımı yükleri farklı olmaktadır. Onay testleri yapılan bu otomotiv üreticisinin şartnamesinde ise, yük uygulama noktasından (FAP) geçirci kablo (shift, SH) için 500 N ve seçici kablo (select, SE) için ise 350 N yük belirlenmiştir. Çizelge 4.1’de kabloların gereklilikleri belirtilmiştir.

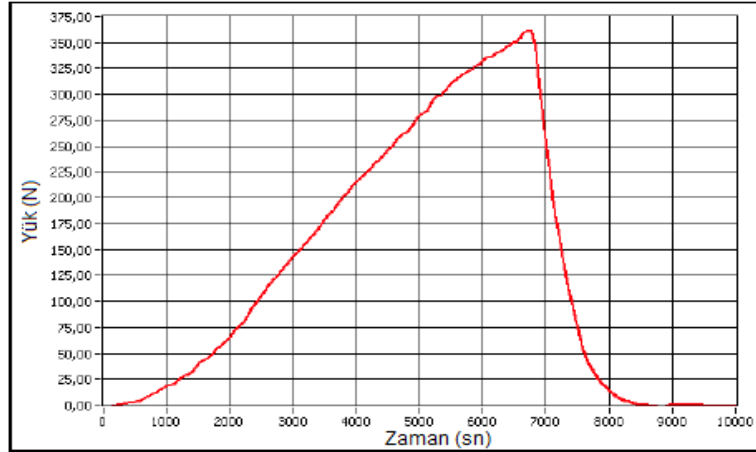
Çizelge 4.1. Kırılma yükü gereklilikleri

Yük uygulama tanımlamaları		Geçirci kablo (SH)	Seçici kablo (SE)
Yük oranı (ratio)		3,13	3,51
Kırılma yükü dayanımı	Vites mekanizması topuzundan (FAP)	500N	350N
	Vites kumanda kablosundan	1565N	1229N

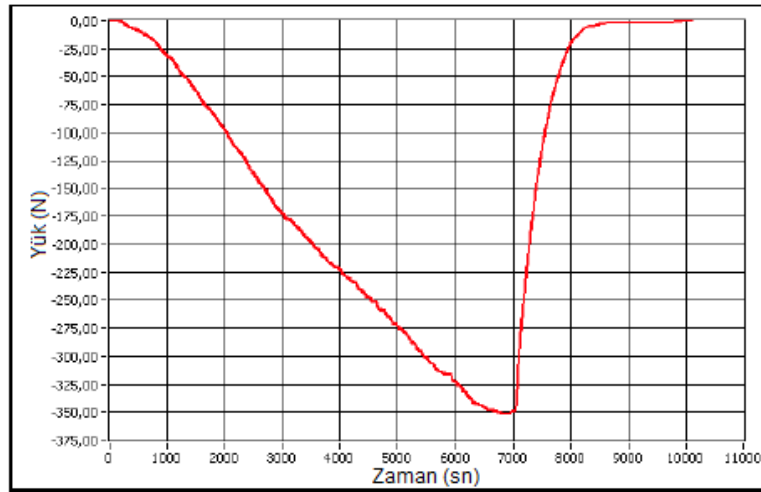
4.1.2. Seçici Kablo Kırılma Yükü Testi

Yukarıdaki montaj ve sıcaklık koşullandırmaları tamamlandıktan sonra testler, öncelikle manuel yük verici döner kol eşliğinde seçici kabloya uygulandı. Şartnamesinde de belirtildiği üzere vites mekanizmasını topuzundan 350 N yük uygulandığı zaman, kabloda performansı etkileyecek herhangi bir negatif etki (iç kablo eğilmesi ve/veya kırılması, metal çubuk yamulması, plastik salınım tüpü kırılması vs.) yaşanmadı.

Her iki yönde de (basma ve çekme), 120°C’de uygulanan testlerde, yük 350 N’a kadar ortalama 700 milisaniyede (0,7 saniye) çıkarıldı ve ardından yük uygulanması durduruldu. Daha sonra kablo fonksiyonelliği kontrol edilerek problem meydana gelmediği tespit edildi. Aşağıdaki Şekil 4.3 ve Şekil 4.4 isimli grafiklerde basma ve çekme yönündeki yükler görülebilir.



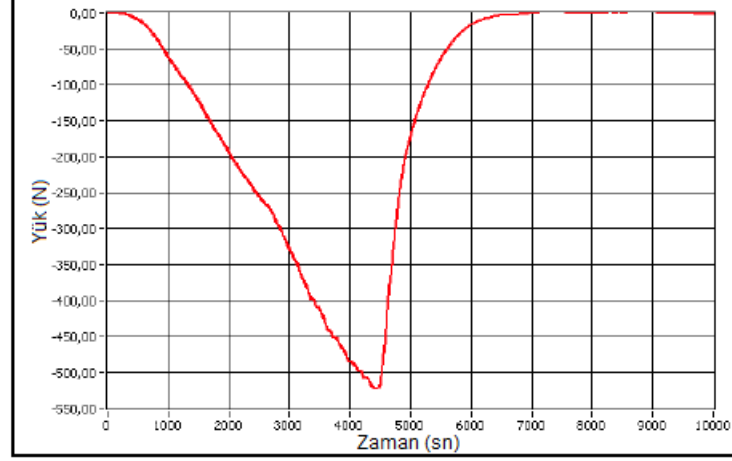
Şekil 4.3. Seçici kablo, çekme yönü 350 N yük grafiği



Şekil 4.4. Seçici kablo, basma yönü 350 N yük grafiği

Her iki yönde de belirlenen yüklere kadar negatif etki gözlemlenmediği için, oda sıcaklığında kablonun kırılmaya dayanımını bulmak amacıyla, kabloda deformasyon meydana gelene kadar yük uygulanması amaçlandı. Şekil 4.5’te görüleceği üzere 520 N’a

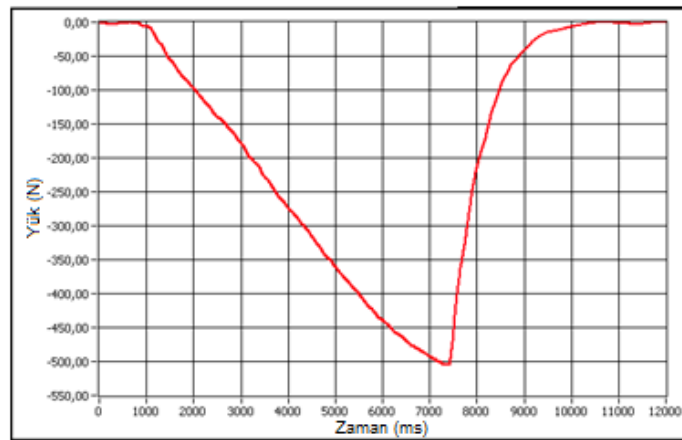
kadar yük uygulandı fakat vites kumanda kablosunda deformasyon meydana gelmediği için test sonlandırıldı.



Şekil 4.5. Seçici kablo, basma yönü kırılma yükü

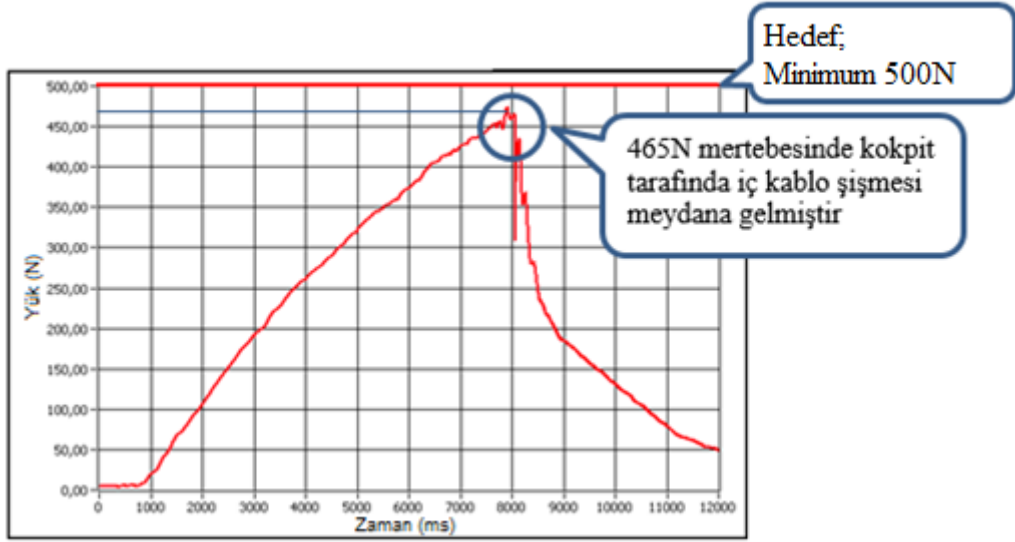
4.1.3. Geçirici Kablo Kırılma Yükü Testi

Seçici kabloya yapılan test metodunun aynısı geçirici kabloya da uygulandı fakat tek bir farkla, bu fark da uygulanan yüküdür. Seçici kabloya gelen yükler araçta daha az olduğu için yük uygulama noktasında 350 N uygulanırken, geçirici kabloda bu yük 500 N'a yükselmektedir. Yük yükselmesi durumunda, teorik olarak hesaplanarak tasarlanan vites kumanda kablosu çekme yönünde 500 N yüke dayanabilmektedir. Şekil 4.6'da çekme yönündeki grafik görünmektedir.



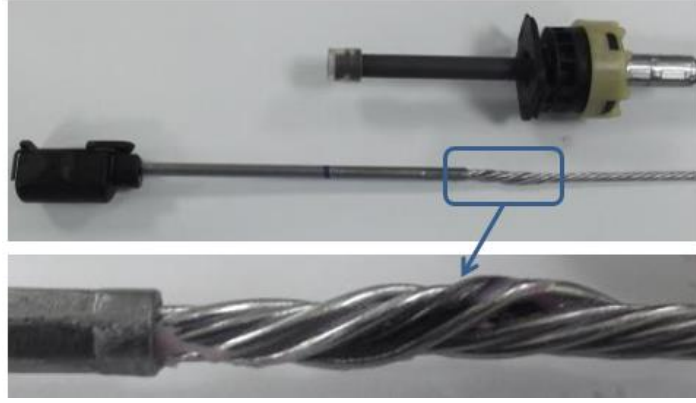
Şekil 4.6. Geçirici kablo, çekme yönü 500 N yük grafiği

Aynı yükte, basma yönünde ise durum çekme yönündekinden farklıdır. Her ne kadar vites kumanda kablosu, araç rotasında katı bir cisim gibi duruyor olsa da, yük altında esnek elemanlarından dolayı (kılıf, iç kablo, salınım tüpleri ve damperler) kablo şekil değiştirmektedir. Yeteri kadar dayanıklı olmayan vites kumanda kablosu elemanları da deformasyona uğrayarak, kabloyu çalışmaz duruma getirmektedir. Şekil 4.7’de vites kumanda kablosuna uygulanan yük ve deformasyonun meydana geldiği nokta incelenebilir. Grafik, zaman ile birlikte neredeyse doğrusal olarak artmaktayken, iç kablodaki tellerin yamulmasından dolayı grafikte ani bir düşüş meydana gelmiştir ve bu sebeple teste devam edilemedi.



Şekil 4.7. Geçirici kablo, basma yönü 500 N yük grafiği

Hatırlanacak olursa, “6.1.3. Kablonun Taşıyacağı Yüklerin Belirlenmesi” konu başlığında belirtilen çizelgede farklı tasarımda olan iç kabloların basma yüküne dayanımlarının karşılaştırılması yapılmış idi. Mevcut tasarımda kullanılan 1x7 galvanizli iç kablo 120°C sıcaklık altında gerekli yüke dayanamamış ve Şekil 4.8’de gösterildiği üzere deformasyona uğramıştır.



Şekil 4.8. Geçirici iç kablo deformasyonu

Aşağıdaki Çizelge 4.2’de görüldüğü üzere, iç kablolarda ana teli saran dış tel sayıları arttırılabilir. Dünya genelindeki iç kablo (halat) ürün yelpazesinde dayanımı arttırmak için farklı sarımlarda iç kablolar kullanılır. Bu kablolar 1x7, 1x8 olarak tanımlanır. 1x7 tanımı kablounun merkezinden geçen 1 adet merkez tel ve etrafını saran 6 adet dış telden meydana gelmektedir. Aynı durum 1x8 kablo için de geçerlidir, merkezinde 1 ana tel ve etrafını saran 7 adet dış telden oluşmaktadır.

Çizelge 4.2. İç kablo karşılaştırması

TÜR	Galvaniz	Galvaniz
BOYUT	Büyük ~ 3,3	Büyük ~ 3,3
GÖRSEL		

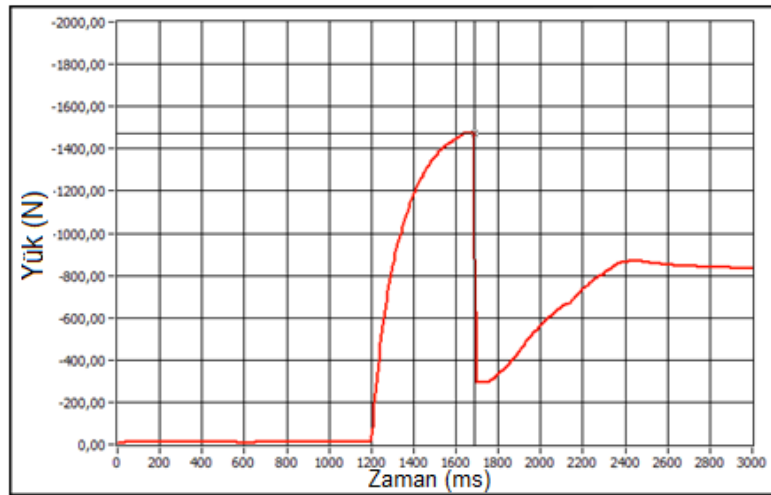
İç kablo konfigürasyon değişikliği sonrasında, hem fazladan gelen 1 adet tel sayesinde iç kablounun mukavemeti arttırıldı hem de dış çapında meydana gelen artış sayesinde vites kablosunun daha yüksek yüklere dayanımı sağlandı.

Yapılan bu değişikliklerden sonra yeni kablo tasarımı ile prototip kablolar üretildi ve tekrar teste alındı. İç kablonun 1x7'den 1x8'e geliştirilmesi ile kablonun daha yüksek yüklere dayanımı sağlandı fakat bu sefer de kokpit tarafı (S/S) kılıf sonu sabitleyicisinin salınım tüpü (CoEF Swivel Tube) yeteri kadar dayanıklı olmadığı için, şartnameyi sağlayamayacak yüklerde kırılma meydana gelmiştir.

Aşağıdaki Şekil 4.9 (Yük x Zaman grafiği) ve Şekil 4.10 (Yük x Mesafe grafiği) şekillerinde görüleceği üzere, minimum 1565 N yüke dayanması gereken VKK yaklaşık 1490 N mertebesinde plastik salınım tüpünde kırılma meydana gelmiştir. Her ne kadar iç kabloda deformasyon gözlenmemiş olsa da VKK geneline bakarak ürünün fonksiyonelliğini göz önünde bulundurmanız gerektiği için bu durum da kabul edilebilir bir seviyede değildir.

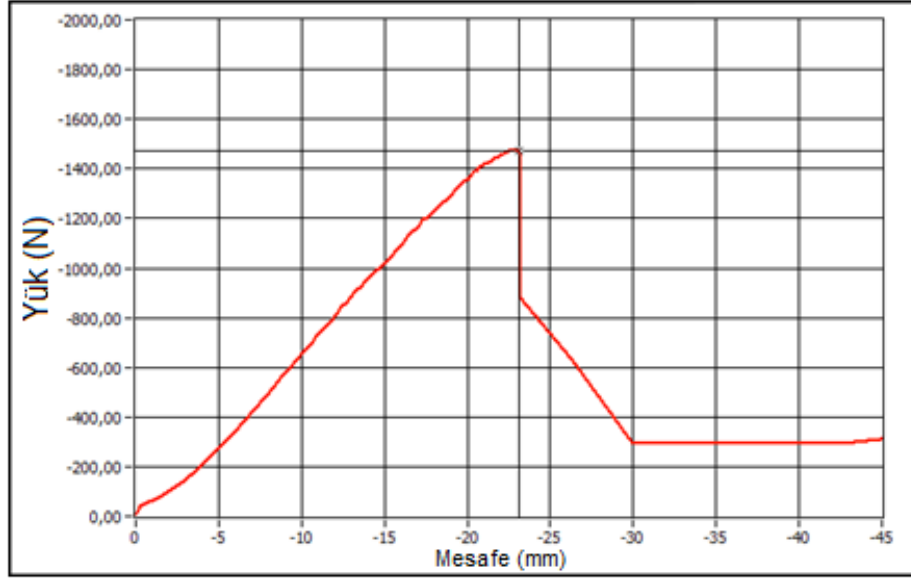
Yük x Zaman grafiğinde görüldüğü üzere, test süresi başlatıldıktan 1,2 saniye sonra yük uygulanmaya başlandı ve 1,7 saniyeye kadar geçen 0,5 saniye boyunca kablo üzerine gelen yük zaman geçtikçe arttırıldı ve daha fazla dayanamayan plastik tüp, 1,7 saniye sonunda kırılmıştır.

Yükü üzerinde daha uzun süreler boyunca taşıyabilecek ürün tasarımı düşünöldüğünde, akıllara öncelikle bu yüklere daha dayanıklı ve et kalınlığı (tüp cidarı) daha fazla olan ürünler akıllara gelmektedir. Problemin çözölməsi amacıyla kabloda yapılmış olan değişiklik ilerleyen sayfalarda detaylı anlatılacaktır.



Şekil 4.9. 1x8 kablo, Yük x Zaman grafiği

Aşağıdaki Yük x Mesafe grafiğinde ise, teste başlayıp yük uygulamaya başlandıktan sonra VKK kokpit tarafındaki kablo sonu sabitleyicisi yaklaşık 23 mm hareket ettirildi. Transmisyon tarafı kablo sonu sabitleyicisinin hareket yeteneği kısıtlanmış olsa bile VKK'da 23 mm hareket olması, kablonun esnekliğini göstermektedir. 23 mm boyunca yük belirli bir oranda arttırıldı fakat VKK T/S CaEF'in bittiği noktada plastik salınım tüpü daha fazla dayanamadığı için kırılma meydana gelmiştir.



Şekil 4.10. 1x8 kablo, Yük x Mesafe grafiği

Testler sonucunda yaşanan kırılma Şekil 4.11'de belirtilmiştir. Görüldüğü üzere plastik tüp 2 farklı noktadan kırılarak, kullanılamaz hale gelmiştir.



Şekil 4.11. Test sonrası kırılan salınım tüpü

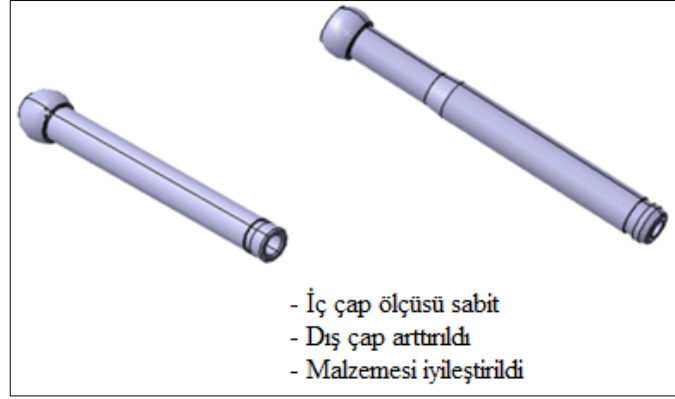
Kokpit tarafındaki salınım tüpü kırılmasını engellemek amacıyla öncelikli olarak malzeme değişikliği ve tüpün et kalınlığının arttırılması d ş n ld . Sebebi ise mevcutta kullanılan plastik tüpün malzemesi PA66-GF40 + 2% MoS₂ / Heat Stabilized (HS) ve kırılma yaşanan yerdeki tüpün cidarının 1,675 mm olmasıdır. (İç ap:  5,35 mm ve dış çap:  8,7mm)

Kırılan tüpü yerine kullanılacak olan malzemenin yüksek yüklere daha fazla dayanması beklendiği için öncelikle malzemesinin içerisindeki MoS₂ katkısının çıkarılması planlandı. Molibden disülfürün (MoS₂) PA66'ya eklenmesi gelişmiş kayma ve sürtünme özelliklerine sahip bir malzeme üretmektedir. Bu, katkı maddesinin yapısı ve ekirdekleştirme etkisinin bir sonucu olarak elde edilir. Bu etki aynı zamanda MoS₂ eklentili PA66'nın boyutsal kararlılığını da artırır. MoS₂ eklentili PA66'nın düz PA66'ya göre darbe dayanımı azalmaktadır. MoS₂ katkılı plastik malzemelerin faydaları maddeler halinde aşağıda sıralanmıştır;

- Harekete karşı direnç göstermez ve iyi kayma özelliği sağlar.
- Düşük sürtünme özellikleri sayesinde uzun ömürlüdür.
- Birçok yağa, grese ve yakıta karşı dayanımlıdır.
- Aşınmaya karşı dayanıklıdır.

Yukarıdaki avantajlar birçok vites kumanda kablosunda fayda sağlasa da bu durumda maalesef dayanıklılığı eksik kalmaktadır. Bu sebeple içeriğindeki MoS₂'den arındırılmış PA66-GF40 malzeme kullanımı tercih edildi.

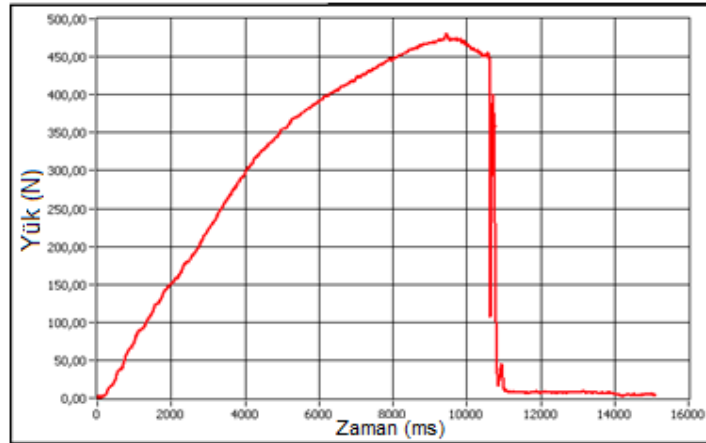
Ayrıca et kalınlığının da yeterli olmamasından dolayı, i çap sabit kalacak şekilde cidarı arttırıldı. İ çapının değişmeme sebebi ise, içerisinde çalışan metalik çubuğun dış çapının ( 5mm) sabit kalmış olmasıdır. Yeni durumdaki plastik tüpün iç çapı  5,35 mm ve dış çapı  9,8 mm olacak şekilde ayarlanmış ve tek yüzeyde 2,225mm'lik bir et kalınlığı elde edilmiştir. şekil 4.12'de plastik tüplerin farkları görülebilir (sağdaki geliştirilmiş plastik salınım t p d r)



Şekil 4.12. Geliştirilmiş plastik tüp

Kokpit tarafındaki bu problemlerin benzeri transmisyon tarafında (T/S) da meydana gelmiştir fakat problemin ortaya çıkış sebebi kokpit tarafındaki durumdan bir nevi farklıdır. S/S plastik tüp malzemesi değiştirilip cidarı kalınlaştırılmış olsa da T/S plastik tüp için tüpe gelen moment kuvvetinin azaltılması planlandı. Çünkü kırılma malzemenin dayanıksızlığından ziyade, uygulanan yükün CoEF plastik tüpün merkezinden bir hayli uzak olmasıdır.

Aşağıdaki Şekil 4.13'te görüleceği üzere, yaklaşık 485 N'da (Kabloya gelen yük: $485 \times 3,13 = 1518,05$ N) T/S kılıf sonu sabitleyicindeki plastik salınım tüpü kırıldığı gözlemlendi. Yük 485 N'a 12 saniye boyunca belirli bir oranda artarak yükseltildi ve iç kablosu ve S/S plastik tüpü güçlendirilmiş olan VKK'da transmisyon tarafında kırılma meydana gelmektedir.



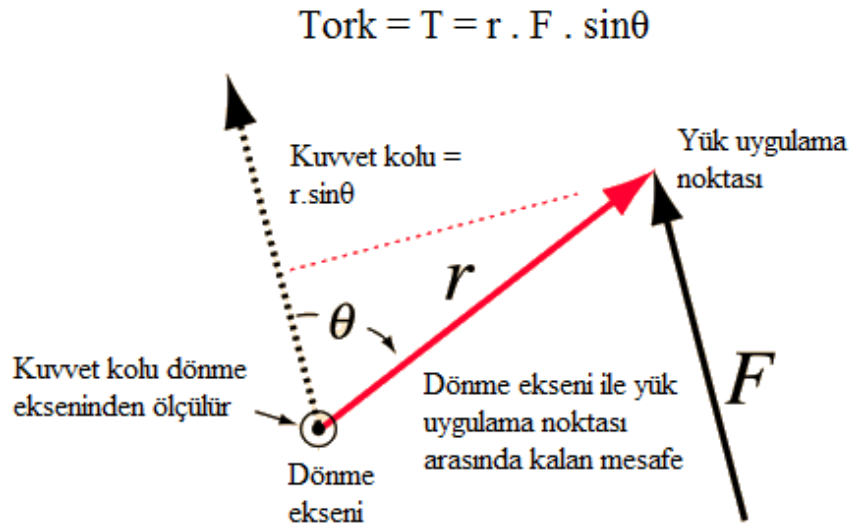
Şekil 4.13. 1x8 kablo, T/S kırılma grafiği

Aşağıdaki Şekil 4.14'te de görüleceği üzere kırılma kablo sonu sabitleyicisi elemanı olan salınım tüpünde ve merkezinden bir hayli uzak mesafede meydana gelmiştir.



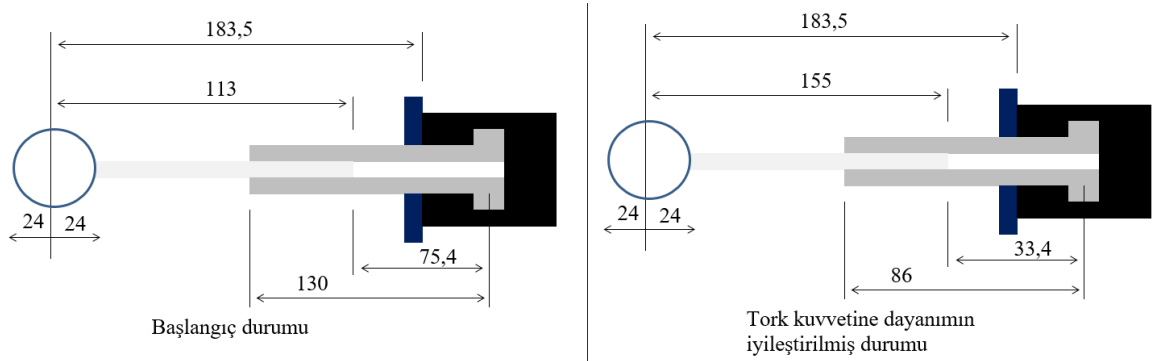
Şekil 4.14. T/S'de yaşanan kırılma

Aşağıdaki Şekil 4.15'de gösterilen tork prensibine göre, plastik tüpün merkezinden ne kadar uzakta yük uygulanırsa tüpe gelen tork kuvveti o kadar fazla olmaktadır. Tork kuvveti arttıktan sonra ise tüp gelen yüklere daha fazla dayanamadığı için metal çubuğun bittiği yerde kırılma meydana gelmektedir.



Şekil 4.15. Tork kuvveti prensibi

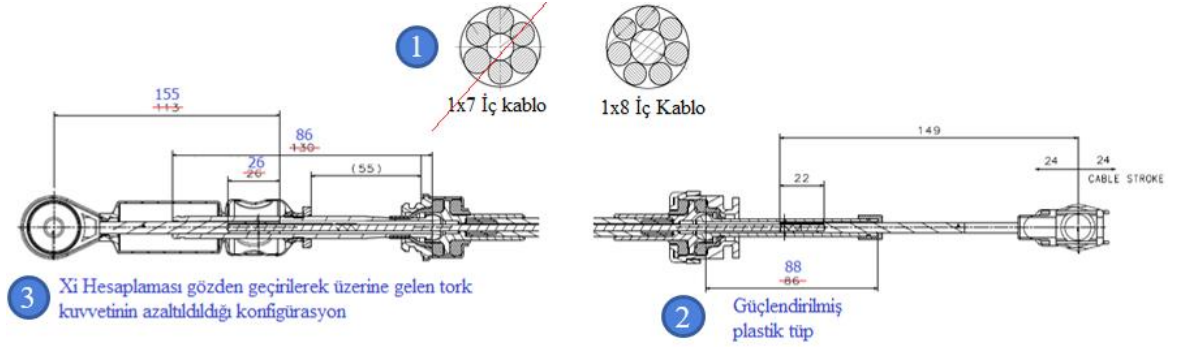
Yukarıdaki bilgiler ışığında, VKK'nun üzerine gelen tork kuvvetini azaltmak adına öncelikle kablo sonu sabitleyicisindeki metal çubuğun boyu 113 mm'den 155 mm'ye arttırıldı. Bu sayede, vites kumanda kablosu nominal pozisyonundayken (CaEF merkezi ile CoEF merkezi arasındaki uzaklık 183,5 mm sabit iken) metal çubuğun sonunun geldiği nokta plastik tüpün merkezine daha yakın hale getirildi. İlk durumda bu mesafe 75,4 mm iken metal çubukta meydana getirilen boy uzaması sayesinde boşluk 33,4 mm'ye kadar düşürüldü. Bu sayede metal çubuk sonu plastik tüp merkezine 42 mm daha yaklaştırılarak üzerine gelen tork yükünün azaltılması amaçlandı. Seri üretimin de bu koşullara uyum sağlayabilmesi ve iç kablonun metal çubuğa preslenmesi için gerekli mesafenin sağlanması amacı ile plastik tüp boyu da 44 mm kısaltılarak, 130 mm'den 86 mm'ye düşürüldü. Şekil 4.16'da Xi hesaplaması detayları görülebilir.



Şekil 4.16. Tork kuvveti iyileştirilmiş tasarım

Yapılmış olan tüm bu çalışmalar sonucunda, Şekil 4.17'de de görülebileceği üzere kabloda toplamda 3 adet tasarım değişikliği meydana getirildi. Bu değişiklikler;

1. İç kablonun 1x7'den 1x8 galvanizli kabloya değiştirilmesi,
2. Kokpit tarafı plastik tüpün malzemesinin ve et kalınlığının değiştirilmesi,
3. Transmisyon tarafı CaEF ve CoEF konfigürasyon değişikliğidir.



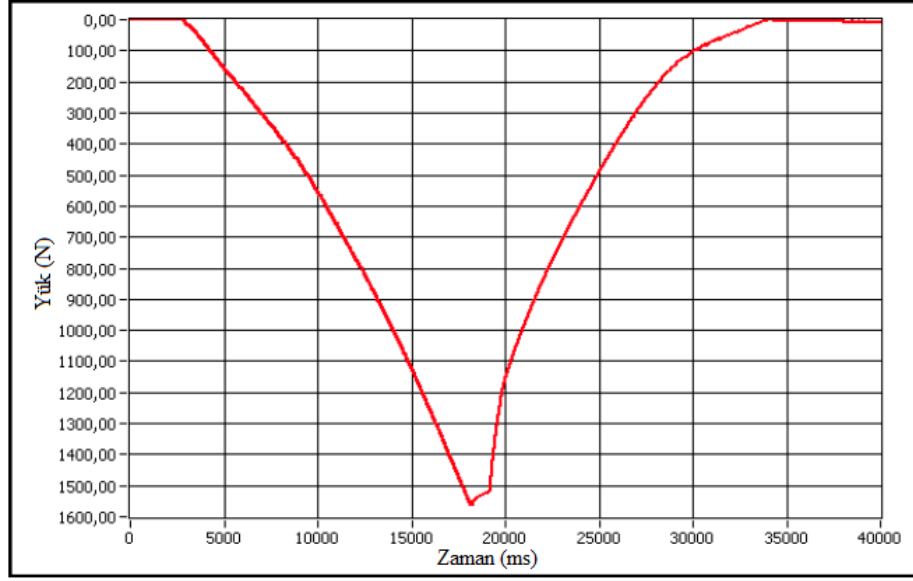
Şekil 4.17. VKK'daki tüm tasarım değişiklikleri

Yapılmış olan tüm bu tasarım değişiklikleri ışığında prototip kablolar üretildi ve tekrar 120°C'de teste tabi tutuldu. Test yapılan ve olumlu sonuç alınan kabloların, 1565 N (500x3,13) yük altındaki sonuçları aşağıdaki Çizelge 4.3'te belirtilmiştir.

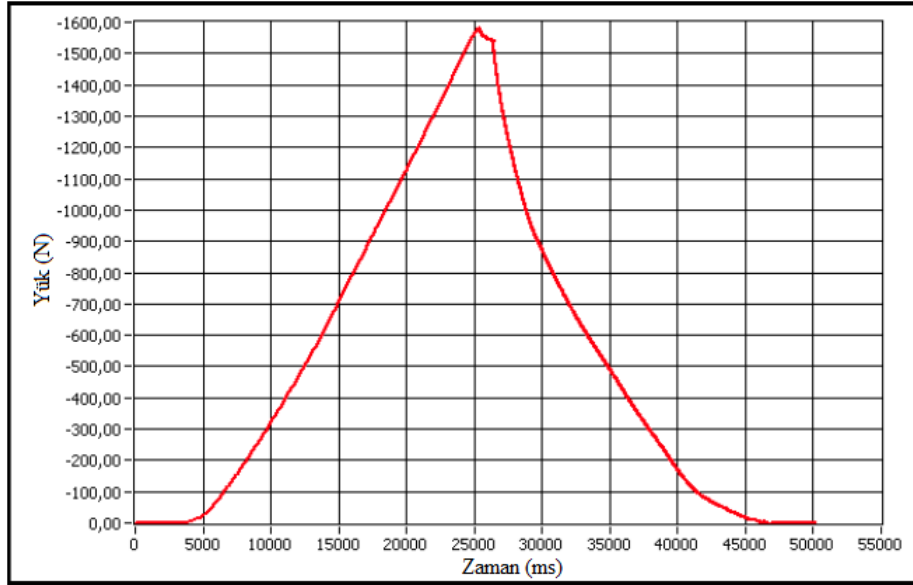
Çizelge 4.3. Geliştirilmiş kablo test sonuçları

TEST NUMUNESİ NUMARASI	YÜK UYGULAMA YÖNÜ	UYGULANAN YÜK (N)	HEDEF	SONUÇ
1	ÇEKME	1566,8	En az 1565N (500x3,13)	OLUMLU
	BASMA	-1582,9		OLUMLU
2	ÇEKME	1598,8		OLUMLU
	BASMA	1567,6		OLUMLU

1 numaralı geliştirilmiş vites kumanda kablosunun test esnasında elde edilen Yük (N) x Zaman (ms) grafikleri Şekil 4.18 ve Şekil 4.19'da görülmektedir. Görüldüğü üzere 0,45sn'de vites kumanda kablosuna çekme yönünde yük uygulanmaya başlandı ve yaklaşık 1,8 saniyede 1580 N mertebelerine kadar çıkarıldı. Aynı durum basma yönü için de geçerlidir, yaklaşık 2,5 saniye yük boyunca doğrusal bir şekilde yaklaşık 1600 N mertebelerine kadar yükseltildi ve kabloda deformasyon görülmedi.



Şekil 4.18. Geliştirilmiş VKK çekme yönü grafiği



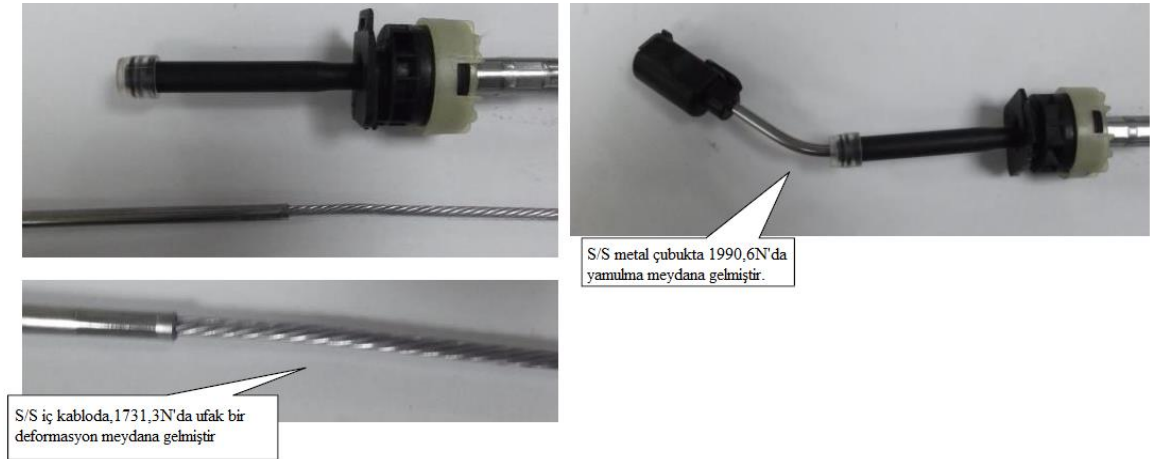
Şekil 4.19. Geliştirilmiş VKK basma yönü grafiği

Şartnamede belirtilen yüklerde deformasyona uğramayan kabloların, oda sıcaklığındaki (RT) kırılma yüklerini tayin etmek amacıyla, kablolarda deformasyon meydana gelene kadar, basma yönünde yük uygulandı. Elde edilen veriler Çizelge 4.4'te gösterilmektedir.

Çizelge 4.4. Geliştirilmiş kablo deformasyon yükleri

TEST NUMUNESİ NUMARASI	YÜK UYGULAMA YÖNÜ	UYGULANAN YÜK (N)	HEDEF	SONUÇ
1	BASMA	-1731,3	Bilgi amaçlı	Kokpit tarafı iç kablo eğilmiştir.
2	BASMA	-1990,6		Shiftler tarafı CaEF metal çubuğu eğilmiştir.

Aşağıdaki Şekil 4.20’de hedef değerin (1565 N) üzerinde yük uygulanması durumunda vites kumanda kablosunda meydana gelen deformasyonlar belirtilmektedir. VKK üzerinde, 1565 N altına dayanamayan tüm ürünler, daha mukavimleri ile geliştirildikten sonra hata modu S/S CaEF metal çubuğa aktarıldı fakat meydana gelen deformasyon 1990 N mertebesinde olması vites kumanda kablosundaki problemin çözüldüğü anlamına gelmektedir.



Şekil 4.20. Geliştirilmiş kabloda yüksek yük deformasyonu

4.1.4. Kırılma Yüğü Testi Karşılaştırmalı Sonuçları

Şartnameye uygun hale getirilmeye çalışılan vites kabloları için yapılan tasarım iyileştirmeleri, değişiklikler ve etkileri adım adım aşağıdaki Çizelge 4.5’te belirtilmiştir.

Çizelge 4.5. Karşılaştırmalı basma yükü test sonuçları

TASARIM	NUMUNE	YÜK (N)	HEDEF	SONUÇ
Mevcut	1	465,00	YÜK UYGULAMA NOKTASINDAN (FAP) EN AZ 500N	OLUMSUZ
İç kablo değişikliği (1x7 >> 1x8 Galvaniz)	1	476,00		OLUMSUZ
İç kablo değişikliği (1x7 >> 1x8 Galvaniz) S/S Salınım tüpü değişimi	1	485,00		OLUMSUZ
İç kablo değişikliği (1x7 >> 1x8 Galvaniz) S/S Salınım tüpü değişimi	1	500,58		OLUMLU
		505,72		OLUMLU
		635,97		S/S SH Metal çubuk eğilmesi (Bilgi amaçlı)
T/S CoEF & CaEF konfigürasyon değişimi	2	510,54		OLUMLU
		500,83		OLUMLU
		553,13		İç kablo eğilmesi (Bilgi amaçlı)

4.2. Sürtünme (Friksiyon) İyileştirilmesi

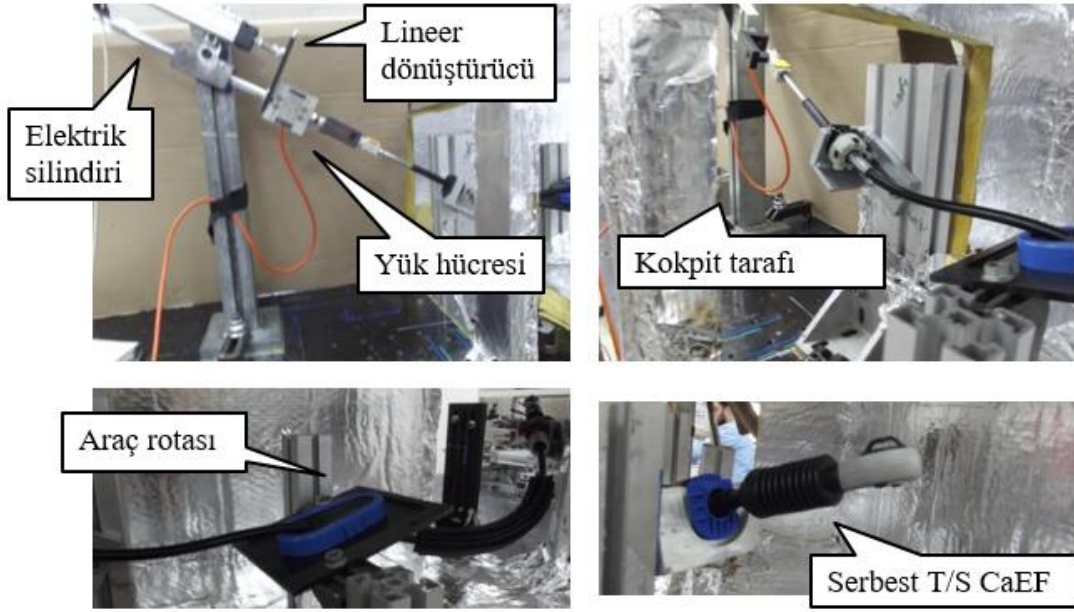
Bir önceki vakada belirtilen kırılma yükü iyileştirmesi, vites kumanda kablosunun çalışma süresince performansını etkileyen bir durum olmadığı belirtildi. Bu vakada ise, birincil kullanıcının aracı kullandığı süre boyunca fark edebileceği ve şartnameye göre olumsuz test sonucu alması durumunda vites kumanda kablosunu hareket ettirebilmek için olması gerekenden fazla yük uygulanmaktaydı ve ömür testi boyunca kablo içerisindeki sürtünmeye bağlı olarak aşınmalar artmaktaydı. Bu durum ana kullanıcıda konfor eksikliği, hoşnutsuzluk gibi durumlar ortaya çıkartmaktadır.

Aşağıda incelenecek durumda, oda sıcaklığında (RT) yapılan testlerde en fazla 9,83 N sürtünme yükü değeri elde edilmesi gerekirken, 15 – 16 N elde edilen vites kumanda kablolarına, sürtünmeyi azaltıcı faaliyetlerde bulunuldu.

4.2.1. Sürtünme Testinin Test Düzenine Hazırlanması

Yapılacak olan testin adımları şu şekilde açıklanmaktadır; Bir önceki kırılma yükü testinde olduğu gibi, öncelikle vites kumanda kablosu, araç içerisindeki rotasına uygun şekilde test düzeneğine montajlanır. Vites kumanda kablosunu araç rotasına uygun şekilde montajlayabilmek adına hem kokpit tarafı hem de transmisyon tarafı kılıf sonu sabitleyicileri için (CoEF) özel aparatlar kullanılmaktadır. Kablo sonu sabitleyicilerinde ise durum bir nebze farklıdır. Yükün uygulanacağı kokpit tarafı (S/S) CaEF vites kumanda mekanizması (shifter) simülatörüne bağlanır fakat transmisyon tarafı (T/S) CaEF serbest bırakılmaktadır. Kabloya yük uygulandığı sürece, kablodaki hareketi ve

esneme miktarını mm cinsinden tayin edebilmek adına kokpit tarafına lineer dönüştürücü kurulur ve sıfıra ayarlanır. Aşağıdaki Şekil 4.21’de test düzeneği ve ekipmanları hakkında detaylı bilgi verilmektedir.



Şekil 4.21. Sürtünme test düzeneği

Test, normal şartlar altında 3 farklı sıcaklıkta gerçekleştirilmelidir. Bunlar, oda sıcaklığı, düşük sıcaklık ve yüksek sıcaklık olarak belirtilmektedir ve sürtünme dirence beklentileri de farklıdır. Bu tez çalışmasında problem yaşanan oda sıcaklığı üzerinde duruldu.

Test düzeneği kurulup vites kumanda kablosu montajlandıktan sonra teste başlanmaktadır. Test, vites kumanda kablosunun yapmış olduğu hareket mesafesinde ve şartnamede belirtilen belirli hızlarda gerçekleştirilmektedir. Test sonucunda Yük (N) ve Yer Değiştirme (mm) grafikleri elde edildi.

4.2.2. İlk Sürtünme Testi Sonuçları

Yukarıdaki şekilde açıklanan test düzeneği kurulması ve test metodu detayı aktarıldıktan sonra teste başlandı. Şartnamede belirtildiği üzere kabloya hareket verildiği esnada 5 adet ölçüm elde edildi. Elde edilen bu ölçümlerin ortalaması ve standart sapması hesaplandı. En son değerın hesaplanması amacıyla “Ortalama + (3 x StdSap)” formülü kullanıldı.

Aşağıdaki Çizelge 4.6’da her ayrı ölçümde alınan değerler, bu 5 değerın ortalaması ve standart sapması belirtilmiştir.

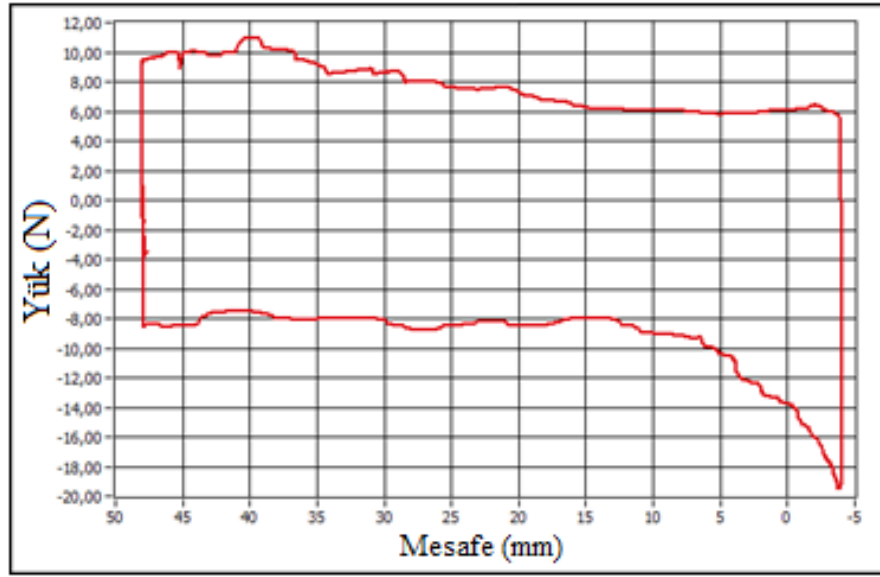
Çizelge 4.6. Mevcut tasarım kablunun sonuçları

ÖLÇÜM ADET	+ YÜK (N)	MESAFE (mm)	- YÜK (N)	MESAFE (mm)
1.ÖLÇÜM	11,53	45,43	-17,37	-3,00
2.ÖLÇÜM	11,04	45,349	-17,46	-3,024
3.ÖLÇÜM	11,53	45,421	-17,13	-3,01
4.ÖLÇÜM	10,72	45,40	-17,78	-3,00
5.ÖLÇÜM	9,99	45,39	-17,54	-3,00
ORT (A)	10,96		-17,46	
STD.SAP (B)	0,64		0,24	
SONUÇ (A + 3B)	12,89		-16,74	
ŞARTNAME	9,83		9,83	
SONUÇ	OLUMSUZ		OLUMSUZ	

Yapılan ölçümlerin daha genel bir geçerliliğinin olması ve numune adedinin arttırılması durumunda gerçeğe daha yakın değerler alınabilmesi adına ortalama değerlere standart sapmanın 3 katı eklenerek son değer elde edildi. Bu değer her iki yönde de (hem basma hem de çekme) en fazla 9,83 N olması gerekirken çekme yönünde 12,89 N ve basma yönünde 16,74 N değer elde edildi.

Aşağıdaki Şekil 4.22’deki grafikte de görüleceği üzere, orijin (0.0) noktasından basma yönünde yaklaşık 45 mm boyunca kablo hareket ettiğinde hareket mesafesi sonuna doğru yük bir miktar artmaktaydı. Kablo ileri yönde hareketini tamamladıktan sonra aynı şekilde geri yönde hareketine başlatıldı ve orijin noktasında geldikten sonra 3 mm daha hareket kat ederek toplam yer değiştirmesini tamamladı.

Aşağıdaki grafikte, orijin noktasından -3 mm daha ileriye giderken sürtünmede meydana gelen keskin artışın sebebi transmisyon tarafında bulunan köründür. İleride daha da detaylı bahsedilecek olan durum özetlenecek olursa, kablo hareket mesafesinin en düşük pozisyonuna gelmesi durumunda köruk sıkışarak içerisine hava dolmakta ve bu hava kabloya basınç uygulayarak yükte artış meydana getirmektedir.



Şekil 4.22. Sürtünme test grafiği

4.2.3. Sürtünme İyileştirme Çalışmaları

Vites kumanda kablosunun hedef değeri sağlayamadığı tespit edildikten sonra deney tasarımı grupları (design of experiments, DOE) oluşturularak testler yapıldı. Yapılan tüm farklı kablo konfigürasyonları ve bu kabloların test sonuçları aşağıdaki Çizelge 4.7'de belirtilmiştir.

Vites kumanda kablolarının sürtünme dirençlerini etkileyen birçok parametre bulunmaktadır. Bu parametreler hem ürün kaynaklı hem de kabloların üretim esnasındaki süreçlere bağlı olabilmektedir. VKK tasarım onay sürecinde olduğu için prototip departmanı tarafından itinayla üretilen kablolarda daha çok ürüne bağlı değişiklikler üzerinde duruldu. Aşağıda farklı numaralar ile belirtilmiş 13 farklı tasarım konfigürasyonu test edildi ve sürtünmeyi en çok etkileyen ve sonuçlarda olumlu gelişime katkıda bulunan parametreler tek bir kabloda toparlandı. Bu tasarım ile test edilen 3 farklı kabloda 9,83 N değerinin altında sonuç alındı.

Çizelge 4.7. Sürtünme deney tasarımı sonuçları

NU.	İÇ KABLO (1x7)	KÖRÜK	METAL ÇUBUK	SALINIM TÜPÜ	DAMPER (ShA)	İÇ TÜP	Çekme yönü sürtünme (N)	Basma yönü sürtünme (N)
1	Galvaniz	Uzun	Mevcut	Mevcut	45	PBT	10,96	17,34
							11,06	15,93
2	Galvaniz	Uzun	Mevcut	Mevcut	65	PBT	13,83	11,83
							14,62	10,07
3	Galvaniz	Kısa	Mevcut	Mevcut	45	PBT	10,17	11,21
							12,12	10,91
4	Galvaniz	Uzun	Mevcut	Mevcut	45	PTFE	8,36	8,51
							8,87	10,65
5	Galvaniz	Uzun	Mevcut	Mevcut	65	PTFE	10,32	11,82
							11,94	10,39
6	Galvaniz	Uzun	-7mm	+4mm	45	PBT	14,13	7,60
							15,28	7,57
7	Galvaniz	Uzun	-7mm	+4mm	65	PBT	13,91	8,27
							13,90	8,78
8	Galvaniz	Kısa	-7mm	+4mm	65	PBT	9,40	10,62
							10,53	10,95
9	Inox	Uzun	Mevcut	Mevcut	45	PBT	10,73	9,16
							11,44	8,16
10	Inox	Kısa	-7mm	Mevcut	45	PBT	9,38	8,27
							10,21	8,71
11	Inox	Uzun	-7mm	Mevcut	65	PBT	11,35	10,38
							11,20	10,98
12	Inox	Uzun	-7mm	Mevcut	45	PBT	9,40	9,94
							9,21	11,20
13	★ Inox	Kısa	-7mm	+4mm	65	PBT	7,75	7,87
							7,96	7,88
							7,44	7,54

Yukarıdaki çizelgede de görüleceği üzere her bir parametrenin sürtünme sonuçlarında etkisi bulunmaktadır. Fakat meydana getirdiği etkiler, tekil olarak düşünüldüğünde düşük olduğu için şartnameyi sağlayacak kablo tasarımını meydana getirmek için farklı parametrelerin kombinlenmesi gerekmektedir.

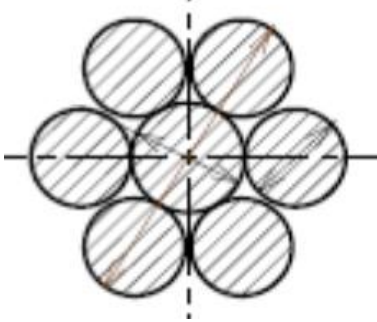
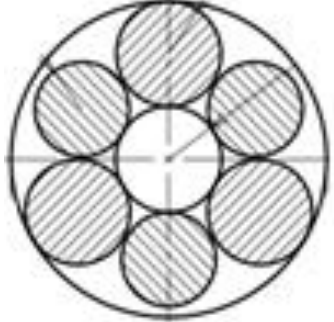
Deney tasarımı tablosundan da görüleceği üzere sürtünmeyi olumlu olarak etkileyen başlıca 4 adet ana etmen belirlendi. Bunlar;

- İç kablunun dış çapı, malzemesi ve konfigürasyonu
- Kokpit tarafı (S/S) CoEF damper sertliği
- Transmisyon tarafında kullanılan körüğün boyu ve tasarımı
- Kokpit tarafı (S/S) CoEF salınım tüpü ve metal çubuk boyu

İç Kablonun Etkisi: Önceki konu başlıklarında belirtildiği üzere, iç kablo, vites kumanda kablolarını oluşturan ve gerek fiziksel yük gerekse konfor sağlaması amacıyla en öncelikli elemanlardan biridir. İç kablonun dış çapı ve malzemesi sürtünmeye direk etki ederken dış çapının azaldığı durumlarda ve daha az pürüzlü bir yüzeye sahip olan malzeme seçilmesi durumunda sürtünme yükü azalmaktadır.

Yaşanılan problemde ana etmen olarak iç kablo görüldü. Karakterizasyon testleri yapıldığı sürece olumsuz sonuç alınması durumunda akla getirilmesi gereken ilk elemanlardan biri olan iç kablo için birçok alternatif bulunmaktadır. Yaşanılan problemlere ve bunların çözümleri için kullanılacak farklı tasarım iç kablo kullanılabilir. Bir önceki kırılma yükü geliştirilmesi konu başlığında 1x7 galvanizden 1x8'e geçilmiş iken bu durumda başka bir alternatif tercih edildi.

Aşağıdaki Çizelge 4.8'de de görüleceği üzere inox iç kablonun dış çapı $\text{Ø}3,23$ mm iken 1x7 galvaniz iç kablonun $\text{Ø}3,28$ mm'dir. İç kablonun dış çapının azalması durumunda, kılıf iç tüpü ile olan boşluk $\text{Ø}0,05$ mm artacak olmasından dolayı iç kablonun daha kolay hareket etmesi sağlandı.

TÜR	Inox	Galvaniz
BOYUT	Büyük ~ 3,3	Büyük ~ 3,3
GÖRSEL		

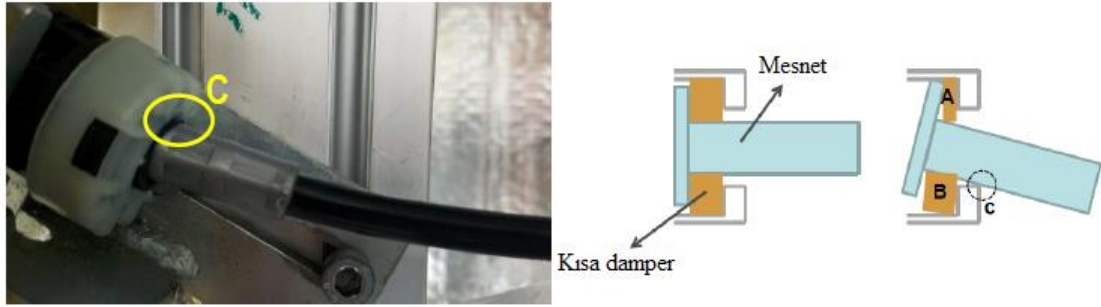
Çizelge 4.8. 1x7 inox ve galvaniz kablo karşılaştırması

Vites kumanda kablosunun gerçek araç içerisindeki rotasını düşündüğümüzde, sürtünmeyi arttıracak bir yol izlediğini rahatlıkla görebiliriz. Özellikle kokpit tarafı kılıf sonu sabitleyicisinden gromete kadar olan zorlu yolda, iç kablo ile kılıf iç tüpü arasında temas artmakta ve esnek olmayan iç kablodan dolayı sürtünme yükleri yükselmektedir.

Bu negatif olayı engellemek adına daha esnek bir yapıda ve ince olan 1x7 inox iç kablo tercih edildi.

S/S CoEF damper sertliği etkisi: Otomotiv üreticisi tarafından belirlenen vites kumanda kablosunun montaj pozisyonları ve rotası her zaman olumlu test sonuçları verecek kadar iyi olmayabilir. Bu gibi durumlarda, ortaya çıkan problemlerin çözümü vites kumanda kablosundaki performans iyileştirmelerinden beklenmektedir.

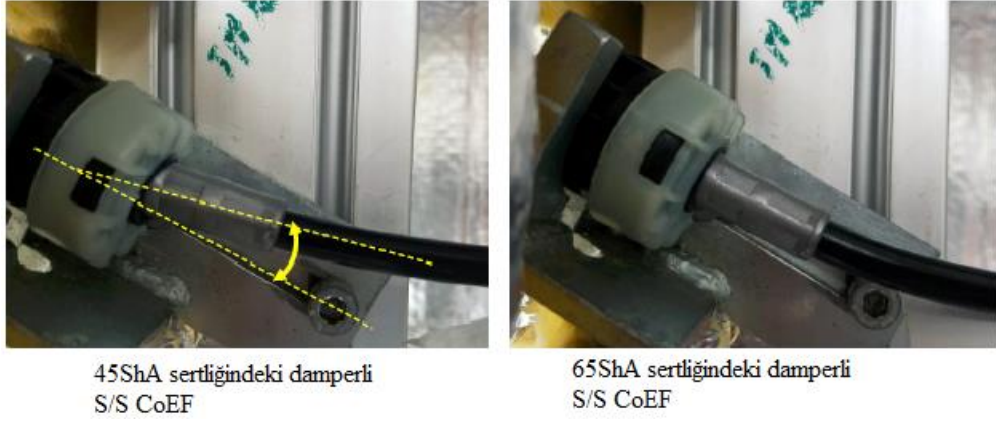
Bu proje özelinde, kokpit tarafındaki kılıf sonu sabitleyicisi pozisyonu ile gromet pozisyonu arasında kısa mesafe olması ve kılıfın yol aldığı montaj noktaları (bacaları) ters açılı olması sebebi ile, S/S CoEF'te yumuşak damper kullanılması durumunda aşağıdaki Şekil 4.23'te gösterildiği üzere açı meydana gelmekteydi.



Şekil 4.23. S/S CoEF metal mesnet açısı

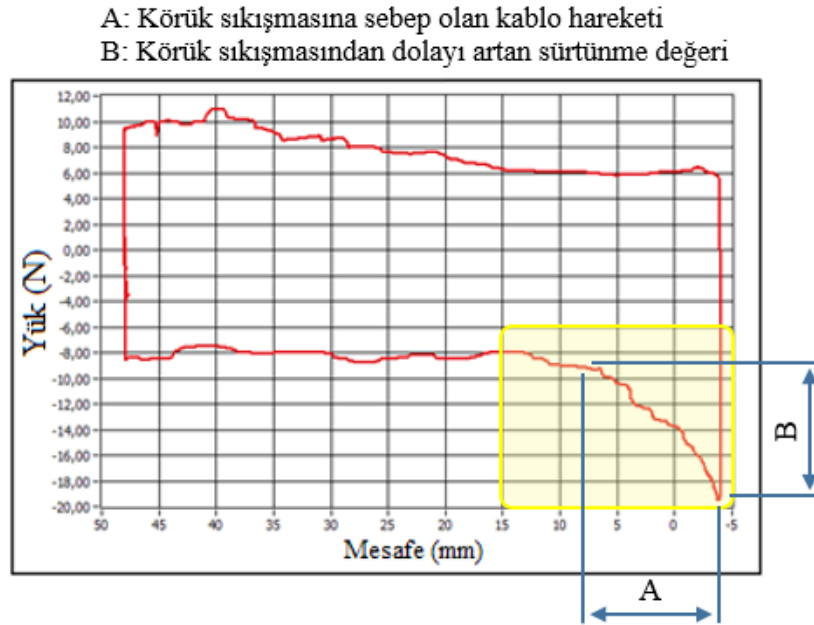
Meydana gelen bu açının 2 türlü negatif etkisi vardır; Birincisi açıdan kaynaklı olarak mesnetin en dar boğazından geçen iç kablo ile sürtünme yüzeyinin artması ile sürtünme değerlerinin de yükselmesi, ikincisi ise ömür testi boyunca damperin üzerinde sürekli dinamik yük olmasından dolayı deformasyona uğramasıdır.

S/S CoEF metal mesnetinde meydana gelen açığı engellemek amacıyla damperin sertlik değerini arttırıldı. Mevcut durumda 45ShA sertlik değerinde olan damper, ek kimyasal katkıları sayesinde malzemesi değiştirilmeden 65ShA sertliğe ulaştırıldı. Böylelikle, Şekil 4.24'te görüleceği gibi daha düz bir rota ile birlikte metal mesnet iç çapı ile iç kablo arasındaki sürtünme azaltıldı. Ayrıca görünmeyen yüzeylerdeki damper sıkışmasını da engelleyerek uzun vadeli ömür testinde yaşanma ihtimali olan problem engellendi.



Şekil 4.24. Damper sertliğinin mesnet açısına etkisi

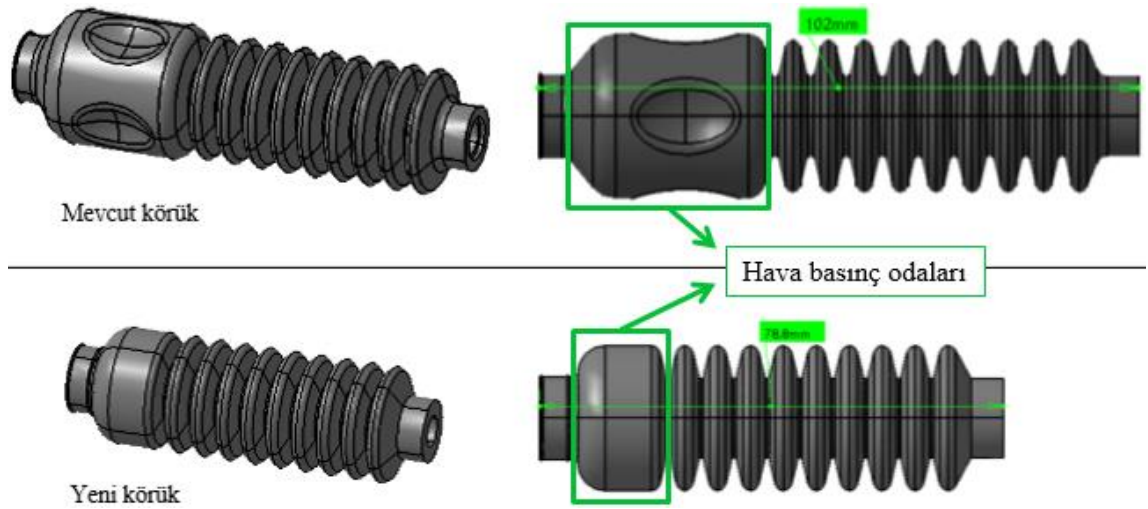
Transmisyon tarafında kullanılan körük: Önceki konu başlıklarında belirtildiği gibi, kullanılan körükler kablo sonu sabitleyicileri ile kılıf sonu sabitleyicileri arasında bulunan ve kablo içerisine sıvı, toz ve yabancı maddelerin girmesini engelleyen bir elemandır. Kauçuk malzemeli olan bu elemanlar kablo hareket ettiği sürece esnemektedirler. Transmisyon tarafındaki kablo sonu sabitleyicisi ne kadar geri çekilirse körük de o kadar küçülmekte ve içerisine hava dolmaktadır. Bu hava miktarı körük içerisinde hava basıncı oluşturarak sürtünme direncine ekstra bir direnç göstermektedir. Şekil 7.25'te grafik üzerinde detaylı açıklanmıştır.



Şekil 4.25. Sürtünme direncine körük etkisi

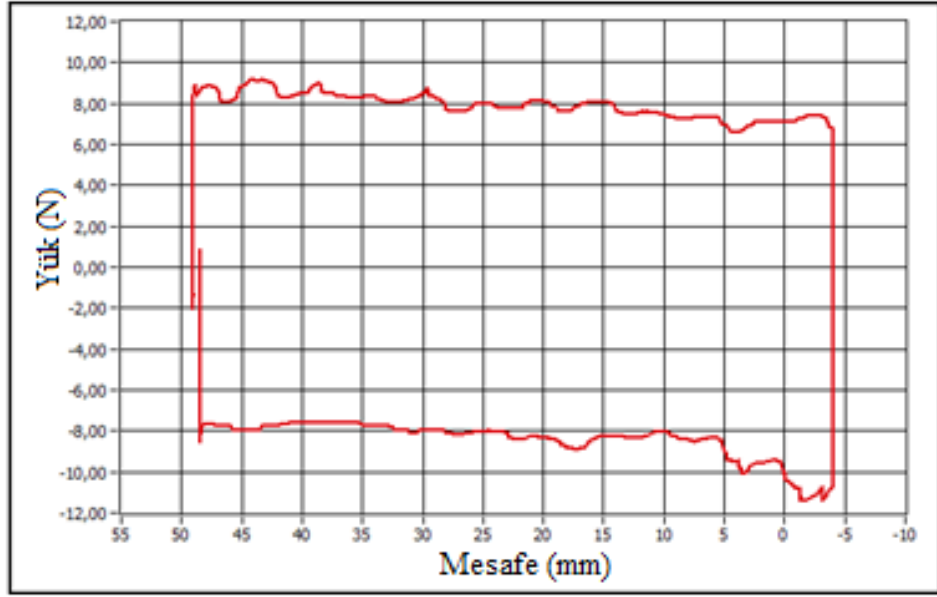
Yukarıdaki grafikteki uç noktaları gidermek adına körüğün nominal boyu kısaltıldı ve içerisine hava dolan basınç odasını düşüldü. Böylelikle hem kablo hareketi esnasında körüğün olması gerekenden daha fazla sıkıştırılması hem de içerisine dolan havanın kabloya tersinir yük uygulayarak sürtünme değerinin artırılması engellendi.

Aşağıdaki Şekil 4.26’da da görüldüğü üzere mevcut körüğün boyu 102 mm iken yeni körüğün boyu 78 mm’dir. Aradaki 24 mm’lik fark VKK hareketi esnasında körüğün daha az sıkışmasına olanak sağlamaktadır. Ayrıca yeni körüğün hava basınç odasının hacmi mevcut körükten daha az olduğu için meydana gelen tersine basınç etkisi ve sürtünmeye karşı olan negatif etki ortadan kaldırıldı.



Şekil 4.26. Mevcut ve yeni körük arasındaki fark

Körük negatif etkisi ortadan kaldırıldıktan sonra yapılan testlerde meydana gelen grafiksel değişiklik Şekil 4.27’de incelenebilir.



Şekil 4.27. Kısa körüklü sürtünme testi grafiği

S/S CoEF girişiminin etkisi: Yukarıda bahsedilen 3 konu başlığında da sürtünmeye etki eden tekil ürünlerin durumu ve geliştirilmesi incelendi. Bu üç farklı ürünlerdeki değişikliklerin kabloda meydana getirdiği iyileştirmeler vites kumanda kablosunun şartnameyi sağlamasında katkıda bulunmakta fakat yeterli olmamaktadır.

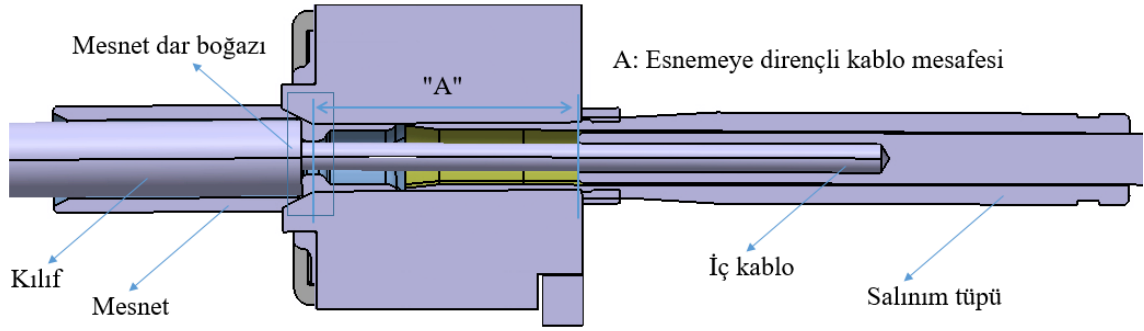
Kablonun araç rotasındaki durumu incelendi ve kokpit tarafındaki kılıf sonu sabitleyicisi ile gromet arasındaki mesafenin kısa olduğu ve bu kısa mesafede kılıfın aldığı rotanın zorlu olduğu fark edildi. Bu zorluğa ilave olarak CoEF ucundaki metal mesnet ile kılıfın gromet bacasına girdiği yerdeki açıların birbirinden farklı olmasından dolayı mesnette açılar meydana gelmekteydi. Her ne kadar damper sertleştirilmesi sonrası açılar azalmış olsa da kablo eksenini ile mesnet eksenini tam doğrusal hale getirilememiştir. Şekil 4.28'den vites kumanda kablosunun araç rotasına göre hazırlanmış 3 boyutlu görüntüsü görülebilmektedir.



Şekil 4.28. Zor rotaya sahip VKK rotası

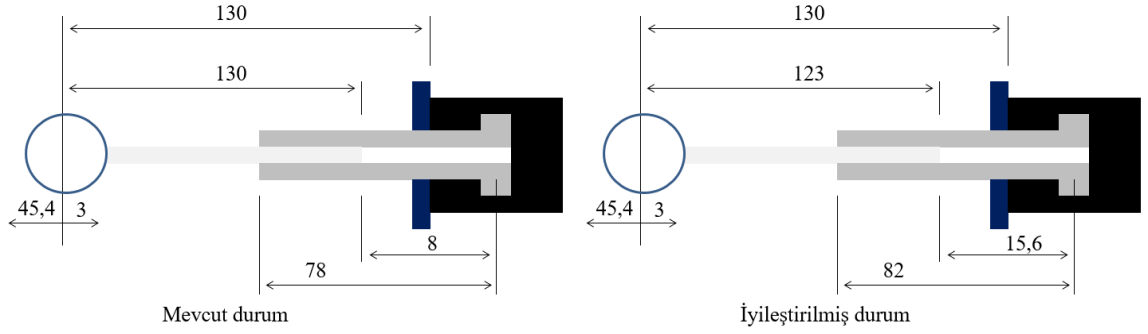
Kablo sonu sabitleyicilerine preslenen iç kablolar, metal çubuğa yakın olan bölgelerde daha rijit bir yapıya sahip olmaktadır. Bu rijit yapı, kablo hareket ettiği esnada metal mesnet parçasının en dar iç çapına sürterek sürtünmeyi arttırmaktadır. Bu noktada esnek olmayan bir iç kablo katı yapı özelliği göstermekte ve salınım tüpünün açılı çalıştığı durumlarda da sabit kalmaya çalıştığı için sürtünmeyi arttırmaktadır.

Bu çalışmada, metal çubuğun bittiği noktayı mümkün olduğunca geri çekerek çubuk ile mesnet dar boğazı arasındaki mesafeyi arttırmak amaçlandı. Bu sayede mesnet dar boğazına temas eden iç kablo katı cisim özelliği göstermedi ve esnekliği sayesinde sürtünme miktarı azaltıldı. Aşağıda Şekil 4.29'da kesiti alınan kılıf sonu sabitleyicisi sayesinde iç kablo ve metal mesnet arasındaki bağlantı incelenebilir.



Şekil 4.29. S/S CoEF kesiti

Bu mesafeyi arttırabilmek adına X_i hesaplaması tekrar yapıldı ve kokpit tarafındaki kablo sonu sabitleyicisinin metal çubuk boyu 7 mm kısaltıldı. Mevcut durumda metal çubuğun boyu 130 mm iken salınım tüp merkezi ile arasındaki mesafe minimum durumda 8 mm'ye kadar düşmektedir. Bu durumu ortadan kaldırmak adına metal çubuğun boyu 123 mm'ye düşürülerek 7 mm kazanç sağlandı. Kablo hareketi esnasındaki yer değiştirmeleri ve toleransları hesaba katıldığında salınım tüpü merkezi ile arasındaki boşluk 15,6mm'ye kadar yükseltildi. Bu sayede metal çubuğun ucundaki iç kablo daha esnek olacağı için sürtünme miktarı azaltıldı. Şekil 4.30'da boylar arasındaki karşılaştırma detaylı olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.30. Xi hesaplaması karşılaştırması

4.2.4. İyileştirilmiş Kablonun Sürtünme Sonuçları

Yukarıda 4 konu başlığı ile yapılan iyileştirmeler sonucunda prototip vites kumanda kabloları üretildi ve daha önceleri açıklandığı şekilde, gerçek araç rotasında gerekli test ekipmanları ile birlikte testler yapıldı. Çalışmalar boyunca tespit edilen ana etmenler ve negatif etkisinin ortadan kaldırılması amacıyla yapılan değişiklikler aşağıdaki Çizelge 4.9'da belirtilmektedir.

Çizelge 4.9. Problem etmenleri ve çözüm yöntemleri tablosu

NU	PROBLEM KAYNAĞI	NEGATİF ETKİNİN SEBEBİ	PROBLEMİN ÇÖZÜMÜ	POZİTİF ETKİNİN SEBEBİ
1	1x7 Galvanizli iç kablo kullanımı	Mevcut iç kablonun dış çapının büyük olması ve yüzey pürüzlülüğünün fazla olması	1x7 Inox iç kablo kullanımı	Daha küçük iç çap ile kılıf arasındaki boşluğun artması ve pürüzsüz bir malzeme kullanılması
2	S/S CoEF 45ShA damper kullanımı	Damperler yumuşak olduğu için metal mesnetin kablo eksenine göre açığı yapması	S/S CoEF'te 65ShA damper kullanımı	Sert damper sayesinde mesnette açığı gelmesinin engellenmesi
3	Körük boyunun uzun olması (102mm)	Körüğün fazla sıkışması ve yüksek hacimli hava basınç odasının ters etki göstermesi	Kısa körük kullanımı (78,8mm)	Körüğün fazla sıkışmasının engellenmesi ve basınç odasındaki fazla havanın azaltılması
4	S/S CoEF 'te metal çubuk ve salınım tüpü girişiminin fazla olması	Katı cisim özelliği gösteren metal çubuk ucundaki iç kablonun abutment dar boğazı ile teması	Metal çubuk boyunun kısaltılması	Metal çubuk ucundaki iç kablonun esnekliğinin artması ve mesnet dar boğazında yumuşak bir temas elde edilmesi

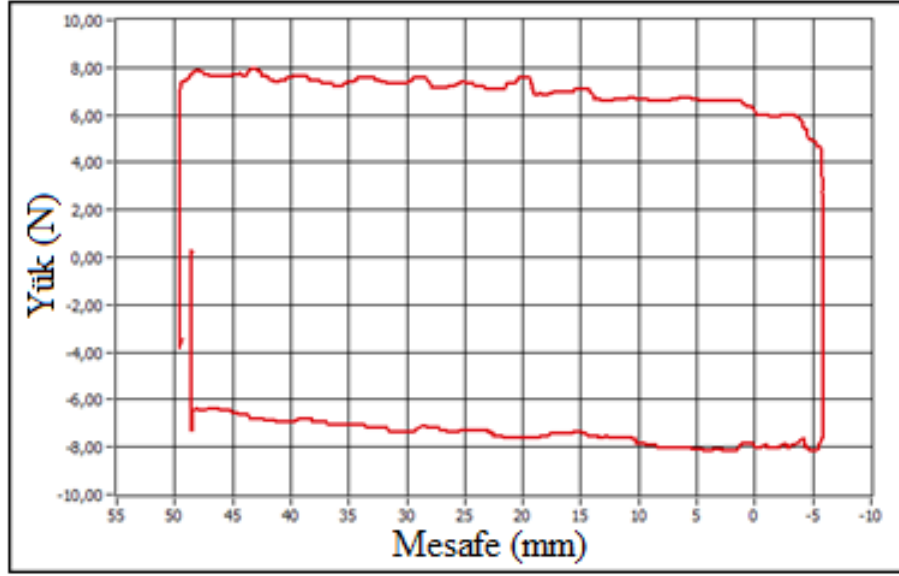
Yapılan tüm bu testlerde 5 ölçümde de şartname değeri olan 9.83 N'dan düşük değerler elde edildi ve son değer de (Ortalama + (3 x Standart Sapma)) şartnamenin altında kalarak

olumlu sonuçlar alındı. Test değerlerinin detayları aşağıdaki Çizelge 4.8’de görülmektedir.

Çizelge 4.10. Tasarımı iyileştiren kablonun sürtünme sonuçları

NUMUNE NO	ÖLÇÜM ADET	+ YÜK (N)	MESAFE (mm)	- YÜK (N)	MESAFE (mm)
1	1.ÖLÇÜM	7,86	47,62	-7,87	-3,00
	2.ÖLÇÜM	7,78	47,567	-7,95	-3,032
	3.ÖLÇÜM	7,62	47,614	-7,7	-3,055
	4.ÖLÇÜM	7,7	47,56	-7,78	-3,06
	5.ÖLÇÜM	7,78	47,59	-8,03	-3,03
	ORT (A)	7,748		-7,866	
	STD.SAP (B)	0,09		0,13	
	SONUÇ (A+3B)	8,02		-7,47	
	ŞARTNAME	9,83		9,83	
	SONUÇ	OLUMLU		OLUMLU	
NUMUNE NO	ÖLÇÜM ADET	+ YÜK (N)	MESAFE (mm)	- YÜK (N)	MESAFE (mm)
2	1.ÖLÇÜM	8,10	47,66	-8,03	-3,00
	2.ÖLÇÜM	8,27	47,634	-7,78	-3,005
	3.ÖLÇÜM	7,94	47,651	-7,95	-3,035
	4.ÖLÇÜM	7,86	47,65	-7,78	-3,03
	5.ÖLÇÜM	7,62	47,60	-7,87	-3,06
	ORT (A)	7,96		-7,88	
	STD.SAP (B)	0,25		0,11	
	SONUÇ (A+3B)	8,70		-7,56	
	ŞARTNAME	9,83		9,83	
	SONUÇ	OLUMLU		OLUMLU	
NUMUNE NO	ÖLÇÜM ADET	+ YÜK (N)	MESAFE (mm)	- YÜK (N)	MESAFE (mm)
3	1.ÖLÇÜM	7,86	47,54	-7,62	-3,00
	2.ÖLÇÜM	7,13	47,634	-7,54	-2,998
	3.ÖLÇÜM	7,37	47,561	-7,54	-2,998
	4.ÖLÇÜM	7,29	47,63	-7,70	-3,00
	5.ÖLÇÜM	7,54	47,60	-7,3	-3,00
	ORT (A)	7,44		-7,54	
	STD.SAP (B)	0,28		0,15	
	SONUÇ (A+3B)	8,27		-7,09	
	ŞARTNAME	9,83		9,83	
	SONUÇ	OLUMLU		OLUMLU	

Yapılmış olan bu testlerin grafiklerinde de gayet homojen bir yapı elde edildi ve ne katı cisim özelliği gösteren iç kablodan kaynaklanan ani düşüş ve artışlar ne de uzun körükten dolayı meydana gelen kablo hareket sonlarında meydana gelen yükselme görülmedi. Grafik detayları Şekil 4.31’de belirtilmektedir.



Şekil 4.31. Tasarımı iyileştirilen kablo sürtünme grafiği

Son olarak eski tasarım vites kumanda kablosu ile tasarım değişiklikleri yapılarak iyileştirilen vites kumanda kablolarının karşılaştırmalı olarak sürtünme direnci değerlerini gösteren tablo Çizelge 4.11’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.11. Karşılaştırmalı sürtünme direnci değerleri

NU.	ESKİ TASARIM		YENİ TASARIM		ŞARTNAME
	+ YÜK (N)	- YÜK (N)	+ YÜK (N)	- YÜK (N)	
1	12,89	16,74	8,02	-7,47	Maks. 9,83N
2	10,96	17,34	8,7	-7,56	
3	11,06	15,93	8,27	-7,09	

5. SONUÇ

Bu tez çalışmasında öncelikle mekanik vites kumanda kablolarının çalışma prensipleri, performans özellikleri ve fonksiyonları ayrıntılı olarak açıklandı. Kumanda kablolarının şartnamelere uygunluğunu kontrol etmek amacıyla yapılan testlerin özellikleri belirtildi. Ardından 2 farklı vites kumanda kablosu için geliştirilme çalışmaları yapıldı. Bunlardan birincisi, hedef statik kırılma yükü değerinin artırılmasıydı. Vites kumanda kablosundaki dayanım hedefi 120°C’de yük uygulama merkezinden minimum 500 N olması gerektiği halde daha düşük yüklerde kırılma meydana gelmekteydi. Vites kumanda kablolarında yüksek yük dayanımlarını iyileştirmek amacıyla yapılan çalışmalarda öncelikle problemin kaynağı olarak aşağıdaki hususlar belirlendi;

- Zorlu rotaya sahip, geçirici (SH) vites kumanda kablolarında 1x7 galvanizli iç kablo kullanılması yeterli mukavemeti sağlamamakta ve beklenen yüklerle kadar dayanamamaktaydı.
- Kokpit tarafındaki salınım tüplerinin ince cidarlı ve esneklik sağlayıcı MoS₂ katkılı olması tüpün dayanıklılığını azaltmaktaydı.
- Transmisyon tarafındaki metal çubuğun bittiği yerde salınım tüpü kırılması sebebi ile Xi hesaplamasının yeterli düzeyde olmadığı anlaşıldı ve T/S salınım tüpünün üzerinde gelen yüksek tork kuvvetine yeterince dayanıklı olmadığı tayin edildi.

Tüm bu etken parametreleri ortadan kaldırmak amacıyla vites kumanda kablolarında aşağıdaki tasarım değişiklikleri yapılarak vites kumanda kablolarının daha yüksek yüklerle dayanabilmesi sağlandı.

- İç kablo 1x7’den 1x8 galvanizli kabloya değiştirildi.
- Kokpit tarafı plastik tüpün malzemesi değiştirildi ve et kalınlığı arttırıldı.
- Transmisyon tarafı CaEF ve CoEF boy değişiklikleri yapıldı.

Başka bir mekanik vites kumanda kablosunda ise sürtünme direncini iyileştirmek adına çalışmalar yapıldı. Bu vites kumanda kablosunda, hedef olarak belirlenmiş olan sürtünme direnci değeri, vites kumanda kablosu araç rotasına montajlıyken ve testin oda sıcaklığında yapılması durumunda, maksimum 9,83 N’dur. Mevcut vites kumanda

kablolarında yapılan testlerde 15–16 N’luk değerler elde edildi. Problemin kaynağının tespit edilmesi amacı ile deney tasarımı grupları oluşturuldu ve yapılan çok sayıda testten sonra sürtünmeyi en çok etkileyen 4 parametre tespit edildi. Bu parametreler ve çözümleri aşağıda maddeler halinde sıralanmaktadır;

- 1x7 galvanizli iç kablo kullanımı esnasında kablonun dış çapının büyük olmasından dolayı kılıf ile arasındaki boşluk az ve yüzeyi pürüzlü olduğu için sürtünmeye etkisi fazla olduğu görüldü. Kablo daha yumuşak ve pürüzsüz bir dış yüzey ve daha küçük dış çapa sahip olan 1x7 inox kablo ile değiştirildi ve sorun ortadan kaldırıldı.
- Kokpit tarafı kılıf sonu sabitleyicisindeki damperler 45ShA olduğu için metal mesnette açığı meydana geldiği tespit edildi. Bu damperler daha sert olan 65ShA damperler ile değiştirildi ve mesnetin açığı yapması engellendi.
- Transmisyon tarafı kablo sonu sabitleyicisinde bulunan körüğün boyu uzun olduğu için içerisine fazla hava sıkıştığı tespit edildi. Basınç etkisi ile sürtünmenin artmakta olduğu belirlendi. Daha kısa körük kullanılarak fazla hava basıncından dolayı oluşan negatif yük etkisi ortadan kaldırıldı.
- CaEF ve CoEF arasındaki girişimden dolayı, metal çubuk ucundaki iç kablo katı cisim özelliği gösterdiği tayin edildi ve mesnet dar boğazına keskin bir temas yaptığı belirlendi. Metal çubuğun boyu kısaltılarak iç kablonun o bölgede esnek olması sağlandı.

Mekanik vites kumanda kablosunda +/- yük yönlerinde 11,64 N / 16,67 N olan sürtünme direnci değerleri, yukarıda açıklanan tasarım değişiklikleri ile 8,33 N / 7,37 N değerlerine kadar düşürüldü.

KAYNAKLAR

- Andersson, L., Lenshof, S. 2015.** Development of an Intuitive Shift-by-Wire Gear Selector. *MSc Thesis*, Department of Product- and Production Development, Chalmers University Of Technology, Gothenburg, Sweden
- Andersson, M., 2014.** Churning losses and efficiency in gearboxes. *MSc Thesis*, Department of Machine Design, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden
- Anonim, 2003.** Türkiye Vakıflar Bankası Sektör Araştırmaları Serisi, 2003. “ Otomotiv Sektörü ” No:28, www.vakifbank.com.tr/earastirma/ (Erişim Tarihi. 21.02.2007)
- Anonim, 2007.** <http://designhandbook.ficosa.com>, Son Erişim Tarihi. 05.11.2018. Konu. Vites Kablosunun Temel Fonksiyonları
- Anonim, 2008.** FICOTRIAD SA, 2008. Spain
- Anonim, 2010a.** FICOSA Otomotiv, 2010. Türkiye
- Anonim, 2010b.** FICOTRIAD SA, 2010. Technical dossier for shifter cables, Spain, p. 3-4-5-6.
- Anonim, 2011a.** FICOSA Otomotiv, 2011. Türkiye
- Anonim, 2011b.** FICOTRIAD SA, 2011. Spain
- Anonim, 2012.** FICOSA Otomotiv, 2012. Türkiye
- Anonim, 2014.** FICOSA Otomotiv, 2014. Türkiye
- Anonim, 2015.** FICOSA Otomotiv, 2015. Türkiye
- Anonim, 2016.** FICOSA Otomotiv, 2016. Türkiye
- Barbieri, N., Honorato, O., Barbieri, R. 2002.** Dynamical Analysis Of Transmission Line Cables Part-1, Brasil, 18 (2004) 659–669
- Barbieri, N., Honorato, O., Barbieri, R. 2002.** Dynamical Analysis Of Transmission Line Cables Part-2, Brasil, 18 (2004) 671–681
- Barbieri, N., Honorato, O., Barbieri, R. 2007.** Dynamical Analysis Of Transmission Line Cables Part-3, Brasil, 22 (2008) 992–1007
- Bedir, A., 2002.** Türkiye’de Otomotiv Sanayi Gelişme Perspektifi, Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara
- Campbell, B., Govindswamy, K., Diemer, P., Morriset, D., Droste, T., 2005.** Shifter Cable Vibration Transfer And Kinematic Simulation. Case Study,
- Chiaberge, M. 2011.** New Trends and Developments in Automotive Industry, InTech, <https://www.intechopen.com/books/newtrends-and-developments-in-automotive-industry>, (Erişim Tarihi. 14.03.2019).
- Dongyang, C. 2014.** Experimental Characterization of Bowden Cable Friction and Compliance, *MSc Thesis*, Faculty of the Graduate School, The University Of Texas, Austin, United States of America
- Drejjer, S., Wahnström. I., 2014.** Development of a generic gear shifter for the truck industry, *MSc Thesis*, Department of Product and Production Development, Division of Design and Human Factors, Chalmers University Of Technology, Gothenburg, Sweden
- Hidroğlu, M. 2016.** Vites Kumanda Mekanizması Karakterizasyon Test Düzenegi Tasarım ve İmalatı. 8. Otomotiv Teknolojileri Kongresi, OTEKON’16, Bursa
- Karabulut, H. 2011.** Vites Komuta Kontrol Sistemlerinde Mekanik Titreşim Ve Akustik Özelliklerin İyileştirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa
- Kind, A., Rohde, A. 2014.** The Harshness of Air Springs in Passenger Cars, Continental Teves AG & Co. oHG, Hannover, Germany

- Leib, N., Nacivet, S., Thouverez, F. 2009.** Experimental And Numerical Study of A Vibro-impact Phenomenon in a Gearshift Cable. *Journal of Sound and Vibration*, France, p. 2, 329 (2010) 289–301
- Lucian, C.D. 2014.** Technical innovations and optimizations on the external gearshift mechanism, *European Scientific journal*, 10(1), 181-192.
- Mitchell, W. J., Christopher E. Borroni-Bird ve Lawrence D. B. 2010.** Reinventing the Automobile Personal Urban Mobility for the 21st Century, *The MIT Press*, USA.
- Nono, K., Gotoh, T., Wakita, M. 2006.** The Elastic Analysis of the Construction with Non-linear Stiffness Property and Its Application to the Design, Japane, p. 3
- Sanayi Ve Ticaret Bakanlığı, 2011.** Türkiye Otomotiv Sektörü Strateji Belgesi Ve Eylem Planı 2011-2014. Ankara. Sanayi Ve Ticaret Bakanlığı Sanayi Genel Müdürlüğü Yayını.
- Pişkin, S., 2017.** “Türkiye Otomotiv Sanayii Rekabet Gücü ve Talep Dinamikleri Perspektifinde 2020 İç Pazar Beklentileri”, Otomotiv Sektör Raporu, http://www.taysad.org.tr/uploads/dosyalar/06-02-2017-09-59-170206-Otomotiv_Sektor_Raporu_TSKB-2208.pdf, (Erişim Tarihi. 07.06.2017).
- Sönmez, A.E., 2010.** Otomotiv Ana Ve Yan Sanayi. Ankara. Dış Ticaret Müsteşarlığı İhracatı Geliştirme Etüd Merkezi.
- Takahashi, K. 1981.** Gear Shift Mechanism For Automotive Multi-Speed Transmission, U.S. Patent No. 4,304,144
- Teng Ma, B.S. 2013.** Model-Based Control Design and Experimental Validation of an Automated Manual Transmission, *MSc Thesis*, The Ohio State University, Ohio, United States of America
- Viet, N. D., 2012.** Gear shift strategies for automotive transmissions, *PhD Thesis*, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, Netherlands

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Sezer METİN
Doğum Yeri ve Tarihi : BURSA / 29 Haziran 1993
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : İMKB Gürsu Anadolu Lisesi / BURSA (2011)
Lisans : Yıldız Teknik Üniversitesi / İSTANBUL (2015)
Makine Fakültesi / Makine Mühendisliği

Yüksek Lisans : Silesia Teknoloji Üniversitesi / POLONYA (2017)
Makine Fakültesi / Makine Mühendisliği

Yüksek Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi / BURSA (2019)
Fen Bilimleri Enstitüsü / Makine Mühendisliği

Çalıştığı Kurum ve Yıl : Ficosa Otomotiv San. Ve Tic. A.Ş. (2015 -)

İletişim (e-posta) : +90 539 852 71 61
sezer.metin@ficosa.com
sezer.metin93@gmail.com

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

TEZ ÇOĞALTMA VE ELEKTRONİK YAYIMLAMA İZİN FORMU

Yazar Adı Soyadı	Sezer METİN
Tez Adı	MANUEL ŞANZIMANLI BİR OTOMOBİLİN VİTES KABLOSUNUN TASARIMI VE GELİŞTİRİLMESİ
Enstitü	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Makine Mühendisliği Anabilim Dalı
Tez Türü	Yüksek Lisans Tezi
Tez Danışman(lar)ı	Prof. Dr. Yahya IŞIK
Çoğaltma (Fotokopi Çekim) İzni Kısıtlama	<input checked="" type="checkbox"/> Patent Kısıt (2 yıl) <input type="checkbox"/> Genel Kısıt (6 ay) <input type="checkbox"/> Tezimin elektronik ortamda yayımlanmasına izin veriyorum.

Hazırlamış olduğum tezimin belirttiğim hususlar dikkate alınarak, fikri mülkiyet haklarım saklı kalmak üzere Bursa Uludağ Üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı tarafından hizmete sunulmasına izin verdiğimi beyan ederim.

Tarih : 02.09.2019

İmza : 