

NOVİKOV DİŞLİ ÇARK MEKANİZMASININ İNCELENMESİ

FATİH DUMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2007

NOVİKOV DİŞLİ ÇARK MEKANİZMASININ İNCELENMESİ

FATİH DUMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman: Doç. Dr. İsfendiyar BAKŞIYEV

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Bu çalışma, jürimiz tarafından Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan :Doç. Dr. Emine ÖZTÜRK

Üye :Yrd. Doç. Dr. H.Ali ERTAŞ

Üye :Doç. Dr. İsfendiyar BAKŞİYEV

ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

...../...../2007

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Prof. Dr. H.Hüseyin BAŞIBÜYÜK

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosunun 05.01.1984 tarihli toplantısında kabul edilen ve daha sonra 30.12.1993 tarihinde C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne hazırlanan ve yayınlanan “Yüksek Lisans ve Doktora Tez Yazım Kılavuzu” adlı yönergeye göre hazırlanmıştır.

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	i
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
CETVELLER DİZİNİ	ix
SİMGELER DİZİNİ	x
BÖLÜM I	
1. GİRİŞ	1
1.1. Genel İfadeler	1
1.2. Daha Önce Yapılan Çalışmalar	2
BÖLÜM II	
2. NOVİKOV SİSTEMLİ DIŞLI ÇARK MEKANİZMALARINA GENEL BAKIŞ VE TEORİK BİLGİLER	4
2.1. Evolvent Profilli Dişli Çark Kavramalarının Dezavantajları	4
2.2. Novikov Sistemli Yeni Diş Kavramanın Özellikleri	7
2.3. Kavrama Doğrusu	10
2.4. Novikov Kavrama Sisteminin Geometrisi	12
2.5. Novikov Profilli Dişli Çark Mekanizmalarında Meydana Gelen Diş Kuvvetleri ve Bu Kuvvetlerin Mil Yataklarındaki Tepkileri	15
2.6. Novikov Profilli Dişli Çarkların Temas (Kontakt) Gerilmelerine Hesaplanması	17
2.6.1. Novikov profilli dişli çarkların temas (kontakt) gerilmelerine göre hesap kademeleri	21
2.7. Novikov Profilli Dişli Çarkların Eğilme Gerilmelerine Göre Hesabı	24
2.7.1. Novikov Profilli Dişli Çarkların Eğilme Gerilmelerine Göre Hesap Kademeleri	26
BÖLÜM III. MATERYAL ve METODLAR	
3. DIŞ KAVRAMALI NOVİKOV PROFİLLİ VE EVOLVENT PROFİLLİ SİLİNDİRİK DİŞLİLERDEN OLUŞAN İKİ KADEMELİ REDÜKTÖRÜ OLAN KRENİN YÜK KALDIRMA MEKANİZMASININ PROJE HESAPLARI	29
3.1. Projenin Kinematik Hesabı	29
3.2. Projenin Geometrik – Boyutlandırma Hesabı	31
A. Novikov profilli silindirik helisel silindirik dişli çark redüktörünün hesabı	31
3.3. Redüktörün Birinci Kademesinin Hesabı	32
3.4. Redüktörün İkinci Kademesinin Hesabı	38
B. Evolvent Profilli Silindirik Helisel Silindirik Dişli Çark Redüktörünün Hesabı	43
3.5. Redüktörün Birinci Kademesinin Hesabı	43
3.6. Redüktörün İkinci Kademesinin Hesabı	47
3.7. Redüktörün Millerinin Hesabı	51
3.7.1. Redüktörün millerinin yaklaşık hesabı	51
3.8. Redüktör Elemanlarının Konstrüktif Boyutları	52
3.8.1. Dişli çarkların konstrüktif boyutları	52
3.8.2. Redüktörün Gövdesinin Konstrüksiyon Boyutları	53
3.8.3. Redüktörün yerleştirilme şeması	55
3.9. Redüktörün Millerinin Hesabı	56
3.9.1. Redüktörün giriş milinin hesabı	56
3.9.2. Redüktörün ara milinin hesabı	59
3.9.3. Redüktör çıkış mili hesabı	61
3.10. Yatakların Hesabı	63
3.10.1. Giriş mili için yatak hesabı	63

3.10.2. Ara mili için yatak hesabı	65
3.10.3. Çıkış mili için yatak hesabı	66
3.11. Mil - Göbek Bağlantılarının Seçimi ve Kontrol Hesabı	68
3.11.1. Giriş milinin mil - göbek bağlantılarının seçimi ve kontrol hesabı	68
3.11.2. Ara milin mil - göbek bağlantılarının seçimi ve kontrol hesabı	69
3.11.3. Çıkış milinin mil - göbek bağlantılarının seçimi ve kontrol hesabı	69
3.12. Kaplin Seçimi	70
3.12.1. Motor mili ile redüktörün giriş milini bağlayan kaplin	70
3.12.2. Redüktörün çıkış mili ile Tamburu bağlayan kaplin	71
3.13.Redüktörün Montaj Resminin Çizimi	71
3.14.Redüktörün Katı Modelinin Oluşturulması	73
3.15.Aynı gücü İleten Evolvent Dişli Çarklar ile Novikov Dişli Çark Redüktörlerinin Parametrelerinin Karşılaştırılması	75
3.16. Sonuçlar	76
BÖLÜM IV	
4. NOVİKOV DIŞLİ ÇARLARINDAN OLUŞAN SİSTEMİN DİNAMİK MODELLENMESİ	77
4.1. Dinamik Modelleme Metodu	77
4.2. Redüktörün Atalet momentlerinin, Esneklik ve Rijitliğinin Hesaplanması	78
4.2.1. Novikov profilli dişli çarklardan oluşan redüktörde güç ve hareket ileten parçaların atalet momentlerinin hesabı	79
4.2.1.1. Millerin atalet momentlerinin dinamik modelleme programıyla anlatılması	80
4.2.2. Novikov profilli dişli çarklardan oluşan redüktörde güç ve hareket ileten parçaların esnekliğinin hesabı	85
4.2.2.1. Millerin burulma esnekliğinin hesabı	85
4.2.2.2. Elastik manşonlu kaplinin esneklik hesabı	86
4.2.2.3. Uygu kaması bağlantısının burulma esnekliği	87
4.2.2.4. Dişli çarkların esneklik hesabı	87
4.2.2.5. Millerin esnekliğinin hesaplanmasının dinamik modelleme programıyla anlatılması	87
4.2.3. Novikov profilli dişli çarklardan oluşan redüktörde güç ve hareket ileten parçaların rijitliğinin hesabı	93
4.3. Redüktörün Eşdeğer ve İndirgenmiş Dinamik Modelinin Oluşturulması	95
4.3.1. Redüktörün eşdeğer dinamik modelinin oluşturulması	95
4.3.2. Redüktörün indirgenmiş dinamik modelinin oluşturulması	97
4.3.3. Redüktörün eşdeğer ve indirgenmiş dinamik modellerinin, dinamik modelleme programıyla oluşturulması	100
4.3.3.1. Redüktörün eşdeğer dinamik modelinin oluşturulması	101
4.3.3.2. Redüktörün indirgenmiş dinamik modelinin oluşturulması	102
4.4. Sonuç	104
BÖLÜM V	
5. NOVİKOV PROFİLLİ İKİ KADEMELİ SİLİNDİRİK REDÜKTÖRÜN TİTREŞİM PROSESLERİNİN TEORİK TEDKİKİ	105
5.1. Sistemin Lineer Hareket Denklemleri	105
5.2. Serbest Titreşimler ve Novikov Profilli İki Kademeli Silindirik Redüktörün Tabii Frekanslarının ve Titreşim Formlarının Araştırma Metotları	108
5.3. Zincir Şekilli Dinamiksel Modelin Tabii Frekanslarının Hesabı	111
5.4. Zincir Şekilli Dinamik Modellerinin Titreşim Formlarının ve Zorlanmış Titreşimlerinin Tayini	113
5.5. Sonuç	117
BÖLÜM VI	
6. GÜÇ VE HAREKET İLETİM ELEMANLARININ TİTREŞİM PROSESLERİNİN OPTİMİZASYONUNUN GENEL STRATEJİSİ	118
6.1. Amaç Fonksiyonu	118

6.2. Sonuç	119
BÖLÜM VII	
7. REDÜKTÖRÜN DİNAMİK KARAKTERİSTİĞİNİN HESABI VE TİTREŞİM PROSESLERİNİN OPTİMİZASYONU	120
7.1. Redüktörün Zincir Şekilli Dinamik Modelinin Dinamik Karakteristiğinin Hesabı	120
7.2. Titreşim Formlarının Hesabı	121
7.3. Redüktörün Zincir Şekilli Dinamik Modelinin Titreşim Proseslerinin Optimizasyonu	123
7.4. Sonuç	123
8. SONUÇ VE ÖNERİLER	124
9. KAYNAKLAR	125
10.ÖZ GEÇMİŞ	127
11.EKLER	128
EK-2	128
EK-3	134
EK-4	139
EK-5	235
EK-6	237

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

NOVİKOV DİŞLİ ÇARK MEKANİZMASININ İNCELENMESİ

Fatih DUMAN

Cumhuriyet Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. İsfendiyar BAKŞIYEV

Yapılan bu çalışmayla, henüz ülkemizde kullanılmayan ve birçok ülkede adı dahi bilinmeyen Novikov dişli sisteminin tanıtılması amaçlanmıştır.

Tezde öncelikle Novikov profilli dişli çarklar hakkında bilgi verilerek evolvent profilli dişli çarklar ile kıyaslanmış ve üstünlükleri matematiksel olarak ortaya çıkarılmıştır. Novikov profilli dişli çarkların hesap yöntemleri anlatılarak iki kademeli silindirik helisel dişli çarklardan oluşan redüktörün hesaplamaları yapılmıştır. Hesaplamalar sonucunda redüktörü oluşturan parçaların boyutları belirlenmiş, redüktörün montaj resmi ve Catia programı yardımıyla katı modellemesi yapılmıştır. Delphi 5.0 yardımıyla hazırladığımız dinamik modelleme programı ile de dinamik modeli oluşturulmuş ve sistemin Tabi frekansı, titreşim formları paskal programında daha önce hazırlanmış olan ESNF paket programı ile hesaplatılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Novikov Profilli Dişli Çark, Evolvent Profilli Dişli Çark, Dinamik Model, Redüktör.

SUMMARY**MsC Thesis****THE STUDY OF NOVIKOV'S GEAR MECHANISM**

Fatih DUMAN

Cumhuriyet University
Science Institute
Mechanical Engineering Department

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. İsfendiyar BAKŞIYEV

In this study it is aimed to present the Novikov gear system which is not used in our country and even its name is not known in several countries.

In this thesis, information about the gears with Novikov profile is given first, and then a comparison with gears having evolvent profile is made and its superior outstanding features are revealed mathematically. Calculation methods for gears having Novikov profiles are explained and calculations for a reducing gear mechanism composed of two stage cylindrical helical gears are made. As a result of the calculations, dimensions of the parts forming the reducing gear mechanism are determined, its assembly drawing is drawn and its solid model is made by using Catia software. Its dynamic model is made with the dynamic modelling software prepared by Delphi 5.0 , and also the natural frequency of the system and vibration forms are calculated making use of the formerly prepared ESFN package prepared by PASCAL programming software.

Key Words : gear with Novikov profile, gear with evolvent profile, dynamic model, gearbox.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimimin her aşamasında bana sonsuz destek olan ve tezimin her bölümünde emek ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. İsfendiyar BAKŞIYEV'e, hayatımın her aşamasında bana destek olan çalışma azmimin kaynağı aileme, Yüksek Lisans eğitimime başlamamda bana yardımcı olan hocalarım Sayın Doç. Dr. Ertan BUYRUK ve Sayın Yrd.Doç.Dr. H. Ali ERTAŞ'a, Tezimin bir çok bölümünde bana yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarımdan İlyas TUNAHAN, Hulusi SARIOĞLU, Hakan AKÇIL ve Cihan POLAT'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Evolvent sistemli dişlilerde eğrilik yarıçapları	4
Şekil 2.2. Novikov profilli dişli çark çifti	8
Şekil 2.3. Novikov profilli dişli çarklar	9
Şekil 2.4. Novikov profilli dişli çarkların temas yüzey alanları	10
Şekil 2.5. Novikov dişlilerde kavrama doğrusunun oluşturulması	11
Şekil 2.6. Novikov kavramasının seması	13
Şekil 2.7. Novikov profillinin başlangıç çevre parametreleri	14
Şekil 2.8. Novikov profilli dişli çarkların dişlerinde meydana gelen diş kuvvetleri ve bu kuvvetlerin mil yataklarındaki tepkileri (a) ve bunların mil ve yataktaki tepki kuvvetleri (b, c)	16
Şekil 2.9. k_{Hw} ve k_{Fw} faktörleri (eğriler üzerindeki rakamlar Brinel sertliğini HB göstermektedir)	17
Şekil 2.10. Silindirik dişli çarklarda $k_{H\beta}$ faktörünün yaklaşık değerleri:	18
Şekil 2.11. (2.25) formülünde k faktörünün işaretinin tayini	19
Şekil 2.12. Çift helisel dişli çark kullanımında dişli yerleşimi	20
Şekil 2.13. k_{ϵ} - faktörü	20
Şekil 2.14. K_{HL} faktörü	20
Şekil 2.15. Z_{z1} ve Z_{z2} faktörleri	20
Şekil 2.16. $k_{F\beta}^0$ faktörü	24
Şekil 2.17. Y_F faktörü	25
Şekil 2.18. k_p faktörü	25
Şekil 3.1. İki kademeli silindirik redüktörü olan yük kaldırma mekanizması	29
Şekil 3.2. Redüktörün yerleştirilmesi şeması	56
Şekil 3.3. Novikov profilli dişli çarkların redüktörünün dişlerinde meydana gelen diş kuvvetleri ve bu kuvvetlerin mil yataklarındaki tepkileri	56
Şekil 3.4. Giriş milinin hesabı	57
Şekil 3.5. Ara milinin hesabı	59
Şekil 3.6. Çıkış milinin hesabı	62
Şekil 3.7. Giriş mili ve yatakları	64
Şekil 3.8. Ara mil ve yatakları	65
Şekil 3.9. Çıkış mili ve yatakları	67
Şekil 3.10. Elastik manşonlu kaplin	70
Şekil 3.11. Dişli kaplin	71
Şekil 3.12. Redüktörün Montaj Resmi	72
Şekil 3.13. Redüktör Giriş Mili Katı Model Resmi	73
Şekil 3.14. Redüktör Ara Mili Katı Model Resmi	73
Şekil 3.15. Redüktör Ara Mili Üzerine Takılan Dişli Çarkın Katı Model Resmi	74
Şekil 3.16. Çıkış Mili Redüktör Kapağı Katı Model Resmi	74
Şekil 3.17. Redüktör Montajının Katı Model Resmi	74
Şekil 3.18. Redüktör Dişli Montajlarının Katı Model Resimleri	75

Şekil 4.1. Dinamik modelleme mantığı	77
Şekil 4.2. Redüktörün giriş milinin bölgelere ayrılması	79
Şekil 4.3. Program ana giriş sayfası	81
Şekil 4.4. Atalet momenti ana sayfası	81
Şekil 4.5. Motor mili atalet momenti sayfası	82
Şekil 4.6. Giriş mili atalet momenti sayfası	82
Şekil 4.7. Atalet momenti hesap formu	83
Şekil 4.8. Hesaplamaları tamamlanmış giriş mili atalet momenti sayfası	83
Şekil 4.9. Hesaplamaları tamamlanmış ara mili atalet momenti sayfası	84
Şekil 4.10. Hesaplamaları tamamlanmış çıkış mili atalet momenti sayfası	84
Şekil 4.11. Esneklik hesapları giriş (ana) sayfası	88
Şekil 4.12. Esneklik hesaplamaları giriş mili ara sayfası	88
Şekil 4.13. Esneklik hesaplamaları giriş mili sayfası	89
Şekil 4.14. Elastik manşonlu kaplinin esneklik hesaplama sayfası	89
Şekil 4.15. Hesap formu ara sayfası	90
Şekil 4.16. Mil çapı sabit hesap formu	90
Şekil 4.17. Mil üzerinde kama hesap formu	91
Şekil 4.18. Mil göbek bağlantısı hesap formu	91
Şekil 4.19. Mil üzerinde çentik faktörü sayfası	92
Şekil 4.20. Dişli çarkın esneklik hesabı sayfası	93
Şekil 4.21. Rijitlik değerleri giriş sayfası	94
Şekil 4.22. Rijitlik değerleri giriş mili sayfası	94
Şekil 4.23. Rijitlik değerleri ara mili sayfası	94
Şekil 4.24. Zincir şekilli burulma – titreşimli dinamik sistemler	96
Şekil 4.25. Redüktörün esas dinamik modeli	98
Şekil 4.26. Redüktörün indirgenmiş dinamik modeli	98
Şekil 4.27. Dinamik modelleme ana sayfası	100
Şekil 4.28. Sonuç tablosu	100
Şekil 4.29. Eşdeğer dinamik model sayfası	101
Şekil 4.30. Eşdeğer dinamik modelleme 1. aşama	101
Şekil 4.31. Eşdeğer dinamik modelleme 2. aşama	102
Şekil 4.32. İndirgenmiş dinamik model ana sayfası	103
Şekil 4.33. Giriş miline indirgenmiş dinamik model sayfası	103
Şekil 4.34. Çıkış miline indirgenmiş dinamik model sayfası	104
Şekil 5. 1. Zincir şekilli dinamiksel sistemin yatay eksen boyunca öteleme titreşim hareketi yapması	105
Şekil 5.2. Dönme veya burulma hareketi yapan n serbestlik dereceli sistemin şematik gösterimi	106
Şekil 7. 1. Novikov profilli dişli çarklardan oluşan redüktörün çıkış miline indirgenmiş dinamik modeli	120
Şekil 7. 2. Novikov profilli dişli çarklardan oluşan redüktörün çıkış milinin $n_c = 72,9$ d/d ($f_c = 1,215$ Hz) dönme hızı için indirgenmiş dinamik modelinin titreşim formları	122

CETVELLER DİZİNİ

Cetvel 2.1. Novikov profilli dişli çark mekanizmalarının ana boyutları	15
Cetvel 2.2. R_a aritmetik ortalama pürüzlülüğe göre Z_R değer cetveli	20
Cetvel 2.3. $\psi_{bd_{max}}$ 'ın referans (fiili) değerleri	22
Cetvel 3.1. Redüktörde kullanılacak konik makaralı yataklar	55
Cetvel 3.2. Redüktörlerinin Parametrelerinin Karşılaştırılması	76
Cetvel 4.1. Çentiklik faktöründe kullanılan katsayılar	86
Cetvel 7.1. Çıkış miline indirgenmiş dinamik modelin burulma rijitliklerinin ve atalet momentlerinin değerleri	120
Cetvel 7.2. Tabii frekansların hesap değerleri	121
Cetvel 7.3. Tabii frekans ve titreşim formlarının hesap değerleri	121

SİMGELER DİZİNİ

ρ	Eşdeğer eğrilik yarıçapı
b	Diş genişliği
q	Temas doğrusu boyunca birim uzunluğa gelen yük
F_n	Diş kuvvet
F_t	Teğetsel kuvvet
F_a	Eksenel kuvvet
F_n	Normal kuvvet
F_r	Radyal kuvvet
d_1 - d_2	Taksimata dairesi çapları
α	Kavrama açısı
β	Helis açısı
K_H	Dinamik yükleri ve yükün dişleri arasında diş genişliği boyunca eşit olarak dağılmamasını göz önüne alan faktör
K_e	Kavrama oranı faktörü
E	Eşdeğer elastiklik modülü
p_x	Eksen boyunca dişlerin kutup üzere adımı
m_n	Normal modül
$k_{H\beta}$	Dişin genişliği boyunca yükün orta bölgede paylanmasını göz önüne alan faktör
$k_{\beta u}$	Dişin eğim açısı ve çevrim oranını göz önüne alan faktör
$k_{H\beta}^0$	İşlenmemiş dişlerde başlangıç kontaktın noktaları arasında yükün eşit olarak dağılmamasını göz önüne alan faktördür
k_{Hw}	Aşınma zamanı işlenmiş dişleri göz önüne alan faktör
γ_Σ	Kavrama doğrusundan geçen eksenlerin izdüşümleri arasındaki toplam açı
b_k	Çift helisel dişlilerde sağ ve sol çarklar arasındaki genişlik
$\sigma_{H_{limb}}$	Esas çevrimlerin sayısına uygun gelen temas mukavemet sınırı
K_{HL}	Ömür faktörü
Z_R	Döndüren ve döndürülen dişli çarkların temas yüzey pürüzlülüğünü göz önüne alan faktör
R_a	Aritmetik ortalama pürüzlülüğü
Z_z	Döndüren ve döndürülen dişli çarkların diş sayılarını göz önüne alan faktör
Z_{z_1} Z_{z_2}	Döndüren ve döndürülen dişli çarkların diş sayıları katsayısı
Z_m	Dişlilerin modülünü göz önüne alan faktör
k_L	Yağlamanın etkisini göz önüne alan faktör
k_{Hx}	Döndürülen dişli çarkın boyutunu göz önüne alan faktör
k_{HO}	Yükün değişim karakterini göz önüne alan faktör
Ψ_{bd}	Çapa göre genişlik faktörü
k'_{Hv}	Dinamik (hız) faktörü
T_{b1}	Döndüren çarkın milindeki burulma momenti
$k_{F\beta}$	Dişli çarkın genişliği boyunca kontakt yüzeylerinde yükün eşit olarak dağılmasını göz önüne alan faktör
k_{Fv}	Dinamik faktör
Y_m	Modülü göz önüne alan faktör

Y_F	Dişlerin form faktörü
k_p	Eğilmede diş profillerinin kavrama yerindeki boyutlarının, eğilme mukavemetine etkisini göz önüne alan faktör
S_F	Eğilmede emniyet faktörü
$\sigma_{F_{limb}}^0$	Dişin eğilmedeki esas çevrimlerin sayısına uygun olan mukavemet sınırı
$HB_{kök}$	Diş kökünde malzemenin sertliği
k_{Fc}	Yükün çift taraflı etkisini göz önüne alan faktör
k_{FL}	Ömür uzunluğu faktörü
k_{Fx}	Döndürülen dişli çarkın boyutunu göz önüne alan faktör
η_1	Bir çift silindirik dişli çark verimi
η_2	Redüktörde bir çift yatak verimi
η_3	Tambur akslarında (bir çift rulmanlı yatak) verimi
u	Çevrim oranı
a_w	Çarkların eksenler arası mesafesi
k_0	Çalışma faktörü
I	Atalet momenti
e	Esneklik
γ	Özgül ağırlık
l	Bölge uzunluğu
d	Dış çap
d_0	İç çap
G	Rotor / kavrama / kaplin kütlesi, Kayma modülü
D	Rotor / kavrama / kaplin çapı
φ	Burulma açısı
T	Burulma momenti
n	Eleman sayısı
$X_{i,i+1}$	Çentiklik faktörü
K_i	i elamanındaki mil-göbek bağlantısının karakterini ve şeklini gösteren faktör
z	Kamalı mil diş sayısı
W	Potansiyel enerji
T	Kinetik enerji
K	Rijitlik matrisi
X	Öteleme yer değişim vektörleri
Φ	Burulma yer değişim vektörleri
D	Sönüm matrisi
$M(t)$	Dış kuvvetlerin etkisinden meydana gelen moment vektörü
Λ	Spektral matris
V	Modal matris
E	Birim matris
AFK	Amplitüd - frekans karakteristiği
f_B	Çalışma frekansı
F	Frekansın kaydırma (sallantı) değeri

1. GİRİŞ

1.1. Genel İfadeler

Güç ve hareket ileten sistemlerin en yaygın kullanılanı evolvent profilli dişli çark sistemleridir. Evolvent profilli dişli çarklar üzerinde birçok çalışma yapılmış ve kullanıldığı yerlere göre değişik dişli modelleri üretilmiştir. Örneğin: - düz dişli, helisel dişli, konik dişli, sonsuz vida v.b. gibi. Evolvent profilli dişli çarkların sık kullanılmasına rağmen olumsuzlukları da mevcuttur. Bu olumsuzluklardan en önemlisi büyük güçleri düşük ağırlık ve küçük boyutlarda iletememesidir. Bu sorunu gidermek için birçok bilim adamı evolvent profilli dişli çarklar üzerinde değişik çalışmalar yapmıştır. Bunlardan en önemlisi asimetrik dişlilerdir. Bu dişlilerde dişin, diğer dişliden gelen yükü karşılayan yüzeyinin eğrilik yarıçapı artırılmış, dişin arka yüzeyinin profili değiştirilmemiştir. Böylece dişin yükü karşılayan yüzeyinin yük taşıma kabiliyeti artırılmaya çalışılmıştır. Bu konudaki çalışmalar ile bahsedilen dezavantajlar yok edilmeye çalışılmış fakat istenilen verim alınmamıştır.

Bu konu ile ilgili M.L. Novikov tarafından 1953 yılında yeni bir dişli profili tasarlamış ve Novikov profilli dişli çarklar adını alan dişli ile evolvent profilli dişli çarkların olumsuzlukları ortadan kaldırılmıştır. 1963 yılında doktora çalışması yapan Ahmet İsmayilzade tarafından Azerbaycan'da dişliler imal edilerek hayata geçirilmiştir. Ancak ülkemiz dahil bir çok batılı ülkede henüz bu dişli sistemi kullanılmamaktadır.

Bu konu üzerinde yaptığımız çalışmada Novikov profilli dişli sisteminin tanıtılmasının ve dinamik davranışlarını incelenmesi amaçlanmıştır. Buna göre, önce sistemin dinamik modelinin oluşturulması için dinamik modelleme programı yazılmıştır. Hazırlanan bu program ile yüksek hassasiyette matematiksel sonuçlar alınmış ve dinamik modellemenin minimum hata ile kısa sürede tamamlanmasını sağlamıştır. Kullanımı kolay ve kayıt özelliği bulunan dinamik modelleme programına İSFAT ismi verilmiştir.

Dinamik modelleme sonrasında sistemin titreşim prosesleri incelenmiş, dinamik modelin tabi frekansları Paskal – programı yardımı ile hesaplanmıştır.

Redüktör modellerinin dinamik karakteristiklerinin hesabı, yani tabi frekansları ve titreşim formları hesaplanarak Optimizasyon işlemleri tamamlanmıştır. Bu işlemler ESFN programı ile yerine getirilmiş ve tez çalışması sonuçlandırılmıştır.

1.2. Daha Önce Yapılan Çalışmalar

Büyük güçleri düşük ağırlık ve küçük boyutlarla iletmek için hem evolvent profilli dişli çarklar üzerinde hem de evolvent olmayan sistemler üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Bu konu ile ilgili olan çalışmalardan en önemlileri aşağıda verilmiştir.

Evolvent profilli dişli çarkların farklı bir uygulaması olan asimetrik profilli çarkların boyutlandırılması ve kullanılabilirlik araştırmaları için geometrik modellerin oluşturulması üzerine bir çalışma Kadir Çavdar ve Arkadaşları tarafından sunulmuştur (2004). Asimetrik dişliler bildiğimiz evolvent düz dişlilerin problemlerine (titreşim, gürültü, yük taşıma kapasitesinin artırılması, kütle azaltılması vb.) bir alternatif çözüm olarak göz önüne alınmaktadır. Bu amaçla, literatürde konuyla ilgili mevcut araştırmaların değerlendirilmesi, asimetrik profilli çarkların geometrik bağıntıları, bir diş modelleme yöntemi ve yaygın kullanımı olan sonlu elemanlar metodu yardımıyla modellenmiştir.

Günümüzde yaygın kullanılan diş profillerinin dışında da arayışlar devam ederken, üretim kolaylığı, düşük maliyet ve yüksek performans nedeniyle evolvent profilli dişli çarklar uygulamada genel kabul görmektedirler. Ancak çok özel alanlarda farklı profillerin kullanımıyla da karşılaşabilmektedir. Litvin ve Ark. (2001) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, helikopter güç iletim mekanizmasında asimetrik profilli alin dişli çarkların kullanılması bu uygulamalardan bir tanesidir.

Asimetrik evolvent profilli dişliler bu alternatif sahada önemli bir çalışma konusudur. Sınırlı kullanım alanına sahip asimetrik profilli dişlilerin, mekanizmanın boyutunu, kütlesini, titreşim oluşumunu azaltıp, diş dibi mukavemetini ve yük taşıma kapasitesini arttırdığı yapılan araştırma ve uygulamalarda belirtilmektedir (Kleiss ve Ark., 2001; ..; Kapelevich, 2000).

İlgili alanda yapılan çalışmalarda; asimetrik ve simetrik dişlilerin birbirleriyle kıyaslanmasının yanı sıra, asimetrikliğin kullanımı açısından da farklı görüş ve uygulamalarla karşılaşılmaktadır. Di Francesco ve Marini (1997) yayınlarında, asimetrik dişli çarkların yapısal analizini gerçekleştirip, farklı kavrama açılarında boyut ve ağırlığın azaltılması konusunu incelemişlerdir.

İsmayılzade E.İ., tarafından (1967) yapılan Novikov sistemli yeni dişli çark mekanizmaları adlı çalışmada Novikov dişlinin geometrisi, Novikov profilli yeni diş kavramanın özellikleri, kavrama doğrusu vb. bilgiler verilmiş, iki kademeli silindirik redüktör projesi hazırlanarak dişlinin imalatı yapılmıştır.

Litvin F.L., Fuentes A., Gonzalez I.,ve Arkadaşları tarafından (2002) yapılan Novikov-Wildhaber helisel dişlilerinin yeni versiyonu: bilgisayara uyumlu tasarım, dişlilerin simülasyonu ve gerilme analizi isimli çalışmada Novikov-Wildhaber dişli sisteminin yeni versiyonu ele alınmıştır. Yapılan çalışma Novikov-Wildhaber helisel dişli sisteminin yeni tipinin tasarımı, üretilmesi, diş temas analizi ve gerilme analizi konularını kapsamaktadır.

Gang Ye and Xian-You Ye tarafından (2002) yapılan çalışmada Novikov-Wildhaber dişlilerinin basit teorisi anlatılmış ve dişli çarkların diş profil optimizasyonu için yeni metodun üzerinde çalışılmıştır.

Ahmed M.M., El Bahloul tarafından (1992) yapılan çalışmada, Novikov-Wildhaber dişlilerinin diş yaylarında oluşan sıcaklık artışları incelenmiştir.

J. R. Colbourne tarafından (1989) yayınlanan Mekanizma ve Makina teorisi adlı yayında Novikov dişlilerinde temas gerilmeleri incelenmiştir.

Mekanizma ve makinaların dinamik analizleri günümüzün esas problemlerinden sayılmaktadır. Novikov profilli dişli çarkların dinamik davranışları hakkında yeterli bilgiye kaynaklarda rastlanamamıştır. Bu tip dişlilerin dinamik analizleri genel makinada kullanılan teori esas alınarak yapılmıştır.

Makinelerin dinamik analizlerinde ilk önce serbest titreşimlerin tabii frekanslarının ve titreşim formlarının, zorlanmış titreşimlerde ise amplitüd - frekans karakteristiğinin (AFK) hesaplanması gerekir. Çünkü sisteme etki gösteren zorlama kuvvetinin amplitüdü makinenin tabii frekanslarından birine yakın olabilir. Böyle bir durum ise makinede yüksek titreşimler veya rezonansın meydana gelmesine sebep olur. Bu tür rejimlerde çalışan makinelerin normal çalışmasını engellemektedir. Bu sebepten titreşimlerin ve rezonansın azaltılması veya ortadan kaldırılması ve daha düzgün çalışan bir makinenin projelendirilmesi için dinamik proseslerin optimizasyonu gerekmektedir.

Makinelerin dinamik analizleri hakkında, ilgili kaynaklarda yeterince bilgiler verilmektedir. Bu konu ile ilgili yapılan en son çalışmalar aşağıda verilmektedir.

Semidov H.S., Bakşiyev İ.İ. tarafından (1979) yapılan çalışmada makinaların, genellikle takım tezgahlarının dinamik modellenmesi üzerinde çalışılmıştır.

Semidov H.S., Bakşiyev İ.İ. tarafından (1991) torna tezgahının güç ve hareket iletim elemanlarının dinamik karakteristiğinin optimizasyon çalışmaları yapılmıştır.

Bakşiyev İ.İ. tarafından (2000) yapılan çalışmada makinaların güç ve hareket iletim elemanlarının zincir şekilli modellerin titreşimlerinin tabii frekanslarının bulunması için modern metot verilmektedir.

Bakşiyev İ., Bulut S., Kocabıyık T., tarafından (2003) yapılan çalışmada makinelerin güç iletim mekanizmalarının bilgisayar destekli dinamik modelinin oluşturulması çalışmaları yapılmıştır.

Bakşiyev İ., Ertaş H.E. tarafından (2003) yapılan çalışmada makinelerin güç iletim mekanizmalarının lineer hareket denklemleri incelenmiştir.

Bakşiyev İ., Ertaş H.E. tarafından (2005) makinaların tahrik mekanizmalarının zincir şekilli dinamik modellerinin titreşim formlarının ve zorlanmış titreşimlerinin tayini çalışmaları yapılmıştır.

BÖLÜM II

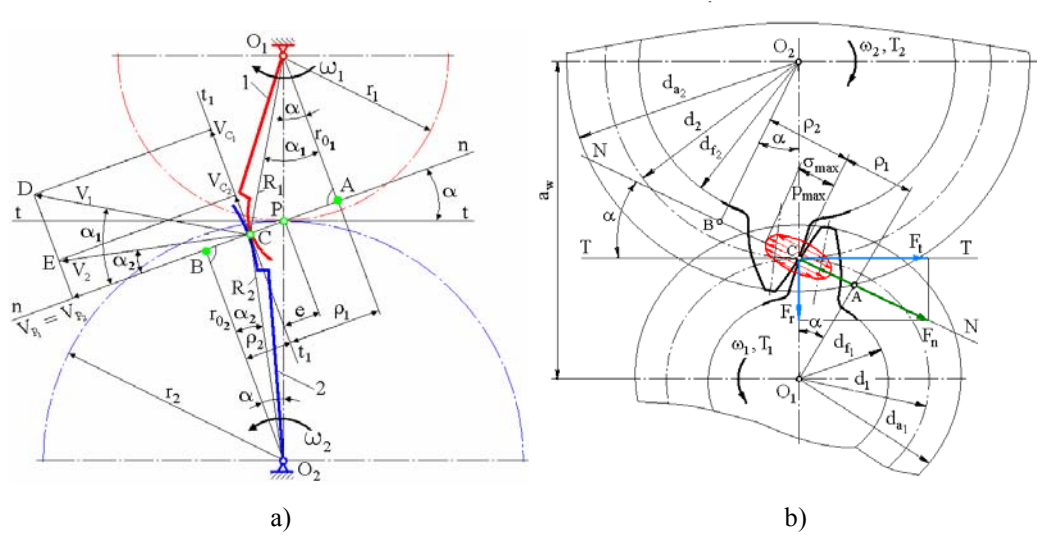
2. NOVİKOV SİSTEMLİ DİŞLİ ÇARK MEKANİZMALARINA GENEL BAKIŞ VE TEORİK BİLGİLER

2.1. Evolvent Profilli Dişli Çark Kavramalarının Dezavantajları

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte isteklerde değişmiş, ilk zamanlar yalnızca güç ve hareket iletimi sağlanmaya çalışılırken, şimdilerde güç ve hareket iletim mekanizmalarının boyutlarının küçültülmesi, ağırlığının azaltılması ve büyük güç iletimine sahip yeni mekanizma ve makinaların tasarlanması için ar-ge çalışmaları yapılmaktadır. Teknikte kullanılan evolvent profilli dişli çarkların üstünlükleri ile beraber, dezavantajları da vardır. Bunlardan en önemlisi evolvent profilli dişlilerde küçük boyut ve düşük ağırlıklarda büyük güç iletiminin sağlanamamasıdır (İsmayılzade, 1967)

Evolvent profilli dişli çark mekanizmaları ile güç iletiminde esas dezavantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Dişlerin basınçtan dolayı meydana gelen temas (kontakt) mukavemeti nispeten düşüktür. Evolvent profilli dişlilerde dişlerin düşük kontakt mukavemetine sahip olmasının sebebi, temasta bulunan diş profil yüzeylerinin eğrilik yarıçaplarının küçük olmasıdır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Evolvent sistemli dişlilerde eğrilik yarıçapları

Eş çalışan dişlilerin çalışması süresince meydana gelen temas (kontakt) gerilmesi veya yüzey basıncı Hertz denklemi ile hesaplanır.

$$\sigma_{\max} = \sigma_H = 0,418 \sqrt{\frac{q E}{\rho(1-\gamma^2)}} \quad (2.1)$$

veya

$$\sigma_H = 0,418 \sqrt{\frac{F_n E}{b \rho}}, \quad (2.2)$$

burada ρ - eşdeğer eğrilik yarıçapları, b ise diş genişliğidir.

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{\rho_1} + \frac{1}{\rho_2} = \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right) \frac{1}{\sin \alpha} \quad (2.3)$$

şeklinde yazılır. Burada ρ_1 , ρ_2 - temas noktasındaki silindirlerin eğrilik yarıçapları; r_1 , r_2 - taksimat dairesi yarı çaplarıdır;

q - temas doğrusu boyunca birim uzunluğa gelen yük

$$q = \frac{F_n K_H}{b K_\epsilon} \quad (2.4)$$

ifadesine eşittir;

F_n - Dış kuvvet,

$$F_n = \frac{F_t}{\cos \alpha \cos \beta} \quad (2.5)$$

F_t - teğetsel kuvvet

$$F_t = \frac{2T_{b1}}{d_1} = \frac{2T_{b2}}{d_2}; \quad (2.6)$$

d_1, d_2 – taksimat dairesi çapları; α – kavrama açısı; β – helis açısıdır.

K_H - dinamik yükleri ve yükün dişleri arasında diş genişliği boyunca eşit olarak dağılmamasını göz önüne alan faktördür;

K_ϵ - kavrama oranı faktörü

E - eşdeğer elastiklik modülü:

$$E = \frac{2E_1 E_2}{E_1 + E_2}, \quad (2.7)$$

E_1 ve E_2 - döndüren ve döndürülen dişli çarkların malzemelerinin elastiklik modülüdür. Dişli çarkların malzemesi aynı alınırsa $E = E_1 = E_2$ olur.

Evolvent eğrisi için silindirin eğrilik yarıçapları

$$\rho_1 = \frac{d_1 \sin \alpha}{2 \cos \beta} \quad (2.8)$$

ve

$$\rho_2 = \frac{d_2 \sin \alpha}{2 \cos \beta}$$

şeklinde ifade edilir ve $u = \frac{d_1}{d_2}$ olduğundan (2.8) ifadesi (2.3) denkleminde yerine yazılırsa;

$$\rho = \frac{d_2 \sin \alpha}{2 \cos \beta (u + 1)} \quad (2.9)$$

şeklini alır.

Düz dişli çarklarda $\beta = 0$ olduğundan $\cos \beta = 1$ olur ve (2.9) ifadesi;

$$\rho = \frac{d_2 \sin \alpha}{2(u + 1)} \quad (2.10)$$

şeklinde ifade edilir.

(2.3) ifadesi (2.1) de yerine yazılırsa (dış kavrama için);

$$\sigma_H = 0,418 \sqrt{\frac{F_n E}{b} \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \frac{1}{\sin \alpha}} \quad (2.11)$$

ifadesi bulunur. (2.11) ifadesinde görülüyor ki F_n normal kuvveti ve E eşdeğer elastiklik modülü verildiği durumda, temas noktasında meydana gelen gerilmelerin değeri (başka bir deyişle kavramanın yük taşıma kabiliyeti) kavramada bulunan çarkların b genişliğine, r_1 ve r_2 yarıçaplarına ve α kavrama açısına bağlıdır.

Kavramanın yük taşıma kabiliyetini artırmak için, dişlerin kontak bölgesinde meydana gelen gerilmeleri azaltmak gerekir. Bunun içinde ya dişli çarkların boyutlarını b genişliği, r_1 ve r_2 yarıçapları büyütme ya da α kavrama açısının değerini artırmak gerekir. Kavrama açısının değeri $\max 28^\circ$ olabilir. Bu değer üzerindeki değerlerde dişler sivrilir.

2. Eş çalışan dişler arasında doğru üzere temasın oluşmasında zorluklar meydana gelir. Evolvent profilli dişlilerde, kavramada bulunan bir çift diş birbiri ile her zaman diş genişliği boyunca bir doğru üzere temasta olmak zorundadır. Bu durumda dişliler yardımıyla iletilen güç, dişin genişliği boyunca eşit olarak dağılır ve dişlerde oluşan basınç nispeten düşürülmüş olur. Bu şartı yerine getirmek için dişlerin daha yüksek hassasiyet ve kalite ile imal edilmesi gerekir, bu ise birçok hallerde sağlanamaz. Sonuçta kavramada bulunan dişlerin diş boyunca teması sağlanamaz ve iletilen gücün düzgün dağılımı şartı yerine getirilemez. Bu durum güç iletimindeki elemanların gerilme değerlerinin maksimum seviyeye ulaşmalarına sebep olur. Bu sorunun giderilmesi için elemanın sertlik değerinin yükseltilmesi ve buna bağlı olarak yüzey gerilme değerlerinin azaltılması gerekir. Bu da mekanizmanın yüzey boyutlarının ve toplam ağırlığının artmasına dolayısıyla maliyetin artmasına neden olur.

3. Kavramadaki sürtünme nedeniyle nispeten büyük güç kayıpları oluşur. Evolvent profilli dişlerin temas yüzeylerindeki sürtünme esasen kayma sürtünmesi olduğu için bu da büyük güç kaybına neden olur. Bu kayıpların değeri kavramada iletilen gücün % 1 ine ulaşabilir. Sonuçta çok kademeli büyük güç iletiminde çok miktarda yağ sarfiyatı ve özel soğutucu sistemlerinin kullanılmasını zorunlu hale getirir. Bu durum yine mekanizmanın genel ağırlığının artmasına sebep olur.

Evolvent dişlilerin dezavantajları, bu dişlilerin geliştirilmesini zorunlu hale getirmekte ve evolvent olmayan kavrama sistemlerini ön plana çıkarmaktadır. Ancak yeni kavrama sistemleri evolvent dişli sisteminin dezavantajlarını bertaraf etmeli ve üstünlüklerini kapsamalıdır. En önemli isteklerden birisi dişlilerin yük taşıma kabiliyetlerinin artması yönündedir.

2.2. Novikov Sistemli Yeni Diş Kavramanın Özellikleri

Dişlilerin profilleri için esas kinematik şart, çevrim oranının sabit olmasıdır

$$u = \pm \frac{\omega_1}{\omega_2} = \pm \frac{n_1}{n_2} = \text{sabit} . \quad (2.12)$$

Dişli kavramanın ana kanununa göre eş çalışan iki profilin çalışma yüzeyleri, aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır:

1. Eş çalışan iki profilin kavrama doğrusu, temas noktasından geçmesi şartı ile diş profiline çizilmiş olan genel ortak normal, eksenler arası çizgi üzerinde yerleşen sabit bir kavrama (kutup) noktasından geçmelidir.
2. Kavrama noktası, eş çalışan dişlilerin eksenler arası mesafesini, açısal hızları ile ters orantılı olarak bölmesi gerekir.

Bu yüzeyler dişli kavramanın ana kanununda **temas yüzeyleri** diye adlandırılır (Kudryavçev, Derjaveç, 1984)

Klasik kavrama teorisi XIX. yüzyılda bilim adamı Olivye tarafından sunulmuş olan temas yüzeylerinin oluşturulması prensibine dayanmaktadır. Bu teoriye göre temas yüzeylerinin meydana gelmesinin iki metodu vardır.

I. Temas yüzeyleri, şekli ve hareketi verilmiş olan herhangi bir yardımcı yüzeyin bürüyeni (saranı) gibi anlaşılır.

II. Temas yüzeylerinden birisinin şekli verilir ve onun bürüyeni (saranı)olan ikinci yüzey bulunur.

Her iki yöntemde temas yüzeyleri sarılan yüzeylerin yardımı ile meydana gelir. Şu ana kadar mevcut olan tüm uzay kavrama sistemleri (evolvent kavrama sistemleri de dahil) temas yüzeylerinin bu iki yöntemine dayanarak meydana gelmiştir. Oluşturulması gereken yeni kavrama sistemleri için temas yüzeylerinin yeni oluşum prensipleri ortaya çıkmalıdır.

Dünya çapında son yıllarda, evolvent profilin mahzurlarını bertaraf etmek için çok çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Ancak dişli kavrama sistemleri için bu problemi ilk kez Rus bilim adamı Mihail Leontyeviç Novikov (1915–1957) çözmüştür (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Novikov profilli dişli çark çifti

M.L. Novikov 1954 yılında uzay diş kavramasının yeni teori yöntemini meydana getirmiştir. Bu teoriye göre Novikov paralel, kesişen ve çapraz miller arasında (eksenler) evolvent profilli sistemlere göre daha yüksek yük taşıma kabiliyetine sahip, yeni özel dişli kavrama sistemi tatbik etmiştir. M.L. Novikov oluşturduğu yeni kavrama sisteminde, eş çalışan diş profillerinin birbirleri ile evolvent sistemlerinden farklı olarak, doğru üzere değil nokta üzere kavramada bulunmalarını sağlamaktadır.

M.L. Novikov'un ölümünden sonra 1957 yılında toplanmış olan kongrede güç ve hareketin yeni kavramalı tahrik mekanizmasına **Novikov kavramalı tahrik mekanizmaları** veya kısaca **Novikov tahrik mekanizmaları** adını vermiştir.

M.L. Novikov tarafından oluşturulmuş olan yeni kavrama teorisi esasında nokta üzere temas eden uzay sistemleri için temas yüzeylerinin oluşturulmasında yeni bir metot ortaya çıkarmıştır. Bu yeni metot aşağıda belirtilen temas yüzeylerinden oluşmaktadır.

Dişli çarkların dönme eksenleri, sabitlenmiş uzay kavrama noktasının hareket kanununa göre belirlenir. Bu noktanın hareket yörüngesi sabitlenmiş, uzayda kavrama çizgisini (doğrusunu), dişli çarklar ile ilişki kurmuş dönen sabit sistemlerde ise temas doğrularını meydana getirir. Kontak doğrularının her bir noktası yüzey üzerinde yerleşmelidir. Bu yüzeylerin temas yüzeyleri olabilmesi için aşağıdaki şartları sağlaması gerekmektedir. Bunlar:

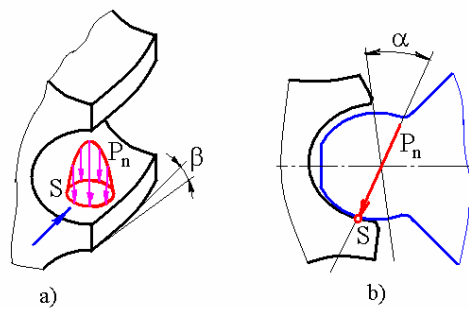
1. Yüzeylerin temas noktasının bağıl hız vektörü, seçilmiş yüzeylere teğet düzlem üzerinde yerleşmiş olsun. Bu talebin yerine getirilmesi kavramanın sürekliliğini temin eder ve bundan dolayı bağıl hızın genel normal üzere bileşkesi sıfıra eşit olur. Alınan yüzeyler karşılıklı olarak birbirinin içerisinde kilitlemezler.
2. Yüzeylerin seçilmiş olan eğrilikleri, verilmiş olan çevrim oranının sabit olması şartını yerine getirmelidir.
3. Seçilmiş olan yüzeylerin çalışma alanı sınırında kesişme halleri olması gerekir. Aksi takdirde kavrama doğrusu üzere temas sağlanamaz.

Böylece dişli çark kavramaları için temas yüzeylerinin seçilme problemi, temas doğrularından geçen ve yukarıda bahsedilen talepleri yerine getiren yüzeylerin aranıp bulunmasına bağlıdır.

Temas yüzeylerinin yeni alınma yönteminin günümüzdeki Olivye - Gohman yönteminden prensip olarak farkı, Novikov yöntemi ile bulunmuş olan temas yüzeyleri ne karşılıklı sarılan (bürünen) yüzey nede yardımcı bir yüzeyin sarılanları (bürünenleri) değildir. Temas yüzeylerinden her birinin yalnız kendi yardımcı sarılan(bürünen) yüzeyleri vardır. Bunun sonucunda Novikov yöntemi ile alınabilen temas yüzeylerinin sayısı Olivye - Gohman yöntemi ile alınan yüzeylerin sayısından daha çoktur.

Novikov'un modern kavrama teorisini kullanmakla, nokta üzere temas eden uzay kavramalarının muhtelif sistemlerini oluşturabiliriz. Bundan dolayı kavrama noktasına ait herhangi bir kanunu seçmek yeterlidir. Hareket kanununun seçilmesinde dişli çark hareketlerinden istenilen taleplerin yerine getirilmesi göz önünde tutulur (örneğin minimum kayıplar, minimum aşınma, çarkların basit imalatı v.b.).

Novikov sistemli dişli çarklarda yan kesit üzere diş profilleri daire yaylarından oluşur. Dişli çarklardan birinin profili dış bombeli, diğersininki ise iç bombeli yapılır (Şekil 2.2). Buna bağlı olarak temas noktasında buluşan yüzeylerin indirgenmiş eğrilik yarıçapları evolvent dişlilere göre daha büyüktür. Eğrilik yarıçapının büyümesiyle dişlerde meydana gelen kontakt gerilmeleri düşürülmüş olur. Novikov dişlileri yalnız helisel dişliler olduğundan dişlerin buluşması (temas veya kontakt) tek bir S noktasında olur ve bu nokta diş boyunca kendi yerini değiştirir. Kontakt kuvvetinin etkisi ile $n - n$ normalinde p_n basıncı yüzey düzlemi üzere meydana gelir (Şekil 2.3 a, b). Böylelikle diş yüzeylerinde basınç daha düşük olur ve temas yüzeyinde yağ tabakası dağılamaz. Bu sebepten yüzeylerin dayanımı ve güç iletiminin verimi artar. Sonuçta evolvent sistemli dişli mekanizmalara göre boyutları küçük ve kütleleri az olur.

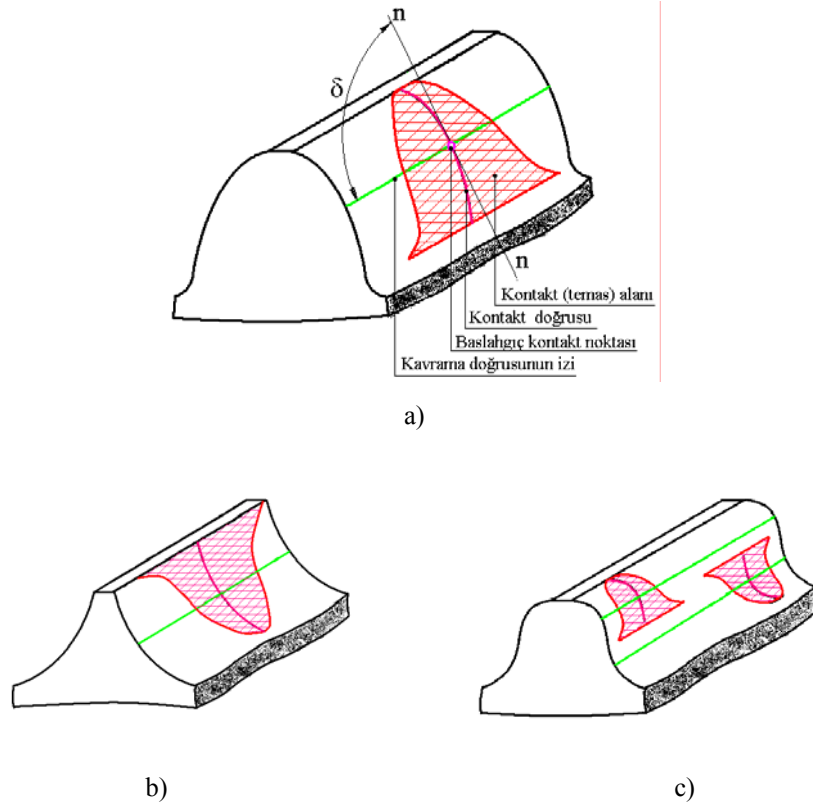


Şekil 2.3. Novikov profilli dişli çarklar

Dış kavramalı Novikov sistemli dişlilerin iki tipi vardır:

- Başlangıç kontak noktasından sonra tek kavrama doğrusu olan dişliler (OLZ) (Şekil 2.4 a,b) ;
- Başlangıç kontak noktasından önce iki kavrama doğrusu olan dişliler (DLZ) (Şekil 2.4 c).

Başlangıç kontak noktasından sonra tek kavrama doğrusu olan (OLZ) dişlilerde, kavramalarda döndüren dişli çarkın diş profili dış bombeli, döndürüleninki ise iç bombelidir. Başlangıç kontak noktasından önce iki kavrama doğrusu olan (DLZ) dişlilerde ise döndüren çarkın dişleri iç bombeli, döndürülen çarkın dişleri ise dış bombeli olur.



Şekil 2.4. Novikov profilli dişli çarkların temas yüzey alanları

Aynı dişte dişin baş kısmının profilini dış bombeli ve dişin kök kısmının profilini iç bombeli yapmakla başlangıç kontak noktasından önce ve sonrasında iki kavrama doğrusu olan dişli sistemi meydana getirilmiştir olur (Şekil 2.4 c). Başlangıç kontak noktasından önce ve sonra iki kavrama doğrusu olan çarkın dişinde kontakt alanı kendi yerini değiştirerek, kontakt doğrularının izlerini meydana getirir.

Aşağıda modern Novikov kavramasının paralel eksenli tahriklere tatbik olunmuş konkret sistemi geometrisinin esasları incelenmektedir.

2.3. Kavrama Doğrusu

Yukarıda belirtildiği gibi kavrama noktasının hareket kanunu, kavrama sistemini oluşturur. Dişli çarkların ve temas yüzeylerinin şekli, esasen kavrama noktasının hareket kanununa göre

oluşur. Novikov kavrama sistemi için aşağıda gösterilen en basit hareket kanunu esas alınmıştır (İsmayılzade, 1967).

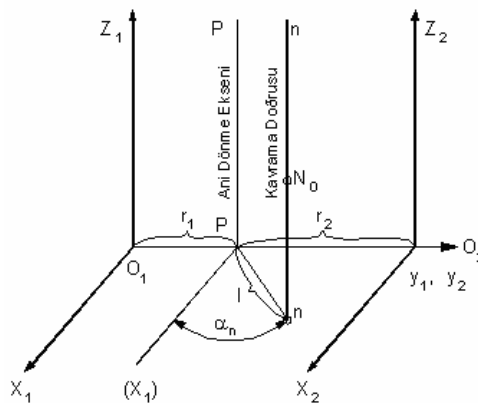
* N_o kavrama noktası z_1 ve z_2 dişli çarklarının merkez eksenlerine paralel n-n doğrusu üzerinde hareket eder (Şekil 2.5). Bu durumda tahriktteki dişli çarklar silindirik şekilde olurlar.

* N_o kavrama noktasının hareket ettiği n - n doğrusu kavrama doğrusu olarak adlandırılır. Tahrik mekanizmasındaki kayıpları ve dişlerin çalışan yüzeylerindeki aşınmasını azaltmak maksadıyla, kavrama doğrusu başlangıç silindirinin P - P ani dönme eksenine yakınında alınması ön görülür. Kavrama doğrusu ile ani dönme eksenindeki mesafe kavrama doğrusunun yer değişimi veya sadece yer değişim adı ve l sembolü ile gösterilir.

l yer değişimi güç iletiminin yük taşıma kabiliyetine etki gösteren en önemli geometrik parametresi sayılır. P - P ani dönme eksenine dişli çarkların z_1 ve z_2 eksenlerine paralel olup onların düzleminde yerleşir ve dişli çarkların eksenleri arası mesafesini (a_w), dişlerin ω_1 ve ω_2 açısal hızlarına ters orantılı olan r_1 ve r_2 parçalarına böler. r_1 ve r_2 parçaları dişli çarkların bölücü (taksimat) daire çaplarıdır. P - P ani dönme eksenine ise bölücü silindirlerin teğetsel doğrusu üzerine düşer. Böylece a_w eksenler arası mesafesinin ve u çevrim oranlarının verilmiş değerlerinde taksimat daire yarıçapları evolvent kavramalı dişli çarklarda olduğu gibi;

$$\begin{aligned} r_1 &= a_w \frac{u_{21}}{1 + u_{21}}, \\ r_2 &= a_w \frac{1}{1 + u_{21}} \end{aligned} \quad (2.13)$$

denklemlerinden bulunur. Burada $u_{12} = \omega_1 / \omega_2$ çevrim oranı, ω_1 ve ω_2 döndüren ve döndürülen dişli çarkların açısal hızlarıdır.



Şekil 2.5. Novikov dişlilerde kavrama doğrusunun oluşturulması

Kavrama doğrusu, bölücü (taksimat) silindirlere genel teğetsel olan düzlem ile, α_n açısını oluşturan düzlem üzerinde yerleşir. α_n açısını basınç açısı diye adlandırılır ve tahrik

mekanizmalarının çalışma kabiliyetine etki eden ikinci genel kavrama parametresidir. Basınç açısının değeri $\alpha_n = 20 \dots 30^\circ$ arasında alınabilir. Ancak bu açının 30° ye yakın alınması önerilir.

O_1, x_1, y_1, z_1 ve O_2, x_2, y_2, z_2 sabit koordinat sistemleri için kavrama doğrusunun denklemleri, parametrik şekilde ifade edilebilir:

$$x_1 = l \cos \alpha_n, \quad y_1 = r_1 + l \sin \alpha_n; \quad (2.14)$$

$$x_2 = l \cos \alpha_n, \quad y_2 = -r_1 + l \sin \alpha_n. \quad (2.15)$$

Novikov sistemli kavramalarda kavrama noktası, kavrama doğrusu üzere sabit bir hızla hareket eder. Bu hızı, kavrama noktasının gittiği yolun, uygun dişlilerin φ_1 ve φ_2 dönme açılarına olan orantısı gibi ifade edilebilir:

$$v_1 = \frac{z}{\varphi_1} = \frac{z}{\omega_1 t}; \quad v_2 = \frac{z}{\varphi_2} = \frac{z}{\omega_2 t}, \quad (2.16)$$

burada v_1, v_2 - vidaya benzer doğrunun parametreleri olan kavrama noktasının bağıl hareket hızıdır.

Kavrama doğrusunun (2.14), (2.15) ifadeleri ve kavrama noktasının hemen doğru üzerinde hareket hızını ifade eden (2.16) ifadesi esnasında kavrama noktasının hareket denklemleri sabit koordinat sisteminde yazılabilir. Bundan dolayı (2.16) ifadesi herhangi bir zaman için kavrama noktasının z eksenindeki konumunu tayin eder ve buda her iki dişli çark için eşittir.

Temas doğrularının denklemleri O_1, x_1, y_1, z_1 koordinat sistemi için;

$$x_1 = l \cos \alpha_n; \quad y_1 = r_1 + l \sin \alpha_n; \quad z = v_1 \varphi_1, \quad (2.17)$$

O_2, x_2, y_2, z_2 koordinat sistemi ise;

$$x_2 = l \cos \alpha_n; \quad y_2 = -r_2 + l \sin \alpha_n; \quad z_2 = v_1 \varphi_1 = v_2 \cdot \varphi_2 \quad (2.18)$$

şeklinde ifade edilebilir.

2.4. Novikov Kavrama Sisteminin Geometrisi

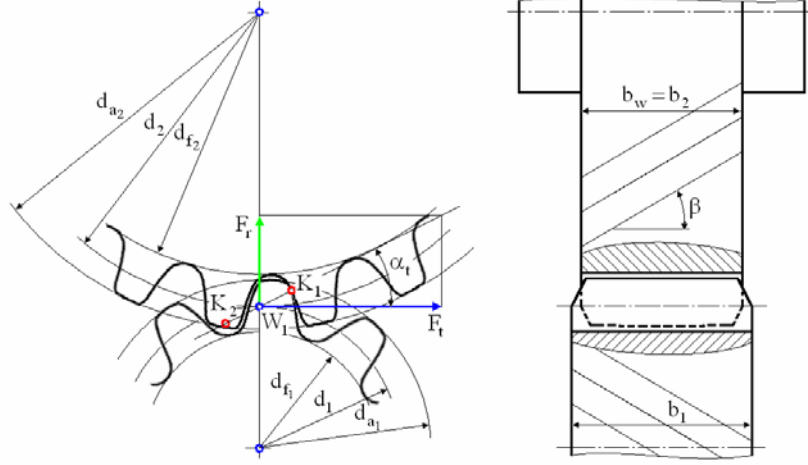
Novikov sistemli tahrik mekanizmasında kavrama noktasının ardışık olarak kavrama doğrusu boyunca kendi yerini değişmesi için $b_w > p_x$ şartı yerine getirilmelidir (Şekil 2.6) (Kudryavçev, 1984). Burada $b_w = b_2$ - döndürülen çarkın genişliği; p_x - eksen boyunca dişlerin kutup üzere adımı; m_n normal modüldür:

$$p_x = \frac{p_n}{\sin \beta} = \frac{\pi m_n}{\sin \beta} \quad (2.19)$$

olduğu için kavrama oranı

$$\varepsilon_\beta = \frac{b_w}{p_x} = \frac{b_w \sin \beta}{p_n} = \frac{b_w \sin \beta}{\pi m_n} > 1 \quad (2.20)$$

ifadesinden bulunur.



Şekil 2.6. Novikov kavramasının seması

Başka deyişle, dişlilerin sürekli dönmesi için kavrama oranı ε_β birden büyük olmalıdır. β - eğim açısıdır. Çarkın genişliğinin büyük olmaması için helisel dişlilerde $\beta = 10^0 \dots 22^0$, çift helisel dişlilerde ise $\beta = 20^0 \dots 30^0$ alınması önerilir.

Kavrama noktası kavrama doğrusu boyunca $v_a = v \tan \beta$ hızı ile hareket eder. v_a hızı $v_r = \omega_1 d_1/2$ çevre hızından kat kat büyük olur. Dişli çarkın çevre hızı

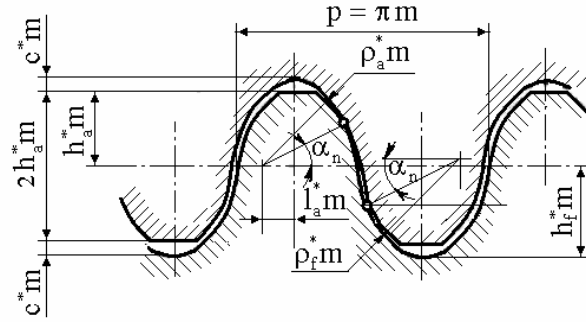
$$v = v_r + 2r_1 \omega_1 \sin \alpha_p \quad (2.21)$$

ifadesinden bulunur.

Kutup noktasından sonraki kavramada profilin dış bombelik yarıçapı $r_1 = 1 = 1,4 m_n$, basınç açısı $\alpha_p = 30^0$; Başlangıç kontak noktasından önce ve sonraki kavramada $r_1 = 1 = 1,6 m_n$; $\alpha_p = 27^0$ değerleri, iç bombeli için ise $r_2 = 1,55 m_n$ ve $r_2 = 1,28 m_n$ alınması önerilir.

Novikov profilinin verilen parametreleri: döndüren ve döndürülen dişlilerin diş sayıları - Z_1 ve Z_2 ; normal modül - m_n ; taksimat dairesi üzere eğim açısı - β .

Başlangıç çevre parametreleri DÜİST (GOST) 15023 – 76 (Şekil 2.7): profilin baş kısmının eğrilik yarıçap katsayısı ρ_a^* ; ρ_a^* yarıçaplı dairenin merkezinden dişin simetriye eksenine kadar olan l_a^* mesafe katsayısı; diş başı yüksekliği katsayısı h_a^* ; kremayer planya takımının normal kesitteki radyal boşluğu c^* ve profil açısı α_n .



Şekil 2.7. Novikov profilinin başlangıç çevre parametreleri
DÜİST (GOST) 15023 – 76 üzere:

$$h_a^* = 0,9; \quad c^* = 0,15; \quad \alpha_n = 27^0; \quad l_a^* = 0,3927;$$

$$\rho_a^* = 1,47 \dots 1,150; \quad \rho_f^* = 1,307 \dots 1,250.$$

DÜİST (GOST) 17744 – 72 üzere Novikov profilli dişli çarkların ana boyutlarını hesaplamak için gereken formüller Cetvel 2.1’de verilmektedir.

Cetvel 2.1. Novikov profilli dişli çark mekanizmalarının ana boyutları

S/ s	Parametreler	K a v r a m a t i p i	
		Tek kavrama doğrusu	İki kavrama doğrusu
1	d_1	$d_1 = m_n z_1 / \cos \beta$	
2	d_2	$d_2 = m_n z_2 / \cos \beta$	
3	a_w	$a_w = 0,5 m_n (z_1 + z_2) / \cos \beta$	
4	m_n	DÜİST (GOST) 14186 – 69	
5	m_t	$m_t = 2 a_w / z_\Sigma = m_n / \cos \beta$	
6	β	$\cos \beta = 0,5 m_n (z_1 + z_2) / a_{w1}$	
7	p_x	$p_x = \pi m_n / \sin \beta$	
8	b_1	$b_1 = b_w + (0,4 \dots 1,5) m_n$	
9	b_2	$b_2 = b_w = \varepsilon_\beta p_x = k p_x + \Delta b$	
10	ε_β	$\varepsilon_\beta = \frac{b_w}{p_x} = \frac{b_w \sin \beta}{\pi m_n} > 1$	1,15 ... 1,25; 2,15 ... 2,25; 3,2 ... 3,2; 4,2 ... 4,4
11	d_{a1}	$d_{a1} = d_1 + 2 h_a^* m_n$	$d_{a1} = d_1 + 2 h_a^* m_n$
12	d_{a2}	$d_{a2} = d_2 + 2 c_2^* m_n$	$d_{a2} = d_2 + 2 h_a^* m_n$
13	d_{f1}	$d_{f1} = d_1 - 2 c_1^* m_n$	$d_{f1} = d_1 - 2(h_a^* + c^*) m_n$
14	d_{f2}	$d_{f2} = d_2 - 2(h_a^* + c_2^*) m_n$	$d_{f2} = d_2 - 2(h_a^* + c^*) m_n$
15	h_a^*	$h_a^* = 1,15$	$h_a^* = 0,9$
16	c^*	$c_1^* = 0,25$; $c_2^* = 0,15$	$c^* = 0,15$
17	q_{21}	$q_{21} = \left\{ \left[\frac{(0,5\pi + 2l_a^*)}{\sin \beta} \right] - 2\rho_a^* \cos \alpha_n \sin \beta \right\} m_n$	
18	q_{22}	$q_{22} = p_x - q_{21}$	
19	c_f	$c_f = (0,7 \dots 0,9) m_n$	

Not: 1. k – diş genişliğinde aksenal adımım tam sayısı;
2. $\Delta b \geq 0,2 p_x$ alınması önerilir (Eğer $\Delta b \leq 0,2 p_x$ - olursa dişli çarklar en azı $2k$ kontakt noktasında birbirini etkiler; eğer $\Delta b \geq q_{22}$ - olursa dişli çarklar $(k + 1)$ çift dişlerde birbirini etkiler; eğer $\Delta b \geq q_{22}$ - olursa dişli çarklar en azı $(2k + 1)$ kontakt noktasında birbirini etkiler.)
3. q_{21} - tek dişte yerleşen kontakt noktalarının aralığıdır;
4. q_{22} - iki dişte yerleşen kontakt noktalarının aralığıdır.

2.5. Novikov Profilli Dişli Çark Mekanizmalarında Meydana Gelen

Diş Kuvvetleri ve Bu Kuvvetlerin Mil Yataklarındaki Tepkileri

Novikov profilli dişli çark mekanizmalarında meydana gelen diş kuvvetleri ve bu kuvvetlerin mil yataklarındaki tepkileri helisel dişli çarklarda olduğu gibidir.

Bu dişlerde F_t teğetsel ve F_r radyal kuvvetlerin yönü düz dişlilerde verilen ilkelere göre tayin edilir. F_a aksenal kuvvete gelince, döndüren dişli çark sağ helisel olursa bu kuvvet soldan sağa doğru olur. Sol helisel olursa bu kuvvet sağdan sola doğru olacaktır. Tüm hallerde döndürülen dişli çarkların aksenal kuvvetleri döndüren çarkın aksenal kuvvetine ters olacaktır. Novikov profilli helisel dişlilerde diş kuvvetleri Şekil 2.8 a'da, mil ve yataklardaki tepki kuvvetleri ise Şekil 2.8 b, c'de gösterilmiştir.

Eş çalışan dişliler için:

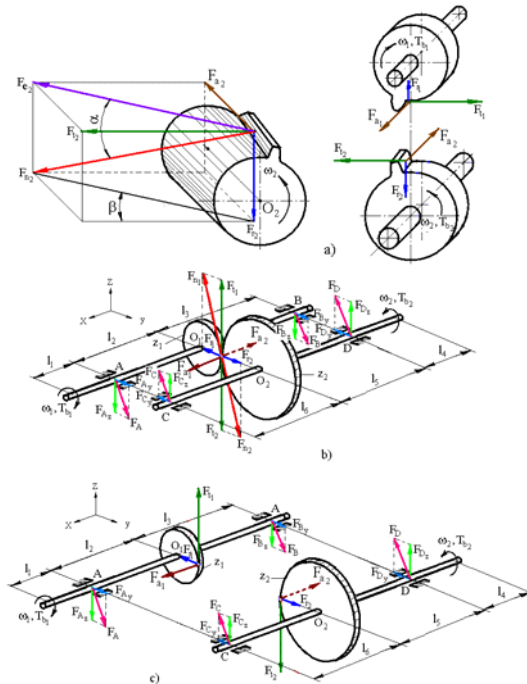
$$\text{- teğetsel kuvvet} \quad F_t = \frac{2T_{b1}}{d_1} = \frac{2T_{b2}}{d_2}; \quad F_t = F_{t1} = F_{t2}; \quad \bar{F}_{t1} = -\bar{F}_{t2};$$

$$\text{- radyal kuvvet} \quad F_r = F_t \frac{\tan \alpha}{\cos \beta}; \quad F_r = F_{r1} = F_{r2}; \quad \bar{F}_{r1} = -\bar{F}_{r2};$$

(2.22)

$$\text{- aksenal kuvvet} \quad F_a = F_t \tan \beta; \quad F_a = F_{a1} = F_{a2}; \quad \bar{F}_{a1} = -\bar{F}_{a2};$$

$$\text{- normal kuvvet} \quad F_n = \frac{F_t}{\cos \alpha \cos \beta}; \quad F_n = F_{n1} = F_{n2}; \quad \bar{F}_{n1} = -\bar{F}_{n2}.$$



Şekil 2.8. Novikov profilli dişli çarkların dişlerinde meydana gelen diş kuvvetleri ve bu kuvvetlerin mil yataklarındaki tepkileri (a) ve bunların mil ve yataktaki tepki kuvvetleri (b, c)

2.6. Novikov Profilli Dişli Çarkların Temas (Kontakt) Gerilmelerine Göre Hesaplanması

Hesaplanma metodu dış kavramalı, sertliği $HB \leq 320$ olan çelikten yapılmış olan, modülü $m = 1,6 \dots 16$ mm sınırında, çevresel hızı $V \leq 20$ m/s sıvı yağ ile yağlanan kapalı dişli çark mekanizması için verilir. Hesap Hertz denklemine göre yapılır (Şekil 2.1 b). Novikov profilli dişli çarkların temas (kontakt) gerilmesine göre kontrol hesabı (Kudryavçev, 1984):

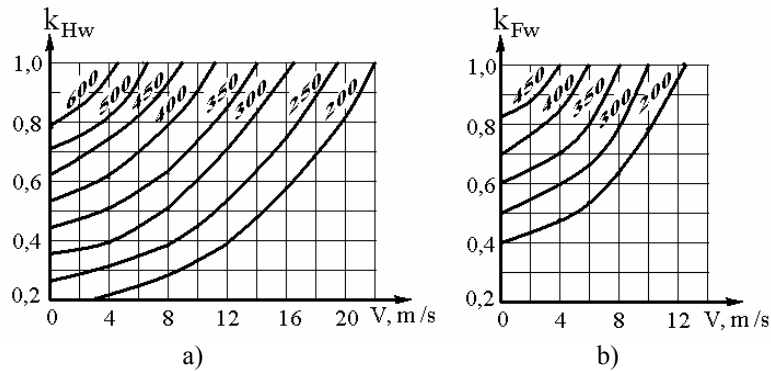
$$\sigma_H = 3750 \sqrt{\frac{T_{b1} z_1^{1,5} k_{H\beta} k_{Hv}}{d_1^3 k_\epsilon}} k_{\beta u} \leq \sigma_{Hem} \quad (2.23)$$

denklemi ile hesaplanır. Burada $T_{b1} = k_0 T_1$ - döndüren çarkın maksimum burulma momenti, (Nmm); $k_{H\beta}$ - dişin genişliği boyunca yükün orta bölgede paylanmasını göz önüne alan faktördür; k_{Hv} - dinamik faktördür; k_ϵ - eksenel kavrama faktördür; $k_{\beta u}$ - dişin eğim açısı ve çevrim oranını göz önüne alan faktördür; d_1 - döndüren çarkın taksimat daire çapıdır, mm.

$k_{H\beta}$ faktörü

$$k_{H\beta} = 1 + (k_{H\beta}^0 - 1) k_{Hw} \quad (2.24)$$

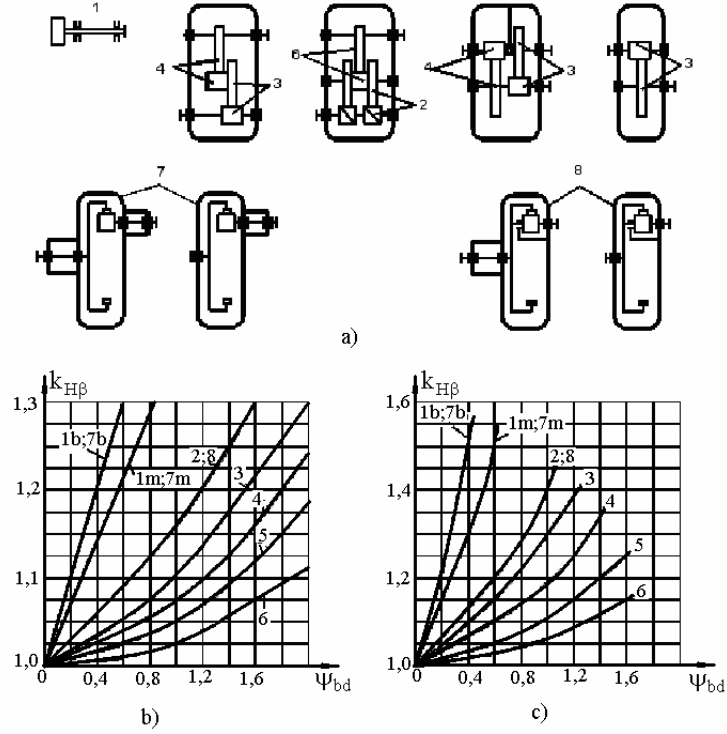
ifadesinden bulunur. Burada $k_{H\beta}^0$ - işlenmemiş dişlerde başlangıç kontaktın noktaları arasında yükün eşit olarak dağılmamasını göz önüne alan faktördür; k_{Hw} - aşınma zamanı işlenmiş



Şekil 2.9. k_{Hw} ve k_{Fw} faktörleri (eğriler üzerindeki rakamlar Brinel sertliğini HB göstermektedir)

dişleri göz önüne alan faktördür ve Şekil 2.9'dan bulunur.

$k_{H\beta}$ faktörünün yaklaşık değeri Şekil 2.10'dan da alınabilir.



Şekil 2.10. Silindirik dişli çarklarda $k_{H\beta}$ faktörünün yaklaşık değerleri:

- a – tahrik mekanizmasının tipi; b – kavramada bulunan dişlilerden hiç olmasa birinin aktif yüzeylerinden birisinin sertliği $H_{akt} \leq 350$ olduğu durumda $k_{H\beta}$ faktörünün değerleri;
c – $H_{akt1} > 350$ ve $H_{akt2} > 350$ olduğu durumda $k_{H\beta}$ faktörünün değerleri.

Not : 1 ... 8 eğrileri Şekil 2.10 a'daki uygun mekanizmalar içindir (1b, 7b, 1m, 7m – bilyalı ve makaralı yataklı mekanizmalar içindir)

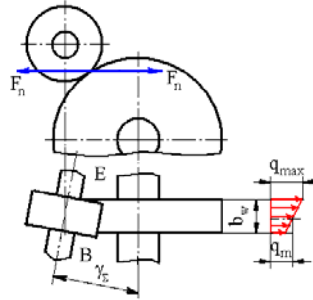
Çapa göre genişlik faktörü $\psi_{bd} \leq 1,3$ olan mekanizmalarda $k_{H\beta}^0$ faktörü

$$k_{H\beta}^0 = 1 + 7600 \frac{b_w^2 \gamma_\Sigma}{F_t} + k \left(\frac{b_w}{d_1} \right) \quad (2.25)$$

ifadesinden hesaplanır. Burada $b_w = b_2$ - döndürülen çarkın genişliği, mm ; d_1 - döndüren çarkın taksimat çapı, mm ; F_t - dişlinin çevresel kuvveti, (N) ; γ_Σ - kavrama doğrusundan geçen eksenlerin izdüşümleri arasındaki toplam açı, rad. Tahrik mekanizmasının şemasına göre tüm elemanların deformasyonlarına bağlı olarak hesaplardan bulunur. k faktörünün değeri ve işareti aşağıdaki gibi bulunur:

i) eğer dişin genişliği boyunca (döndüren ve döndürülen dişlilerin yerleşiminde oluşan eğrilik şartı göz önüne alınır) özgül yükün q_{max} (Şekil 2.11) maksimum dağılım ordinatı diyagramında çarkın burulma momentinin etki gösterdiği yönde olursa (Şekil 2.11'e göre E noktası yönünden) $k = 0,14$;

ii) eğer yukarıda söylenenin ters yönünde olursa (B noktası yönünden) $k = -0,14$ alınır.



Şekil 2.11. (2.25) formülünde k faktörünün işaretinin tayini

Çift helisel dişli mafsallara göre simetrik yerleşirse $\psi_{bd} = b/d_1 > 1,3$ alınır ve bu durumda $k_{H\beta}^0$ faktörü

$$k_{H\beta}^0 = 1 + 0,12 \left(\psi_{bd} + \frac{0,4 b_k}{d_1} \right)^{2,56} \quad (2.26)$$

ifadesinden hesaplanır. Burada b_k - çift helisel dişlilerde sağ ve sol çarklar arasındaki genişliktir, mm (Şekil 2.12).

k_{H_v} - faktörü

$$k_{H_v} = 1 + a_{H_v} (V - 3)^{1,5} \quad (2.27)$$

ifadesinden hesaplanır. Burada a_{H_v} - 6., 7. ve 8. kalite için uygun olarak $a_{H_v} = 0,0006$; 0,0018; 0,004 değerleri alınır.

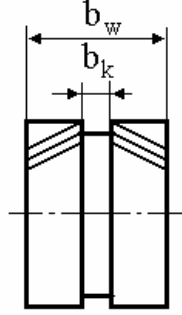
k_{ϵ} - faktörü $\epsilon_{\beta} = b_w/p_x$ 'ye göre Şekil 2.13'den alınır.

$k_{\beta u}$ - faktörü

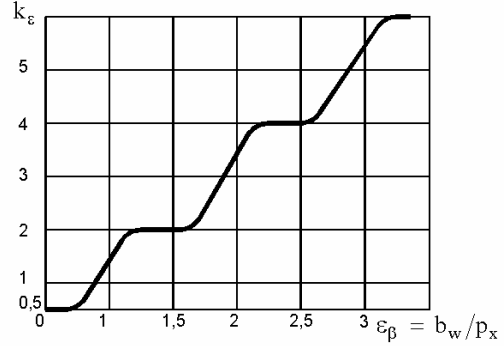
$$k_{\beta u} = \left(\frac{u + 1}{u \cos^3 \beta} \right)^{1/2} \tan \beta \quad (2.28)$$

ifadesinden hesaplanır.

σ_{Hem} - emniyet temas gerilmesi döndüren ve döndürülen dişli çarklar için ayrı ayrı



Şekil 2.12. Çift helisel dişli çark kullanımında dişli yerleşimi



Şekil 2.13. k_ϵ - faktörü

$$\sigma_{H_{em}} = \frac{\sigma_{H_{limb}} K_{HL}}{S_H} Z_R Z_Z Z_m k_L k_{Hx} k_{HO} \quad (2.29)$$

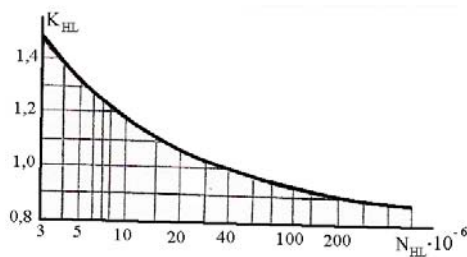
ifadesinden hesaplanır. Burada $\sigma_{H_{limb}}$ - esas çevrimlerin sayısına uygun gelen temas mukavemet

sınıridir ve değerleri Cetvel Ek.2.3'den hesaplanır.

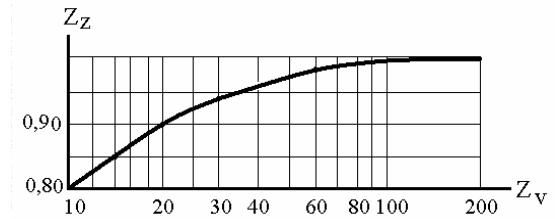
K_{HL} - ömür faktörüdür; değişken zorlamada $N \geq 10^6$ için $K_{HL} = 1$; - statik zorlamada $N = 10^5 \dots 10^6$ için $K_{HL} = 1,10$; $N < 10^4$ için $K_{HL} = 1,25$ alınabilir. N - yük tekrar sayısıdır, saat cinsinden ifade edilen L_h ömür ile N arasında

$$N = 60 n L_h \quad (2.30)$$

bağıntısı vardır. Burada n - çarkın devir sayısıdır. K_{HL} Şekil 2.14'den de seçilebilir;



Şekil 2.14. K_{HL} faktörü



Şekil 2.15. Z_{z1} ve Z_{z2} faktörleri

$S_H = 1,1 \dots 1,25$ - emniyet katsayısıdır;

Z_R - döndüren ve döndürülen dişli çarkların temas yüzey pürüzlülüğünü göz önüne alan faktördür ve R_a aritmetik ortalama pürüzlülüğe göre Cetvel 2.2'den seçilir;

Cetvel 2.2. R_a aritmetik ortalama pürüzlülüğe göre Z_R değer cetveli

$R_a, \mu\text{m}$	1,25... 0,63	2,5 ... 1,25	5,0 ... 2,5	10 ... 5
Z_R	1,025	1,0	0,975	0,95

Z_z - döndüren ve döndürülen dişli çarkların diş sayılarını göz önüne alan faktördür ve

$$Z_z = 0,707 \sqrt{Z_{z_1} + Z_{z_2}} \quad (2.31)$$

ifadesinden bulunur. Burada Z_{z_1} ve Z_{z_2} - döndüren ve döndürülen dişli çarkların diş sayıları katsayısıdır ve Şekil 2.15'den seçilir;

Z_m - dişlilerin modülünü göz önüne alan faktördür ve

$$Z_m = \frac{1,07}{m_n^{0,05}} \quad (2.32)$$

ifadesinden bulunur;

k_L - yağlamanın etkisini göz önüne alan faktördür ve $k_L = 1$ alınır;

k_{Hx} - döndürülen dişli çarkın boyutunu göz önüne alan faktördür ve

$$k_{Hx} = \sqrt{1,05 - \frac{d}{10^4}} \quad (2.33)$$

ifadesinden bulunur. Burada d - döndürülen dişli çarkın taksimat daire çapıdır, $d \leq 500$ mm 'de $k_{Hx} = 1$ alınır;

k_{HO} - yükün değişim karakterini göz önüne alan faktördür. Şekil 2.10'daki 1 ve 2 nolu mekanizmalar için (malzemenin sertliği az olduğunda) $k_{HO} \geq 0,9$; 3 ... 6 nolu mekanizmalar için ise (malzemenin sertliği yüksek olduğunda) $k_{HO} \geq 0,95$ alınabilir.

2.6.1. Novikov profilli dişli çarkların temas (kontakt) gerilmelerine göre hesap kademeleri

Hesap için önce veriler: $\psi_{bd} = b_w/d_1$ parametresi; çevrim oranı $u = z_2/z_1$; $\varepsilon_\beta = b_w/p_x$ parametresi; döndüren dişli çarkların diş sayısı z_1 ; z_1 ve z_2 dişlilerinin yüzey sertlikleri HB_1 ve HB_2 ; döndüren ve döndürülen dişli çarkların temas yüzey pürüzlülüğünün aritmetik ortalama değeri $R_a, \mu\text{m}$; dişlilerin DÜİST (GOST) 1643 – 81 standardı üzere kalitesi.

NOT :

1. Döndüren dişli çarkların diş sayısı z_1 'in seçiminde yük taşıma kabiliyeti kontakt mukavemeti ile sınırlanan d_1 , b_w , ve u parametrelerinin değerleri z_1 'in küçülmesi ile artar. Buna göre çok vardiyalı iş için $z_1 = 14 \dots 22$; tek vardiyalı iş için $z_1 = 10 \dots 15$ alınması önerilir.

2. ψ_{bd} büyük değerlerinde dişli çarkın genişliği boyunca kontakt yüzeylerinde yükün eşit olarak dağılması artar ve kontakt mukavemeti düşer. Buna göre çapa göre genişlik faktörünün maksimum değeri $\psi_{bd_{max}}$ Cetvel 2.3'de verilmektedir.

3. z_1 ve ψ_{bd} 'nin değişmeyen değerlerinde ε_β 'nin büyütülmesi ile β eğim açısı ve aksel diş kuvveti de artmış olur. Buna göre helisel dişlilerde $\beta = 10 \dots 22^\circ$, çift helisel dişlilerde $\beta = 25 \dots 30^\circ$ alınması önerilir.

4. Dişlerin sertliğinin öngörülen farkı $HB_1 - HB_2 \geq 30HB$ olduğundan $HB_1 \leq 320 HB$ alınması önerilir.

Hesap Kademeleri : Parametrelerin yaklaşık değerleri üst gibi gösterilir.

1. ε_β 'nin değerleri $\varepsilon_\beta = b_w/p_x = 1,15 \dots 1,25; 2,15 \dots 2,25; 3,2 \dots 3,3; 4,2 \dots 4,4$ sırasından alınır.

2. ψ_{bd} çapa göre genişlik faktörü Cetvel 2.3'den (Not: 2'den) seçilir.

3. Taksimat daireleri üzere dişin helisel açısı

$$\beta = \arctan \frac{\pi \varepsilon_\beta}{z_1 \psi_{bd}}$$

bağıntısı ile hesaplanır.

Cetvel 2.3. $\psi_{bd_{max}}$ 'in referans (fiili) değerleri

Değişik şekiller	Dişlilerin mafsallara göre yerleşimi	Dişlilerin yüzey sertliklerine göre $\psi_{bd_{max}}$ değerleri	
		$HB_2 \leq 350$ (veya $HB_1 \leq 350$ $HB_2 \leq 350$)	$HB_1 > 350$ $HB_2 > 350$
1	a. Simetrik yerleşimde ve diş taçlarının birbirine yakın (Şekil 2.10'da 5 ve 6 mekanizmaları) b. Yüksek sertlikli konstrüksiyonlarda asimetric yerleşimde (Şekil 2.10'da 4 mekanizması)	1,2 ... 1,35	0,9 ... 1,0
2	Asimetric yerleşimde (Şekil 2.10'da 2 ve 3 mekanizmaları)	1,0 ... 1,1	0,65 ... 0,75
3	Konsol yerleşimde (Şekil 2.10'da 1 mekanizması)	0,6 ... 0,7	0,45 ... 0,55
Not: 1. Statik veya az değişen yüklemelerde $\psi_{bd_{max}}$ 'in cetvel değerleri % 15 ... 20 artırılabilir. 2. $\psi_{bd_{max}}$ 'in değerleri genellikle $\psi_{bd} = (0,80 \dots 0,95) \psi_{bd_{max}}$ alınır. 3. Vites kutularında diş kavramalı dişlilerde eksenler arası mesafeye genişlik faktörü			

genellikle $\psi_{ba} = b_w/a_w \leq 0,3$ alınır. Buna göre ψ_{bd} 'nin değerlerine $\psi_{bd} \leq 0,5(u + 1)b_w/a_w = 0,15(u + 1)$ sınırlanması konudur.

4. $k_{\beta u}$ faktörü (2.28) ifadesinden bulunur.
5. Şekil 2.10'daki diyagramlardan $k'_{H\beta}$ faktörünün değeri seçilir.
6. Dinamik (hız) faktörü $k'_{Hv} = 1,0 \dots 1,05$ arasında seçilir.
7. Emniyet gerilmesinin yaklaşık değeri (σ'_{Hem}) hesaplanır:
 - a. σ_{Hlimb1} ve σ_{Hlimb2} değerleri Cetvel Ek.2.3'den hesaplanır;
 - b. k_{HO} - faktörü. Şekil 2.10'daki 1 ve 2 mekanizmaları için (konstrüksiyonun sertliği az olduğunda) $k_{HO} \geq 0,9$; 3 ... 6 mekanizmaları için ise (konstrüksiyonun sertliği yüksek olduğunda) $k_{HO} \geq 0,95$ seçilir;
 - c. $z_{v1} = z_1/\cos^3 \beta$ ve $z_{v2} = z_2/\cos^3 \beta$ değerlerine göre Şekil 2.15'den Z_{z1} ve Z_{z2} faktörleri seçilir ve (2.31) ifadesinden Z_z hesaplanır;
 - d. z'_m ve k'_{Hx} faktörlerinin yaklaşık değerleri alınır ($z'_m = k'_{Hx} = 1$ alınabilir);
 - e. R_a alınan değerine göre Cetvel 2.2'den Z_R seçilir;
 - f. $S_H = 1,1 \dots 1,25$ - arasında emniyet katsayısı $S_H = 1,1$ alınır ve (2.29) ifadesinden σ'_{Hem1} ve σ'_{Hem2} değerleri hesaplanır;
 - g. σ'_{Hem} emniyet gerilmesi hesaplanır: eğer $z_1 \leq 18$ olursa σ'_{Hem} 'nin değeri σ'_{Hem1} ve σ'_{Hem2} ifadelerinden en küçüğünün değeri esas alınır; eğer $z_1 > 18$ olursa

$$\sigma'_{Hem} = 0,707 \sqrt{(\sigma'_{Hem1})^2 + (\sigma'_{Hem2})^2}$$

ifadesinden hesaplanır, ancak σ'_{Hem} değeri σ'_{Hem1} ve σ'_{Hem2} değerlerinin en küçüğünün % 10'dan büyük olmaması gerekir.

8. Döndüren dişli çarkın taksimat daire çapının yaklaşık değeri bulunur:

$$d'_1 = 240 \sqrt[3]{\frac{T_{b1} z_1^{1,5} k'_{H\beta} k'_{Hv}}{k_\epsilon (\sigma_{Hem})^2}} k_{\beta u}$$

9. d'_1 'in hassas değeri hesaplanır:

- a. $Z_m = 1,07 / (d'_1 \cos \beta / z_1)^{0,05}$ değeri hesaplanır;
- b. Dişli çarkların çevresel hızı bulunur:

$$V = \frac{\pi d'_1 n_1}{60 \cdot 10^3}$$

ve (2.27) ifadesinden k_{H_v} 'nin değeri hesaplanır;

c. (2.33) ifadesinden k_{H_x} 'in değeri hesaplanır;

d. Modülün değeri

$$m'_n = \frac{d'_1}{z_1} \cos \beta \sqrt[3]{\frac{Z'_m k'_{H_x} k'_{H_v}}{Z_m k_{H_x} k_{H_v}}}$$

ifadesinden hesaplanır ve bulunan değere göre modülün standart değeri DİN 780'e göre Cetvel Ek. 2.1'den seçilir.

10. Döndüren ve döndürülen dişli çarkın taksimat daire çapının hassas değeri hesaplanır:

$$d_1 = \frac{m_n}{\cos \beta} z_1, \quad d_2 = \frac{m_n}{\cos \beta} z_2 .$$

11. Dişli çarkların diğer boyutları hesaplanır (Cetvel 2.1).

12. Kontakt gerilmesine göre kontrol hesabı yapılır.

2.7. Novikov Profilli Dişli Çarkların Eğilme Gerilmelerine Göre Hesabı

Dişli çark dişlerinin eğilme gerilmesine göre kontrol hesabı yapılır:

$$\sigma_{F_1} = \frac{2000 T_{b_1} z_1^2 k_{F\beta} k_{Fv} Y_m Y_{F_1}}{d_1^3 k_\epsilon k_\rho \cos^3 \beta} \leq \sigma_{F_{em1}} \quad (2.34)$$

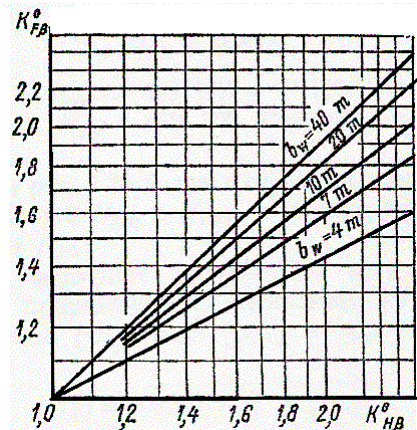
ve

$$\sigma_{F_2} = \sigma_{F_1} \frac{Y_{F_2}}{Y_{F_1}} \leq \sigma_{F_{em2}} \quad (2.35)$$

iadelerine göre yapılır. Burada T_{b_1} döndüren çarkın milindeki burulma momenti, N m; $k_{F\beta}$ - dişli çarkın genişliği boyunca kontakt yüzeylerinde yükün eşit olarak dağılmasını göz önüne alan faktördür ve

$$k_{F\beta} = 1 + (k_{F\beta}^0 - 1) k_{Fw} \quad (2.36)$$

ifadesinden hesaplanır; $k_{F\beta}^0$ - faktörü Şekil 2.16'dan seçilir. Eğer $k_{F\beta}^0$ faktörü son hesaplama için



Şekil 2.16. $k_{F\beta}^0$ faktörü

kullanılırsa

$$k_{F\beta} = 1 + 1,7 (k_{H\beta} - 1) \quad (2.37)$$

ifadesinden de hesaplanabilir;

k_{FV} - dinamik faktördür ve

$$k_{FV} = 1 + a_{FV} (V - 3)^{1,5} \quad (2.38)$$

ifadesinden hesaplanır. Burada 6., 7. ve 8. kaliteler için uygun olarak $a_{FV} = 0,0015; 0,0045; 0,0095$ sırasından alınır. Eğer $V \leq 3$ m/s olursa $k_{FV} = 1$ alınabilir;

Y_m - modülü göz önüne alan faktördür ve

$$Y_m = 0,678 m_n^{0,2} \quad (2.39)$$

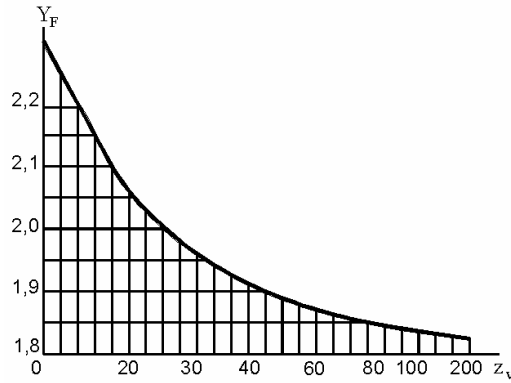
ifadesinden hesaplanır;

Y_F - dişlerin form faktörleri, eşdeğer diş sayılarına göre

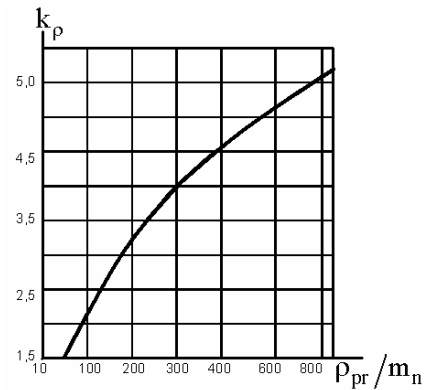
$$z_{v1} = \frac{z_1}{\cos^3 \beta} \quad \text{ve} \quad z_{v2} = \frac{z_2}{\cos^3 \beta} \quad (2.40)$$

Şekil 2.17'den (Y_{F1} ve Y_{F2}) seçilir; k_ϵ - aksel kavrama faktörüdür ve Şekil 2.13' den seçilir;

k_ρ - eğilmede diş profillerinin kavrama yerindeki boyutlarının, eğilme mukavemetine etkisini göz önüne alan faktördür ve



Şekil 2.17. Y_F faktörü



Şekil 2.18. k_ρ faktörü

$$\frac{\rho_{pr}}{m_n} = \frac{1,475 z_1 u}{(u + 1) \sin^2 \beta \cos \beta} \quad (2.41)$$

ifadesine bağlı olarak Şekil 2.18'den seçilir.

Dişlerin eğilme emniyet gerilmesi

$$\sigma_{F_{em}} = \frac{\sigma_{F_{limb}}^0 k_{Fc} k_{FL} k_{Fx}}{S_F} \quad (2.42)$$

ifadesinden hesaplanır. Burada S_F - eğilmede emniyet faktörüdür ve $S_F = 1,7$ alınır;

$\sigma_{F_{limb}}^0$ - dişin eğilmedeki esas çevrimlerin sayısına uygun olan mukavemet sınırıdır ve

$$\sigma_{F_{limb}}^0 = 1,35HB_{kök} + 90 \quad (2.43)$$

ifadesinden hesaplanır. Burada $HB_{kök}$ - diş kökünde malzemenin sertliğidir ve Cetvel Ek. 2.2 ve Cetvel Ek. 2.3'den seçilir;

k_{Fc} - yükün çift taraflı etkisini göz önüne alan faktördür (yükün tek taraflı etkisinde $k_{Fc} = 1$; yükün çift taraflı etkisin $k_{Fc} = 1 - \gamma_{Fc} \delta$, burada $\gamma_{Fc} = 0,35$ ve $\delta = 0,85 \dots 0,95$);

k_{FL} - ömür uzunluğu faktörüdür ve

$$K_{FL} = \sqrt[6]{\frac{4 \cdot 10^6}{N_{FE}}} \leq 2,08 \quad (2.44)$$

ifadesinden hesaplanır. Burada $N_{FE} \geq 4 \cdot 10^6$ 'da $k_{FL} = 1$ olur;

k_{Fx} - döndürülen dişli çarkın boyutunu göz önüne alan faktördür ve

$$k_{Fx} = 1,04 - \frac{d_a}{10^4} \geq 0,8 \quad (2.45)$$

ifadesinden hesaplanır. Burada d_a - döndürülen dişli çarkın baş daire çapıdır ve $d_a \leq 400$ mm 'de $k_{Fx} = 1$ alınır.

2.7.1. Novikov Profilli Dişli Çarkların Eğilme Gerilmelerine Göre Hesap Kademeleri

Hesap için önce veriler : $\psi_{bd} = b_w/d_1$ parametresi; çevrim oranı $u = z_2/z_1$;

$\epsilon_\beta = b_w/p_x$ parametresi; döndüren dişli çarkların diş sayısı z_1 ; z_1 ve z_2 dişlilerinin kökünde malzemenin sertlikleri $HB_{1kök}$ ve $HB_{2kök}$; döndüren ve döndürülen dişli çarkların temas yüzey pürüzlülüğünün aritmetik ortalama değeri R_a , μm ; dişlilerin DÜİST (GOST) 1643 – 81 standardı üzere kalitesi.

Hesap Kademeleri: Parametrelerin yaklaşık değerleri üst gibi gösterilir.

1. ϵ_β 'nin değerleri $\epsilon_\beta = b_w/p_x = 1,15 \dots 1,25; 2,15 \dots 2,25; 3,2 \dots 3,2; 4,2 \dots 4,4$ sırasından alınır.
2. ψ_{bd} çapa göre genişlik faktörü Cetvel 2.3'den (Not: 2'den) seçilir.
3. Taksimat daireleri üzere dişin helisel açısı

$$\beta = \arctan \frac{\pi \varepsilon_{\beta}}{z_1 \psi_{bd}}$$

formülü ile hesaplanır.

4. $k_{F\beta}$ faktörü (2.37) ifadesinden bulunur.
5. Dinamik faktörün ve modül faktörlerinin $k'_{Fv} \approx 1,1$ ve $Y'_m \approx 1,0$ değerleri alınır.
6. k_{ε} - eksenel kavrama faktörü Şekil 2.13'den seçilir.
7. (2.41) ifadesinden $1,25 \rho_{pr}/m_n$ hesaplanır ve Şekil 2.18'den k_{ρ} faktörü seçilir.
8. Eşdeğer diş sayıları $z_{v1} = z_1/\cos^3 \beta$ ve $z_{v2} = z_2/\cos^3 \beta$ hesaplanır ve Şekil 2.17'den dişlerin form faktörleri Y_{F1} ve Y_{F2} seçilir.
9. $k'_{Fx} = 1$ alınarak (2.42) ve (2.43) ifadelerinden dişlerin eğilme emniyet gerilmeleri σ_{Fem1} ve σ_{Fem2} hesaplanır.
10. Döndüren dişli çarkın taksimat daire çapının yaklaşık değeri

$$d'_1 = \frac{1}{\cos \beta} \sqrt[3]{\frac{2000 T_{b1} z_1^2 k_{F\beta} k'_{Fv} Y'_m \left(\frac{Y_F}{\sigma_{Fem}} \right)}{k_{\varepsilon} k_{\rho}}}$$

ifadesinden bulunur. Burada $\frac{Y_F}{\sigma_{Fem}}$ ifadesi yerine $\frac{Y_{F1}}{\sigma_{Fem1}}$ ve $\frac{Y_{F2}}{\sigma_{Fem2}}$ orantılarından en büyük değeri olan alınır.

11. d'_1 ' in hassas değeri hesaplanır:

a. $d'_1 \cos \beta / z_1$ ifadesine göre [(2.39) formülünden] $Y_m = 0,678 (d'_1 \cos \beta / z_1)^{0,2}$ faktörünün hassas değeri bulunur.

b. Dişli çarkların çevresel hızı bulunur:

$$v = \frac{\pi d'_1 n_1}{60 \cdot 10^3}$$

ve (2.38) ifadesinden k_{Fv} 'nin değeri hesaplanır;

d. Modülün değeri

$$m'_n = \frac{d'_1}{z_1} \cos \beta \sqrt[3]{\frac{k_{Fv} Y_m k'_{Fx}}{k'_{Fv} Y'_m k_{Fx}}} \quad (2.46)$$

ifadesinden hesaplanır ve bulunan değere göre modülün standart değeri DİN 780'e göre Cetvel Ek.1'den seçilir.

12. Döndüren ve döndürülen dişli çarkın taksimat daire çapının hassas değeri hesaplanır:

$$d_1 = \frac{m_n}{\cos \beta} z_1, \quad d_2 = \frac{m_n}{\cos \beta} z_2.$$

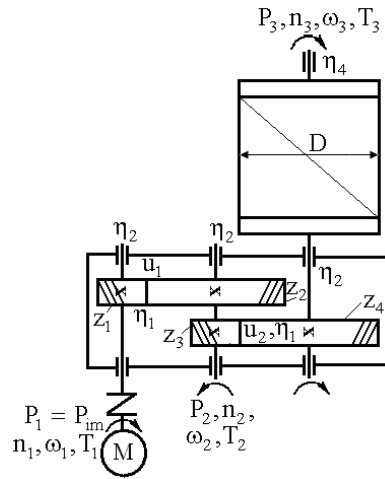
13. Dişli çarkların diğer boyutları hesaplanır (Cetvel 2.1).
14. Eğilme gerilmesine göre kontrol hesabı yapılır.

BÖLÜM III. MATERYAL ve METODLAR

3. DIŞ KAVRAMALI NOVİKOV PROFİLLİ VE EVOLVENT PROFİLLİ SİLİNDİRİK DİŞLİLERDEN OLUŞAN İKİ KADEMELİ REDÜKTÖRÜ OLAN KRENİN YÜK KALDIRMA MEKANİZMASININ PROJE HESAPLARI

Verilenler (Sekil 3.1):

1. Tambura sarınan halatın:
 - Gereken çekme kuvveti $F_t = 8,0 \text{ kN}$
 - Hareket hızı $v = 1,5 \text{ m/s}$
2. Tambur çapı $D = 400 \text{ mm}$
3. Dişli çarkların tipi – Silindirik helisel dişli çark
4. Dişli çarkların malzemesi $St 70$



Şekil 3.1. İki kademeli silindirik redüktörü olan yük kaldırma mekanizması

3.1. Projenin Kinematik Hesabı

1) Elektrik motorunun seçimi, çevrim oranının bulunması, Millerin devir sayılarının ve hızlarının, Millerin burulma momentlerinin tayini.

1.1. Güç ileten mekanizmalarda toplam verim:

$$\eta = \eta_1^2 \eta_2^3 \eta_3 = 0,98^2 \cdot 0,99^3 \cdot 0,99 = 0,923,$$

burada η_1 - bir çift silindirik dişli çark verimi, $\eta_1 = 0,98$; η_2 - redüktörde bir çift yatak verimi, $\eta_2 = 0,99$; η_3 - tambur akslarında (bir çift rulmanlı yatak) verimi; $\eta_3 = 0,99$ (Cetvel Ek. 2.4)

1.2. Elektrik motorunun istenilen gücü:

$$P_m = \frac{F_t v}{\eta} = \frac{8 \cdot 1,5}{0,923} = 6,5 \text{ kW}$$

$P_m = 6,5 \text{ kW}$ 'ye göre Cetvel Ek. 2.5'den elektrik motoru seçilir:

Motor tipi 4A112MY3; motor gücü $P_m = 7,5 \text{ kW}$; devir sayısı $n_m = n_1 = 2900 \text{ d/d}$.

1.3. Konveyörün döndürülen kasnağının devir sayısı:

$$n_T = \frac{60 v}{\pi D} = \frac{60 \cdot 1,5 \cdot 10^3}{\pi \cdot 400} = 71,62 \text{ d/d}$$

1.4. Hareketi ileten mekanizmaların toplam çevrim oranı:

$$u_t = \frac{n_m}{n_T} = \frac{2900}{71,62} = 40,5$$

1.4.1. Çevrim oranlarının kademeler arasında bölünmesi:

$K_{HD} = 1$ olduğuna göre

$$u_1 = 0,9 \sqrt[3]{u_t^2} = 0,9 \cdot \sqrt[3]{40,5^2} = 10,61 > u_{\max 1} = 8$$

$u_1 < u_{\max}$ şartını sağlaması için Cetvel Ek. 2.6'dan $u_1 = 7,1$ seçilir.

$$u_2 = \frac{u_t}{u_1} = \frac{40,5}{7,1} = 5,70 < u_{\max 2} = 6,3$$

$K_{HD} = 1$ ve $K \approx 0,9$ alınır.

$$\frac{a_{w2}}{a_{w1}} = K \frac{u_2 + 1}{u_1 + 1} \sqrt[3]{\frac{u_1^2}{u_2}} = 0,9 \cdot \frac{5,7 + 1}{7,1 + 1} \sqrt[3]{\frac{7,1^2}{5,7}} = 1,539$$

$$\frac{a_{w2}}{a_{w1}} = 1,6 \text{ seçilir.}$$

$$G = \frac{a_{w2}}{a_{w1}} \frac{\sqrt[3]{u_t^2}}{K} = 1,6 \frac{\sqrt[3]{40,5^2}}{0,9} = 6,105$$

1. kadememin çevrim oranı:

$$u_1 = \frac{u_t - G}{G - 1} = \frac{40,5 - 6,105}{6,105 - 1} = 6,737$$

u_1 'in değeri 7,1 alınır. $u_1 = 7,1 < u_{\max 1} = 8$ şartını sağlamaktadır.

2. kadememin çevrim oranı:

$$u_2 = \frac{u_t}{u_1} = \frac{40,5}{7,1} = 5,70 < u_{\max 2} = 6,3$$

bu sonuçlara göre $u_1 = 7,1$ ve $u_2 = 5,6$; Cetvel Ek. 2.7' den $\frac{a_{w2}}{a_{w1}} = 1,6$ seçilir.

Çevrim oranlarının hassas değerlerine göre toplam çevrim oranı:

$$u_t = u_1 u_2 = 7,1 \cdot 5,6 = 39,76$$

Toplam çevrim oranı hassas değeri arasındaki yüzde fark:

$$\Delta u = \frac{u_t - u_t'}{u_t} \%100 = \frac{40,5 - 39,76}{40,5} \%100 = \%1,827 < \%5$$

olduğundan $u_1 = 7,1$ ve $u_2 = 5,6$ 'dır.

2. Millerin Devir Sayılarının ve Dönme Hızlarının Tayini:

2.1. Motorun milinde veya redüktörün I. döndüren milinde:

$$n_1 = n_m = 2900 \text{ d/d}; \quad \omega_1 = \frac{\pi n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 2900}{30} = 303,7 \text{ r/s}.$$

2.2. Redüktörün II. milinde (ara mil):

$$n_2 = \frac{n_1}{u_1} = \frac{2900}{7,1} = 408,5 \text{ d/d}; \quad \omega_2 = \frac{\pi n_2}{30} = \frac{3,14 \cdot 408,5}{30} = 42,8 \text{ r/s}.$$

2.3. Redüktörün III. Milinde (döndürülen çıkış milinde):

$$n_3 = \frac{n_2}{u_2} = \frac{408,5}{5,6} = 72,9 \text{ d/d}; \quad \omega_3 = \frac{\pi n_3}{30} = \frac{3,14 \cdot 72,9}{30} = 7,64 \text{ r/s}.$$

2.4. Millerindeki dönme momentlerinin (burulma momentlerinin) bulunması:

a. Motorun milinde ve redüktörün giriş milinde:

$$T_1 = T_m = \frac{P_m}{\omega_1} = \frac{6,5 \cdot 10^3}{303,7} = 21,4 \text{ N m} = 21400 \text{ N mm}.$$

b. Redüktör ara milinde:

$$T_2 = T_1 u_1 = 21,4 \cdot 7,1 = 152 \text{ N m} = 152000 \text{ N mm}.$$

c. Redüktör çıkış milinde:

$$T_3 = T_2 u_2 = 152 \cdot 5,6 = 851,2 \text{ N m} = 851200 \text{ N mm}.$$

3.2. Projenin Geometrik – Boyutlandırma Hesabı

A. Novikov profilli silindirik helisel dişli çark redüktörünün hesabı

(Kudryavçev, 1984; Bakşiyev, 2006)

3. Redüktörün Dişli Çark Mekanizmalarının Hesabı.

3.1. Dişli çarkların malzemelerinin seçimi:

Dişli çarkların I. ve II. kademelerinin malzemesi St - 70 için Brinel sertliği:

z_1 döndüren dişli çark için $HB_1 = 200$ (Cetvel Ek.2)

z_2 döndürülen dişli çark için

$$HB_2 = HB_1 - (30 \dots 40) = 200 - (30 \dots 40) = 170 \dots 160$$

HB_2 170 olarak seçilir. Isıl işlemi – normalizasyon olarak belirlenir.

3.2. Kontak emniyet gerilmesinin hesabı: Kontak emniyet gerilmesi aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\sigma_{em} = \frac{\sigma_{Hlimb} K_{HL}}{S_H}$$

Emniyet gerilmesi sertliği az olan döndürülen z_2 dişlisi için hesaplandığından, σ_{Hlimb} Cetvel Ek. 2.3'den

$$\sigma_{Hlimb} = 2HB_2 + 70 = 2 \cdot 170 + 70 = 410 \text{ MPa} .$$

K_{HL} – ömür faktörüdür; değişken zorlamada $N \geq 10^6$ için $K_{HL} = 1$; $S_H = 1,15$; $S_H = (1,1 \dots 1,35)$;

$$\sigma_{em} = \frac{\sigma_{Hlimb} K_{HL}}{S_H} = \frac{410 \cdot 1}{1,15} = 356,5 \text{ MPa} .$$

3.3. Redüktörün Birinci Kademesinin Hesabı:

1. Ağır yük altında günlük çalışma süresi fazla olan dişlilerde diş sayısı $z_1 = 14 \dots 22$ arasında alınabilir. Buna bağlı olarak döndüren dişlinin diş sayısı $z_1 = 18$ alınır.

2. Eksenel örtme faktörü

$$\varepsilon_\beta = \frac{b_w}{\rho_x} = 1,15 \dots 1,25; 2,15 \dots 2,25; 3,2 \dots 3,3; 4,2 \dots 4,4$$

sınırlarında seçilebilir. Buna göre $\varepsilon_\beta = 2,25$ seçilir.

3. Diş genişliğinin taksimat daire çapına göre genişlik faktörü diş sertliği HB'ye göre ve dişlilerin mafsallara göre yerleşme şemasına göre seçilir:

$HB \leq 350$ ve asimetrik yerleşme için $\psi_{bd} = b/d = 1,35$ seçilir.

4. Döndürülen dişli çarkın diş sayısı

$$z_2 = u_1 z_1 = 7,1 \cdot 18 = 127,8 \text{ bulunur ve } z_2 = 128 \text{ seçilir} .$$

5. Taksimat dairesi üzere dişin helisel açısı

$$\beta_1 = \arctan \frac{\pi \varepsilon_\beta}{z_1 \psi_{bd}} = \arctan \frac{\pi \cdot 2,25}{18 \cdot 1,35} = 16,2190 = 16^0 13'$$

formülü ile hesaplanır.

6. $K_{\beta u}$ faktörü bulunur:

$$K_{\beta u} = \tan \beta_1 \sqrt{\frac{u_1 + 1}{u_1 \cos^3 \beta_1}} = \tan 16^0 13' \sqrt{\frac{7,1 + 1}{7,1 \cdot \cos^3 \cdot 16^0 13'}} = 0,3302 .$$

7. Redüktörün kinematik şemasına ve ψ_{bd} genişlik faktörüne göre k'_{HB} helis açısı faktörü

Şekil 2.10'den seçilir $k'_{HB} = 1,2080$

8. Dinamik yük (hız) faktörü $k'_{Hv} = 1,0 \dots 1,05$ arasında $k'_{Hv} = 1,02$ seçilir.

9. z'_m ve k'_{Hx} faktörleri $z'_m = k'_{Hx} = 1$ alınabilir

10. $\varepsilon_\beta = \frac{b_w}{\rho_x}$ değerine göre Şekil 2.13'den k_ε faktörü $k_\varepsilon = 4$ seçilir.

11. Döndüren dişli çarkın taksimat daire çapı bulunur:

$$d'_1 = 240 \sqrt[3]{\frac{T_1 z_1^{1,5} k'_{H\beta} k'_{Hv}}{k_\varepsilon \sigma_{Hem}^2}} k_{\beta u} =$$

$$= 240 \sqrt[3]{\frac{21,4 \cdot 18^{1,5} \cdot 1,2080 \cdot 1,02}{4 \cdot (356,5)^2}} \cdot 0,33 = 26,24 \text{ mm.}$$

12. d_1 ' in hassas değeri hesaplanır:

a. Dişlilerin modülünü göz önüne alan z_m faktörü bulunur:

$$z_{m1} = \frac{1,07}{(d_1 \cos \beta / z_1)^{0,05}} = \frac{1,07}{(26,24 \cdot 0,9602 / 18)^{0,05}} = 1,0521 \approx 1.$$

b. Dişli çarkların çevresel hızı bulunur.

$$v = \frac{\pi d_1 n_1}{60 \cdot 10^3} = \frac{\pi \cdot 26,24 \cdot 2900}{60 \cdot 10^3} = 3,984 \text{ m/s}$$

V hızına göre Cetvel Ek. 2.8'den 8. kalite olarak belirlenir ve $a_{Hv} = 0,004$ faktörü seçilir (a_{Hv} - 6., 7. ve 8. kalite için uygun olarak $a_{Hv} = 0,0006$; $0,0018$; $0,004$ değerleri alınır).

k_{Hv} dinamik yük faktörü hesaplanır:

$$k_{Hv} = 1 + a_{Hv} (v - 3)^{1,5} = 1 + 0,004 (3,984 - 3)^{1,5} = 1,0039 > 1.$$

c. Döndürülen dişli çarkın boyutlarını göz önüne alan faktör k_{Hx} :

$$k_{Hx} = \sqrt{1,05 - \frac{d_1}{10^4}} = \sqrt{1,05 - \frac{26,24}{10^4}} = 1,0234,$$

$d \leq 500$ mm olduğu durumlarda $k_{Hx} = 1$ alınabilir.

d. Dişli çarkların modülü hesaplanır:

$$m_{n1} = \frac{d_1}{z_1} \cos \beta \sqrt[3]{\frac{z'_m k'_{Hx} k_{Hv}}{z_m k_{Hx} k'_{Hv}}} =$$

$$= \frac{26,24}{18} \cdot 0,9602 \sqrt[3]{\frac{1 \cdot 1 \cdot 1,0039}{1,0521 \cdot 1,0234 \cdot 1,02}} = 1,3589 \text{ mm.}$$

Modülün standart değeri Cetvel Ek. 2.1'den $m_{n1} = 1,5$ mm alınır.

13. Çarkların eksenler arası mesafesi bulunur:

$$a_{w1} = \frac{0,5 m_{n1} (z_1 + z_2)}{\cos \beta} = \frac{0,5 \cdot 1,5 (18 + 128)}{0,9602} = 114,038 \text{ mm,}$$

Cetvel Ek. 2.9'dan $a_{w1} = 115$ mm seçilir.

14. Helis açısının hassas değeri hesaplanır

$$\cos \beta = \frac{(z_1 + z_2) m_{n1}}{2 a_{w1}} = \frac{(18 + 128) \cdot 1,5}{2 \cdot 115} = 0,9521 ,$$

bulunur.

15. Taksimat dairelerinin hassas değerleri hesaplanır:

$$d_1 = \frac{m_1 z_1}{\cos \beta} = \frac{1,5 \cdot 18}{0,9521} = 28,35 \text{ mm} ,$$

$$d_2 = \frac{m_1 z_2}{\cos \beta} = \frac{1,5 \cdot 128}{0,9521} = 201,65 \text{ mm} .$$

16. Eksenler arası mesafe kontrol edilir:

$$a_{w1} = \frac{(d_1 + d_2)}{2} = \frac{(28,35 + 201,65)}{2} = 115 \text{ mm} .$$

17. Novikov profilinin başlangıç çevre parametreleri DÜİST (GOST) 15023 – 76 üzere Şekil 2.7'den seçilir:

$$h_a^* = 0,9; \quad c^* = 0,15; \quad \alpha_n = 27^0; \quad l_a^* = 0,3927; \quad \rho_a^* = 1,47 \dots 1,150; \quad \rho_f^* = 1,307 \dots 1,250.$$

18. Novikov profilli dişli çarkların esas boyutları hesaplanır:

Baş daire çapları:

$$d_{a1} = d_1 + 2 h_a^* m_{n1} = 28,35 + 2 \cdot 0,9 \cdot 1,5 = 31,05 \text{ mm} ,$$

$$d_{a2} = d_2 + 2 h_a^* m_{n1} = 201,65 + 2 \cdot 0,9 \cdot 1,5 = 204,35 \text{ mm} .$$

Taban daire çapları:

$$d_{f1} = d_1 - 2(h_a^* + c^*) m_{n1} = 28,35 - 2(0,9)1,5 = 25,2 \text{ mm} ,$$

$$d_{f2} = d_2 - 2(h_a^* + c^*) m_{n1} = 201,65 - 2(0,9 + 0,15)1,5 = 198,5 \text{ mm} .$$

19. p_x in hesabı

$$p_x = \frac{\pi m_n}{\sin \beta} = \frac{3,14 \cdot 1,5}{\sin \beta} = 15,42 \text{ mm} .$$

20. Tek dişte yerleşen kontak (temas) noktalarının sınırı:

$$q_{21} = \left(\frac{0,5 \pi + 2 l a^*}{\sin \beta} - 2 \rho_a^* \cos \alpha_n \sin \beta \right) m_{n1} =$$

$$= \left(\frac{0,5 \cdot 3,14 + 2 \cdot 0,3927}{\sin \beta} - 2 \cdot 1,147 \cdot \cos 27^0 \cdot \sin 17,79^0 \right) \cdot 1,5 = 10,631 .$$

21. İki dişte yerleşen kontak noktalarının sınırı:

$$q_{22} = p_x - q_{21} = 15,42 - 10,631 = 4,79 .$$

22. Eksenel kapama katsayısı $\varepsilon_\beta = \frac{b_w}{p_x}$ ifadesinden dişli çarkların çalışma genişliği

bulunur:

$$b_w = \varepsilon_\beta p_x = 2,25 \cdot 15,42 \text{ mm} .$$

23. Döndüren dişli çarkın genişliği:

$$b_1 = b_w + (0,4 \dots 1,5) m_{n_1} = 35 + (0,4 \dots 1,5) \cdot 1,5 = 35,6 \dots 37,25 \text{ mm} ,$$

$b_1 = 36 \text{ mm}$ alınır.

Döndürülen dişli çarkın genişliği:

$$b_2 = b_w = 35 \text{ mm} ,$$

$b_2 = 35 \text{ mm}$ seçilir.

24. c_f bulunur:

$$c_f = (0,7 \dots 0,9) m_{n_1} = (0,7 \dots 0,9) \cdot 1,5 = 1,05 \dots 1,35 .$$

25. Dişli çarkların kontak gerilmesine göre kontrol hesabı yapılır:

$$\sigma_H = 3750 \sqrt{\frac{T_{b_1} z_1^{1,5} k_{H\beta} k_{Hv}}{d_1^3 k_\varepsilon}} k_{\beta u} \leq \sigma_{Hem} ,$$

burada $k_{H\beta}$ eğim açısı faktörü:

$$k_{H\beta} = 1 + (k_{H\beta}^o - 1) k_{H\omega} ,$$

$$k_{H\beta}^o = 1 + 0,12 \left(\psi_{bd} + \frac{0,4 b_2'}{d_1} \right)^{2,56} = 1 + 0,12 \left(1,35 + \frac{0,4 \cdot 35}{28,35} \right)^{2,56} = 1,575 ,$$

$$k_{H\beta} = 1 + (k_{H\beta}^o - 1) k_{H\omega} = 1 + (1,575 - 1) \cdot 0,1 = 1,0575 .$$

$k_{Hv} = 1,0039$; $k_{H\beta} = 1,0575$; $k_\varepsilon = 4$ değerleri aşağıdaki formülde yerine yazılır:

$$\begin{aligned} \sigma_H &= 3750 \sqrt{\frac{T_{b_1} z_1^{1,5} k_{H\beta} k_{Hv}}{d_1^3 k_\varepsilon}} k_{\beta u} = 3750 \sqrt{\frac{21,4 \cdot 18^{1,5} \cdot 1,0575 \cdot 1,0039}{(28,35)^3 \cdot 4}} 0,3302 = \\ &= 297,3 \text{ MPa} \leq \sigma_{Hem} = 356,5 \text{ MPa} \end{aligned}$$

26. Diş kuvvetleri:

- teğetsel kuvvet;

$$F_t = F_{t_1} = F_{t_2} = \frac{2 T_1}{d_1} = \frac{2 \cdot 21,4 \cdot 10^3}{28,35} = 1509,7 \text{ N} ,$$

- radyal kuvvet;

$$F_r = F_{r_1} = F_{r_2} = F_{t_1} \frac{\tan \alpha_n}{\cos \beta} = 1509,7 \cdot \frac{\tan 27^\circ}{\cos 17,79^\circ} = 807,86 \text{ N} ,$$

- eksenel kuvvet;

$$F_a = F_{a_1} = F_{a_2} = F_{t_1} \tan \beta = 1509,7 \cdot \tan 17,79^\circ = 484,42 \text{ N} .$$

27. Dişli çark dişlerinin eğilme gerilmesine göre kontrol hesabı yapılır.

$$\sigma_{F_1} = \frac{2000 T_1 z_1^2 k_{F\beta} k_{Fv} Y_m Y_{F_1}}{d_1^3 k_\epsilon k_\rho \cos^3 \beta} \leq \sigma_{F_{em1}}$$

ve

$$\sigma_{F_2} = \sigma_{F_1} \frac{Y_{F_2}}{Y_{F_1}} \leq \sigma_{F_{em2}}$$

Yukarıda denklemde ifade edilen faktörler bulunur:

$$k_{F\beta} = 1 + 1,7 (k_{H\beta} - 1) = 1 + 1,7 (1,0575 - 1) = 1,0988;$$

$$k_{Fv} = 1 + a_{Fv} (v - 3)^{1,5} = 1 + 0,0095 (3,984 - 3)^{1,5} = 1,00927,$$

burada a_{Fv} - işlem kalitesine göre dişlilerde eksen ve çevresel adımların sınır sapmalarını göz önüne alan faktördür 6., 7. ve 8. kaliteler için uygun olarak $a_{Fv} = 0,0015; 0,0045; 0,0095$ sırasından alınır. $v > 3$ m/s ve 8. kalite için $a_{Fv} = 0,0095$ alınır ; $v \leq 3$ m/s değerlerinde $k_{Fv} = 1$ alınabilir.

Y_m - modülü göz önüne alan faktördür:

$$Y_m = 0,678 m_{n_1}^{0,2} = 0,678 \cdot 1,5^{0,2} = 0,735$$

Y_F - dişlerin form faktörleri, eşdeğer diş sayılarına göre

$$z_{v_1} = \frac{z_1}{\cos^3 \beta} = \frac{18}{\cos^3 17,79^0} = 20,85 \quad \text{ve} \quad z_{v_2} = \frac{z_2}{\cos^3 \beta} = \frac{128}{\cos^3 17,79^0} = 148,27,$$

Şekil 2.17'den (Y_{F_1} ve Y_{F_2}) seçilir; $Y_{F_1} = 2,052$ ve $Y_{F_2} = 1,824$.

k_ϵ - eksenel kavrama faktörüdür ve Şekil 2.13 den $k_\epsilon = 4$ seçilir;

k_ρ - eğilmede diş profillerinin kavrama yerindeki boyutlarının, eğilme mukavemetine etkisini göz önüne alan faktördür ve

$$\frac{\rho_{pr}}{m_n} = \frac{1,475 z_1 u}{(u + 1) \sin^2 \beta \cos \beta} = \frac{1,475 \cdot 18 \cdot 7,1}{(7,1 + 1) \sin^2 17,79^0 \cdot \cos 17,79^0} = 261,83$$

ifadesine bağlı olarak Şekil 2.18'den $k_\rho = 3,75$ seçilir.

28. Dişlerin eğilme emniyet gerilmesi

$$\sigma_{F_{em}} = \frac{\sigma_{F_{limb}}^0 k_{Fc} k_{FL} k_{Fx}}{S_F}$$

ifadesinden hesaplanır. Burada S_F - eğilmede emniyet faktörüdür ve $S_F = 1,7$ alınır;

$\sigma_{F_{limb}}^0$ - dişin eğilmedeki esas çevrimlerin sayısına uygun olan mukavemet sınıridir ve

$$\sigma_{F_{limb}}^0 = 1,35 HB_{\text{kök1}} + 90 = 1,35 \cdot 200 + 90 = 360 \text{ MPa},$$

$$\sigma_{F_{limb_2}}^0 = 1,35HB_{k\ddot{o}k_2} + 90 = 1,35 \cdot 170 + 90 = 319,5 \text{ MPa}$$

ifadesinden hesaplanır. Burada $HB_{k\ddot{o}k_1} 200$ ve $HB_{k\ddot{o}k_2} 170$ - diş k\ddot{o}k\ddot{u}nde malzemenin sertliğidir ve Cetvel Ek. 2.2 ve Ek. 2.3'den se\c{c}ilir;

k_{F_c} - y\ddot{u}k\ddot{u}n \c{c}ift taraflı etkisini g\ddot{o}z \ddot{u}n\ddot{u}ne alan fakt\ddot{o}rd\ddot{u}r (y\ddot{u}k\ddot{u}n tek taraflı etkisinde $k_{F_c} = 1$;

K_{F_L} - \ddot{o}m\ddot{u}r uzunluğu fakt\ddot{o}r\ddot{u}d\ddot{u}r.

$$K_{F_L} = \sqrt[6]{\frac{4 \cdot 10^6}{N_{FE}}} = \sqrt[6]{\frac{4 \cdot 10^6}{4 \cdot 10^6}} = 1,$$

$N_{FE} \geq 4 \cdot 10^6$ da $K_{F_L} = 1$ alınır.

k_{F_x} - d\ddot{o}nd\ddot{u}r\ddot{u}len dişli \c{c}arkın boyutunu g\ddot{o}z \ddot{u}n\ddot{u}ne alan fakt\ddot{o}rd\ddot{u}r ve

$$k_{F_x} = 1,04 - \frac{d_{a_2}}{10^4} = 1,04 - \frac{204,35}{10^4} = 0,98 \geq 0,8$$

ifadesinden hesaplanır. Burada d_a - d\ddot{o}nd\ddot{u}r\ddot{u}len dişli \c{c}arkın baş daire \c{c}apıdır ve

$d_a \leq 400 \text{ mm}$ 'de $k_{F_x} = 1$ alınır.

Bunlara bağlı olarak eğilmedeki emniyet gerilmeleri z_1 ve z_2 dişlileri i\c{c}in:

$$\sigma_{F_{em_1}} = \frac{\sigma_{F_{limb_1}}^0 k_{F_c} k_{F_L} k_{F_x}}{S_F} = \frac{360 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,98}{1,7} = 207,5 \text{ MPa},$$

$$\sigma_{F_{em_2}} = \frac{\sigma_{F_{limb_2}}^0 k_{F_c} k_{F_L} k_{F_x}}{S_F} = \frac{319,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,98}{1,7} = 184,2 \text{ MPa}.$$

Bulunan t\ddot{u}m parametreler aşağıdaki form\ddot{u}lde yerine yazılarak dişli \c{c}ark dişlerinin eğilme gerilmesine g\ddot{o}re kontrol hesabı tamamlanmış olur.

$$\begin{aligned} \sigma_{F_1} &= \frac{2000 T_1 z_1^2 k_{F_\beta} k_{F_v} Y_m Y_{F_1}}{d_1^3 k_\epsilon k_\rho \cos^3 \beta} = \\ &= \frac{2000 \cdot 21,4 \cdot 18^2 \cdot 1,0988 \cdot 1,00927 \cdot 0,735 \cdot 2,052}{28,35^3 \cdot 4 \cdot 3,75 \cdot \cos^3 17,79} = \\ &= 76,66 \text{ MPa} \leq \sigma_{F_{em_1}} = 207,5 \text{ MPa} \end{aligned}$$

ve

$$\begin{aligned} \sigma_{F_2} &= \sigma_{F_1} \frac{Y_{F_2}}{Y_{F_1}} = 76,66 \frac{1,824}{2,052} = \\ &= 68,14 \text{ MPa} \leq \sigma_{F_{em_2}} = 184 \text{ MPa}. \end{aligned}$$

3.4. Redüktörün İkinci Kademesinin Hesabı:

1. Ağır yük altında günlük çalışma süresi fazla olan dişlilerde diş sayısı $z_3 = 14 \dots 22$ arasında alınabilir. Buna bağlı olarak döndüren dişlinin diş sayısı $z_3 = 18$ alınır.

2. Eksenel kapama (örtme) faktörü

$$\varepsilon_\beta = \frac{b_w}{\rho_x} = 1,15 \dots 1,25; 2,15 \dots 2,25; 3,2 \dots 3,3; 4,2 \dots 4,4$$

sınırlarında seçilebilir. Buna göre $\varepsilon_\beta = 2,25$ seçilir.

3. Diş genişliğinin taksimat daire çapına göre genişlik faktörü diş sertliği HB'ye göre ve dişlilerin mafsallara göre yerleşme şemasına göre seçilir. $HB \leq 350$ ve asimetrik yerleşme için $\psi_{bd} = b/d = 1,35$ seçilir.

4. Döndürülen dişli çarkın diş sayısı:

$$z_4 = u_2 z_3 = 5,6 \cdot 18 = 100,8$$

bulunur ve $z_4 = 100$ seçilir .

5. Taksimat daireleri üzere dişin helisel açısı:

$$\beta_2 = \arctan \frac{\pi \varepsilon_\beta}{z_3 \psi_{bd}} = \arctan \frac{3,14 \cdot 2,25}{18 \cdot 1,35} = 16,219^\circ = 16^0 13' .$$

6. $K_{\beta u}$ faktörü:

$$K_{\beta u} = \tan \beta_2 \sqrt{\frac{u_2 + 1}{u_2 \cos^3 \beta_2}} = \tan 16^0 13' \sqrt{\frac{5,6 + 1}{5,6 \cdot \cos^3 16^0 13'}} = 0,3356 .$$

7. Redüktörün kinematik şemasına ve ψ_{bd} genişlik faktörüne göre k'_{HB} helis açısı faktörü

Şekil 2.10'dan $k'_{HB} = 1,167$ seçilir.

8. Dinamik yük (hız) faktörü $k'_{Hv} = 1,0 \dots 1,05$ arasında seçilir $k'_{Hv} = 1,02$.

9. z'_m ve k'_{Hx} faktörleri $z'_m = k'_{Hx} = 1$ alınabilir.

10. $\varepsilon_\beta = \frac{b_w}{\rho_x}$ değerine göre Şekil 2.13'den k_ε faktörü $k_\varepsilon = 4$ seçilir.

11. Döndüren dişli çarkın taksimat daire çapı bulunur:

$$d'_1 = 240 \sqrt[3]{\frac{T_2 z_1^{1,5} k'_{HB} k'_{Hv}}{k_\varepsilon \sigma_{Hem}^2} k_{\beta u}} = 240 \sqrt[3]{\frac{152 \cdot 18^{1,5} \cdot 1,167 \cdot 1,02}{4 (356,5)^2} \cdot 0,33} = 50,14 \text{ mm} .$$

12. d_3 ' in hassas değeri hesaplanır:

a. Dişlilerin modülünü göz önüne alan z_m faktörü:

$$z_{m2} = \frac{1,07}{(d_3 \cos \beta / z_3)^{0,05}} = \frac{1,07}{(50,14 \cdot 0,9602 / 18)^{0,05}} = 1,0186 \approx 1 .$$

b. Dişli çarkların çevresel hızı bulunur:

$$v_2 = \frac{\pi d_2 n_2}{60 \cdot 10^3} = \frac{\pi \cdot 50,14 \cdot 408,5}{60 \cdot 10^3} = 1,0724 \text{ m/s}$$

V hızına göre Cetvel Ek. 2.8'den 8. kalite olarak belirlenir ve $a_{H_v} = 0,004$ faktörü seçilir (a_{H_v} - 6. , 7. ve 8. kalite için uygun olarak $a_{H_v} = 0,0006$; $0,0018$; $0,004$ değerleri alınır).

k_{H_v} dinamik yük faktörü $v \leq 3 \text{ m/s}$ olursa $k_{H_v} = 1$ alınır.

c. Döndürülen dişli çarkın boyutlarını göz önüne alan faktör k_{H_x} :

$$k_{H_x} = \sqrt{1,05 - \frac{d_3}{10^4}} = \sqrt{1,05 - \frac{50,14}{10^4}} = 1,022,$$

$d \leq 500 \text{ mm}$ olduğu durumlarda $k_{H_x} = 1$ alınabilir.

d. Dişli çarkların modülü hesaplanır:

$$\begin{aligned} m_{n_2} &= \frac{d_3}{z_3} \cos \beta \sqrt[3]{\frac{z'_m k'_{H_x} k_{H_v}}{z_m k_{H_x} k'_{H_v}}} = \\ &= \frac{50,14}{18} \cdot 0,9602 \sqrt[3]{\frac{1 \cdot 1 \cdot 1}{1,0186 \cdot 1,022 \cdot 1,02}} = 2,62 \text{ mm}, \end{aligned}$$

modülün standart değeri $m_{n_2} = 3 \text{ mm}$ alınır.

13. Çarkların eksenler arası mesafesi bulunur:

$$a_{w_2} = \frac{0,5 m_{n_2} (z_3 + z_4)}{\cos \beta} = \frac{0,5 \cdot 3 (18 + 100)}{0,9602} = 184,3,$$

Cetvel Ek. 2.9'dan $a_{w_2} = 200 \text{ mm}$ seçilir.

14. Helis açısının hassas değeri hesaplanır:

$$\cos \beta_2 = \frac{0,5 m_{n_2} (z_3 + z_4)}{a_{w_2}} = \frac{0,5 \cdot 3 (18 + 100)}{200} = 0,885$$

$\beta_2 = 27,74^0 = 27^0 44'$ bulunur.

15. Taksimat dairelerinin hassas değerleri hesaplanır:

$$d_3 = \frac{m_{n_2} z_3}{\cos \beta_2} = \frac{3 \cdot 18}{0,885} = 61,012 \text{ mm},$$

$$d_4 = \frac{m_{n_2} z_4}{\cos \beta_2} = \frac{3 \cdot 100}{0,885} = 338,98 \text{ mm}.$$

16. Eksenler arası mesafe kontrol edilir.

$$a_{w_2} = \frac{(d_3 + d_4)}{2} = \frac{(61,01 + 338,99)}{2} = 200 \text{ mm}.$$

17. Novikov profilinin başlangıç çevre parametreleri DÜİST (GOST) 15023 – 76 üzere Şekil 2.7'den seçilir:

$$h_a^* = 0,9; \quad c^* = 0,15; \quad \alpha_n = 27^0; \quad l_a^* = 0,3927; \quad \rho_a^* = 1,47 \dots 1,150; \quad \rho_f^* = 1,307 \dots 1,250.$$

18. Novikov profilli dişli çarkların esas boyutları hesaplanır:

- baş daire çapları

$$d_{a_3} = d_3 + 2h_a^* m_{n_2} = 61,012 + 2 \cdot 0,9 \cdot 3 = 66,412 \text{ mm} ,$$

$$d_{a_4} = d_4 + 2h_a^* m_{n_2} = 338,98 + 2 \cdot 0,9 \cdot 3 = 344,38 \text{ mm} ;$$

- taban daire çapları

$$d_{f_3} = d_3 - 2(h_a^* + c^*) m_{n_2} = 61,012 - 2(0,9 + 0,15) 3 = 54,712 \text{ mm} ,$$

$$d_{f_4} = d_4 - 2(h_a^* + c^*) m_{n_2} = 338,98 - 2(0,9 + 0,15) 3 = 332,68 \text{ mm} .$$

19. p_x ' in hesaplanması:

$$p_{x_2} = \frac{\pi m_{n_2}}{\sin \beta_2} = \frac{3,14 \cdot 3}{\sin 27^0 44'} = \frac{3,14 \cdot 3}{0,885} = 20,24 .$$

20. Tek dişte yerleşen kontak (temas) noktalarının sınırı

$$q_{43} = \left(\frac{0,5 \pi + 2 l_a^*}{\sin \beta_2} - 2 \rho_a^* \cos \alpha_n \sin \beta_2 \right) m_{n_2} =$$

$$= \left(\frac{0,5 \cdot \pi + 2 \cdot 0,3927}{\sin \beta_2} - 2 \cdot 1,15 \cdot \cos 27 \cdot \sin 27,74 \right) 3 = 12,33 .$$

21. İki dişte yerleşen kontak noktalarının sınırı:

$$q_{44} = p_{x_2} - q_{43} = 20,24 - 12,33 = 7,91 .$$

22. Eksenel kapama katsayısı $\varepsilon_\beta = \frac{b_{w_2}}{p_{x_2}}$ ifadesinden dişli çarkların çalışma genişliği

bulunur.

$$b_{w_2} = \varepsilon_\beta p_{x_2} = 2,25 \cdot 20,24 = 45,54 = 46 \text{ mm} .$$

23. Döndüren dişli çarkın genişliği:

$$b_3 = b_{w_2} + (0,4 \dots 1,5) m_{n_2} = 46 + (0,4 \dots 1,5) 3 = 47,2 \dots 50,5 \text{ mm} ,$$

$$b_3 = 48 \text{ mm}$$

Döndürülen dişli çarkın genişliği:

$$b_4 = b_{w_2} = 46 \text{ mm}$$

$$b_4 = 46 \text{ mm seçilir.}$$

24. c_f bulunur:

$$c_f = (0,7 \dots 0,9) m_{n_2} = (0,7 \dots 0,9) 3 = 2,1 \dots 2,7 .$$

25. Dişli çarkların kontak gerilmesine göre kontrol hesabı yapılır.

$$\sigma_H = 3750 \sqrt{\frac{T_{b2} z_1^{1,5} k_{H\beta} k_{Hv}}{d_3^3 k_\epsilon}} k_{\beta u} \leq \sigma_{Hem}$$

Burada $k_{H\beta}$ eğim açısı faktörü:

$$k_{H\beta} = 1 + (k_{H\beta}^0 - 1) k_{H\omega},$$

$$k_{H\beta}^0 = 1 + 0,12 \left(\psi_{bd} + \frac{0,4 b_4}{d_3} \right)^{2,56} = 1 + 0,12 \left(1,35 + \frac{0,4 \cdot 46}{61,012} \right)^{2,56} = 1,4335,$$

$$k_{H\beta} = 1 + (k_{H\beta}^0 - 1) k_{H\omega} = 1 + (1,4335 - 1) 0,1 = 1,04335.$$

$k_{Hv} = 1$; $k_{H\beta} = 1,04335$; $k_\epsilon = 4$ ve $k_{\beta u} = 0,3356$ değerleri aşağıdaki formülde yerine yazılır:

$$\begin{aligned} \sigma_H &= 3750 \sqrt{\frac{T_{b2} z_1^{1,5} k_{H\beta} k_{Hv}}{d_3^3 k_\epsilon}} k_{\beta u} = 3750 \sqrt{\frac{152 \cdot 18^{1,5} \cdot 1,04335 \cdot 1}{(61,012)^3 \cdot 4}} 0,3356 = \\ &= 250,83 \text{ MPa} \leq \sigma_{Hem} = 356,5 \text{ MPa} \end{aligned}$$

26. Diş kuvvetleri:

- teğetsel kuvvet:

$$F_t = F_{t3} = F_{t4} = \frac{2 T_2}{d_3} = \frac{2 \cdot 152 \cdot 10^3}{61,012} = 4982,6 \text{ N},$$

- radyal kuvvet:

$$F_r = F_{r3} = F_{r4} = F_{t3} \frac{\tan \alpha_n}{\cos \beta_2} = 4982,6 \frac{\tan 27^\circ}{\cos 27,74^\circ} = 2868,4 \text{ N},$$

- eksenel kuvvet:

$$F_a = F_{a3} = F_{a4} = F_{t3} \tan \beta_2 = 4982,6 \cdot \tan 27,74^\circ = 2620,4 \text{ N}.$$

27. Dişli çark dişlerinin eğilme gerilmesine göre kontrol hesabı yapılır:

$$\sigma_{F3} = \frac{2000 T_2 z_3^2 k_{F\beta} k_{Fv} Y_m Y_{F3}}{d_3^3 k_\epsilon k_\rho \cos^3 \beta_2} \leq \sigma_{Fem3}$$

ve

$$\sigma_{F4} = \sigma_{F3} \frac{Y_{F4}}{Y_{F3}} \leq \sigma_{Fem4}$$

Yukarıda denklemde ifade edilen faktörler bulunur:

$$k_{F\beta} = 1 + 1,7 (k_{H\beta} - 1) = 1 + 1,7 (1,04335 - 1) = 1,0737 ,$$

burada a_{Fv} - işlem kalitesine göre dişlilerde eksen ve çevresel adımların sınır sapmalarını göz önüne alan faktördür 6., 7. ve 8. kaliteler için uygun olarak $a_{Fv} = 0,0015; 0,0045; 0,0095$ sırasından alınır. $v > 3$ m/s ve 8. kalite için $a_{Fv} = 0,0095$ alınır; $v \leq 3$ m/s değerlerinde $k_{Fv} = 1$ alınabilir.

Y_m - modülü göz önüne alan faktördür:

$$Y_m = 0,678 m_{n2}^{0,2} = 0,678 \cdot 3^{0,2} = 0,845 .$$

Y_F - dişlerin form faktörleri, eşdeğer diş sayılarına göre

$$z_{v3} = \frac{z_3}{\cos^3 \beta} = \frac{18}{\cos^3 27,74^0} = 25,96 \quad \text{ve} \quad z_{v2} = \frac{z_4}{\cos^3 \beta_2} = \frac{100}{\cos^3 27,74^0} = 144,23$$

Şekil 2.17'den (Y_{F3} ve Y_{F4}) seçilir; $Y_{F3} = 2$ ve $Y_{F4} = 1,825$.

k_ϵ - aksel kavrama faktörüdür ve Şekil 2.13'den $k_\epsilon = 4$ seçilir.

k_p - eğilmede diş profillerinin kavrama yerindeki boyutlarının, eğilme mukavemetine etkisini göz önüne alan faktördür ve

$$\frac{\rho_{pr}}{m_{n2}} = \frac{1,475 z_3 u_2}{(u_2 + 1) \sin^2 \beta_2 \cos \beta_2} = \frac{1,475 \cdot 18 \cdot 5,6}{(5,6 + 1) \sin^2 27,74^0 \cdot \cos 27,74^0} = 117,48 ,$$

ifadesine bağlı olarak Şekil 13.16'dan $k_p = 2,5$ seçilir.

28. Dişlerin eğilme emniyet gerilmesi

$$\sigma_{Fem} = \frac{\sigma_{Flimb}^0 k_{Fc} k_{FL} k_{Fx}}{S_F}$$

ifadesinden hesaplanır. Burada S_F - eğilmede emniyet faktörüdür ve $S_F = 1,7$ alınır;

σ_{Flimb}^0 - dişin eğilmedeki esas çevrimlerin sayısına uygun olan mukavemet sınırlandırma ve

$$\sigma_{Flimb3}^0 = 1,35 HB_{k\ddot{o}k3} + 90 = 1,35 \cdot 200 + 90 = 360 \text{ MPa} ,$$

$$\sigma_{Flimb4}^0 = 1,35 HB_{k\ddot{o}k4} + 90 = 1,35 \cdot 170 + 90 = 319,5 \text{ MPa}$$

ifadesinden hesaplanır. Burada $HB_{k\ddot{o}k3}$ 200 ve $HB_{k\ddot{o}k4}$ 170 - diş kökünde malzemenin sertliğidir ve Cetvel Ek. 2.2. ve Ek. 2.3'den seçilir;

k_{Fc} - yükün çift taraflı etkisini göz önüne alan faktördür (yükün tek taraflı etkisinde $k_{Fc} = 1$;

K_{FL} - ömür uzunluğu faktörüdür:

$$K_{FL} = \sqrt[6]{\frac{4 \cdot 10^6}{N_{FE}}} = \sqrt[6]{\frac{4 \cdot 10^6}{4 \cdot 10^6}} = 1,$$

$N_{FE} \geq 4 \cdot 10^6$ da $K_{FL} = 1$ alınır.

k_{Fx} - döndürülen dişli çarkın boyutunu göz önüne alan faktördür ve

$$k_{Fx} = 1,04 - \frac{d_{a4}}{10^4} = 1,04 - \frac{344,38}{10^4} = 1,006 \geq 0,8$$

ifadesinden hesaplanır. Burada d_{a4} - döndürülen dişli çarkın baş daire çapıdır ve $d_{a4} \leq 400$ mm 'de $k_{Fx} = 1$ alınır.

Bunlara bağlı olarak eğilmadaki emniyet gerilmeleri z_1 ve z_2 dişlileri için:

$$\sigma_{Fem3} = \frac{\sigma_{Flimb3}^0 k_{Fc} k_{FL} k_{Fx}}{S_F} = \frac{360 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{1,7} = 211,85 \text{ MPa},$$

$$\sigma_{Fem4} = \frac{\sigma_{Flimb4}^0 k_{Fc} k_{FL} k_{Fx}}{S_F} = \frac{319,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{1,7} = 188 \text{ MPa}.$$

Bulunan tüm parametreler aşağıdaki formülde yerine yazılarak dişli çark dişlerinin eğilme gerilmesine göre kontrol hesabı tamamlanmış olur:

$$\sigma_{F3} = \frac{2000 T_2 z_3^2 k_{F\beta} k_{Fv} Y_m Y_{F3}}{d_3^3 k_\epsilon k_\rho \cos^3 \beta_2} =$$

$$= \frac{2000 \cdot 152 \cdot 18^2 \cdot 1,0737 \cdot 1 \cdot 0,845 \cdot 2}{61,012^3 \cdot 4,2,5 \cdot \cos^3 27,74^\circ} = 113,5 \text{ MPa} \leq \sigma_{Fem3} = 211,85 \text{ MPa}$$

ve

$$\sigma_{F4} = \sigma_{F3} \frac{Y_{F4}}{Y_{F3}} \leq \sigma_{Fem4} = 113,5 \cdot \frac{1,824}{2} = 103,5 \text{ MPa} \leq \sigma_{Fem4} = 188 \text{ MPa}.$$

B. Evolvent Profilli Silindirik Helisel Dişli Çark Redüktörünün Hesabı (Çernavskiy ve Ark., 1979; 1984; Akkurt, 2000 ve Bakşiyev, 2006)

3.5. Redüktörün Birinci Kademesinin Hesabı:

1. Yük Faktörü k_H :

$$k_H = k_{H\alpha} k_{H\beta} k_{Hv} = 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,015 = 1,27,$$

$k_{H\alpha} = 1,1$ ($k_{H\alpha} = 1,05 \dots 1,15$); $k_{H\beta} = 1,2$ (Cetvel Ek. 2.10); $k_{Hv} = 1,015$ (Cetvel Ek. 2.12).

2. Helisel dişlilerin genişlik faktörü; helisel dişlilerde $\psi_{ba} = 0,250 \dots 0,40$

$$\psi_{ba} = b/a_\omega = 0,25$$

3. Kontak gerilmesine göre dişli çarkların eksenler arası mesafesi:

$$a_{\omega_1} = (u_1 + 1) \sqrt[3]{\left(\frac{270}{\sigma_{Hem} u_1}\right)^2 \frac{T_2 k_{H\beta}}{\Psi_{ba}}} = (7,1 + 1) \sqrt[3]{\left(\frac{270}{356,5 \cdot 7,1}\right)^2 \cdot \frac{152 \cdot 10^3 \cdot 1,34}{0,250}} = 170,16 \text{ mm},$$

$a_{\omega_1} = 180 \text{ mm}$ seçilir (Cetvel Ek. 2.9).

4. Modül hesabı:

$$m_{n_1} = (0,01 \dots 0,02) a_{\omega_1} = (0,01 \dots 0,02) 180 = 1,8 \dots 3,6 \text{ mm},$$

$m_{n_1} = 2 \text{ mm}$ seçilir (Cetvel Ek. 2.1).

5. Silindirik helisel dişli çarkın eğim açısı yaklaşık olarak $\beta \approx 10^\circ$ alınır ve döndüren dişli çarkın diş sayısı bulunur:

$$z_1 = \frac{2 a_{\omega_1} \cos \beta}{(u_1 + 1) m_{n_1}} = \frac{2 \cdot 180 \cdot \cos 10}{(7,1 + 1) 2} = 21,88; \quad z_1 = 22,$$

- döndürülen dişli çarkın diş sayısı:

$$z_2 = u_1 z_1 = 7,1 \cdot 22 = 156,2; \quad z_2 = 156 \text{ seçilir.}$$

6. Dişli çarkın eğim açısının hassas değerinin bulunması:

$$\cos \beta = \frac{(z_1 + z_2) m_{n_1}}{2 a_{\omega_1}} = \frac{(22 + 156) 2}{2 \cdot 180} = 0,988889,$$

$\beta = 8,55^\circ$ veya $\beta = 8^\circ 33'$

7. Dişli çarkın ana boyutları $z_{\min} > 17$ olduğu için $z_1 = z_2 = 0$ normal dişli çark mekanizması olur:

- taksimat dairelerinin çapları:

$$d_1 = \frac{m_{n_1} z_1}{\cos \beta} = \frac{2 \cdot 22}{0,988889} = 44,5 \text{ mm},$$

$$d_2 = \frac{m_{n_1} z_2}{\cos \beta} = \frac{2 \cdot 156}{0,988889} = 315,5 \text{ mm}.$$

- baş daire çapları:

$$d_{a_1} = d_1 + 2 m_{n_1} = 44,5 + 2 \cdot 2 = 48,5 \text{ mm},$$

$$d_{a_2} = d_2 + 2 m_{n_1} = 315,5 + 2 \cdot 2 = 319,5 \text{ mm}.$$

- taban daire çapları:

$$d_{f_1} = d_1 - 2,5 m_{n_1} = 44,5 - 2,5 \cdot 2 = 39,5 \text{ mm},$$

$$d_{f_2} = d_2 - 2,5 m_{n_1} = 315,5 - 2,5 \cdot 2 = 310,5 \text{ mm}.$$

- eksenler arası mesafe:

$$a_{\omega_1} = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{44,5 + 315,5}{2} = 180 \text{ mm}.$$

- diş genişliği:

$$b_2 = \Psi_{ba} a_{\omega_1} = 0,250 \cdot 180 = 45 \text{ mm}$$

$$b_1 = b_2 + (5 \dots 10) = 45 + (5 \dots 10) = 50 \dots 55 \text{ mm}$$

$b_1 = 50 \text{ mm}$ seçilir.

8. Dişin taksimat daire çapına göre genişlik faktörü:

$$\Psi_{bd} = \frac{b_1}{d_1} = \frac{50}{44,5} = 1,124.$$

9. Dişli çarkın hızı:

$$v_1 = \frac{\omega_1 d_1}{2} = \frac{303,7 \cdot 44,5}{2 \cdot 10^3} = 6,76 \text{ m/s}.$$

10. Yük faktörü:

$$k_H = k_{H\alpha} k_{H\beta} k_{Hv};$$

burada $k_{H\alpha} = 1,1$; $k_{H\beta}$ değerleri Cetvel Ek. 2.11'den seçilir: $\Psi_{bd} = 1,124$, $HB \leq 350$ ve simetrik yerleştirme için $k_{H\beta} = 1,135$; $v = 6,76 \text{ m/s}$ ve 8. kaliteye göre helisel dişli çarklar için Cetvel Ek. 2.12'den $k_{Hv} = 1,061$ olarak seçilir ve

$$k_H = k_{H\alpha} k_{H\beta} k_{Hv} = 1,11 \cdot 1,135 \cdot 1,061 = 1,337$$

olarak bulunur.

11. Dişli arkların kontrol hesabı yapılır.

a) Temas gerilmesine göre:

$$\sigma_H = \frac{270}{a_{w_1}} \sqrt{\frac{T_2 k_H (u_1 + 1)^3}{b_2 u_1^2}} = \frac{270}{180} \sqrt{\frac{152 \cdot 10^3 \cdot 1,337 (7,1 + 1)^3}{45 \cdot 7,1^2}} = 327,29 < \sigma_{Hem} = 356,5 \text{ MPa}$$

ve emniyetlidir.

Helisel dişli çarkların diş kuvvetleri:

- teğetsel kuvvet:

$$F_{t_1} = F_{t_2} = \frac{2 T_1}{d_1} = \frac{2 \cdot 21,4 \cdot 10^3}{44,5} = 961,8 \text{ N},$$

- radyal kuvvet ($\alpha = 20^\circ$ alınır):

$$F_{r_1} = F_{r_2} = F_t \frac{\tan \alpha}{\cos \beta} = 961,8 \frac{\tan 20^\circ}{\cos \beta} = 353,9 \text{ N},$$

- Eksenel kuvvetler:

$$F_a = F_{a_1} = F_{a_2} = F_t \tan \beta = 961,8 \cdot \tan \beta = 144,6 \text{ N}.$$

b) Eğilme gerilmesine göre:

$$\sigma_F = \frac{F_t k_F Y_F Y_\beta k_{F\alpha}}{b_1 m_{n_1}} \leq \sigma_{Fem},$$

burada k_F - yük faktörü

$$k_F = k_{F\beta} k_{Fv} = 1,277 \cdot 1,3 = 1,66 ,$$

$\psi_{bd} = 1,124$; HB < 350 ve simetrik yerleşme için Cetvel Ek. 2.13'den $k_{F\beta} = 1,277$ seçilir; $v = 6,76$ m/s, 8. kalite ve HB < 350'ye göre Cetvel Ek. 2.14'den $k_{Fv} = 1,3$ olarak seçilir.

Y_F - form faktörü z_{n1} ve z_{n2} eşdeğer diş sayısına göre seçilir:

- döndüren dişli çark için

$$z_{n1} = \frac{z_1}{\cos^3 \beta} = \frac{22}{0,9889^3} = 22,74; \quad z_{n1} = 23;$$

- döndürülen dişli çark için:

$$z_{n2} = \frac{z_2}{\cos^3 \beta} = \frac{156}{0,98889^3} = 161,3; \quad z_{n2} = 161.$$

$z_{n1} = 23$ ve $z_{n2} = 161$ değerlerine göre Cetvel Ek. 2.15'den

$$Y_{F1} = 3,972 \quad \text{ve} \quad Y_{F2} = 3,6$$

olarak seçilir.

Eğilme emniyet gerilmesi:

$$\sigma_{Fem1} = \frac{\sigma_{Flimb1}^0}{S_F};$$

St 50 malzemesi sertliği HB ≤ 350 için Cetvel Ek. 2.16'dan $\sigma_{Flimb}^0 = 1,8$ HB seçilir.

$$z_1 \text{ için:} \quad \sigma_{Flimb3}^0 = 1,8 \text{ HB}_1 = 1,8 \cdot 200 = 360 \text{ MPa};$$

$$z_2 \text{ için:} \quad \sigma_{Flimb4}^0 = 1,8 \text{ HB}_2 = 1,8 \cdot 170 = 306 \text{ MPa}$$

bulunur.

S_F - eğilmede emniyet faktörü

$$S_F = S'_F S''_F = 1,75 \cdot 1 = 1,75$$

olarak bulunur. Burada $S'_F = 1,75$ Cetvel Ek. 2.16 ve dişli çarklarda dövme usulü yapıldığı için $S''_F = 1$ seçilir ve bu değerleri ile:

$$\sigma_{Fem3} = \frac{450}{1,75} = 257 \text{ MPa}; \quad \sigma_{Fem4} = \frac{396}{1,75} = 226 \text{ MPa}$$

hesaplanır.

$\frac{\sigma_{Fem}}{Y_F}$ oranları hesaplanır:

$$\frac{\sigma_{Fem1}}{Y_{F1}} = \frac{206}{3,972} = 51,86 \text{ MPa} \quad \text{ve} \quad \frac{\sigma_{Fem2}}{Y_{F2}} = \frac{175}{3,6} = 48,61 \text{ MPa}.$$

$\frac{\sigma_{Fem1}}{Y_{F1}} > \frac{\sigma_{Fem2}}{Y_{F2}}$ olduğu için eğilme kontrolü döndürülen dişli çark için yapılır.

$$\sigma_{F2} = \frac{F_t k_F Y_{F2} Y_\beta k_{F\alpha}}{b_2 m_{n1}} = \frac{961,8 \cdot 1,6601 \cdot 3,6 \cdot 0,938 \cdot 0,75}{45 \cdot 2} = 44,93 \text{ MPa} \leq \sigma_{Fem2} = 175 \text{ MPa}$$

burada

$$Y_\beta = 1 - \frac{\beta^0}{140} = 1 - \frac{8,55^0}{140} = 0,938;$$

$k_{F\alpha} = 0,75$; $\varepsilon = 1,5$ ve 8. kalite için $\sigma_{F2} = 44,93 \text{ MPa} \leq \sigma_{Fem2} = 175 \text{ MPa}$ olduğu için dişli çarklar emniyetlidir.

3.6. Redüktörün İkinci Kademesinin Hesabı:

1. Yük faktörü k_H :

$$k_H = k_{H\alpha} k_{H\beta} k_{Hv} = 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,015 = 1,34,$$

$k_{H\alpha} = 1,1$ ($k_{H\alpha} = 1,0 \dots 1,1$); $k_{H\beta} = 1,2$ - Cetvel Ek. 2.10; $k_{Hv} = 1,015$ - Cetvel Ek. 2.12'den seçilir.

2. Helisel dişli çarklar için dişin genişlik faktörü $\Psi_{ba} = b / a_w = 0,4$ olarak alınır.

3. Kontak gerilmesine göre dişli çarkların eksenler arası mesafesi:

$$a_{w2} = (u_2 + 1) \sqrt[3]{\left(\frac{270}{\sigma_{Hem} u_2}\right)^2 \frac{T_3 k_{H\beta}}{\Psi_{ba}}} =$$

$$= (5,6 + 1) \sqrt[3]{\left(\frac{270}{356,5 \cdot 5,6}\right)^2 \frac{851,2 \cdot 10^3 \cdot 1,2}{0,4}} = 237,69 \text{ mm},$$

$a_{w2} = 250 \text{ mm}$ seçilir (Cetvel Ek. 2.9).

4. Modül hesabı:

$$m_{n2} = (0,01 \dots 0,02) a_{w2} = (0,01 \dots 0,02) 250 = 2,5 \dots 5 \text{ mm}$$

$m_{n2} = 4 \text{ mm}$ olarak Cetvel Ek. 2.1'den seçilir.

5. Silindirik helisel dişli çarkın eğim açısı yaklaşık olarak $\beta \approx 10^0$ alınır ($\beta = 8^0 \dots 15^0$) ve döndüren dişli çarkın diş sayısı bulunur:

$$z_3 = \frac{2 a_{w2} \cos \beta}{(u_2 + 1) m_{n1}} = \frac{2 \cdot 250 \cdot \cos 10^0}{(5,6 + 1) 4} = 18,65,$$

$z_3 = 18$ alınır.

Döndürülen dişli çarkın diş sayısı:

$$z_4 = u_2 z_3 = 5,6 \cdot 18 = 100,8, z_4 = 101 \text{ alınır.}$$

6. Dişli çarkların eğim açısının hassas değeri:

$$\cos\beta = \frac{(z_1 + z_2) m_{n_2}}{2 a_{w_2}} = \frac{(18 + 101) 4}{2 \cdot 250} = 0,952 ,$$

$$\beta = 17,82^\circ \text{ veya } \beta = 17^\circ 49'$$

7. Dişli çarkların ana boyutları $z_{\min} > 17$ olduğu için $x_1 = x_2 = 0$ sıfır dişli çark mekanizması olur. Bunun için:

- taksimat dairelerinin çapları:

$$d_3 = \frac{m_{n_2} z_3}{\cos\beta} = \frac{4 \cdot 18}{0,952} = 75,63 \text{ mm} ,$$

$$d_4 = \frac{m_{n_2} z_2}{\cos\beta} = \frac{4 \cdot 101}{0,952} = 424,37 \text{ mm} .$$

- baş dairelerin çapları:

$$d_{a_3} = d_3 + 2 m_{n_2} = 75,63 + 2 \cdot 4 = 83,63 \text{ mm} ,$$

$$d_{a_4} = d_4 + 2 m_{n_2} = 424,37 + 2 \cdot 4 = 432,37 \text{ mm} .$$

- taban dairelerinin çapları:

$$d_{f_3} = d_3 - 2,5 m_{n_2} = 75,63 - 2,5 \cdot 4 = 65,63 \text{ mm} ,$$

$$d_{f_4} = d_4 - 2,5 m_{n_2} = 424,37 - 2,5 \cdot 4 = 414,37 \text{ mm} .$$

- eksenler arası mesafe:

$$a_{w_2} = \frac{d_3 + d_4}{2} = \frac{75,63 + 424,37}{2} = 250 \text{ mm} .$$

- diş genişlikleri:

$$b_4 = \psi_{ba} a_{w_2} = 0,4 \cdot 250 = 100 \text{ mm} , \quad b_4 = 100 \text{ mm};$$

$$b_3 = b_4 + (5 \dots 10) \text{ mm} = 100 + (5 \dots 10) = 105 \dots 110 \text{ mm}; \quad b_3 = 105 \text{ mm}$$

alınır.

8. Dişin taksimat daire çapına göre genişlik faktörü:

$$\psi_{bd} = \frac{b_3}{d_3} = \frac{105}{75,63} = 1,388 .$$

9. Dişli çarkın hızı:

$$v = \frac{\omega_2 d_3}{2} = \frac{42,8 \cdot 75,63}{2 \cdot 10^3} = 1,618 \text{ m/s}$$

ve $v = 1,61 \text{ m/s}$ için Cetvel Ek. 2.8'den 8. kalite seçilir.

10. Yük faktörü katsayısı:

$$k_H = k_{H\alpha} k_{H\beta} k_{Hv} ,$$

burada $k_{H\alpha} = 1,11$; $v = 1,618$ m/s için Cetvel Ek. 2.8'den 8. kalite seçilir; $k_{H\beta}$ değerleri Cetvel Ek. 2.11'den seçilir; $\Psi_{bd} = 1,388$ ve simetrik yerleştirme için $k_{H\beta} = 1,1782$; $v = 1,618$ m/s ve 8. kalite göre helisel dişli çarklar için Cetvel Ek. 2.12'den $k_{Hv} = 1,015$ seçilir.

$$k_H = k_{H\alpha} k_{H\beta} k_{Hv} = 1,11 \cdot 1,1782 \cdot 1,015 = 1,327$$

olarak bulunur.

11. Dişli çarkların kontrol hesabı yapılır:

a. Temas gerilmesine göre:

$$\sigma_H = \frac{270}{a_{w2}} \sqrt{\frac{T_3 k_H (u_2 + 1)^3}{b_4 u_2^2}} = \frac{270}{250} \sqrt{\frac{851,2 \cdot 10^3 \cdot 1,327 (5,6 + 1)^3}{100 \cdot 5,6^2}} = 347,5 < \sigma_{Hem} = 356,5 \text{ MPa.}$$

Helisel dişli çarkların diş kuvvetleri:

- teğetsel kuvvet:

$$F_t = F_{t3} = F_{t4} = \frac{2 T_2}{d_3} = \frac{2 \cdot 152 \cdot 10^3}{75,63} = 4019,6 \text{ N,}$$

- radyal kuvvet ($\alpha = 20^\circ$):

$$F_r = F_{r3} = F_{r4} = F_t \frac{\tan \alpha}{\cos \beta} = 4019,6 \frac{\tan 20^\circ}{\cos \beta} = 1536,8 \text{ N,}$$

- eksenel ($\tan \beta = \tan 16^\circ 16' = 0,2917$):

$$F_a = F_{a3} = F_{a4} = F_a \tan \beta = 4019,6 \cdot \tan \beta = 1292,4 \text{ N.}$$

b. Eğilme gerilmesine göre kontrol:

$$\sigma_F = \frac{F_t k_F Y_F Y_\beta k_{F\alpha}}{b_4 m_{n2}} \leq \sigma_{Fem} ,$$

burada k_F - yük faktörü

$$k_F = k_{F\beta} k_{Fv} = 1,3758 \cdot 1,1 = 1,5127,$$

$\Psi_{bd} = 1,388$, $HB < 350$ ve simetrik yerleşme için Cetvel Ek. 2.13'den $k_{F\beta} = 1,3752$ seçilir; $V = 1,618$ m/s ve $HB < 350$ 'ye göre Cetvel Ek. 2.14'den $k_{Fv} = 1,1$ olarak seçilir.

Y_F - form faktörü (yerli gerilmelere göre dişin sertlik faktörü) z_{n3} ve z_{n2} eşdeğer dişlerin sayısına göre seçilir:

- döndüren dişli çark için

$$z_{n3} = \frac{z_3}{\cos^3 \beta} = \frac{18}{0,952^3} = 20,86 \approx 21 ;$$

- döndürülen dişli çark için

$$z_{n4} = \frac{z_4}{\cos^3 \beta} = \frac{101}{0,952^3} = 117,06 \approx 117 .$$

$z_{n3} = 21$ ve $z_{n4} = 117$ değerlerine göre Cetvel Ek. 2.15'den

$$Y_{F_3} = 4,044 \text{ ve } Y_{F_4} = 3,6$$

olarak seçilir.

Eğilme emniyet gerilmesi:

$$\sigma_{Fem} = \frac{\sigma_{Flimb}^0}{S_F};$$

St 50 malzemesinin sertliği $HB \leq 350$ için Cetvel 10.15'den $\sigma_{Flimb}^0 = 1,8 HB$ seçilir ve

- z₃ için

$$\sigma_{Flimb3}^0 = 1,8 HB_3 = 1,8 \cdot 200 = 360 \text{ MPa},$$

- z₄ için

$$\sigma_{Flimb4}^0 = 1,8 HB_4 = 1,8 \cdot 170 = 306 \text{ MPa}$$

bulunur.

S_F - eğilmeye emniyet faktörü

$$S_F = S'_F \cdot S''_F = 1,75 \cdot 1 = 1,75$$

olarak bulunur. Burada $S'_F = 1,75$ Cetvel Ek. 2.16 ve dişli çarklarda dövme usulü yapıldığı

için $S''_F = 1$ seçilir ve bu değerle

$$\sigma_{Fem3} = \frac{360}{1,75} = 206 \text{ MPa}; \quad \sigma_{Fem4} = \frac{306}{1,75} = 175 \text{ MPa}$$

bulunur.

$\frac{\sigma_{Fem}}{Y_F}$ orantılarının hesapları:

$$\frac{\sigma_{Fem3}}{Y_{F_3}} = \frac{206}{4,044} = 50,94 \text{ MPa} \quad \text{ve} \quad \frac{\sigma_{Fem4}}{Y_{F_4}} = \frac{175}{3,6} = 48,6 \text{ MPa}.$$

$\frac{\sigma_{Fem4}}{Y_{F_4}} < \frac{\sigma_{Fem3}}{Y_{F_3}}$ olduğu için eğilme kontrolü döndürülen dişli çark için yapılır.

$$\sigma_{F_4} = \frac{F_t k_F Y_{F_4} Y_\beta k_{F\alpha}}{b_4 m_{n_2}} = \frac{4019,6 \cdot 1,5127 \cdot 3,6 \cdot 0,873 \cdot 0,75}{100 \cdot 4} = 35,83 \text{ MPa} \leq \sigma_{Fem4} = 175 \text{ MPa},$$

burada

$$Y_\beta = 1 - \frac{\beta^0}{140^0} = 1 - \frac{17,82^0}{140^0} = 0,873;$$

$k_{F\alpha} = 0,75$; $\varepsilon = 1,5$ ve 8. kalite için.

$$\sigma_{F_4} = 35,83 \text{ MPa} \leq \sigma_{Fem4} = 175 \text{ MPa}$$

olduğu için dişli çarklar emniyetlidir.

3.7. Redüktörün Millerinin Hesabı:

3.7.1. Redüktörün millerinin yaklaşık hesabı:

Millerin yaklaşık boyutlandırma hesabı, nispeten küçük τ_{em} değeri alınarak sadece burulma momentine göre yapılır. Burada $\tau_{em} = 15 \dots 25$ MPa arasındadır.

1. Redüktörün giriş mili: - milin uç çapı:

$$d_{m1} = \sqrt[3]{\frac{T_1}{0,2 \tau_{em}}} = \sqrt[3]{\frac{21,4 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 25}} = 16,23 \text{ mm} .$$

Motor mili redüktör mili kaplin vasıtası ile bağlandığı için ($d_{mot} = 32$ mm) mil çapı

$$d_{m1} \geq 0,75 d_{mot} = 0,75 \cdot 32 = 24 \text{ mm} ,$$

Standarda uygun $d_{m1} = 25$ mm alınır.

- yataklama bölgesindeki milin muylu çapı:

$$d_{y1} = d_{m1} + 5 = 25 + 5 = 30 \text{ mm} ,$$

- milin z_1 dişli çark bölgesindeki çapı:

$$d_{d1} = d_{y1} + 5 = 30 + 5 = 35 \text{ mm} .$$

2. Redüktörün ara milinin yaklaşık hesabı:

- milin z_2 ve z_3 dişlilerinin bölgelerindeki çapı:

$$d_{d2} = d_{d3} = \sqrt[3]{\frac{T_2}{0,2 \tau_{em}}} = \sqrt[3]{\frac{152 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 15}} = 37 \text{ mm} ,$$

Standarda uygun ara milinin z_2 ve z_3 dişlilerinin bölgelerindeki çapı $d_{d2} = d_{d3} = 40$ mm alınır.

- yataklama bölgesindeki milin muylu çapı:

$$d_{y2} = d_{d2} - 5 = 40 - 5 = 35 \text{ mm} ,$$

$d_{y2} = 25$ mm olarak alınır.

3. Redüktörün çıkış milinin yaklaşık hesabı:

- milin uç çapı:

$$d_{m3} = \sqrt[3]{\frac{T_3}{0,2 \tau_{em}}} = \sqrt[3]{\frac{851,2 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 20}} = 59,7 \text{ mm}$$

Standarda uygun redüktör çıkış milinin uç çapı $d_{m3} = 60$ mm alınır.

- yataklama bölgesindeki milin muylu çapı:

$$d_{y3} = d_{m3} + 5 = 60 + 5 = 65 \text{ mm} ,$$

$d_{y_3} = 65$ mm olarak alınır.

- milin z_4 dişli çark bölgesindeki çapı:

$$d_{d_4} = d_{y_3} + 5 = 65 + 5 = 70 \text{ mm} .$$

3.8. Redüktör Elemanlarının Konstrüktif Boyutları

3.8.1. Dişli çarkların konstrüktif boyutları

Redüktörün 1. kademe silindirik dişli çarkının konstrüktif boyutları:

$$\text{a) } z_1 = 18; m_1 = 1,5 \text{ mm}; d_1 = 28,35 \text{ mm}; d_{d_1} = 35 \text{ mm}; d_{f_1} = 25,2 \text{ mm};$$

$$b_1 = 36 \text{ mm} \text{ ve } \beta_1 = 17,79^0 .$$

$$\text{b) } z_2 = 128; d_2 = 201,65 \text{ mm}; d_{d_2} = 40 \text{ mm}; d_{f_2} = 198,5 \text{ mm};$$

$$d_{a_2} = 204,35 \text{ mm} \text{ ve } b_2 = 35 \text{ mm} .$$

Döndüren z_1 dişlisi için:

$$d_{f_1} \geq 1,6 \cdot d_{d_1} = 1,6 \cdot 35 = 56 \text{ mm}$$

$$d_{f_1} < 1,6 \cdot d_{d_1} \rightarrow d_{f_1} = 25,2 \text{ mm} < 1,6 \cdot d_{d_1} = 56 \text{ mm}$$

olduğu için dişli çark mil üzerinde tam bir eleman (yekpare) olarak yapılır.

Döndürülen z_2 dişlisi için:

1. Göbek çapı çelik St 70 için:

$$d_{g_2} \approx 1,6 d_{d_2} = 1,6 \cdot 40 = 64 \text{ mm} .$$

2. Göbek uzunluğu:

$$l_{g_2} \approx (1,2 \dots 1,5) d_{d_2} = (1,2 \dots 1,5) 40 = 48 \dots 60 \text{ mm}; l_{g_2} = 50 \text{ mm} .$$

3. Silindirik dişli çarkın çember kalınlığı (modül $m_{n_1} = 1,5$ mm):

$$\delta_0 = 3 m_{n_1} = 3 \cdot 1,5 = 4,5 \text{ mm}; \delta_0 = 5 \text{ mm} .$$

4. Silindirik dövme dişli çarkın disk kalınlığı:

$$c = 0,3 b_2 = 0,3 \cdot 35 = 10,5 \text{ mm}; c = 11 \text{ mm} .$$

5. Orta deliklerin merkez çapı:

$$D_d = 0,5(D_0 + d_g) = 0,5(188,5 + 64) = 126,25 \text{ mm} ,$$

$$D_0 = d_{f_2} - 2 \delta_0 = 198,5 - 2 \cdot 5 = 188,5 \text{ mm} .$$

6. Delik çapı:

$$d_d = (D_0 - d_g) / 4 = (188,5 - 64) / 4 = 31,1 \text{ mm}; d_d = 32 \text{ mm} .$$

7. Pah (modül $m_{n_1} = 1,5$ mm):

$$n \approx 0,5m_{n_1} = 0,5 \cdot 1,5 = 0,75 \text{ mm.}$$

Redüktörün 2. kademe silindirik dişli çarkının konstrüktif boyutları:

$$\text{a) } z_3 = 18; m_2 = 3 \text{ mm}; d_3 = 61,012 \text{ mm}; d_{a_3} = 66,412 \text{ mm}; d_{f_3} = 54,712 \text{ mm};$$

$$b_3 = 48 \text{ mm} \quad \beta = 27,74^0 .$$

$$\text{b) } z_4 = 100 \quad d_4 = 338,98 \text{ mm} \quad d_{a_4} = 334,38 \text{ mm} \quad d_{f_4} = 332,68 \text{ mm} \quad b_4 = 46 \text{ mm}$$

Döndüren z_3 için:

$$d_{f_3} \geq 1,6 d_{d_3} = 1,6 \cdot 40 = 64 \text{ mm,}$$

$$d_{f_3} < 1,6 d_{d_3} \rightarrow d_{f_3} = 54,712 \text{ mm} < 1,6 \cdot d_{d_3} = 64 \text{ mm}$$

olduğu için dişli çark mil üzerinde tam bir eleman (yekpare) olarak yapılır.

Döndürülen z_4 için:

1. Göbek çapı St 70,

$$d_{g_4} \approx 1,6 d_{d_4} = 1,6 \cdot 70 = 112 \text{ mm}$$

2. Göbek uzunluğu:

$$l_{g_4} \approx (1,2 \dots 1,5) d_{d_4} = (1,2 \dots 1,5) 70 = 84 \dots 105 \text{ mm}; \quad l_{g_2} = 88 \text{ mm.}$$

3. Silindirik dişli çarkın çember kalınlığı (modül $m_{n_2} = 3 \text{ mm}$):

$$\delta_0 = 3 m_{n_2} = 3 \cdot 3 = 9 \text{ mm}; \quad \delta_0 = 9 \text{ mm} .$$

4. Silindirik dövme dişli çarkın disk kalınlığı:

$$c = 0,3 b_4 = 0,3 \cdot 46 = 13,8 \text{ mm}; \quad c = 14 \text{ mm.}$$

5. Orta deliklerin merkez çapı:

$$D_{d_4} = 0,5(D_0 + d_{g_4}) = 0,5(314,68 + 112) = 213,34 \text{ mm} ,$$

$$D_0 = d_{f_4} - 2 \delta_{0_4} = 332,68 - 2 \cdot 9 = 314,68 \text{ mm} .$$

6. Delik çap:

$$d_{d_4} = (D_0 - d_{g_4})/4 = (314,68 - 112)/4 = 50,67 \text{ mm}; \quad d_{d_4} = 50 \text{ mm} .$$

7. Pah (modül $m_{n_2} = 1,5 \text{ mm}$):

$$n \approx 0,5m_{n_2} = 0,5 \cdot 1,5 = 0,75 \text{ mm.}$$

3.8.2. Redüktörün Gövdesinin Konstrüksiyon Boyutları

Redüktörün elemanlarının konstrüktif boyutları Şekil Ek. 3.1'de, hesap denklemler ise Cetvel Ek.

3.1'de verilmiştir.

1. Redüktörlerin gövde duvarının et kalınlıkları:

$$\delta = 0,025 a_{w_2} + 3 \text{ mm} = 0,025 \cdot 200 + 3 \text{ mm} = 8 \geq 8 \text{ mm} ;$$

$$\delta_1 = 0,02 a_w + 1 \text{ mm} = 0,02 \cdot 200 + 3 \text{ mm} = 7 \geq 8 \text{ mm} ,$$

$$\delta = \delta_1 = 8 \text{ mm} .$$

2. Gövde kuşaklarının kalınlıkları:

$$h = h_1 = (1,5 \dots 1,75) \delta = 1,65 \cdot 8 = 13,2 \approx 14 \text{ mm}.$$

3. Temelin kalınlığı:

$$p = 2,35 \delta = 2,35 \cdot 8 \approx 19 \text{ mm}; \quad p_1 = 1,5 \delta = 1,5 \cdot 8 = 12 \text{ mm};$$

$$p_2 = (2,25 \dots 2,75) \delta = 2,5 \cdot 8 = 20 \text{ mm}.$$

4. Gövde takviye kanatlarının kalınlıkları:

$$m = m_1 = (0,85 \dots 1) \delta = 1 \cdot 8 = 8 \text{ mm}.$$

5. Temel civatalarının çapı:

$$d_1 = 0,033 a_{w_2} + 12 = 0,033 \cdot 200 + 12 = 18,6 \text{ mm}, \text{ M20};$$

$$d = 20 \text{ mm}.$$

6. Temelin genişliği:

$$l = (2 \dots 3)d = (2 \dots 3)20 = 40 \dots 60 \text{ mm}; \quad l = 50 \text{ mm}.$$

7. Alt ve üst gövdeleri yatak bölgesinde bağlayan civataların çapı:

$$d_2 = (0,7 \dots 0,75)d = (0,7 \dots 0,75)20 = 14 \dots 15 \text{ mm}; \quad \text{M16}.$$

8. Alt ve üst gövdelerin kuşaklarını bağlayan civataların çapı:

$$d_3 = (0,5 \dots 0,6)d = (0,5 \dots 0,6)20 = 10 \dots 12 \text{ mm}; \quad \text{M12}.$$

9. Alt ve üst gövdeleri bağlayan civatalar arası mesafe:

$$(10 \dots 12)d_2 = (10 \dots 12)16 = 160 \dots 192 \text{ mm}.$$

10. Yatak kapaklarını gövdeye bağlayan civataların çapları:

$$d_4 = (0,4 \dots 0,45)d = (0,4 \dots 0,45)20 = 8 \dots 9 \text{ mm},$$

Standart vida olarak M8 ... M12 (M10) arasında $z = 4$ veya 6 adet almak olur.

11. Gözetleme ve bakım penceresini bağlayan civatalarının çapı:

$$d_5 = (0,3 \dots 0,4)d = (0,3 \dots 0,4)20 = 6 \dots 8 \text{ mm}; \quad \text{M8}.$$

12. d_2 civatalarının yerini belli eden q boyutları:

$$q \geq 0,5d_2 + d_4 = 0,5 \cdot 16 + 10 = 18 \text{ mm}.$$

13. Alt gövdenin derinliği:

$$H \approx B \approx a_{w_2} = 200 \text{ mm}.$$

14. Dişli çark ile gövdenin iç duvarı arasındaki boşluk:

$$\Delta = \Delta_1 = 1,2\delta = 1,2 \cdot 8 \approx 10 \text{ mm}.$$

3.8.3. Redüktörün yerleştirilme şeması

Millerin yataklarının seçimi Rulmanlı yatak olarak millerinin d_{y1} , d_{y2} , d_{y3} çaplarına göre

ORS – STEYR Rulmanları Cetvellerinden seçilir ve Cetvel 3.1’de yazılır.

Cetvel 3.1. Redüktörde kullanılacak konik makaralı yataklar

Miller	Yatak serisi	d, mm	D, mm	B, mm	C, mm	T, mm	C, KN	C ₀ , KN	Sayısı
I. Döndüren I	Konik makaralı yatak 32006X	30	55	17	13	17	31	26,6	2
II. Ara mil	Konik makaralı yatak 303 07	35	80	21	18	22,75	62,9	46	2
III. Döndürülen	Konik makaralı yatak 32013X	65	100	23	17,5	23	72	76	2

Redüktörün ilk konstrüksiyon resmi çizilir (Şekil 3.2) ve uzunluk boyutları aşağıdaki kabullere göre yapılır:

$x = 10$ mm; $y = 12$ mm; $B_1 = 17$ mm (I. yatak genişliği); $B_2 = 21$ mm (II. yatak genişliği);

$B_3 = 33$ mm (III. yatak genişliği) (Değerleri Cetvel 3.1);

$b_1 = 36$ mm; $b_2 = 35$ mm; $b_3 = 48$ mm ve $b_4 = 46$ mm (dişli çarkların genişliği);

$l_{g2} = 50$ mm ve $l_{g4} = 88$ mm (z_1 ve z_2 dişlilerinin göbekuzunlukları).

Millerin uzunluk boyutları Şekil 3.2’ye göre hesaplanır:

$$l_1 = 2 d_{b1} = 2 \cdot 25 = 50 \text{ mm};$$

$$l_2 = \frac{B_1}{2} + y + x + l_{g4} + a + \frac{l_{g2}}{2} = \frac{17}{2} + 12 + 10 + 88 + 8 + \frac{50}{2} = 152,5 \text{ mm};$$

$$l_3 = \frac{l_{g2}}{2} + x + y + \frac{B_1}{2} = \frac{50}{2} + 10 + 12 + \frac{17}{2} = 56,5 \text{ mm};$$

$$l_4 = \frac{B_2}{2} + y + x + \frac{l_{g4}}{2} = \frac{21}{2} + 12 + 10 + \frac{88}{2} = 76,5 \text{ mm};$$

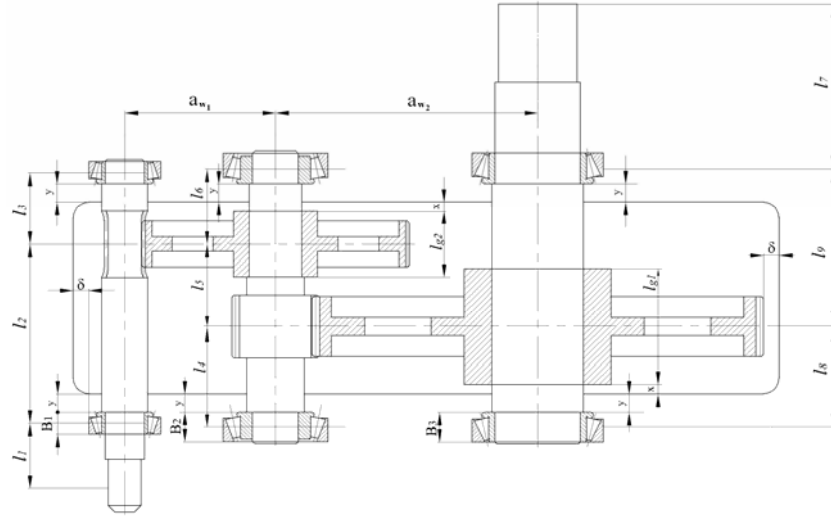
$$l_5 = \frac{l_{g4}}{2} + a + \frac{l_{g2}}{2} = \frac{88}{2} + 8 + \frac{50}{2} = 77 \text{ mm};$$

$$l_6 = \frac{l_{g2}}{2} + x + y + \frac{B_2}{2} = \frac{50}{2} + 10 + 12 + \frac{21}{2} = 57,5 \text{ mm};$$

$$l_7 = 2 d_{m3} = 2 \cdot 60 = 120 \text{ mm};$$

$$l_8 = \frac{B_3}{2} + y + x + \frac{l_{g4}}{2} = \frac{23}{2} + 12 + 10 + \frac{88}{2} = 82,5 \text{ mm};$$

$$l_9 = \frac{l_{g4}}{2} + a + l_{g2} + x + y + \frac{B_3}{2} = \frac{88}{2} + 8 + 50 + 10 + 12 + \frac{23}{2} = 140,5 \text{ mm}.$$



Şekil 3.2. Redüktörün yerleştirilmesi şeması

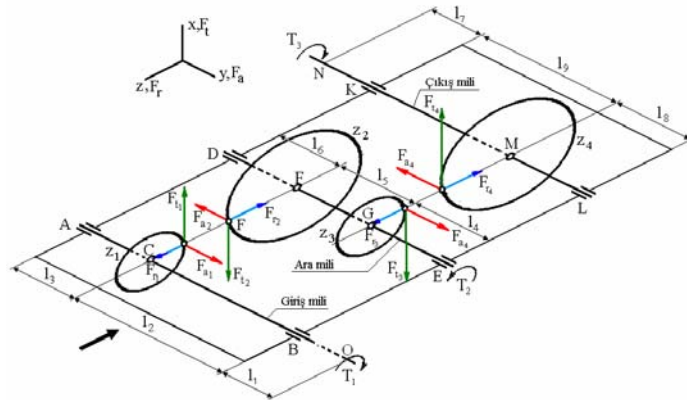
3.9. Redüktörün Millerinin Hesabı

3.9.1. Redüktörün giriş milinin hesabı

Hesaplama sonuçlarına göre (Şekil 3.3):

$$F_{t1} = 1509,7 \text{ N}; \quad F_{a1} = 484,42 \text{ N}; \quad F_{r1} = 807,86 \text{ N}$$

$$l_1 = 50 \text{ mm}; \quad l_2 = 152,5 \text{ mm}; \quad l_3 = 56,5 \text{ mm}.$$



Şekil 3.3. Novikov profilli dişli çarkların redüktörünün dişlerinde meydana gelen diş kuvvetleri ve bu kuvvetlerin mil yataklarındaki tepkileri

1. Önce A ve B noktalarında tepki kuvvetleri hesaplanır (Şekil 3.4).
 - a. Yatay XOY düzleminde (Şekil 3.4 b) B noktasına göre denge denkleminde

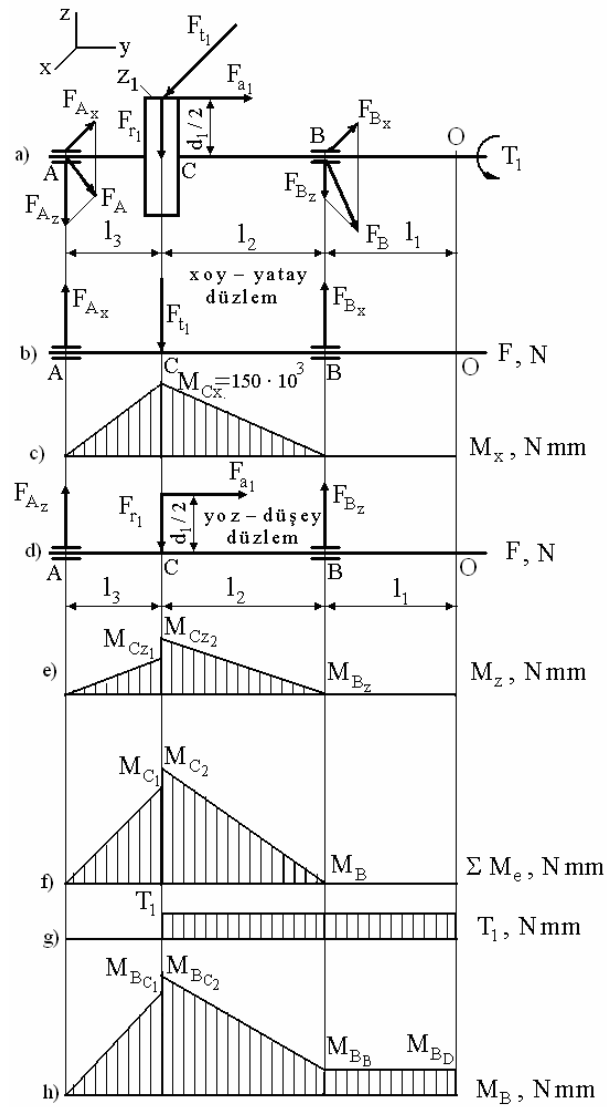
$$\sum M_B(F_i) = F_{Ax}(l_2 + l_3) - F_{t1}l_2 = 0,$$

$$F_{Ax} = \frac{F_{t1}l_2}{l_2 + l_3} = \frac{1509,7 \cdot 152,5}{152,5 + 56,5} = 1101,6 \text{ N.}$$

b. A noktasına göre moment denge denkleminden

$$\sum M_A(F_i) = -F_{Bx}(l_2 + l_3) - F_{t1} \cdot l_3 = 0,$$

$$F_{Bx} = \frac{F_{t1}l_3}{l_2 + l_3} = \frac{1509,7 \cdot 56,5}{152,5 + 56,5} = 408,13 \text{ N.}$$



Şekil 3.4. Giriş milinin hesabı

c. Sonuçların kontrolü için kuvvetlerin denge denkleminde

$$\begin{aligned} F_{A_x} - F_{r_1} + F_{B_x} &= 0 \\ 1101,6 - 1509,7 + 408,1 &= 0 \\ 0 &= 0 \end{aligned}$$

2. Eğilme momentleri (Şekil 3.4 c)

$$\begin{aligned} M_{A_x} &= 0; \quad M_{B_x} = 0 \\ M_{C_x} &= F_{A_x} \cdot l_3 = 1101,6 \cdot 56,5 = 62240,4 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

a. Sonra YOZ düşey düzleminde (Şekil 3.4 d) B noktasına göre moment denge denkleminde ($\Sigma M_B(F_i) = 0$):

$$\begin{aligned} F_{A_z} (l_2 + l_3) - F_{r_1} l_2 + F_{a_1} (d_1/2) &= 0, \\ F_{A_z} &= \frac{F_{r_1} l_2 - F_{a_1} (d_1/2)}{l_2 + l_3} = \frac{807,86 \cdot 152,5 - 484,42 \cdot 14,175}{209} = 556,61 \text{ N}. \end{aligned}$$

b. A noktasına göre moment denge denkleminde (Şekil 3.4 d) ($\Sigma M_A(F_i) = 0$):

$$\begin{aligned} -F_{B_z} (l_2 + l_3) + F_{r_1} l_3 + F_{a_1} (d_1/2) &= 0, \\ F_{B_z} &= \frac{F_{r_1} l_3 + F_{a_1} (d_1/2)}{l_2 + l_3} = \frac{807,86 \cdot 56,5 + 484,42 \cdot 14,175}{209} = 251,24 \text{ N}. \end{aligned}$$

c. Sonuçların kontrolü için kuvvet - denge denkleminde ($\Sigma F_{z_1} = 0$)

$$F_{B_z} - F_{r_1} + F_{A_z} = 0; \quad 251,25 - 807,86 + 556,61 = 0; \quad 0 = 0.$$

3. Eğilme momentleri (Şekil 3.4 e):

$$\begin{aligned} M_{C_{z_1}} &= F_{A_z} l_3 = 556,61 \cdot 56,5 = 31448,5 \text{ Nmm}, \\ M_{C_{z_2}} &= F_{A_z} l_3 + F_{a_1} (d_1/2) = 556,61 \cdot 56,5 + 484,42 \cdot 14,175 = 38315,1 \text{ Nmm}. \end{aligned}$$

4. A ve B noktalarındaki toplam tepki kuvvetleri (radyal yatak kuvvetleri) bulunur:

$$\begin{aligned} F_{r_A} = F_A &= \sqrt{F_{A_x}^2 + F_{A_z}^2} = \sqrt{(1101,6)^2 + (556,61)^2} = 1234,2 \text{ N}, \\ F_{r_B} = F_B &= \sqrt{F_{B_x}^2 + F_{B_z}^2} = \sqrt{(408,13)^2 + (251,24)^2} = 479,3 \text{ N}. \end{aligned}$$

5. Toplam eğilme momenti bulunur:

$$\begin{aligned} M_{C_1} &= \sqrt{M_{C_x}^2 + M_{C_{z_1}}^2} = \sqrt{(62240,4)^2 + (31448,5)^2} = 69734,3 \text{ Nmm}, \\ M_{C_2} &= \sqrt{M_{C_x}^2 + M_{C_{z_2}}^2} = \sqrt{(62240,4)^2 + (38315,1)^2} = 73088,4 \text{ Nmm}. \end{aligned}$$

6. Toplam bileşke momenti bulunur:

$$M_{B_{C_1}} = \sqrt{M_{C_1}^2 + 0,75 T_1^2} = \sqrt{(69734,3)^2 + 0,75(21,4 \cdot 10^3)^2} = 72154,9 \text{ Nmm},$$

$$M_{B_{C_2}} = \sqrt{M_{C_2}^2 + 0,75T_1^2} = \sqrt{(73088,4)^2 + 0,75(21,4 \cdot 10^3)^2} = 75401,5 \text{ Nmm} .$$

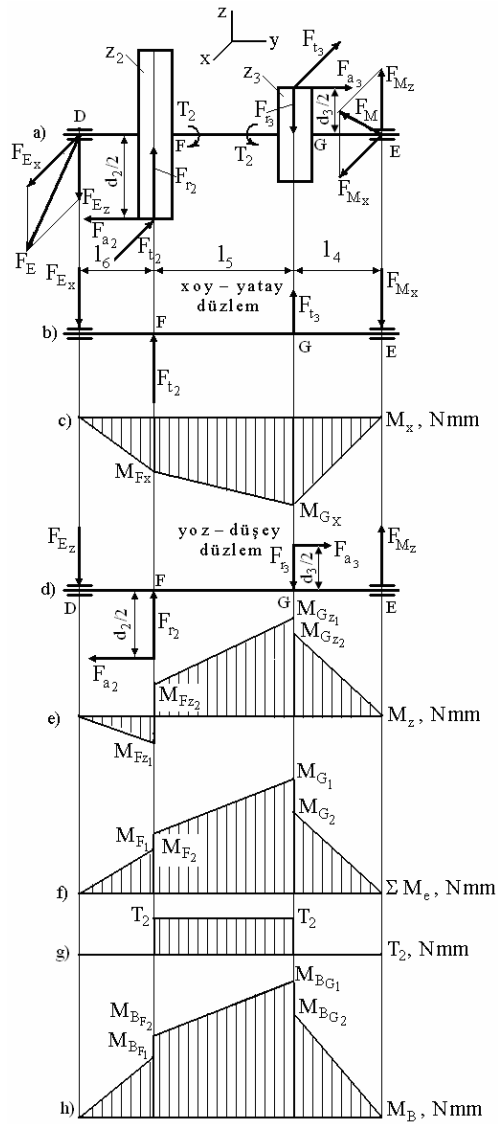
3.9.2. Redüktörün ara milinin hesabı

Hesaplama sonuçlarına göre (Şekil 3.3):

$$F_{t_2} = 1509,7 \text{ N}; \quad F_{a_2} = 484,42 \text{ N}; \quad F_{r_2} = 807,86 \text{ N}; \quad d_2 = 201,65 \text{ mm};$$

$$F_{t_3} = 4982,6 \text{ N}; \quad F_{a_3} = 2620,4 \text{ N}; \quad F_{r_3} = 2868,4 \text{ N}; \quad d_3 = 61,012 \text{ mm};$$

$$l_4 = 76,5 \text{ mm}; \quad l_5 = 77 \text{ mm}; \quad l_6 = 57,5 \text{ mm};$$



Şekil 3.5. Ara milinin hesabı

1. Önce D ve E noktalarındaki tepki kuvvetleri hesaplanır (Şekil 3.5).

a. Yatay XOY düzleminde (Şekil 3.5 b) E noktasına göre denge denkleminde

$$(\Sigma M_E(F_i) = 0):$$

$$-F_{D_x} (l_4 + l_5 + l_6) + F_{t_2} (l_4 + l_5) + F_{t_3} l_4 = 0;$$

$$F_{D_x} = \frac{F_{t_2} (l_4 + l_5) + F_{t_3} l_4}{l_4 + l_5 + l_6} = \frac{1509,7 (76,5 + 77) + 4982,6 \cdot 76,5}{76,5 + 77 + 57,5} = 2904,8 \text{ N}.$$

b. D noktasına göre moment denge denkleminde ($\Sigma M_D(F_i) = 0$):

$$-F_{E_x} (l_4 + l_5 + l_6) + F_{t_2} l_6 + F_{t_3} (l_5 + l_6) = 0,$$

$$F_{E_x} = \frac{F_{t_2} l_6 + F_{t_3} (l_5 + l_6)}{l_4 + l_5 + l_6} = \frac{1509,7 \cdot 57,5 + 4982,6 (77 + 57,5)}{76,5 + 77 + 57,5} = 3587,5 \text{ N}.$$

c. Sonuçların kontrolü için kuvvet denge denkleminde ($\Sigma F_x = 0$):

$$-F_{D_x} + F_{t_2} + F_{t_3} - F_{E_x} = 0; \quad -2904,8 + 1509,7 + 4982,6 - 3587,5 = 0$$

2. Eğilme momentleri (Şekil 3.5 c):

$$M_{D_x} = 0; \quad M_{E_x} = 0;$$

$$M_{F_x} = -F_{D_x} l_6 = -2904,8 \cdot 57,5 = -167026 \text{ Nmm};$$

$$M_{G_x} = -F_{E_x} l_4 = -3587,5 \cdot 76,5 = -274443,8 \text{ Nmm}.$$

a. Sonra YOZ düşey düzleminde (Şekil 3.5 d) E noktasına göre moment denge denkleminde ($\Sigma M_E(F_i) = 0$):

$$-F_{D_z} (l_4 + l_5 + l_6) + F_{r_2} (l_4 + l_5) - F_{r_3} l_4 + (F_{a_2} d_2 / 2) + (F_{a_3} d_3 / 2) = 0,$$

$$F_{D_z} = \frac{F_{r_2} (l_4 + l_5) - F_{r_3} l_4 + (F_{a_2} d_2 / 2) + (F_{a_3} d_3 / 2)}{l_4 + l_5 + l_6} =$$

$$= \frac{807,86 \cdot (76,5 + 77) - (2868,4 \cdot 76,5) + (484,2 \cdot 100,83) + (2620,4 \cdot 30,51)}{76,5 + 77 + 57,5} = 158,03 \text{ N}.$$

b. D noktasına göre moment denge denkleminde (Şekil 3.5 d) ($\Sigma M_D(F_i) = 0$):

$$-F_{E_z} (l_4 + l_5 + l_6) - F_{r_2} l_6 + F_{r_3} (l_5 + l_6) + (F_{a_2} d_2 / 2) + (F_{a_3} d_3 / 2) = 0,$$

$$F_{E_z} = \frac{-F_{r_2} l_6 + F_{r_3} (l_5 + l_6) + (F_{a_2} d_2 / 2) + (F_{a_3} d_3 / 2)}{l_4 + l_5 + l_6} =$$

$$= \frac{(-807,86 \cdot 57,5) + 2868,4 (77 + 57,5) + (484,2 \cdot 100,83) + (2620,4 \cdot 30,51)}{76,5 + 77 + 57,5} = 2218,5 \text{ N}.$$

c. Sonuçların kontrolü için kuvvet-denge denkleminde ($\Sigma F_z = 0$):

$$-F_{D_z} + F_{r_2} - F_{r_3} + F_{E_z} = 0; \quad -158,03 + 807,86 - 2868,4 + 2218,5 = 0.$$

3. Eğilme momentleri (Şekil 3.5 e):

$$M_{DZ} = 0; \quad M_{EZ} = 0$$

$$M_{Fz1} = -F_{Dz} l_6 = -158,03 \cdot 57,5 = -9086,73 \text{ Nmm},$$

$$M_{Fz2} = -F_{Dz} l_6 + F_{a2} d_2 / 2 = -158,03 \cdot 57,5 + 484,42 \cdot 100,83 = 39757,34 \text{ Nmm}.$$

$$M_{Gz1} = F_{Ez} l_4 = 2218,5 \cdot 76,5 = 169715,25 \text{ Nmm}$$

$$M_{Gz2} = F_{Ez} l_4 - (F_{a3} d_3 / 2) = 2218,5 \cdot 76,5 - 2620,4 \cdot 30,51 = 89766,9 \text{ Nmm}.$$

4. D ve E noktalarındaki toplam tepki kuvvetleri (radyal yatak kuvvetleri) bulunur:

$$F_{rD} = F_D = \sqrt{F_{Dx}^2 + F_{Dz}^2} = \sqrt{(2904,8)^2 + (158,03)^2} = 2909,10 \text{ N};$$

$$F_{rE} = F_E = \sqrt{F_{Ex}^2 + F_{Ez}^2} = \sqrt{(3587,5)^2 + (2218,5)^2} = 4218,04 \text{ N}.$$

5. Toplam eğilme momenti bulunur:

$$M_{F1} = \sqrt{M_{Fx}^2 + M_{Fz1}^2} = \sqrt{(167026)^2 + (9086,7)^2} = 167273 \text{ Nmm};$$

$$M_{F2} = \sqrt{M_{Fx}^2 + M_{Fz2}^2} = \sqrt{(167026)^2 + (39757,3)^2} = 171692,5 \text{ Nmm};$$

$$M_{G1} = \sqrt{M_{Gx}^2 + M_{Gz1}^2} = \sqrt{(274443,8)^2 + (169715,25)^2} = 322680,4 \text{ Nmm};$$

$$M_{G2} = \sqrt{M_{Gx}^2 + M_{Gz2}^2} = \sqrt{(274443,8)^2 + (89766,9)^2} = 288751,6 \text{ Nmm}.$$

6. Burulma Momenti $T_2 = 152 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$.

3.9.3. Redüktör çıkış mili hesabı

Hesaplama sonuçlarına göre (Şekil 3.3):

$$F_{t4} = 4982,6 \text{ N}; \quad F_{a4} = 2620,4 \text{ N}; \quad F_{t4} = 2868,4 \text{ N};$$

$$d_4 = 338,98 \text{ mm}; \quad l_8 = 82,5 \text{ mm}; \quad l_9 = 140,5 \text{ mm}.$$

1. Önce K ve L noktalarındaki tepki kuvvetleri hesaplanır (Şekil 3.6).

a. Yatay XOY düzleminde (Şekil 3.6 b) L noktasına göre denge denkleminde

$$(\sum M_L (F_i) = 0):$$

$$F_{Kx} (l_8 + l_9) - F_{t4} l_8 = 0,$$

$$F_{Kx} = \frac{F_{t4} l_8}{l_8 + l_9} = \frac{4982,6 \cdot 82,5}{82,5 + 140,5} = 1843,4 \text{ N}.$$

b. K noktasına göre moment denge denkleminde ($\sum M_K (F_i) = 0$):

$$-F_{Lx} (l_8 + l_9) + F_{t4} l_9 = 0,$$

$$F_{L_x} = \frac{F_{t_4} l_9}{l_8 + l_9} = \frac{4982,6 \cdot 140,5}{82,5 + 140,5} = 3139,2 \text{ N}$$

c. Sonuçların kontrolü için kuvvet denge denkleminde ($\Sigma F_X = 0$):

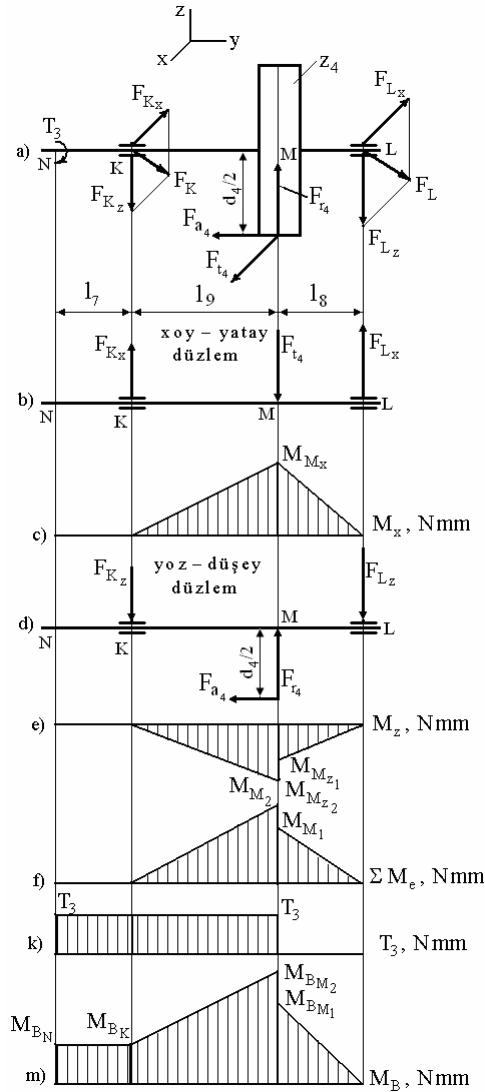
$$F_{K_x} - F_{t_4} + F_{L_x} = 0; \quad 1843,4 - 4982,6 + 3139,2 = 0; \quad 0 = 0.$$

2. Eğilme momentleri (Şekil 3.6 c):

$$M_{N_x} = 0; \quad M_{K_x} = 0; \quad M_{L_x} = 0.$$

$$M_{M_x} = F_{K_x} l_9 = 1843,4 \cdot 140,5 = 258989 \text{ Nmm}.$$

a. Sonra YOZ düşey düzleminde (Şekil 3.6 d) K noktasına göre moment denge denkleminde ($\Sigma M_K(F_i) = 0$):



Şekil 3.6. Çıkış milinin hesabı

$$-F_{Lz} (l_8 + l_9) + F_{r4} l_9 - (F_{a4} d_4 / 2) = 0;$$

$$F_{Lz} = \frac{F_{r4} l_9 - F_{a4} d_4 / 2}{l_8 + l_9} = \frac{-2868,4 \cdot 140,5 + 2620,4 \cdot 169,49}{82,5 + 140,5} = 184,40 \text{ N} .$$

b. L noktasına göre denge denkleminde ($\Sigma M_L (F_i) = 0$):

$$-F_{Kz} (l_8 + l_9) + F_{r4} l_9 + (F_{a4} d_4 / 2) = 0;$$

$$F_{Kz} = \frac{F_{r4} l_9 + F_{a4} d_4 / 2}{l_8 + l_9} = \frac{2868,4 \cdot 140,5 + 2620,4 \cdot 169,49}{82,5 + 140,5} = 3052,8 \text{ N} .$$

c. Sonuçların kontrolü için kuvvet-denge denkleminde ($\Sigma F_z = 0$):

$$-F_{Kz} + F_{r4} + F_{Lz} = 0; \quad -3052,8 + 2868,4 + 184,40 = 0; \quad 0 = 0.$$

2. Eğilme momentleri (Şekil 3.6 e):

$$M_{Nz} = 0; \quad M_{Kz} = 0; \quad M_{Lz} = 0;$$

$$M_{Mz2} = -F_{Kz} l_9 = -3052,8 \cdot 140,5 = -428918,4 \text{ Nmm}$$

$$M_{Mz1} = -F_{Lz} l_8 = -184,40 \cdot 82,5 = -15213,17 \text{ Nmm}$$

3. K ve L noktalarındaki toplam tepki kuvvetleri (radyal yatak kuvvetleri) bulunur:

$$F_{rK} = F_K = \sqrt{F_{Kx}^2 + F_{Kz}^2} = \sqrt{(1843,4)^2 + (3052,8)^2} = 3566,19 \text{ N} ,$$

$$F_{rL} = F_L = \sqrt{F_{Lx}^2 + F_{Lz}^2} = \sqrt{(3139,2)^2 + (184,4)^2} = 3144,61 \text{ N} .$$

4. Toplam eğilme momenti bulunur (Şekil 3.6 F):

$$M_{M1} = \sqrt{M_{Mx}^2 + M_{Mz1}^2} = \sqrt{(258989)^2 + (-428918,4)^2} = 501045,2 \text{ Nmm} ,$$

$$M_{M2} = \sqrt{M_{Mx}^2 + M_{Mz2}^2} = \sqrt{(258989)^2 + (-15213,17)^2} = 259435,43 \text{ Nmm} .$$

5. Burulma Momenti $T_3 = 851,2 \cdot 10^3 \text{ Nmm} .$

3.10. Yatakların Hesabı

3.10.1. Giriş mili için yatak hesabı

Giriş milinin rulman seçimi Cetvel 3.1'e yapılmıştır. Yatak Tipi: - konik makaralı 32006X; $d = 30 \text{ mm}$, $D = 55 \text{ mm}$, $B = 17 \text{ mm}$, $C = 31 \text{ kN}$, $C_0 = 26,6 \text{ kN}$.

Hesaplamalar sonucundan: $F_{rA} = 1234,2 \text{ N}$; $F_{rB} = 479,3 \text{ N}$; $F_a = 484,42 \text{ N}$

$$n_1 = 2900d/d .$$

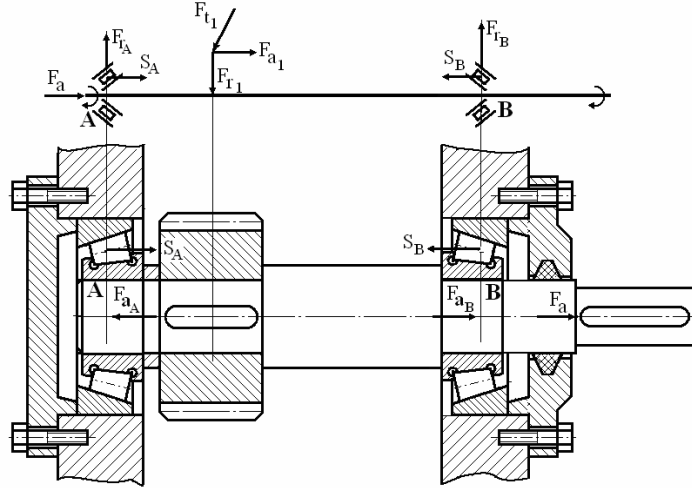
Radyal kuvvetlerden gelen aksel kuvvetler (Şekil 3.7):

$$S_1 = 0,83 \text{ e } F_{rA} = 0,83 \cdot 0,37 \cdot 1234,2 = 379,02 \text{ N} ,$$

$$S_2 = 0,83 \text{ e } F_{rB} = 0,83 \cdot 0,87 \cdot 479,3 = 346,10 \text{ N} ,$$

$$S_1 > S_2 \Rightarrow F_{a1} = S_1 = 379,02 \text{ N} ,$$

$$F_{a2} = S_1 + F_a = 379,02 + 484,42 = 863,44 \text{ N} .$$



Şekil 3.7. Giriş mili ve yatakları

İlk önce A noktasındaki yatak için orantı

$$\frac{F_{a1}}{V F_{rA}} = \frac{379,02}{1 \cdot 1234,2} = 0,307 < e = 0,37$$

olduğu için aksenal kuvvet alınmaz: $X = 1, Y = 0$; $K_t = 1$ ($t < 100^\circ\text{C}$), $K_b = 1,3$, $V = 1$ (iç bilezik döner) alınır.

Dinamik eşdeğer yük:

$$F_{e1} = (X V F_{rA}) K_b K_t = (1 \cdot 1 \cdot 1234,2) 1,3 \cdot 1 = 1604,46 \text{ N} .$$

Sonra B noktasındaki yatak için orantı

$$\frac{F_{a2}}{V F_{rB}} = \frac{863,44}{1 \cdot 479,3} = 1,80 > e = 0,37$$

olduğu için $X = 0,4$; $Y = 1,6$; $K_t = 1$ ($t < 100^\circ\text{C}$); $K_b = 1,3$; $V = 1$ (iç bilezik döner) alınır.

Dinamik eşdeğer yük:

$$F_{e2} = (X V F_{rB} + Y F_{a2}) K_b K_t = (0,4 \cdot 1 \cdot 479,3 + 1,6 \cdot 863,44) 1,3 \cdot 1 = 2045,19 \text{ N}$$

$F_{e2} > F_{e1}$ olduğu için B noktasındaki yatağın ömür hesabı yapılır:

$$L = \left(\frac{C}{F_{e2}} \right)^{\frac{10}{3}} = \left(\frac{31}{2,04519} \right)^{\frac{10}{3}} = 8621,07 \text{ milyon devir,}$$

$$L_h = \frac{L \cdot 10^6}{60 \cdot n_1} = \frac{8621,07 \cdot 10^6}{60 \cdot 2900} = 49546,3 > 14000 \text{ saat } [L_h] = 12000 \dots 14000 \text{ saat,}$$

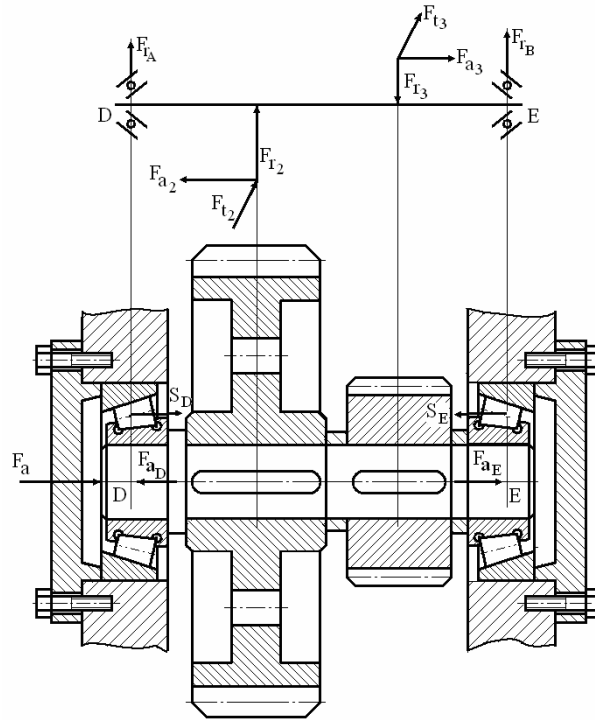
$L_h > [L_h]$ olduğu için rulmanlar doğru seçilmiştir.

3.10.2. Ara mili için yatak hesabı

Ara Milinin Rulman Seçimi Cetvel 3.1'e yapılmıştır. Yatak tipi: - konik makaralı 30307; $d = 35 \text{ mm}$, $D = 80 \text{ mm}$, $B = 21 \text{ mm}$, $C = 62,9 \text{ kN}$, $C_0 = 46 \text{ kN}$.

Hesaplamalar sonucundan: $F_{rD} = 2909,1 \text{ N}$; $F_{rE} = 4218,04 \text{ N}$; $F_{a2} = 484,42 \text{ N}$;

$$F_{a3} = 2620,4 \text{ N}; n_2 = 408,5 \text{ d/d.}$$



Şekil 3.8. Ara mil ve yatakları

Radyal kuvvetlerden gelen aksel kuvvetler (Şekil 3.8):

$$F_a = F_{a3} - F_{a2} = 2620,4 - 484,42 = 2135,98 \text{ N,}$$

$$S_1 = 0,83 \text{ e } F_{rD} = 0,83 \cdot 0,32 \cdot 2909,1 = 772,66 \text{ N,}$$

$$S_2 = 0,83 e F_{rE} = 0,83 \cdot 0,32 \cdot 4218,04 = 1120,31 \text{ N},$$

$$S_2 > S_1 \Rightarrow F_a > S_2 - S_1; \quad 2135,98 > 1120,31 - 772,66 = 347,65 \text{ N ise}$$

$$F_{a1} = S_1 = 772,66 \text{ N ve } F_{a2} = S_1 + F_a = 772,66 + 2135,98 = 2908,64 \text{ N}.$$

Önce D noktasındaki yatak için oranı

$$\frac{F_{a1}}{V F_{rD}} = \frac{772,66}{1 \cdot 2909,1} = 0,266 < e = 0,32$$

olduğu için aksel kuvvet alınmaz: $X = 1, Y = 0; K_t = 1 (t < 100^\circ\text{C}), K_b = 1,3, V = 1$ (iç bilezik döner) alınır.

Dinamik eşdeğer yük:

$$F_{e1} = (X V F_{rD}) K_b K_t = (1 \cdot 1 \cdot 2909,1) 1,3 \cdot 1 = 3781,83 \text{ N}.$$

Sonra E noktasındaki yatak için oranı

$$\frac{F_{a2}}{V F_{rE}} = \frac{2908,64}{1 \cdot 4218,04} = 0,690 > e = 0,32$$

olduğu için: $X = 0,4, Y = 1,6; K_t = 1 (t < 100^\circ\text{C}), K_b = 1,3, V = 1$ (iç bilezik döner) alınır.

Dinamik eşdeğer yük:

$$F_{e2} = (X V F_{rE} + Y F_{a2}) K_b K_t = (0,4 \cdot 1 \cdot 4218,04 + 1,6 \cdot 2908,64) 1,3 \cdot 1 = 8243,35 \text{ N}$$

$F_{e2} > F_{e1}$ olduğu için E noktasındaki yatağın ömür hesabı yapılır.

$$L = \left(\frac{C}{F_{e2}} \right)^{\frac{10}{3}} = \left(\frac{62,9}{8,243} \right)^{\frac{10}{3}} = 874,75 \text{ milyon devir,}$$

$$L_h = \frac{L 10^6}{60 n_1} = \frac{874,75 \cdot 10^6}{60 \cdot 408,5} = 35689 \text{ saat} > [L_h] = 12000 \dots 14000 \text{ saat}$$

olduğu için rulmanlar doğru seçilmiştir.

3.10.3. Çıkış mili için yatak hesabı

Çıkış milinin rulman seçimi Cetvel 3.1'e yapılmıştır. Yatak tipi: - konik makaralı

32013X; $d = 65 \text{ mm}, D = 100 \text{ mm}, B = 23 \text{ mm}, C = 72,6 \text{ kN}, C_o = 76 \text{ kN}.$

Hesaplamalar sonucundan: $F_{rK} = 3566,19 \text{ N}; F_{rL} = 3144,66 \text{ N};$

$$F_{a3} = 2620,4 \text{ N}; n_3 = 72,9 d/d.$$

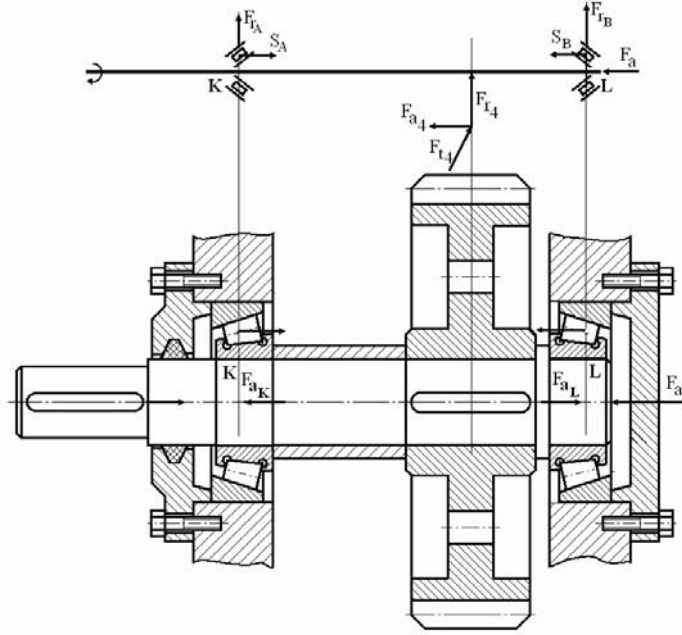
Radyal kuvvetlerden gelen aksel kuvvetler (Şekil 3.9):

$$S_1 = 0,83 \text{ e } F_{rK} = 0,83 \cdot 0,4 \cdot 3566,19 = 1183,98 \text{ N},$$

$$S_2 = 0,83 \text{ e } F_{rL} = 0,83 \cdot 0,4 \cdot 3144,61 = 1044,01 \text{ N},$$

$S_1 > S_2$ olduğu için

$$F_{a1} = S_1 = 1183,98 \text{ N} \text{ ve } F_{a2} = S_1 + F_a = 1183,98 + 2620,4 = 3804,38 \text{ N}.$$



Şekil 3.9. Çıkış mili ve yatakları

Önce K noktasındaki yatak için orantı

$$\frac{F_{a1}}{V F_{rK}} = \frac{1183,98}{1 \cdot 3566,19} = 0,332 < e = 0,4$$

olduğu için aksel kuvvet alınmaz: $X = 1$, $Y = 0$; $K_t = 1$ ($t < 100^\circ\text{C}$), $K_b = 1,3$, $V = 1$ (iç bilezik döner) alınır.

Dinamik eşdeğer yük:

$$F_{e1} = (X V F_{rK}) K_b K_t = (1 \cdot 1 \cdot 3566,19) 1,3 \cdot 1 = 4636,05 \text{ N}.$$

Sonra L noktasındaki yatak için orantı

$$\frac{F_{a2}}{V F_{rL}} = \frac{3804,38}{1 \cdot 3144,61} = 1,21 > e = 0,4$$

olduğu için $X = 0,4$, $Y = 1,5$; $K_t = 1$ ($t < 100^\circ\text{C}$), $K_b = 1,3$, $V = 1$ (iç bilezik döner) alınır.

Dinamik eşdeğer yük:

$$F_{e2} = (X V F_{rL} + Y F_{a2}) K_b K_t = (0,4 \cdot 1 \cdot 3144,61 + 1,5 \cdot 3804,38) 1,3 \cdot 1 = 9053,74 \text{ N} .$$

$F_{e2} > F_{e1}$ olduğu için L noktasındaki yatağın ömür hesabı yapılır.

$$L = \left(\frac{C}{F_{e2}} \right)^{\frac{10}{3}} = \left(\frac{72,6}{9,053} \right)^{\frac{10}{3}} = 1032,04 \text{ milyon devir,}$$

$$L_h = \frac{L 10^6}{60 n_1} = \frac{1032,04 \cdot 10^6}{60 \cdot 72,9} = 236031 \text{ saat} > [L_h] = 12000 \dots 14000 \text{ saat}$$

olduğu için rulmanlar doğru seçilmiştir.

3.11. Mil - Göbek Bağlantılarının Seçimi ve Kontrol Hesabı

Redüktörlerde mil - göbek bağlantısı olarak uygu kamaları ön görülür. Uygu kamaları standart olduğu için milin bağlantı çapına göre Cetvel Ek. 3.2'den seçilir. Uygu kama malzemesi St 50 , dişli malzemesini St 70 olarak alırız. Göbek malzemesi çelik olduğu için ezilmeye göre emniyet gerilmesi $\sigma_{ez,em} = 100 \dots 120 \text{ MPa}$ alınır. Göbek malzemesi dökme demir olursa $\sigma_{ez,em} = 50 \dots 70 \text{ MPa}$ olarak seçilir. Giriş, Ara ve Çıkış milleri için uygu kamalarının seçimi yapılır.

3.11.1. Giriş milinin mil - göbek bağlantılarının seçimi ve kontrol hesabı

Giriş milinin ucunda Elastik Manşonlu Kaplin göbeğinin mülle bağlı olduğu için d_{m1} çapına göre Cetvel Ek. 3.2'den uygu kamasının standart boyutları seçilir:

$$d_{m1} = 25 \text{ mm}; b \times h = 8 \times 7 \text{ mm}; t_1 = 4 \text{ mm}; t_2 = 3,3 \text{ mm}.$$

Bu bölgede göbek uzunluğu $l_g = 60 \text{ mm}$ 'dir. Uygu kamasının uzunluğu

$$l = l_g - (5 \dots 10) \text{ mm} = 60 - (5 \dots 10) \text{ mm} = 50 \text{ mm}$$

olarak hesaplanır ve Cetvel Ek. 3.2'den standart kama uzunluğundan $l = 50 \text{ mm}$ olarak seçilir. Giriş milinin burulma momenti $T_1 = 21,4 \cdot 10^3 \text{ N mm}$ ezilmeye veya basınca göre kontrol için ezilme gerilmesi

$$\sigma_{ez} = \frac{2T_1}{d_{m1} (h - t_1) (l_m - b)} = \frac{2 \cdot 21,4 \cdot 10^3}{25 \cdot (7 - 4) \cdot (50 - 8)} = 13,58 \text{ MPa} \leq \sigma_{ez,em} = 50 \dots 70 \text{ MPa}$$

olduğu için bağlantısı emniyetlidir. Kavrama dökme demirden yapıldığı için emniyet gerilmesi $\sigma_{ez,em} = 50 \dots 70 \text{ MPa}$ olarak alınır.

Döndüren dişli mile yekpare yapıldığı için kama bağlantısı gerekmemektedir.

3.11.2. Ara milin mil - göbek bağlantılarının seçimi ve kontrol hesabı

Döndürülen z_2 dişli çarkının iç çapı veya mil çapı $d_{d_2} = 40\text{mm}$ 'ye göre Cetvel Ek.

3.2'den uygu kamasının standart boyutları seçilir:

$$d_{d_2} = 40 \text{ mm}; b \times h = 12 \times 8 \text{ mm}; t_1 = 5 \text{ mm}; t_2 = 3,3 \text{ mm}.$$

Göbek uzunluğu $l_{g_2} = 50 \text{ mm}$ olduğu için kama uzunluğu

$$l_2 = l_{g_2} - (5 \dots 10) \text{ mm} = 50 - 5 = 45 \text{ mm}$$

hesaplanır ve standart olarak $l_2 = 45 \text{ mm}$ seçilir.

z_2 – dişlisinin malzemesi St 70 çeliği olduğu için ezilmeye göre emniyet gerilmesi $\sigma_{ez,em} = 100\dots 120 \text{ MPa}$ alınır. Ara mildeki burulma momenti $T_2 = 152 \cdot 10^3 \text{ N mm}$. Ezilme gerilmesi

$$\sigma_{ez} = \frac{2T_2}{d_{d_2} (h - t_1) (l_2 - b)} = \frac{2 \cdot 152 \cdot 10^3}{40 \cdot (8 - 5) \cdot (5 - 12)} = 76,76 \text{ MPa} < \sigma_{ez,em} = 100\dots 120 \text{ MPa}$$

bulunur ve bağlantı emniyetlidir. Döndüren dişli z_3 mile yekpare yapıldığı için kama bağlantısı gerekmemektedir.

3.11.3. Çıkış milinin mil - göbek bağlantılarının seçimi ve kontrol hesabı

Döndürülen z_4 dişli çarkının iç çapı veya mil çapı $d_{d_4} = 70\text{mm}$ 'ye göre Cetvel Ek.

3.2'den uygu kamasının standart boyutları seçilir:

$$d_{d_4} = 70 \text{ mm}; b \times h = 20 \times 12 \text{ mm}; t_1 = 7,5 \text{ mm}; t_2 = 4,9 \text{ mm}.$$

Göbek uzunluğu $l_{g_4} = 88 \text{ mm}$ olduğu için kama uzunluğu

$$l_4 = l_{g_4} - (5 \dots 10) \text{ mm} = 88 - (5 \dots 10) = 93 \dots 98 \text{ mm}; l_4 = 80 \text{ mm}$$

hesaplanır ve standart olarak $l_4 = 80 \text{ mm}$ seçilir

z_4 – dişlisinin malzemesi St 70 çeliği olduğu için ezilmeye göre emniyet gerilmesi $\sigma_{ez,em} = 100\dots 120 \text{ MPa}$ alınır. Çıkış mildeki burulma momenti $T_3 = 851,2 \cdot 10^3 \text{ N mm}$. Ezilme gerilmesi

$$\sigma_{ez} = \frac{2T_3}{d_{d_4} (h - t_1) (l_4 - b)} = \frac{2 \cdot 851,2 \cdot 10^3}{70 \cdot (12 - 7,5) \cdot (80 - 20)} = 90,07 \text{ MPa} \leq \sigma_{ez,em} = 100 \dots 120 \text{ MPa}$$

olduğu için bağlantı emniyetlidir.

3.12. Kaplin Seçimi

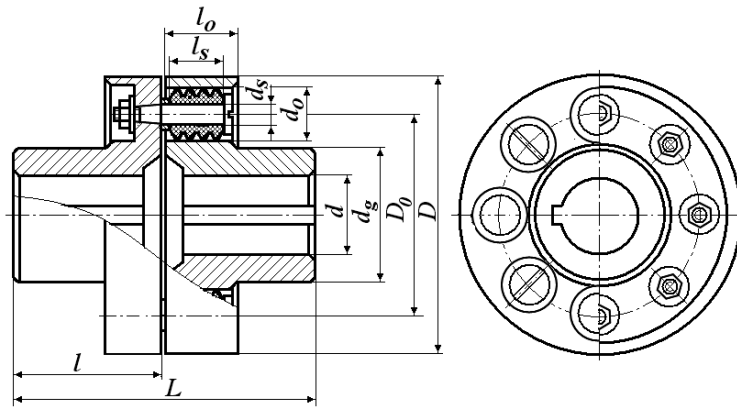
3.12.1. Motor mili ile redüktörün giriş milini bağlayan kaplin

Motor mili ile redüktörün giriş mili arasındaki hareketi iletmek için elastik manşonlu kaplin tercih edilmiştir. Motor mili veya redüktörün giriş milindeki dönme momenti $T_1 = 21,4 \text{ Nm}$ ve mil çapı $d_{m1} = 25 \text{ mm}$. Kaplinin iletebileceği nominal moment

$$T_{n1} = k_0 T_1 = 1,75 \cdot 21,4 = 37,45 \text{ Nm} ,$$

burada k_0 - çalışma faktörüdür ve Cetvel Ek. 3.3'den seçilir.

$T_{n1} = 37,45 \text{ Nm}$ ve $d_{m1} = 25 \text{ mm}$ 'ye göre elastik manşonlu kaplinin ölçüleri Cetvel Ek. 3.4'den seçilir (Şekil 3.10):



Şekil 3.10. Elastik manşonlu kaplin

$d = 25 \text{ mm}$; $D = 120 \text{ mm}$; $L = 125 \text{ mm}$; $l = 60 \text{ mm}$; $D_0 = 82 \text{ mm}$;

$d_s = 14 \text{ mm}$; $d_0 = 27 \text{ mm}$; $l_s = 28 \text{ mm}$; $l_0 = 33 \text{ mm}$; $z = 4$; $T_n = 125 \text{ Nm}$.

Lastik manşona gelen yüzey basıncının kontrol hesabı:

- bir manşona gelen kuvvet:

$$F_1 = \frac{2T_{n1}}{D_0 z} = \frac{2 \cdot 37,45 \cdot 10^3}{82 \cdot 4} = 228,35 \text{ N} .$$

- yüzey basıncı:

$$p = \frac{F_1}{d_s l_s} = \frac{228,35}{14 \cdot 28} = 0,58 \text{ MPa} < p_{em} = 1,5 \text{ MPa}$$

ve emniyetlidir.

3.12.2. Redüktörün çıkış mili ile tamburu bağlayan kaplin

Redüktörün çıkış mili ile Tambur arasındaki hareketi iletmek için dişli kaplin tercih edilmiştir. Redüktörün çıkış milindeki dönme momenti $T_3 = 851,2 \text{ Nm}$ ve mil çapı $d_{m1} = 25 \text{ mm}$.

Kaplinin iletebileceği nominal moment

$$T_{n3} = k_0 T_3 = 1,75 \cdot 851,2 = 1489,6 \text{ Nm},$$

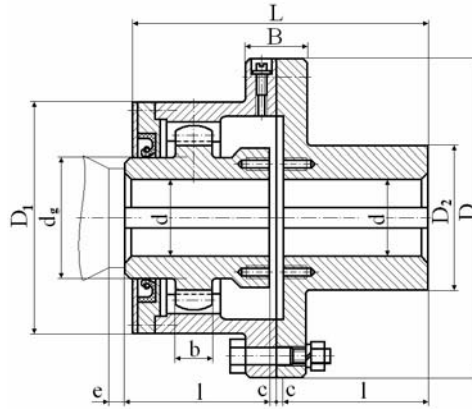
burada k_0 - çalışma faktörüdür ve Cetvel Ek. 3.3'den seçilir.

$T_{n1} = 1489,6 \text{ Nm}$ ve $d_{m3} = 60 \text{ mm}$ 'ye göre dişli kaplin ölçüleri Cetvel Ek. 3.5'den seçilir (Şekil 3.11):

Tipi – YDM; Kaplin N^o 13; $d = 280 \text{ mm}$; $D = 680 \text{ mm}$; $D_1 = 555 \text{ mm}$; $D_2 = 480 \text{ mm}$;

$d_g = 380 \text{ mm}$; $L = 530 \text{ mm}$; $l = 260 \text{ mm}$; $B = 82 \text{ mm}$; $b = 60 \text{ mm}$; $c = 7,5 \text{ mm}$;

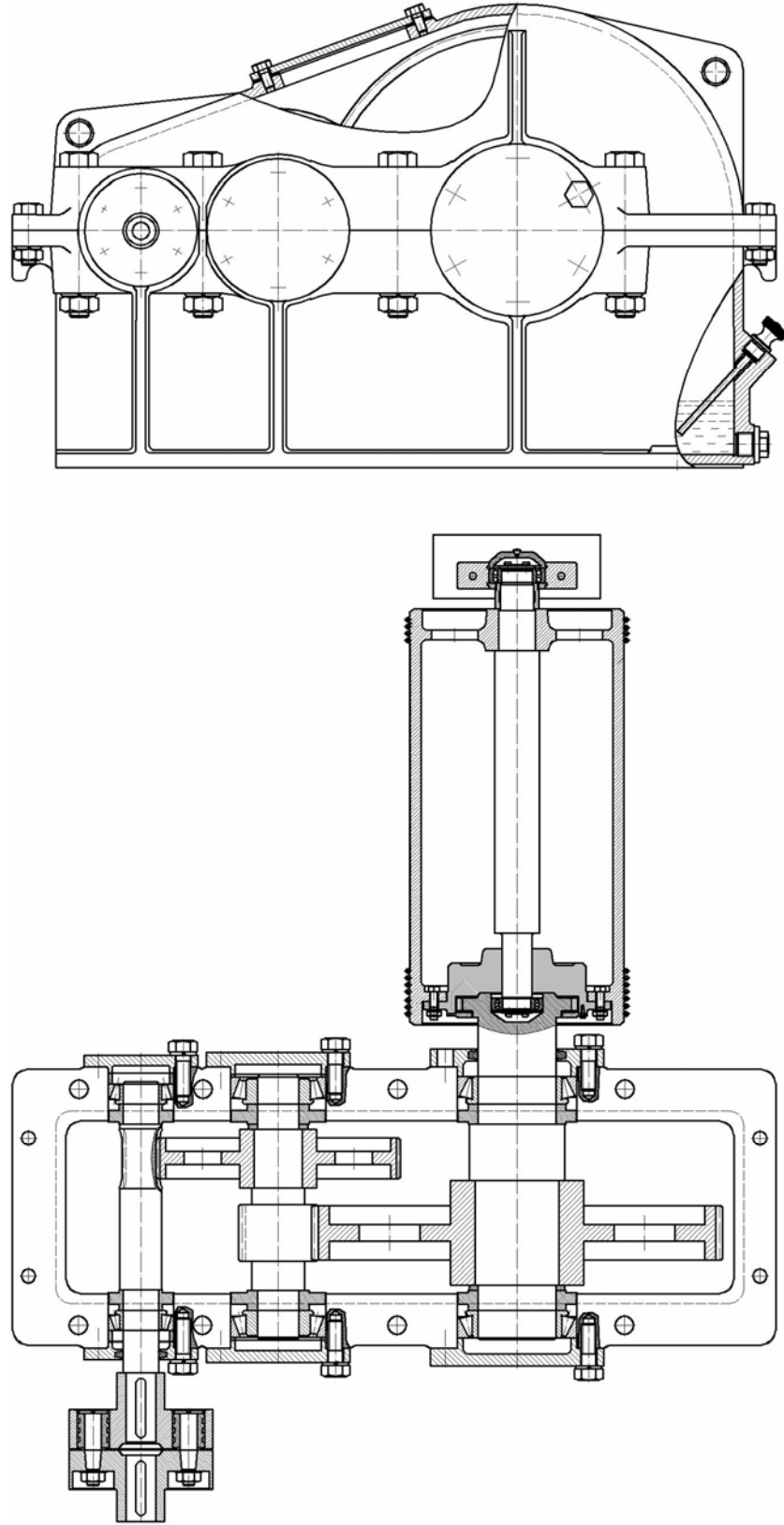
$e = 40 \text{ mm}$; $m = 10 \text{ mm}$; $z = 48$; $T_n = 1500 \text{ Nm}$.



Şekil 3.11. Dişli kaplin

3.13. Redüktörün Montaj Resminin Çizimi

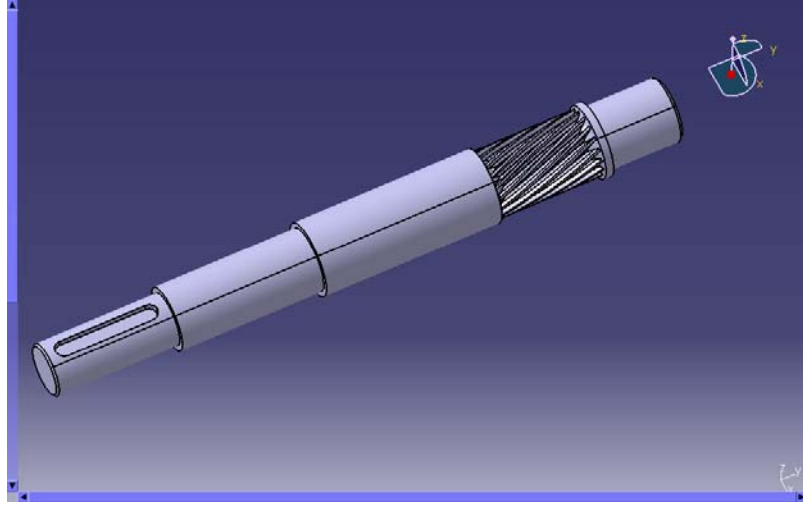
Redüktörün her bir parçası ve redüktör gövdesi yukarıda bahsedilen hesap yöntemi ile hesaplanmış, boyutları belirlenmiş ve Autocad programı ile 1/1 ölçeğinde çizilmiştir. Çizilen redüktör parçaları montaj sırasına göre yerleştirilerek montaj resmi tamamlanmıştır (Şekil 3.12).



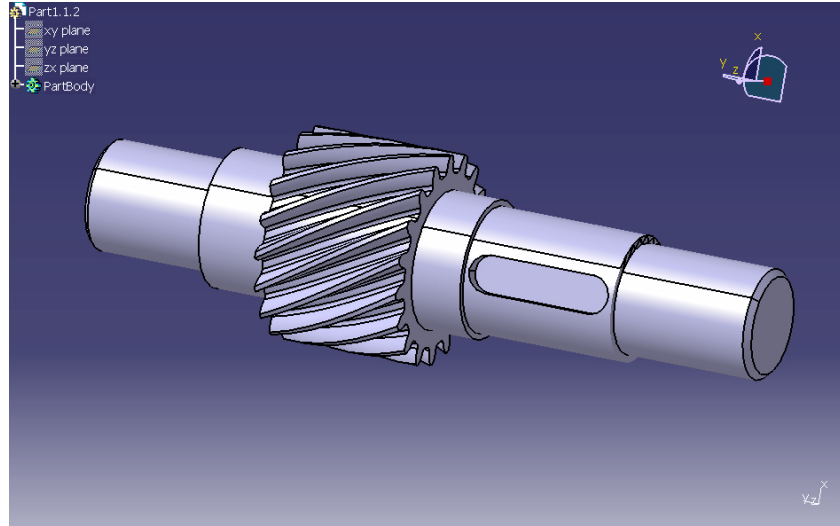
Şekil 3.12. Redüktörün montaj resmi

3.14. Redüktörün Katı Modelinin Oluşturulması

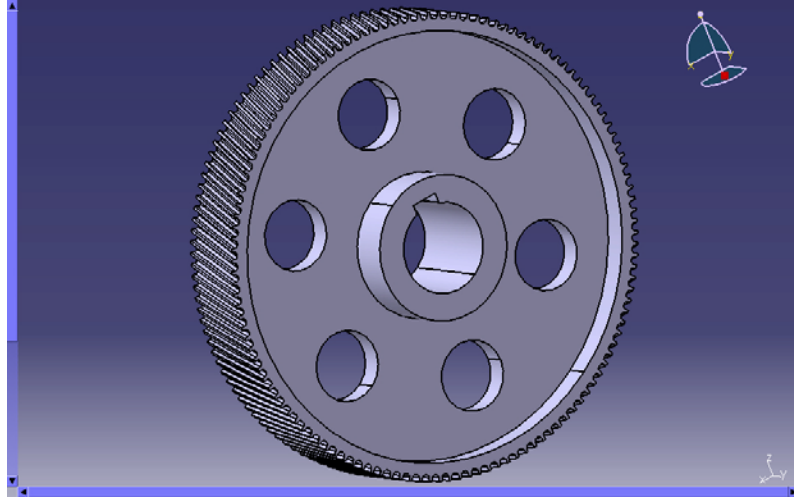
Hesaplamalar sonucunda ölçüleri belirlenen redüktör parçalarının her biri CATIA 5.0 katı modelleme programı ile oluşturulmuş ve montaj sırasına göre montajı yapılarak redüktörün katı modellenmesi tamamlanmıştır.



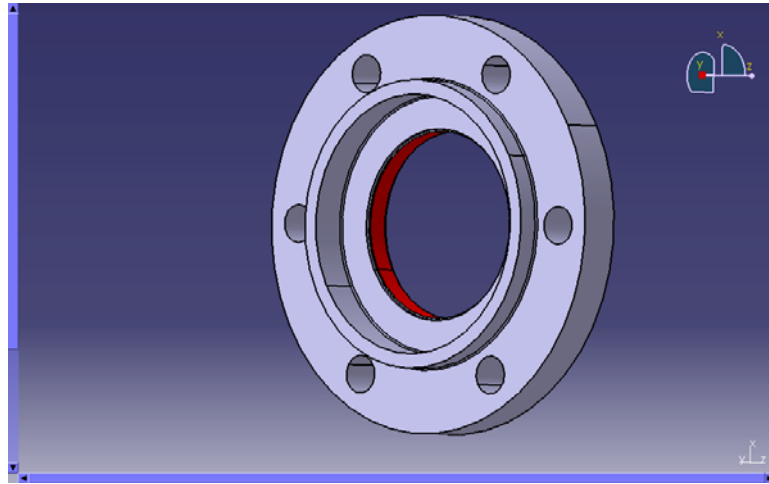
Şekil 3.13.Redüktör Giriş Mili Katı Model Resmi



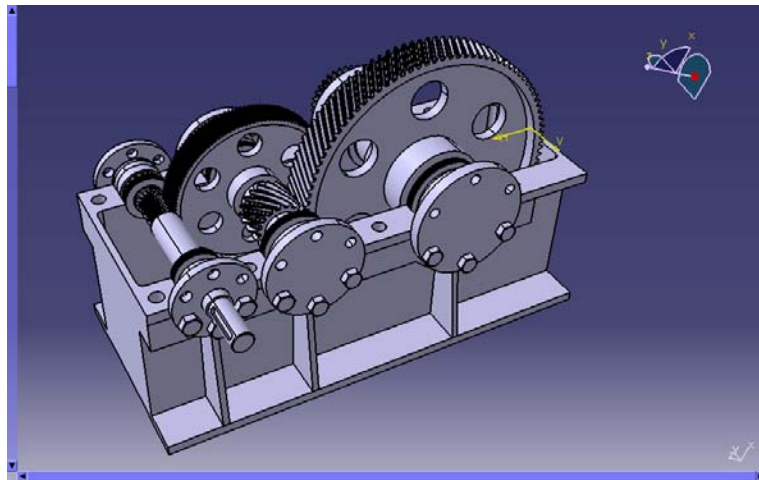
Şekil 3.14.Redüktör Ara Mili Katı Model Resmi



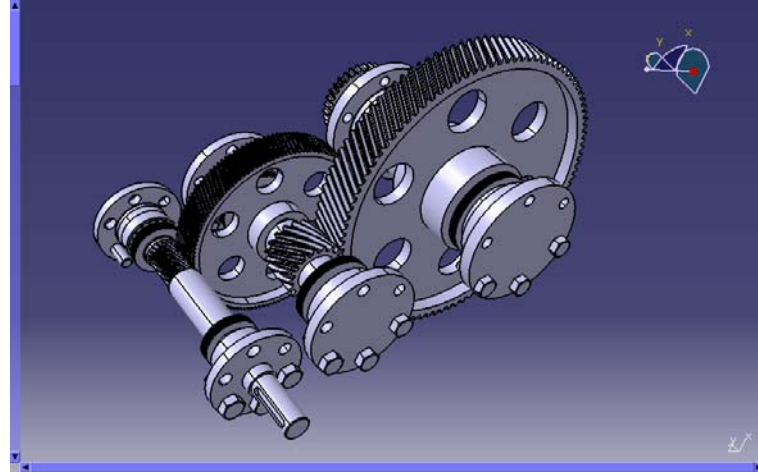
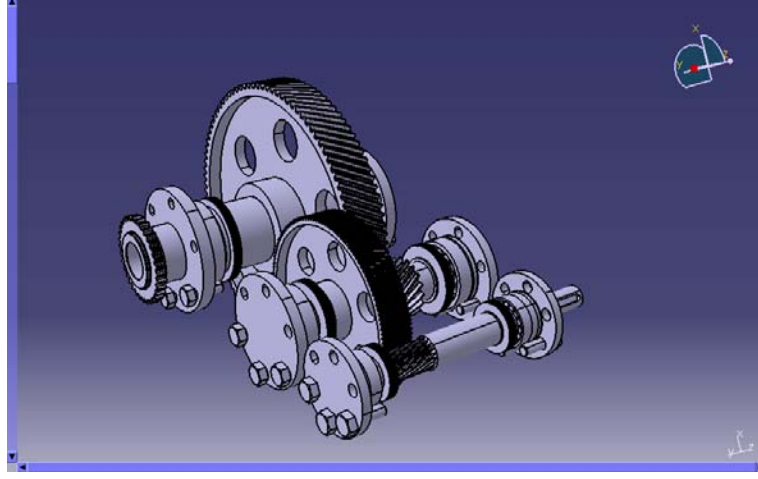
Şekil 3.15.Redüktör Ara Mili Üzerine takılan Dişli Çarkın Katı Model Resmi



Şekil 3.16.Çıkış Mili redüktör Kapağı Katı Model Resmi



Şekil 3.17.Redüktör Montajının Katı Model Resmi



Şekil 3.18.Redüktör Dişli Montajlarının Katı Model Resimleri

3.15. Aynı gücü ileten Evolvent dişli çarklar ile Novikov dişli çark redüktörlerinin parametrelerinin karşılaştırılması:

Hesap sonuçları Cetvel 3.2'de verilmiş ve karşılaştırılmıştır. Araştırma sonucunda Novikov profilli dişlilerin Evolvent profilli dişlilere kıyasla diş sayılarında % 9 ... 9,45 arasında düşüş, helis açılarında % 82 büyüme meydana gelmiştir. Bilindiği üzere helis açısının büyümesi sonucunda redüktör daha gürültüsüz çalışarak daha büyük güç iletimine sahip olur. Dişlilerin geometrik boyutlarında ise ortalama % 30,5 bir küçülme oluşmuştur. Bu ise Novikov profilli redüktörün ebat boyutları Evolvent profilli redüktöre kıyasla \approx % 30,5 küçüldüğü anlamına gelmektedir. Ebat boyutlarında bu kadar düşüşün olması, redüktörde kullanılan malzemelerde de \approx % 30,5 azalmanın olmasını göstermektedir.

Cetvel 3.2. Redüktörlerinin Parametrelerinin Karşılaştırılması

Parametrelerin adı	İşaretler	Redüktörün dişli tipi		Yüzde fark %	İşaretler	Redüktörün dişli tipi		Yüzde Fark %	Ortalama yüzde Fark %
		Birinci kademe				İkinci kademe			
		Evolvent profilli dişli	Novikov profilli dişli			Evolvent profilli dişli	Novikov profilli dişli		
Döndüren dişli çark	z_1	22	18	18	z_3	18	18	0	9
Döndürülen dişli çark	z_2	156	128	17,95	z_4	101	100	0,99	9,45
Helis açısı	β_1	8°33'	17°47'	- 108	β_2	17°49'	27°44'	- 55,67	- 81,84
Modül, mm	m_{n1}	2	1,5	25	m_{n2}	4	3	25	25
Eksenler arası mesafe, mm	a_{w1}	180	115	36,11	a_{w2}	250	200	20	28,1
Taksimat daire çapı, mm	d_1	44,5	28,35	36,29	d_3	75,63	61,012	19,33	27,81
Taksimat daire çapı, mm	d_2	315,5	201,65	36,09	d_4	424,37	338,98	20,12	28,51
Baş daire çapı, mm	d_{a1}	48,5	31,05	35,98	d_{a3}	83,63	66,412	20,59	28,29
Baş daire çapı, mm	d_{a2}	319,5	204,35	36,04	d_{a4}	432,37	344,38	20,35	28,20
Taban daire çapı, mm	d_{f1}	39,5	25,2	36,20	d_{f3}	65,63	54,712	16,64	26,42
Taban daire çapı, mm	d_{f2}	310,5	198,5	36,07	d_{f4}	414,37	332,68	19,71	27,89
Dişli çark genişlikleri, mm	b_1	50	36	28	b_3	105	48	54,29	41,15
	b_2	45	35	22	b_4	100	46	54	38
Redüktörün geometrik boyutlarının toplam ortalama farkı									30,5

Aynı gücü evolvent profilli dişli çarklara göre daha küçük boyutlarla iletebilen Novikov profilli dişli çarklardan oluşan redüktörlerin, seri imalat ile binlerce sayıda üretildiği düşünüldüğünde, % 30,5'lik boyut farkının ülke ekonomisine ortalama yüzlerce ton malzeme, üretimde kaybedilebilecek zaman ve işçilikten tasarruf şeklinde kazanım sağladığı ortaya çıkmaktadır.

3.16. Sonuçlar

1. Dış kavramalı Novikov profilli ve Evolvent profilli silindirik dişlilerden oluşan ve iki kademeli redüktöre sahip krenin yük kaldırma mekanizmasının tam proje hesapları, yani boyutlandırma ve kontrol hesapları yapılmıştır.

2. Boyutları belirlenen redüktörün montaj resmi çizilmiştir.

3. Boyutları belirlenen redüktörün katı modellenmesi tamamlanmıştır.

4. Bu bölümde yapılan hesaplamalar sonucunda Novikov profilli redüktörün elemanlarının boyutları Evolvent profilli redüktöre kıyasla \approx % 30,5 küçük olduğu belirlenmiştir.

5. Novikov profilli güç ve hareket iletim elemanlarının boyutsal farklarından dolayı mikro ve makro düzeyde ekonomik açıdan daha kullanışlı olduğu kanıtlanmıştır.

BÖLÜM IV

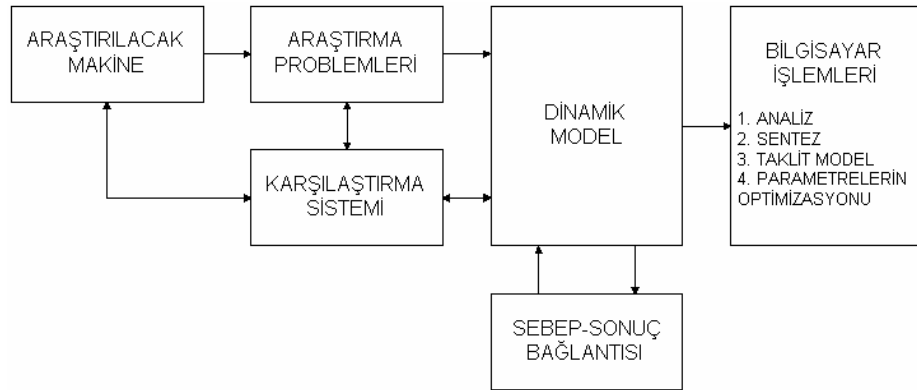
4. NOVİKOV DİŞLİ ÇARKLARINDAN OLUŞAN SİSTEMİN DİNAMİK MODELLENMESİ

4.1. Dinamik Modelleme Metodu

Teknikte çeşitli hesap prensipleri ve optimizasyon işlemleri gerçek sistemler üzerinde değil, matematik bakımdan uygun olan modeller üzerine uygulanır. Dinamik modeller, bütün bilim dallarında kullanılan, soyut sistemlerdir ve bir idealleştirme işleminin sonucudur.

Makine konstrüksiyonunda, genellikle bütün hesaplar dinamik modeller üzerinde yapılır. Bu çözüm şekli, hesapta büyük kolaylık, çalışma zamanından tasarruf, analiz, sentez ve optimizasyon işlemleri bakımından basitlik sağlamaktadır. Ancak, dinamik modeller üzerine yapılan hesapların sonucu, gerçek sistemlere göre yaklaşıktır. Dinamik model gerçeğe ne kadar yakınsa, elde edilecek sonuçlar da gerçek değere daha yakın olur.

Problemleri daha geniş açıdan görme imkanı sağlayan ve tasarım alanındaki bilgisayar destekli (Bakşiyev ve Ark., 2003; ..) çalışmanın, modelleme mantığı Şekil 4.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Dinamik modelleme mantığı

Şekil 4.1.'de farklı sistemlerden oluşmuş üzerinde inceleme yapılacak makina yer almakta, daha sonra makina ile ilgili alt sistemlere ait sorunlar ve bu sorunların çözümünde kullanılacak bir dinamik model yer almaktadır. Aynı bölüm olan karşılaştırma sistemi, araştırılacak makina, araştırma problemleri ve dinamik modele ayrı ayrı bağlanmıştır. Böylece, model oluşturulduktan sonra veya problemler ortaya konulduktan sonra gerçek sisteme geçilmeden elde edilen veriler arasında bir takım karşılaştırma yaparak başlangıç noktasına tekrar dönülmesine, problemlerin ve dinamik modelin değiştirilmesine olanak sağlanmıştır. Ayrıca sistemde matematiksel modelle doğrudan ilişkili olan bir sebep – sonuç bağlantısı bölümü bulunmaktadır. Sebep – sonuç bağlantısı kurmadan sistem elemanlarına ait denklemler oluşturmak ve dinamik

model oluşturmak mümkün değildir. Son bölümde ise, bilgisayar yardımıyla çözülecek analiz, sentez, taklit model ve parametrelerin optimizasyonu bulunmaktadır.

Dinamik modeller, gerçek sistemleri temsil eden basite indirgenmiş formüllerdir (Rivin, 1966; Samidov, Baxşiyev, 1979). Mühendislikte gerçeğini uygulamaya konulması olanaksız ya da çok zor olan sistemler için kullanılırlar. Dinamik modeller, mevcut eşitliklerin analitik çözümleri yardımıyla dinamik sistemdeki değişen parametrelerin bulunmasını sağlar. Böylece gerçek sistem oluşturulmadan önce kütle, atalet momenti, rijitlik, kuvvet, moment, güç, basınç vb. özelliklerin tespiti yapılabilir. Ayrıca, sistemde yapılması gereken değişikliklere göre dinamik sistem dizaynındaki farkı değerlendirmek, gerçek model üzerinde yapılacak değişikliklere göre çok daha basit ve ekonomik olacaktır.

Redüktörlerde dinamik model oluşturmak için aşağıda belirtilen yöntem basamakları takip edilir:

1. Sistemin taslak şekli oluşturulur.
2. Değişkenler tanımlanır ve değerler atanır.
3. Fizik kanunları kullanılarak her eleman için eşitlikler yazılır.
4. Elde edilen eşitlikler, sistemin şekline göre birleştirilerek bir denklem elde edilir.
5. Elde edilen bu denklem sistemin matematiksel modelini oluşturur.
6. Oluşturulan matematiksel modelin denklemi çözülür.
7. Matematiksel modelin geçerliliğini doğrulamak için, çözüm sonucunda tahmin edilen performans deneysel sonuçlarla karşılaştırılır.
8. Elde edilen sonuçlar arasındaki fark, ön görülen tolerans sınırlarından daha büyük değerdeyse, taslak modelde değişiklikler yapılır. Bu işleme optimizasyon denir.

Bu bölümde, mekanizmanın dinamik modeli oluşturulur. Oluşturulan dinamik model ve kullanılan hesap yöntemleri, Borland firması tarafından üretilen Delphi 5.0 programı yardımıyla yaptığımız dinamik modelleme programı ile tamamlanarak sonuçlar elde edilmiştir.

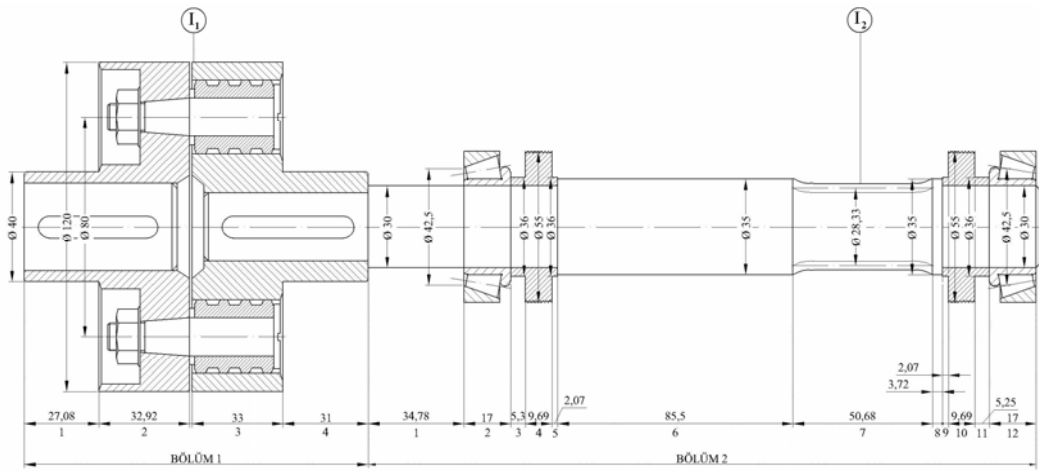
4.2. Redüktörün Atalet momentlerinin, Esneklik ve Rijitliğinin Hesaplanması

Redüktörde dinamik model:

1. Redüktör tasarım ve imalatının en kısa ve en uygun şekilde yapılabilmesi için,
2. Problemlerin başarılı ve hızlı bir şekilde çözümü için,
3. Redüktör oluşturulmadan önce kuvvet, atalet momenti, rijitlik, kütle, güç, basınç vb. özelliklerin tespitinin yapılabilmesi için,
4. Değişik parametrelere göre dinamik sistem dizaynındaki değişimi değerlendirmek için, oluşturulur.
5. Dinamik model oluşturmak için öncelikle mekanizmada bulunan kütlelerin atalet momentleri ve kütleler arasındaki elastik bölgelerin esneklikleri hesaplanır.

4.2.1. Novikov profilli dişli çarklardan oluşan redüktörde güç ve hareket ileten parçaların atalet momentlerinin hesabı

Redüktörlerin, güç ve hareket ileten mekanizmaların elemanları toplanmış kütleli dönen bir eleman gibi değerlendirilebilir. Genel olarak hareket iletim elemanları kademeli silindirik şekilde yapılır. Bu elemanların atalet momentlerinin hesabı için, çap değişimlerine göre uygun bölgelere ayırmak gerekir (Şekil 4.2). Bu bölgelerin her birinin atalet momentleri ayrı ayrı hesaplanır (Rivin, 1966; Samidov, Baxşiyev, 1979).



Şekil 4.2. Redüktörün giriş milinin bölgelere ayrılması

İçi dolu elemanlar için atalet momenti

$$I = \frac{\pi}{32} \gamma d^4 l, \text{ Nms}^2; \quad (4.1)$$

İçi boş (delikli) elemanlar için atalet momenti

$$I = \frac{\pi}{32} \gamma d^4 l (1 - \alpha^4), \text{ Nms}^2 \quad (4.2)$$

denklemleri ile hesaplanır. Burada γ – malzemenin özgül ağırlığı, N/m^3 ; g – yerçekimi ivmesi, m/s^2 ; l – silindirin bölge uzunluğu, m ; d – silindirin dış çapı, m ; d_0 – silindirin iç çapı, m ; $\alpha = \frac{d_0}{d}$ – silindirin iç ve dış çaplarının oranıdır.

(4.1) ve (4.2) ifadeleri

$$I = K l d^4, \quad (4.3)$$

$$I = K l d^4 (1 - \alpha^4) \quad (4.4)$$

şeklinde ifade edilirse, K sabiti

$$K = \frac{\pi \cdot \gamma}{32 \cdot g} \quad (4.5)$$

olarak bulunur. Kullanılan malzemeler için (4.5) eşitliğinde γ değeri yerine konulduğunda, K sabiti hesaplanabilir. Örneğin çelik için $K = 0,0765 \cdot 10^{-4}$, Ns^2 / m^4 'dür.

Milin her kademesi için atalet momentleri hesaplandıktan sonra, milin atalet momentini bulmak için, dolu millerde,

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n = K \sum_{i=1}^n l_i d_i^4 \quad (4.6)$$

delikli millerde

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n = K \sum_{i=1}^n l_i d_i^4 (1 - \alpha^4) \quad (4.7)$$

ifadeleri kullanılır. Burada, $i = 1, 2, 3, \dots, n$ milin bölgelerinin kademe sayısıdır.

Dişli çarkların atalet momenti hesaplanırken dolu silindirin atalet momenti hesabında kullanılan (4.1) denklemi kullanılır. Ancak, çap olarak dişli çarkın taksimat dairesi çapı alınır. Rulmanların atalet momenti hesaplanırken (4.1) denklemi kullanılır ve çap olarak iç bilezik çapı alınır. Elektrik motorlarının rotorunun, kavramaların ve kaplinlerin atalet momenti hesabında, firma katalogları kullanılarak GD^2 volan momenti seçilir. Bu durumda elemanın atalet momenti

$$I \approx 2,5 GD^2 \quad (4.8)$$

olarak hesaplanır. Burada G - [Rotor / kavrama / kaplin] kütlesi; D - [Rotor / kavrama / kaplin] çapıdır.

Katalog verilerine ulaşamadığı durumlarda;

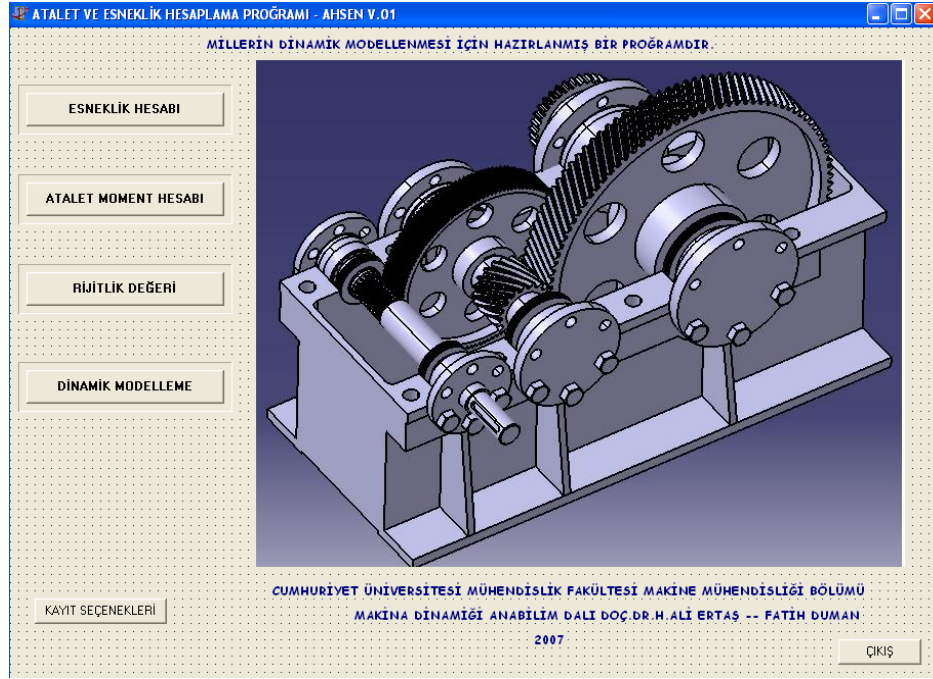
$$GD^2 = 0,36 G d_r^2 \quad (4.9)$$

ifadesi ile hesaplama yapılabilir. Burada d_r - [Rotor / kavrama / kaplin] dış çapıdır.

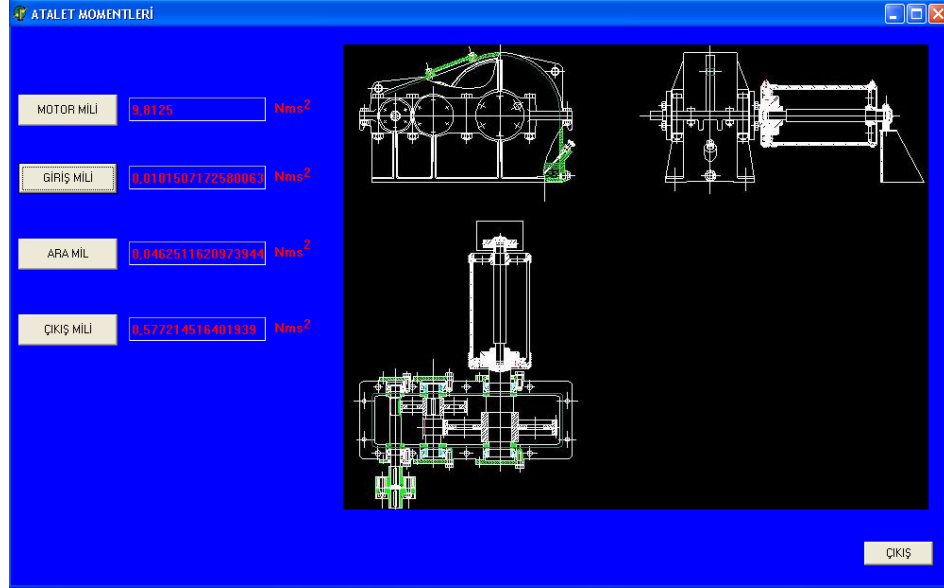
4.2.1.1. Millerin atalet momentlerinin dinamik modelleme programıyla anlatılması

Hazırlanmış olduğumuz dinamik modelleme programında, atalet momentlerinin hesaplanması ile ilgili kısımlar aşağıda verilmiştir. Bu kısımları maddeler halinde tanıtalım:

1. Programın ana giriş sayfasından (Şekil 4.3) atalet momenti tuşu seçilir. Seçilen bu tuşla atalet momenti ana sayfası olan (Şekil 4.4) karşımıza çıkar.



Şekil 4.3. Program ana giriş sayfası



Şekil 4.4. Atalet momenti ana sayfası

2. Şekil 4.4'de görünen atalet momenti ana sayfasında ilk buton olan motor mili butonu seçildiğinde Şekil 4.5'de görülen ekran karşımıza çıkmaktadır. Bu ekranda motor mili atalet momenti otomatik olarak hesaplanmaktadır.

Şekil 4.5. Motor mili atalet momenti sayfası

3. Şekil 4.4’de görünen atalet momenti ana sayfasından giriş mili tuşuna basıldığında Şekil 4.6 giriş mili atalet momenti sayfası görünmektedir. Bu sayfada giriş mili, çap değişimine göre uygun parçalara ayrılmıştır.

Şekil 4.6. Giriş mili atalet momenti sayfası

Yukarıda çok sayıda parçaya ayrılan giriş milinin her bir parçasına numara verilmiş ve birer buton yerleştirilmiştir. Şekil 4.6’da hesaplanması istenilen parçanın butonuna basarak hesap formu çağırılmaktadır.

HESAP FORMU

d = 25 mm

l = 12 mm

K = 706.5 Ns²/m⁴

$$I_i = K \cdot l_i \cdot d_i^4$$

$$K = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{\gamma}{g}$$

I = 3.31171875E-6 Nms²

ÇIKIŞ

Şekil 4.7. Atalet momenti hesap formu

Hesap formunda (Şekil 4.7) mil parçasına ait çap, uzunluk ve K değerleri seçilerek hesaplama işlemi yapılmaktadır. Elde edilen bu değerler her bir bölgenin butonunun altında bulunan kutucuğa yazdırılmaktadır. Bu işlem tüm parçalara uygulanmak suretiyle o milin atalet momenti hesaplanmaktadır. Bu işlem tamamlandıktan sonra bölgelere ait toplam atalet moment değerleri de okunacak şekilde sayfaya yerleştirilmiştir (Şekil 4.8).

GİRİŞ MİLİ ATALET MOMENTİ HESAPLARI

BÖLÜM 1

1	2	3	4
4,89779712E-	0,004822774	0,004834494	5,606784E-5

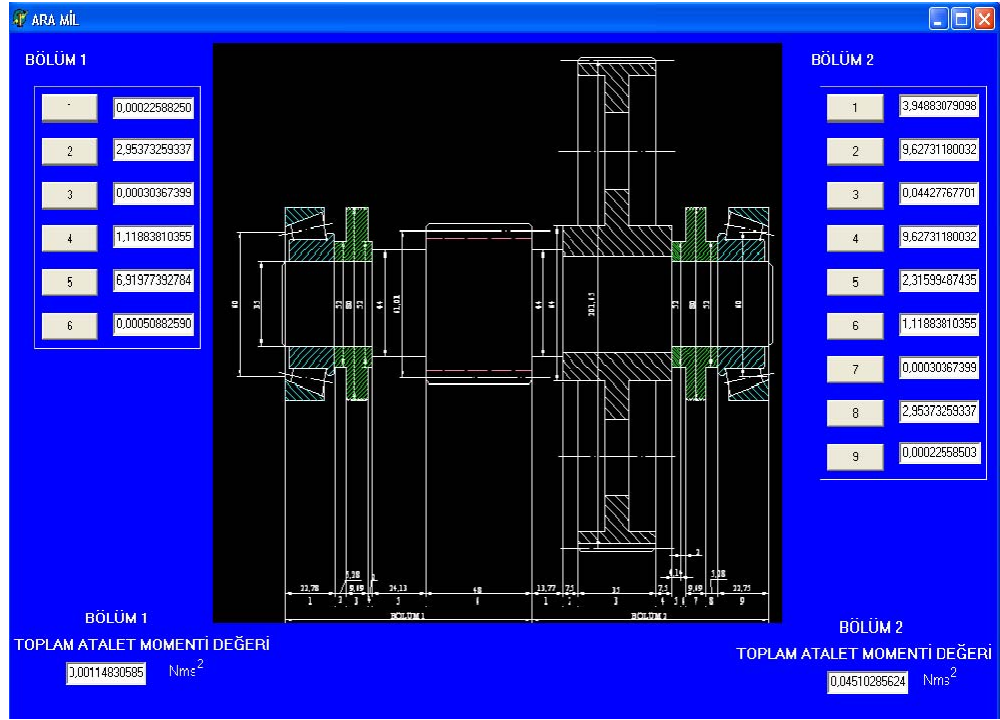
BÖLÜM 1 TOPLAM ATALET MOMENTİ DEĞERİ 0,009762315264 Nms²

BÖLÜM 2

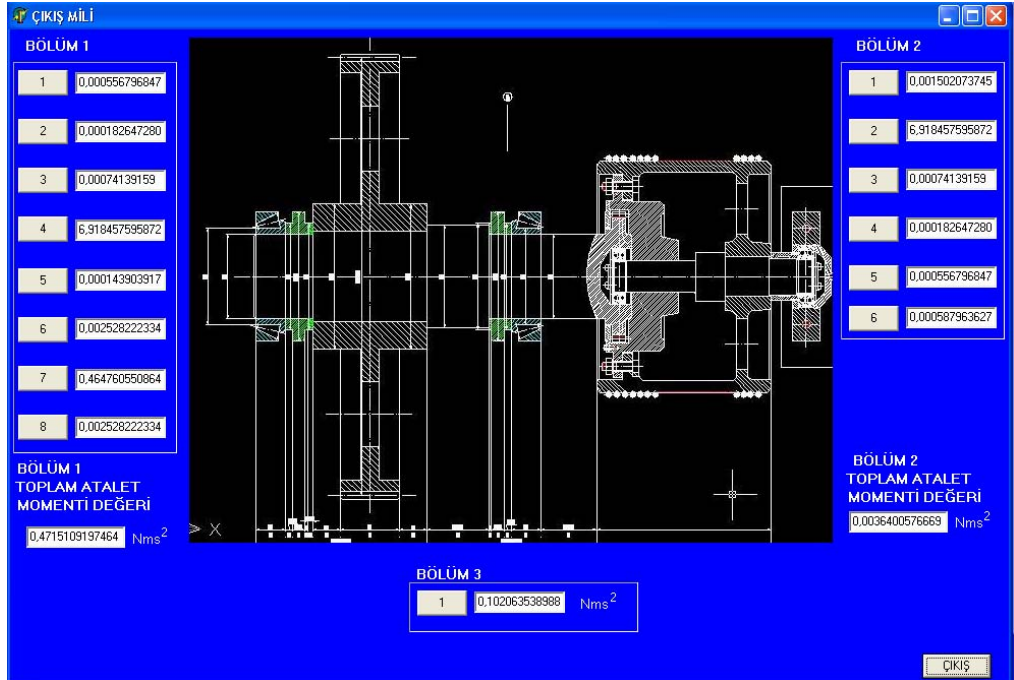
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2,155452589	4,243542145	6,810982288	6,784196418	2,660138365	9,816624306	2,497737432	4,271092680	2,660138365	6,784196418	6,746277738	4,243542145

Şekil 4.8. Hesaplamaları tamamlanmış giriş mili atalet momenti sayfası

4. Yukarıda anlatılan olaylar ara ve çıkış milleri için de uygulanarak atalet momenti hesaplamaları tamamlanmaktadır (Şekil 4.9 - Şekil 4.10). Bu işlemlerin sonucunda her bir mile ait atalet momenti değerleri, atalet momenti ana sayfalarında görülebilmektedir.



Şekil 4.9. Hesaplamaları tamamlanmış ara mili atalet momenti sayfası



Şekil 4.10. Hesaplamaları tamamlanmış çıkış mili atalet momenti sayfası

4.2.2. Novikov profilli dişli çarklardan oluşan redüktörde güç ve hareket ileten parçaların esnekliğinin hesabı

Güç ve hareket ileten mekanizmalarda bulunan millerin burulma esnekliği (4.10) denklemi kullanılarak hesaplanır

$$e = \frac{\varphi}{T}, \text{ rad / N m}, \quad (4.10)$$

burada φ - burulma açısı, rad; T - burulma momentidir, N m.

Esneklik, aynı zamanda rijitliğin tersine eşit olduğundan

$$k = \frac{1}{e} \quad (4.11)$$

denklemi kullanılarak da hesaplanabilir.

Güç ve hareket ileten sistemlerin burulma esnekliklerinin hesabı için genel prensipler bulunmaktadır. Hareket ileten elemanlar, bir takım küçük uzunluklu bölgelere sahip eğilme rijitliği küçük olan milciklerden, kam ve kam milleri bağlantılarından, dişli çark, kayış - kasnak ve zincir mekanizması gibi hareket iletilen elemanlardan, kavrama veya kaplinlerden ve yataklardan oluşur. Genellikle millerin burulma esnekliği, vites kutularının veya redüktörlerin toplam esnekliğinin %15 ile %30'u kadardır. Millerin eğilme deformasyonuna, kama ve kamalı mil bağlantılarının deformasyonunun büyük etkisi vardır. Bu durum aynı zamanda araçlarda kullanılan çeşitli vites kutuları için de geçerlidir (Rivin, 1966; Samidov, Baxşiyev, 1979).

Vites kutularının veya redüktörlerin dinamik modeli oluşturulurken aşağıdaki varsayımlar kabul edilmelidir:

1. Sistem, doğrusal (lineer) bir sistem olarak kabul edilmelidir. Ancak, kaplinler lineer olmayan bir karakteristiğe bağlı olan sistemlerdir. Bu durumda deneysel sonuçlara göre esneklik tespit edilir.

2. Çok kademeli vites kutusunda veya redüktörlerde dişli çarklara etki eden ve iç kuvvetlerin etkisi altında olan karmaşık eğilme - burulma sistemine sahip bir dinamik sistem gibi ele alınmalıdır.

4.2.2.1. Millerin burulma esnekliğinin hesabı

Milin toplam burulma esnekliği

$$e = \sum_{i=1}^n e_i + \frac{32}{\pi G} \sum_{i=1}^n X_{i,i+1} = \frac{32}{\pi G} \left(\sum_{i=1}^n \frac{K_i l_i}{d_i^4} + \sum_{i=1}^n X_{i,i+1} \right) \quad (4.12)$$

denklemi kullanılarak hesaplanır. Burada n - milin elemanlarının sayısı; e_i - i sayılı elemanın esnekliği; G - elemanın malzemesinin kayma modülü (2. Young modülü); d_i - i elemanının çapı;

l_i - i elemanın uzunluğu; $X_{i,i+1}$ - çentiklik faktörü; K_i - i elemanındaki mil - göbek bağlantısının şeklini gösteren faktördür.

Çentiklik faktörü

$$X_{i,i+1} = \frac{\lambda}{d_i} \frac{1}{d_i^3} \left[1 - \left(\frac{d_i}{D_{i+1}} \right)^4 \right] \quad (4.13)$$

bağıntısından hesaplanır. Burada d_i , D_{i+1} - milin kademelerinin, küçük ve büyük çapları; (4.13) denkleminde kullanılan $\frac{\lambda}{d}$ oranı, $\frac{d}{D}$ oranına göre Cetvel 4.1'den seçilir.

Cetvel 4.1. Çentiklik faktöründe kullanılan katsayılar

d/D	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
λ/d	0,125	0,122	0,118	0,113	0,108	0,101	0,093	0,081	0,064	0,040	0,0

K_i (4.14) denklemleri kullanılarak hesaplanır.

$$K_i = 0,25\beta + (1 - 0,25\beta) \frac{1}{\alpha^4 - 1} \quad (4.14)$$

burada $\beta = \frac{d_i}{l_i}$ - mil çapının göbek uzunluğuna olan oranı; $\alpha = \frac{D_i}{d_i}$ - göbek ve mil çaplarının oranıdır.

4.2.2.2. Elastik manşonlu kaplinin esneklik hesabı

Esnek elemanlı kavramaların esnekliğinin hesabında, lastiklerin aralarındaki rijitliğin farkını, sabit (statik) yüklemelerde K_{st} titreşimli yüklemelerde ise K_{din} ile göz önüne alınır.

Dinamik katsayı

$$k_{din} = \frac{K_{din}}{K_{st}}, \quad (4.15)$$

kauçuğun tipine, lastiğin terkiğine ve sertliğine, titreşim amplitüdüne bağlıdır.

Elastik manşonlu kaplinin yaklaşık değeri

$$e_{e.m.k} = \frac{0,16}{k_{din} \sqrt{H^3} d_{max}^3}, \frac{\text{rad}}{\text{Nm}} \quad (4.16)$$

denklemleri ile hesaplanır. Burada d_{max} - kaplin göbeğinin veya milin maksimum çapı, m; H - lastiğin Şora göre sertliğidir.

4.2.2.3. Uygu kaması bağlantısının burulma esnekliği

Mil - göbek bağlantılarının deformasyonu, temas yüzeylerinde meydana gelen ezilme gerilmesinin esnekliğine göre hesaplanabilir (Rivin, 1966; Samidov, Baxşiyev, 1979). Bu kabule dayanarak uygu kaması burulma esnekliği

$$e_k = \frac{K_K}{d^2 l h z}, \text{ rad / N mm}; \quad (4.17)$$

ifadesinden ve kamalı mil bağlantısının burulma esnekliği de

$$e_{km} = \frac{K_{KM}}{d_0 l h z}, \text{ rad / N mm} \quad (4.18)$$

ifadesinden hesaplanabilir. Burada d - bağlantı (mil) çapı, d_0 - kamalı milin ortalama çapı; l - mil uzunluğu; h - kamanın veya kamalı milin aktif yüksekliği; z - kamanın veya kamalı milin diş sayısı; K_K - faktörü uygu kaması için $K_K = 6,4 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^3 / \text{N}$; yarım ay kaması için $K_K = 13,6 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^3 / \text{N}$; kamalı mil bağlantısı için $K_{KM} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^3 / \text{N}$ alınır.

4.2.2.4. Dişli çarkların esneklik hesabı

Dişli çarkların burulmadan indirgenmiş esnekliği dişlerin eğilme ve temas yüzey deformasyonuna göre tayin edilir (Rivin, 1966; Samidov, Baxşiyev, 1979). Herhangi bir milin burulmasından indirgenmiş dişli çarkların esnekliği

$$e_{d,\zeta} = K_{d,\zeta} \frac{1}{b r^2 \cos^2 \alpha}, \text{ rad / N mm} \quad (4.19)$$

denklemleri ile hesaplanır. Burada b - diş genişliği; α - kavrama açısı; r - taksimat dairesi yarıçapı; $K_{d,\zeta}$ - birim normal basınca göre elastik deformasyon faktörüdür, - çelik düz dişli

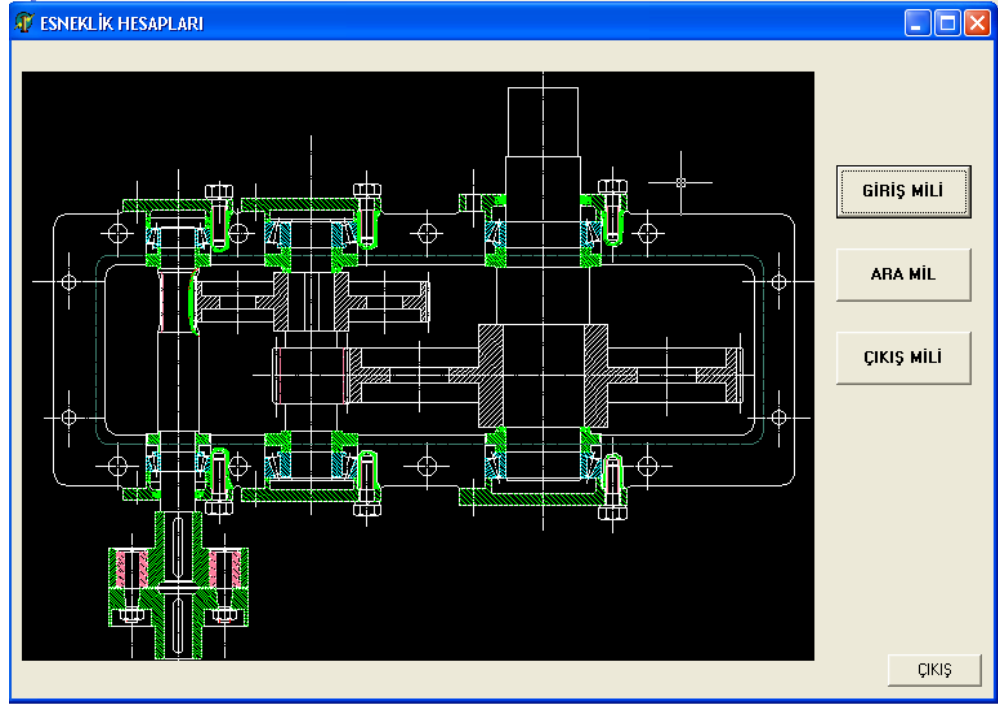
çarklar için $K_{d,\zeta} = 0,000612 \cdot 10^{-7}, \frac{\text{m}^2}{\text{N}}$; çelik helis dişli çarklar için $K_{d,\zeta} = 0,000367 \cdot 10^{-7}, \frac{\text{m}^2}{\text{N}}$;

çelik çift helisel dişli çarkları için $K_{d,\zeta} = 0,000449 \cdot 10^{-7}, \frac{\text{m}^2}{\text{N}}$ olarak alınabilir.

4.2.2.5. Millerin esnekliğinin hesaplanmasının dinamik modelleme programıyla anlatılması

Hazırlanmış olduğumuz dinamik modelleme programında, sistemin esnekliğinin hesaplanması ile ilgili kısımlar aşağıda verilmiştir. Bu kısımları maddeler halinde tanıtalım:

1. Programın ana giriş sayfasından (Şekil 4.3) esneklik hesabı tuşu seçilir. Seçilen bu tuşla esneklik hesapları ana sayfası olan Şekil 4.11 karşımıza çıkar.



Şekil 4.11. Esneklik hesapları giriş (ana) sayfası

2. Esneklik hesapları giriş sayfası olan Şekil 4.11’de giriş mili tuşuna basıldığında Şekil 4.12 sayfası ekrana gelmektedir. Bu sayfada giriş mili üzerinde bulunan ve hesaplanması gereken mil ve dişli çark butonları bulunmaktadır.



Şekil 4.12. Esneklik hesaplamaları giriş mili ara sayfası

3. Esneklik Hesaplamaları giriş mili ara sayfasından (Şekil 4.12) giriş mili esneklik hesabı butonu seçildiğinde Şekil 4.13 sayfası ekrana gelmektedir.

GİRİŞ MİLİ

BÖLÜM 1

1

BÖLÜM 1 TOPLAM ESNEKLİK DEĞERİ

0 rad / Nm

BÖLÜM 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

BÖLÜM 2 TOPLAM ESNEKLİK DEĞERİ 0 rad / Nm

ÇIKIŞ

Şekil 4.13. Esneklik hesaplamaları giriş mili sayfası

4. Mil üzerindeki çapların değişimine göre bölünen ve numaralandırılan bölümlerin esnekliği sırasıyla veya sıraya bağlı kalmadan hesaplanabilir. Bunun için istenilen bölümün butonunu seçmek yeterlidir. Yukarıda çok sayıda parçaya ayrılan giriş milinin 1 nolu butonu seçildiğinde diğer butonlardan farklı bir sayfa gelmektedir. Giriş mili 1. bölüm üzerinde elastik manşonlu kaplin bulunduğundan, elastik manşonlu kaplinin esnekliğinin hesaplanması için hazırlanmış sayfa gelmektedir (Şekil 4.14). Şekil 4.13'ün diğer butonlarda bu sayfa gelmeden ara sayfa hesap formu gelecektir.

KAPLINİN ESNEKLİK HESABI (GİRİŞ MİLİ)

$d_{max} = 25$ mm

$K_{din} = 8$ N/m²

$H = 500000$

$$e_{e.m.k} = \frac{0,16}{K_{din} \cdot \sqrt{H^3} \cdot d_{max}^3}$$

$e = 7,72395855313463E-8$ rad / Nm

ÇIKIŞ

Şekil 4.14. Elastik manşonlu kaplinin esneklik hesaplama sayfası

Burada kaplin ile bağlantıda olan giriş mili çapını ve lastiğin Şora göre sertlik değerini girdiğimizde kaplinin esnekliğinin hesabını vermektedir. Kaplinin esnekliğinin hesaplanması işlemi sonrasında çıkış tuşuyla bu sayfadan ayrılırız.

5. Esneklik hesaplamaları giriş mili sayfasından (Şekil 4.13) hesaplanması istenilen parçanın butonu seçilir. Karşımıza hesap formu ara sayfası (Şekil 4.15) gelir. Bu formda hesaplanması istenilen mil parçasının durumuna göre tercih veya tercihler yapmak suretiyle esneklik değerleri hesaplanmaktadır.

Şekil 4.15. Hesap formu ara sayfası

6. Hesap formu ara sayfasından mil çapı sabit butonu seçildiğinde Şekil 4.16 gösterilen sayfa ekrana gelmektedir.

Şekil 4.16. Mil çapı sabit hesap formu

Bu sayfada seçilen bölümün mil çapı, mil uzunluğu ve malzemenin kayma modülü sırasıyla girilerek o parçanın ilgili esnekliği hesaplanmış olur. Çıkış tuşuyla bu formdan çıkılır ve tekrar hesap formu ara sayfasına dönülür (Şekil 4.15).

7. Hesap formu ara sayfasından mil üzerinde kama butonu seçildiğinde Şekil 4.17 gösterilen sayfa ekrana gelmektedir. Bu sayfayla mil üzerindeki kamanın mile olan etkisi hesaplanmaktadır.

The screenshot shows a software window titled "MİL ÜZERİNDE KAMA". It contains the following elements:

- Input fields: $d = 0$ mm, $l = 0$ mm, $h = 0$ mm, and $G = 0$ N/mm².
- Output fields: $e = 0$ rad / Nmm and $e = 0$ rad / Nm.
- Formulas:
$$e = \frac{32}{\pi \cdot G} \cdot \frac{1}{d'^4}$$
 and
$$d' = d - 0,5 \cdot h$$
- A "ÇIKIŞ" (Exit) button.

Şekil 4.17. Mil üzerinde kama hesap formu

Bu sayfada seçilen bölümün mil çapı, mil uzunluğu, mil üzerindeki kama yuvası derinliği ve malzemenin kayma modülü sırasıyla girilerek o parçanın ilgili esnekliği hesaplanmış olur. Çıkış tuşuyla bu formdan çıkılır ve tekrar hesap formu ara sayfasına dönülür.

8. Mil göbek bağlantısı butonu seçildiğinde Şekil 4.18'de gösterilen sayfa ekrana gelmektedir. Mil üzerindeki göbek bağlantılarının mile olan etkisi hesaplanmaktadır.

The screenshot shows a software window titled "MİL GÖBEK BAĞLANTISI". It contains the following elements:

- Input fields: $d = 0$ mm, $l = 0$ mm, $D = 0$ mm, and $G = 0$ N/mm².
- Output fields: $e = 0$ rad / Nmm and $e = 0$ rad / Nm.
- Formulas:
$$e = \frac{32}{\pi \cdot G} \cdot \frac{k \cdot l_i}{d^4}$$
,
$$k = 0,25 \beta + (1 - 0,25 \beta) \frac{1}{\alpha^4 - 1}$$
,
$$\beta = \frac{d}{l_i}$$
, and
$$\alpha = \frac{D}{d}$$
- A "ÇIKIŞ" (Exit) button.

Şekil 4.18. Mil göbek bağlantısı hesap formu

Bu sayfada seçilen bölümün mil çapı, mil uzunluğu, göbek çapı ve malzemenin kayma modülü sırasıyla girilerek o parçanın ilgili esnekliği hesaplanmış olur. Çıkış tuşuyla bu formdan çıkılır ve tekrar hesap formu ara sayfasına dönülür.

9. Mil üzerinde çentik butonu seçildiğinde Şekil 4.19'de gösterilen sayfa ekrana gelmektedir. Mil üzerindeki çap değişimlerinin çentik etkisi nedeniyle, milde oluşturduğu esnekliği hesaplanmaktadır.

The screenshot shows a software window titled "MİL ÜZERİNDE ÇENTİK FAKTÖRÜ". It features several input fields: d (mm), D (mm), G (N/mm²), d/D, and λ/d. A central box displays the formulas for x and e. Below the formulas is a table with two rows and 11 columns. The first row is d/D (0,0 to 0,9) and the second row is λ/d (0,125 to 0,040). At the bottom, there are two output fields for e (rad/Nmm and rad/Nm) and a "ÇIKIŞ" button.

d/D	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
λ/d	0,125	0,122	0,118	0,113	0,108	0,101	0,093	0,081	0,064	0,040

Şekil 4.19. Mil üzerinde çentik faktörü sayfası

Bu sayfada seçilen bölümün küçük mil çapı, büyük mil çapı ve malzemenin kayma modülü sırasıyla girilir. d / D oranı otomatik hesaplanıp sayfaya yazdırılır. d / D oranına göre λ / d katsayısı tablodan seçilmek suretiyle parçanın ilgili esnekliği hesaplanmış olur. Çıkış tuşuyla bu formdan çıkılır ve tekrar hesap formu ara sayfasına (Şekil 4.15) dönülür. Böylece yapılan hesaplama sonuçları hesap formu ara sayfasında ilgili butonun yanındaki kutuya yazdırılmış olur. Hesap formu ara sayfasından çıkış tuşuyla esneklik hesaplamaları giriş mili sayfasına (Şekil 4.13) geçilir. Daha önce seçilmiş ve hesaplaması tamamlanmış olan butonunun altına toplam esneklik değeri otomatik olarak yazdırılmış olur. Bu işlem tüm parçalara uygulanarak giriş milinin esnekliği hassas bir biçimde hesaplanmış olur.

10. Giriş mili parçalarının tümü hesaplandıktan sonra esneklik hesaplamaları giriş mili sayfasından (Şekil 4.13) çıkış tuşuyla esneklik Hesaplamaları giriş mili ara sayfasına (Şekil 4.12) geçilir. Burada dişli çark esneklik hesabı butonu seçilir. Karşımıza gelen ekran dişli çarkın dişlerinde meydana gelen esnekliğin hesaplanması için hazırlanan dişli çarkın esneklik hesabı sayfasıdır (Şekil 4.20).

The screenshot shows a software interface for calculating the deflection of a gear. The window title is "DIŞLİ ÇARKIN ESNEKLİK HESABI (GİRİŞ MİLİ)". On the left, there are four input fields: "b" with a value of 0 and unit "mm", "r" with a value of 0 and unit "mm", "α" with a value of 0, and "K_{DÇ}" with a dropdown menu and unit "m²/N". In the center, a white box contains the formula:
$$e_{D.Ç.} = K_{D.Ç.} \frac{1}{b \cdot r^2 \cdot \cos^2 \alpha}$$
. Below the formula, there is an output field for "e" with a value of 0 and unit "rad / Nm". At the bottom right, there is a button labeled "ÇIKIŞ".

Şekil 4.20. Dişli çarkın esneklik hesabı sayfası

Bu sayfada dişli çarkın diş genişliği, taksimat dairesi yarıçapı, kavrama açısı ve birim normal basınca göre elastik deformasyon faktörü katsayısı sırasıyla girilerek dişli çarkın dişlerinde oluşan esneklik değeri hesaplanmış olur. Çıkış tuşuyla bu formdan çıkılır ve esneklik hesapları ana sayfasına (Şekil 4.11) dönülür.

Yukarıda anlatılan işlemler ara ve çıkış millerine de uygulanır. Böylece redüktörün esneklik değerleri hassas bir biçimde hesaplanmış olur.

4.2.3. Novikov profilli dişli çarklardan oluşan redüktörde güç ve hareket ileten parçaların rijitliğinin hesabı

Esnekliğin, aynı zamanda rijitliğin tersine eşit olduğunu ve (4.11) denklemi kullanılarak hesaplayabileceğimizi daha önce belirtmiştik. Hazırladığımız programda esneklik değerleri hesaplanan millerin ve mil üzerinde bulunan makine elemanlarının rijitlikleri otomatik olarak hesaplanıp rijitlik sayfasına yazılmaktadır. Bu sayfaya ulaşabilmek için program ana sayfasından (Şekil 4.3) rijitlik değeri butonu seçilmesi yeterlidir.

Karşımıza rijitlik değerleri giriş sayfası çıkmaktadır (Şekil 4.21). Bu sayfada herhangi bir hesaplama işlemi yapılmamaktadır. Rijitlik değerlerine bakılmak istenen milin adının yazdığı üst butona basmak yeterlidir. Karşımıza gelen ekranda esneklikleri hesaplanan millerin rijitliği programda otomatik olarak hesaplatıp kendi bölgesine yazdırılmaktadır.

Şekil 4.21. Rijitlik değerleri giriş sayfası

Şekil 4.22. Rijitlik değerleri giriş mili sayfası

Şekil 4.23 Rijitlik değerleri ara mili sayfası

4.3. Redüktörün Eşdeğer ve İndirgenmiş Dinamik Modelinin Oluşturulması

4.3.1. Redüktörün eşdeğer dinamik modelinin oluşturulması

Titreşimli sistemlerin serbestlik derecelerinin sayısı ile eşit sayıda tabii frekans değerleri vardır (Rivin, 1966). Ancak pratikte çoğu zaman dış harmonik yani, etkilendirici kuvvetlerin etkisi altında bulunan sistemlerde tabii frekanslar $f \leq 100... 200$ Hz dir ve bu frekanslarda titreşim formlarının yüksek değerlerinin bilinmesine gereksinim duyulmaz. Buna bağlı olarak n serbestlik dereceli dinamik modellerin $0 < f < f_{lim}$ ($f_{lim} = 100...200$ Hz) sınır şartları içerisinde serbestlik derecesini düşürerek $k < n$ olan yeni bir dinamik sistem oluşturabiliriz. Oluşturulan bu k serbestlik dereceli yeni dinamik sistem bu sınır şartları içerisinde sistemin karakteristiği ile yaklaşık olarak aynı olacaktır. Bunlara bağlı olarak dinamik sistemlerin serbestlik derecelerinin düşürülmesi yöntemlerini araştıralım.

Tipik olan iki farklı a ve b kısmi sistemleri verilirse, önce Şekil 4.24’de verilen dinamik sisteme bakalım. Şekil 4.24 a’da verilmiş olan sistem I_k atalet momentine sahip kütle ve esneklikleri e_{k-1} ve e_k olan iki esnek elemandan oluşmaktadır. Diğer kısmi sistem elemanlarının bu sisteme etkisi sol tarafta T_{k-1} burulma momenti ile ve φ_{k-1} dönme açısı ile, sol tarafta T_k burulma momenti ile ve φ_k dönme açısı ile değiştirilmiştir. I_k kütleinin dönme açısı φ_k ile gösterilmiştir. Bu sistemin denge denklemi

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{e_k}(\varphi_{k-1} - \varphi_k) &= T_{k-1}; \\ I_k \ddot{\varphi}_k + \frac{1}{e_{k-1}}(\varphi_k - \varphi_{k-1}) + \frac{1}{e_k}(\varphi_k - \varphi_{k+1}) &= 0; \\ -\frac{1}{e_k}(\varphi_k - \varphi_{k+1}) &= -T_{k+1} \end{aligned} \right\} \quad (4.20)$$

şeklinde yazılır.

Harmonik titreşimlerde $\varphi = F e^{i\omega t}$ ve $T = T_0 e^{i\omega t}$ olduğundan bu ifadeler (4.20) ifadesinde yerine yazılırsa kondurulursa ve φ_k ihmal edilirse

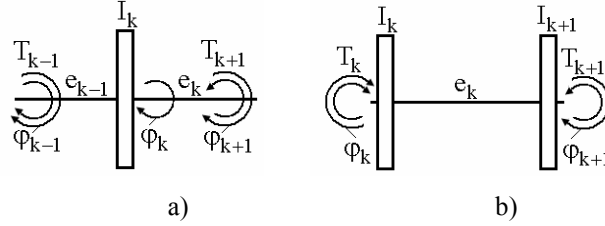
$$\left. \begin{aligned} F_{k+1} &= (e_{k-1} + e_k - e_{k-1} e_k I_k \omega^2) T_{0_{k-1}} + (1 - e_k I_k^2)_{k-1}; \\ T_{0_{k+1}} &= (1 - e_{k-1} I_k \omega^2) T_{0_{k-1}} - I_k \omega^2 F_{k-1} \end{aligned} \right\} \quad (4.21)$$

veya

$$\left. \begin{aligned} F_{k+1} &= (e_{k-1} + e_k) \left(1 - \frac{\omega^2}{n_{ak}^2} \right) T_{0_{k-1}} + \left(1 - \frac{e_{k-1} + e_k}{e_{k-1}} \frac{\omega^2}{n_{ak}^2} \right) F_{k-1}; \\ T_{0_{k+1}} &= \left(1 - \frac{e_{k-1} + e_k}{e_{k-1}} \frac{\omega^2}{n_{ak}^2} \right) T_{0_{k-1}} - I_k \omega^2 F_{k-1} \end{aligned} \right\} \quad (4.22)$$

ifadeleri bulunur. Burada $n_{ak} = \frac{1}{\sqrt{I_k \frac{e_{k-1} e_k}{e_{k-1} + e_k}}}$ - a tipi için k'lı sistemin kısmi çevresel frekansdır.

(4.22) ifadesinde F_{k-1} ve $T_{0_{k-1}}$ giriş parametrelerinin sistemi etkilediği gözükmektedir.



Şekil 4.24. Zincir şekilli burulma – titreşimli dinamik sistemler

Analoji olarak Şekil 4.24 b’de verilmiş olan sistem için de

$$\left. \begin{aligned} I_k \ddot{\phi}_k + \frac{1}{e_{k-1}} (\phi_k - \phi_{k+1}) &= T_k; \\ I_{k+1} \ddot{\phi}_{k+1} + \frac{1}{e_k} (\phi_{k+1} - \phi_k) &= -T_{k+1}, \end{aligned} \right\} \quad (4.23)$$

veya

$$\left. \begin{aligned} F_{k+1} &= e_k T_{0_k} + (1 - e_k I_k \omega^2) F_k; \\ T_{0_{k+1}} &= (1 - e_k I_{k+1}) T_{0_k} - \omega^2 (I_k + I_{k+1} - e_k I_k I_{k+1}) F_k \end{aligned} \right\} \quad (4.24)$$

$$\left. \begin{aligned} F_{k+1} &= e_k T_{0_k} + \left(1 - \frac{I_k + I_{k+1}}{I_{k+1}} \frac{\omega^2}{n_{ak}^2}\right) F_k; \\ T_{0_{k+1}} &= \left(1 - \frac{I_k + I_{k+1}}{I_k} \frac{\omega^2}{n_{ak}^2}\right) T_{0_k} - (I_k + I_{k+1}) \omega^2 \left(1 - \frac{\omega^2}{n_{ak}^2}\right) F_k \end{aligned} \right\} \quad (4.25)$$

ifadeleri yazılabilir. Burada $n_{kb} = \frac{1}{\sqrt{e_k \frac{I_k I_{k+1}}{I_k + I_{k+1}}}}$ - b tipi için k'lı sistemin kısmi çevresel

frekansdır.

Eğer a tipi sistem (Şekil 4.24 a) b tipi sistem (Şekil 4.24 b) ile değiştirilirse, yeni sistemin parametreleri

$$I'_k = \frac{e_k}{e_{k-1} + e_k} I_k; \quad (4.26)$$

$$I'_{k+1} = \frac{e_{k-1}}{e_{k-1} + e_k} I_k; \quad (4.27)$$

$$e'_k = e_{k-1} + e_k \quad (4.28)$$

şeklinde yazılır ve $n'_{kb} = n_{ka}$ olur. (4.24) ifadesine göre değişilen sistemin denklemleri

$$\left. \begin{aligned} F'_{k+1} &= (e_{k-1} + e_k) T_{0k} + \left(1 - \frac{e_{k-1} + e_k}{e_{k-1}} \frac{\omega^2}{n_{ka}^2} \right) F_k ; \\ T'_{0k+1} &= \left(1 - \frac{e_{k-1} + e_k}{e_k} \frac{\omega^2}{n_{ka}^2} \right) T_{0k} - \omega^2 I_k \left(1 - \frac{\omega^2}{n_{ka}^2} \right) F_k \end{aligned} \right\} \quad (4.29)$$

şeklinde ifade edilir.

Analoji olarak eğer b tipi sistem (Şekil 4.24 b) a tipi sistem (Şekil 4.24 a) ile değiştirilirse yeni sistemin parametreler

$$I''_k = I_k + I_{k+1} ; \quad (4.30)$$

$$e''_{k-1} = \frac{I_{k+1}}{I_k + I_{k+1}} e_k ; \quad (4.31)$$

$$e''_{k-1} = \frac{I_{k+1}}{I_k + I_{k+1}} e_k \quad (4.32)$$

şeklinde yazılır ve $n''_{ka} = n_{kb}$ olur. (4.21) ifadesine göre değişilen sistemin denklemleri

$$\left. \begin{aligned} F''_{k+1} &= e_k \left(1 - \frac{\omega^2}{n_{kb}^2} \right) T_{0k} + \left(1 - \frac{I_k + I_{k+1}}{I_{k+1}} \frac{\omega^2}{n_{kb}^2} \right) F_k ; \\ T''_{0k+1} &= \left(1 - \frac{I_k + I_{k+1}}{I_k} \frac{\omega^2}{n_{kb}^2} \right) T_{0k} - \omega^2 (I_k + I_{k+1}) F_k \end{aligned} \right\} \quad (4.33)$$

şeklinde ifade edilir.

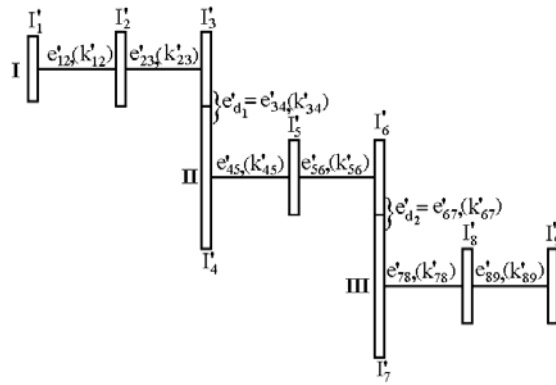
Esas sistemin ve değişilen sistemin (4.24) ve (4.29) denklemleri birbirinden dört katsayı yerine iki katsayı ile farklı olduğu anlaşılır. Bu fark gerekli $\left(1 - \frac{\omega^2}{n^2} \right)$ katsayıları çarpımı ile ifade edilir. Bu zaman $\omega^2 \ll n^2 - \left(1 - \frac{\omega^2}{n^2} \right) \approx 1$ olduğundan esas ve değişilen sistemler eşdeğer dinamik sistemli dinamik modellerdir denilir.

Bu metot kısmi sistemlerin, a tipi sistemlerden b tipi sistemlere veya tersine değiştirilmesinde kullanılır. Ancak bu kuralın uygulanabilmesi için sistemin karakteristiğinin çarpıtılması ve $n^2 \gg \omega_{lim}^2$ şartını sağlaması gerekir. Burada $\omega_{lim} = 2\pi f_{lim}$ 'dir.

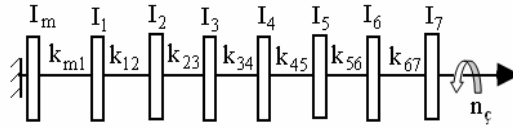
4.3.2. Redüktörün indirgenmiş dinamik modelinin oluşturulması

Güç ve hareket iletim elemanlarının dinamik modelleri oluşturulduktan sonra hesapları basitleştirmek için indirgenmiş dinamik modellerin oluşturulması gerekir (Rivin, 1966; Samidov, Baxşiyev, 1979). Bilindiği gibi, dinamik modelleri oluşturmak için ayrı ayrı millerin montaj

resimleri (mil üzerinde yerleşen dişli çarklar, kaplinler, mil – göbek bağlantıları, yataklar v.b) çizilir, ayrı ayrı bölgelere bölünür ve her bir bölgede atalet momentleri (kütleleri), esneklikleri hesaplanır ve sonuçta birleştirilerek hesap şeması veya dinamik model oluşturulur. Mekanizmaların milleri, farklı hızlarla farklı yönlerde döndüğü için dinamik modeller çok büyük hacimli ve karmaşık bir sistem oluşturur. Buna göre de dinamik modeller birbirleri ile güç ve hareket iletim elemanları ile bağlanmış ayrı ayrı basit titreşim sistemlerinin bileşiminden oluşur (Şekil 4.25).



Şekil 4.25. Redüktörün esas dinamik modeli



Şekil 4.26. Redüktörün indirgenmiş dinamik modeli

Bu tip sistemin potansiyel W ve kinetik T enerjileri

$$W = \frac{1}{2} \sum_i k_i (\varphi_{i+1} - \varphi_i)^2 = \frac{1}{2} \sum_i \frac{1}{e_i} (\varphi_{i+1} - \varphi_i)^2, \quad (4.34)$$

$$T = \frac{1}{2} \sum_i I_i \dot{\varphi}_i^2 \quad (4.35)$$

şeklinde yazılır. Burada k_i, e_i - esnek bölgelerin rijitliği ve esneklikleri; I_i - kütlelerin atalet momentleri; $\varphi_i, \dot{\varphi}_i$ - i no'lu kütlelerin dönme açıları ve dönme hızlarıdır.

Lagrange denkleminin yardımı ile sistemin (4.34) ve (4.35) hareket denklemi yazılabilir. Buna bağlı olarak farklı millerde bulunan parametre kütlelerinin dönme açıları ve dönme hızları ile kinematik bağları, yani çevrim oranları arasında bir ilişkinin sağlanması gerekir.

Örneğin 1. ve 2. miller arasındaki dişli çark çiftlerine bağlı çevrim oranı u_1 olursa indirgenmiş dönme açısı $\varphi_3^* = \varphi_3 u_1$ olur. Ancak dinamik hesapları basitleştirmek için tüm atalet

momentlerinin, esnekliklerin veya rijitliklerin önceden seçilmiş olan indirgenme miline indirgenmiş olması gerekmektedir. İndirgenmiş mil olarak giriş veya çıkış mili olabilir. Giriş milini k ile, çıkış milini ise n ile işaret edelim.

İndirgenmiş mil olarak giriş k mili kabul edilirse, n çıkış mili üzerinde yerleşen I_i , e_i veya k_i değerlerinin k miline indirgenmesi, yani

$$\varphi_i^k = \varphi_i u_{nk}, \quad (4.36)$$

$$\dot{\varphi}_i^k = \dot{\varphi}_i u_{nk} \quad (4.37)$$

şeklinde ifade edilir. Burada φ_i^k ve $\dot{\varphi}_i^k$ - i no'lu kütlelerin k miline indirgenmiş dönme açıları ve dönme hızlarıdır; u_{nk} - n mili ile k mili arasındaki çevrim oranıdır.

Potansiyel W ve kinetik T enerjilerinin ifadelerinin değişmemesi için I_i , e_i veya k_i değerlerinin indirgenmiş halleri

$$I_i^k = \frac{I_i}{u_{nk}^2}, \quad (4.38)$$

$$k_i^k = \frac{k_i}{u_{nk}^2}, \quad (4.39)$$

$$e_i^k = e_i u_{nk}^2 \quad (4.40)$$

ifadeleri ile bulunur.

İndirgenmiş mil olarak n çıkış mili kabul edilirse, k giriş mili üzerinde yerleşen I_i , e_i veya k_i değerlerinin n miline indirgenmesi, yani

$$\varphi_i^n = \varphi_i u_{kn}, \quad (4.41)$$

$$\dot{\varphi}_i^n = \dot{\varphi}_i u_{kn} \quad (4.42)$$

şeklinde ifade edilir. Burada φ_i^n ve $\dot{\varphi}_i^n$ - i no'lu kütlelerin n miline indirgenmiş dönme açıları ve dönme hızlarıdır; u_{kn} - k mili ile n mili arasındaki çevrim oranıdır.

Potansiyel W ve kinetik T enerjilerinin ifadelerinin değişmemesi için I_i ve e_i veya k_i elementlerinin indirgenmiş değerleri

$$I_i^n = \frac{I_i}{u_{kn}^2}, \quad (4.43)$$

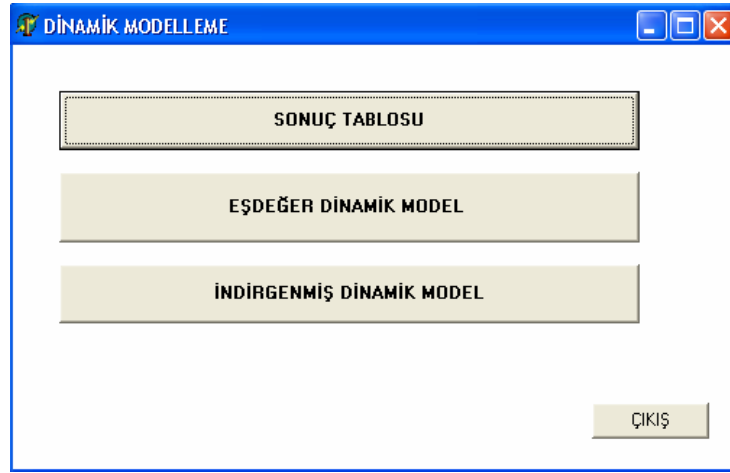
$$k_i^n = \frac{k_i}{u_{kn}^2}, \quad (4.44)$$

$$e_i^n = e_i u_{kn}^2 \quad (4.45)$$

ifadeleri ile bulunur.

4.3.3. Redüktörün eşdeğer ve indirgenmiş dinamik modellerinin, dinamik modelleme programıyla oluşturulması

Hazırladığımız dinamik modelleme programında ana sayfasından dinamik modelleme tuşuna basılarak dinamik modelleme ana sayfası açılır (Şekil 4.27). Buradan sonuç tablosu tuşu seçilerek esneklik, atalet momenti ve rijitliği hesaplanan parçaların sonuç değerleri tablo halinde ekranımıza gelir (Şekil 4.28).



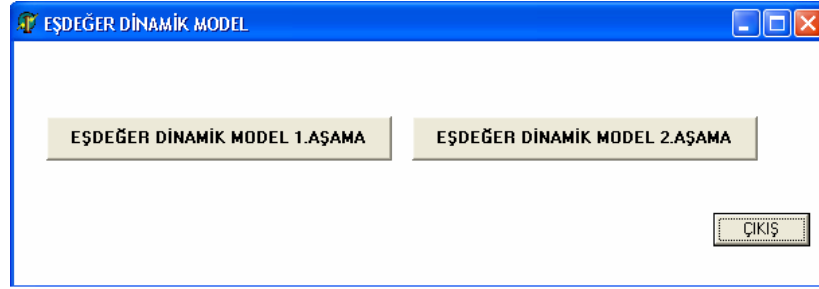
Şekil 4.27. Dinamik modelleme ana sayfası

	GİRİŞ MİLİ		ARA MİLİ		ÇIKIŞ MİLİ		
	BÖLÜM 1	BÖLÜM 2	BÖLÜM 1	BÖLÜM 2	BÖLÜM 1	BÖLÜM 2	BÖLÜM 3
ESNEKLİK Rad/Nm							
MİLİN ESNEKLİĞİ	714759875501	318,804e-7	4,45605830669	0,00021223693	1,99240534995	8,71221435339	0
DİŞLİ ÇARKIN ESNEKLİĞİ	0	5,57615915207	1,04309425297	1,10389167842	3,52605701818	0	0
DİŞLİ KAPLININ ESNEKLİĞİ							2,92785139954
ATALET MOMENTİ Nms²							
MİLLERİN ATALET MOMENTİ	0,00976231526	0,00038840199	0,00114830585	0,04510285624	0,47151091974	0,00364005766	0,10206353898
MOTOR MİLİ ATALET MOMENTİ	9,8125						
RIJİTLİK							
MİLİN RIJİTLİĞİ	8871,95253846	31367,1920914	224413,580607	4711,71518859	50190,5899832	1147813,81568	0
DİŞLİ ÇARKIN RIJİTLİĞİ	0	179334,910056	958686,137081	9058859,84594	28360290,1156	0	0
DİŞLİ KAPLININ RIJİTLİĞİ							34154738,8694

Şekil 4.28. Sonuç tablosu

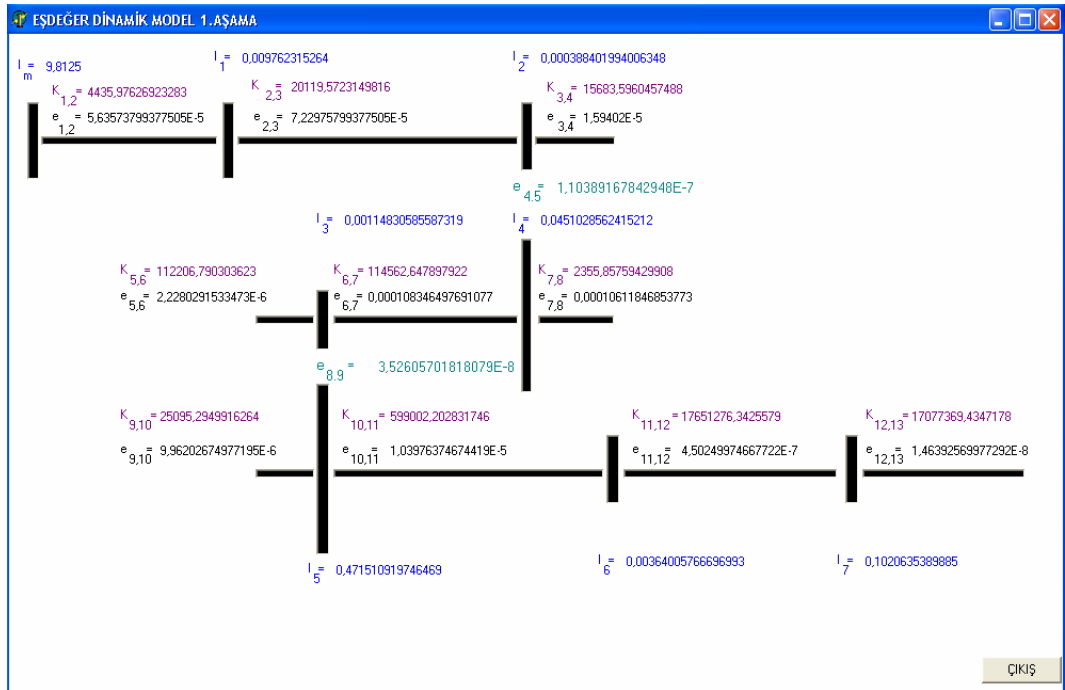
4.3.3.1. Redüktörün eşdeğer dinamik modelinin oluşturulması

Dinamik modelleme ana sayfasından (Şekil 4.27) eşdeğer dinamik model tuşu seçilir (Şekil 4.29).



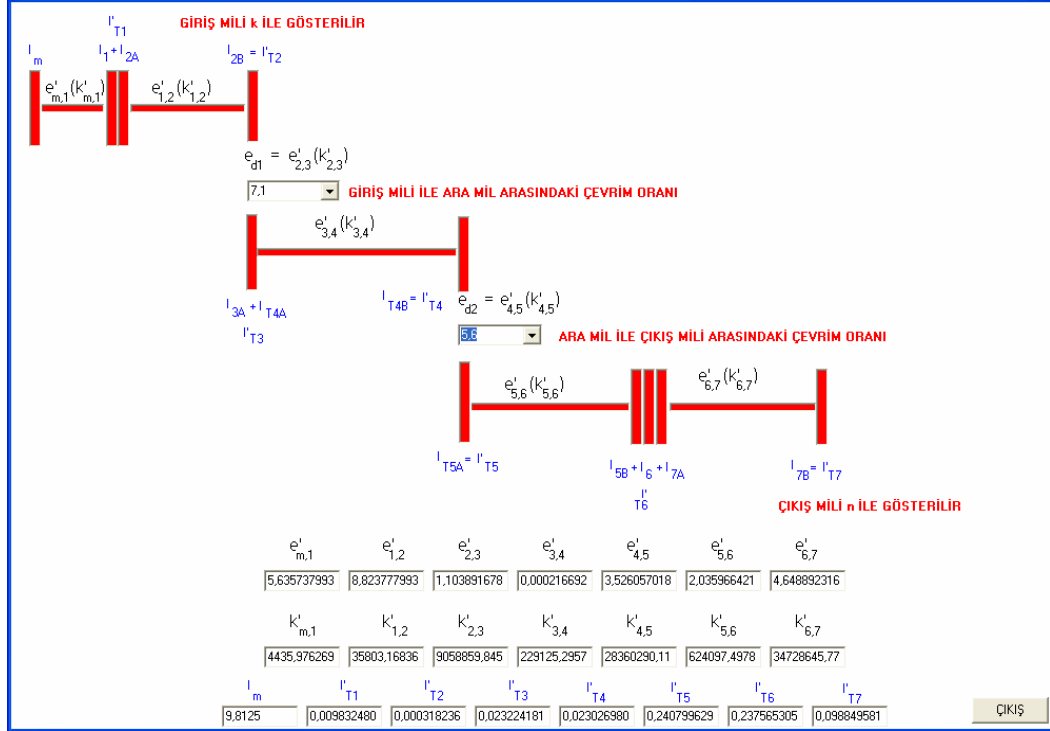
Şekil 4.29. Eşdeğer dinamik model sayfası

Eşdeğer dinamik modelleme iki aşama olarak hazırlanmıştır. Birinci aşama tuşu ile karşımıza gelen ekranda (Şekil 4.30) redüktör üzerinde bulunan mil, dişli çark, kaplinler ve bu elemanlara ait daha önce hesaplanan esneklik, rijitlik ve atalet momentleri kendi bölgelerinde gösterilmektedir.



Şekil 4.30. Eşdeğer dinamik modelleme 1.aşama

Bu ekrandan çıkış tuşu ile ayrılarak Eşdeğer dinamik model sayfasına geri dönlür. Eşdeğer dinamik model sayfasından ikinci aşama tuşu seçilerek Şekil 4.31 ekranı çağrılmış olur.

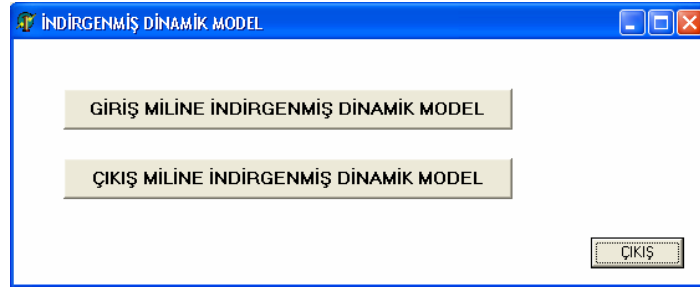


Şekil 4.31. Eşdeğer dinamik modelleme 2. aşama

Eşdeğer dinamik modelleme 2. aşama sayfasında yukarıda anlatılan eşdeğer modelin oluşturulması yöntemlerinden a tipi modelin b tipine dönüştürülmesi uygulanmıştır. İndirgenmiş modeli oluşturabilmek için sadece bu sayfada çevrim oranları kutularına değer girmek yeterlidir. Çevrim oranları değerleri seçildikten sonra çıkış tuşuyla bu sayfadan çıkılır ve Dinamik modelleme ana sayfasına ulaşılır.

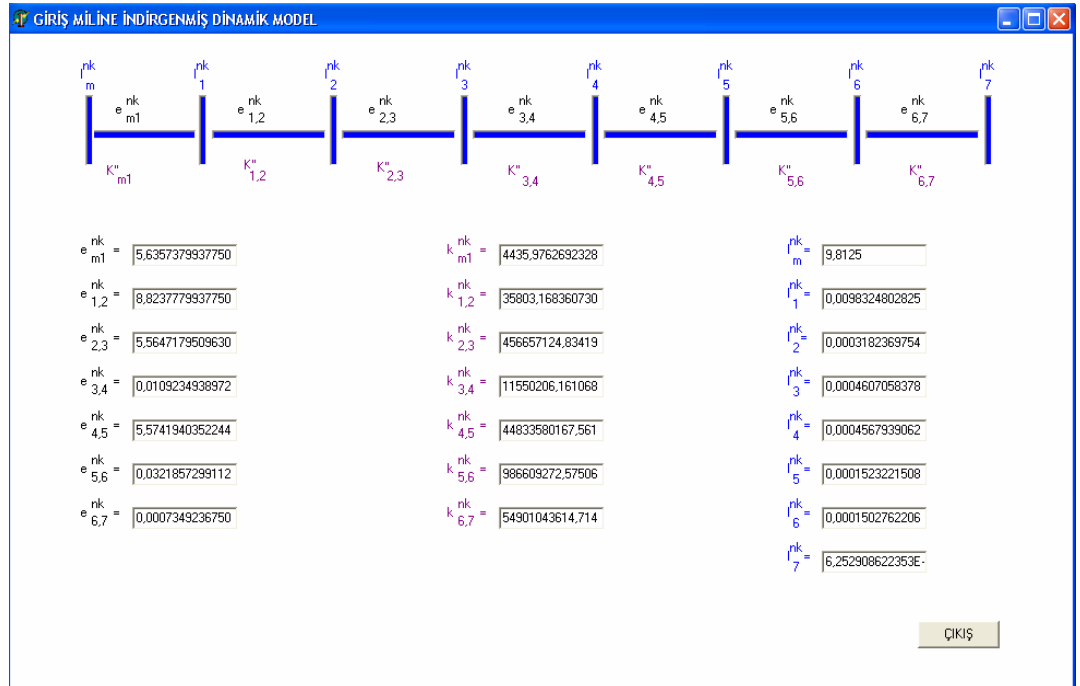
4.3.3.2. Redüktörün indirgenmiş dinamik modelinin oluşturulması

İndirgenmiş dinamik modeli görmek için Dinamik modelleme ana sayfasından (Şekil 4.27) indirgenmiş dinamik model tuşunu seçmek yeterlidir. Karşımıza gelen İndirgenmiş dinamik model ana sayfasında (Şekil 4.32) giriş miline indirgenmiş dinamik model ve çıkış miline indirgenmiş dinamik model tuşları mevcuttur. Bu tuşlardan istenilen seçilerek indirgenmiş dinamik model giriş ya da çıkış miline uygulanabilir.



Şekil 4.32. İndirgenmiş dinamik model ana sayfası

Giriş miline indirgenmiş dinamik model tuşu seçildiğinde aşağıdaki sayfa gelmektedir. (Şekil 4.33)



Şekil 4.33. Giriş miline indirgenmiş dinamik model sayfası

Bu sayfada tüm atalet momentleri, esneklik ve rijitlik değerleri giriş miline indirgenmiştir. Her mil bölgesine birer numara verilmiş ve indirgenmiş değerler kutular halinde sayfada gösterilmiştir.

Çıkış miline indirgenmiş dinamik model tuşu seçildiğinde aşağıdaki sayfa gelmektedir (Şekil 4.34). Bu sayfada tüm atalet momentleri, esneklik ve rijitlik değerleri çıkış miline indirgenmiştir. Her mil bölgesine birer numara verilmiş ve indirgenmiş değerler kutular halinde sayfada gösterilmiştir.

ÇIKIŞ MİLİNE İNDİRGENMİŞ DİNAMİK MODEL

$e_{m1}^{kn} =$	<input type="text" value="0,0890929923906"/>	$k_{m1}^{kn} =$	<input type="text" value="2,8060568322110"/>	$l_m^{kn} =$	<input type="text" value="0,0062070739325"/>
$e_{1,2}^{kn} =$	<input type="text" value="0,1394913650217"/>	$k_{1,2}^{kn} =$	<input type="text" value="22,647940181791"/>	$l_1^{kn} =$	<input type="text" value="6,2197128207723"/>
$e_{2,3}^{kn} =$	<input type="text" value="0,0001745095549"/>	$k_{2,3}^{kn} =$	<input type="text" value="5730,3452543398"/>	$l_2^{kn} =$	<input type="text" value="2,0130654112735"/>
$e_{3,4}^{kn} =$	<input type="text" value="0,0067954923351"/>	$k_{3,4}^{kn} =$	<input type="text" value="7306,2913200205"/>	$l_3^{kn} =$	<input type="text" value="0,0007405670052"/>
$e_{4,5}^{kn} =$	<input type="text" value="1,1057714809015"/>	$k_{4,5}^{kn} =$	<input type="text" value="904345,98583130"/>	$l_4^{kn} =$	<input type="text" value="0,0007342787249"/>
$e_{5,6}^{kn} =$	<input type="text" value="2,0359664217213"/>	$k_{5,6}^{kn} =$	<input type="text" value="624097,49782337"/>	$l_5^{kn} =$	<input type="text" value="0,2407996297561"/>
$e_{6,7}^{kn} =$	<input type="text" value="4,6488923166545"/>	$k_{6,7}^{kn} =$	<input type="text" value="34728645,777275"/>	$l_6^{kn} =$	<input type="text" value="0,2375653054683"/>
				$l_7^{kn} =$	<input type="text" value="0,0988495811775"/>

ÇIKIŞ

Şekil 4.34. Çıkış miline indirgenmiş dinamik model sayfası

Delphi 5.0 programı ile hazırlanan dinamik modelleme programının yazılımı Ek. 4.1'de verilmiştir.

4.4. Sonuç

1. Dinamik modelleme yapmak için Delphi 5.0 programı ile bilgisayar destekli yeni bir program yazılmıştır.
2. Novikov profilli silindirik helisel dişli çarklardan oluşan iki kademeli redüktörün dinamik modeli oluşturulmuş ve matematiksel sonuçlar alınmıştır.
3. Titreşim proseslerinin araştırılması ve optimizasyonu için ana modele eşdeğer olan indirgenmiş dinamik model oluşturulmuştur.

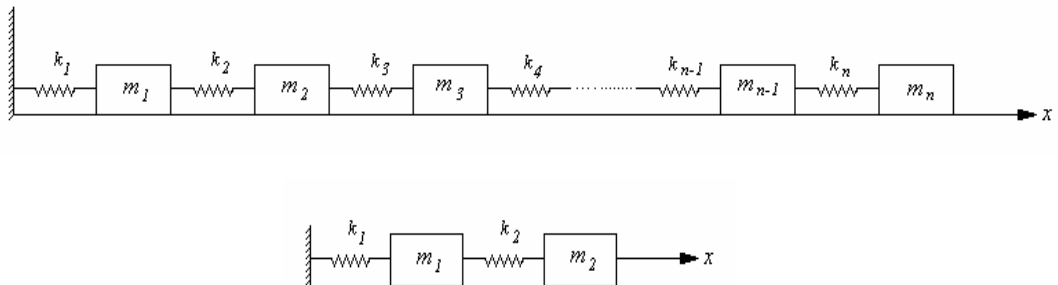
BÖLÜM V

5. NOVİKOV PROFİLLİ İKİ KADEMELİ SİLİNDİRİK REDÜKTÖRÜN TİTREŞİM PROSESLERİNİN TEORİK TEDKİKİ

5.1. Sistemin Linear Hareket Denklemleri

Geleneksel yaklaşıma göre düşük frekanslı ($f \leq 100 \dots 200$ Hz) titreşimlerde makinaların güç ve hareket iletim mekanizmaları çok elemanlı parametreye sahip, yani n serbestlik dereceli lineer sistem gibi göz önüne alınır. Bu şekilde yaklaşım hiçbir olumsuzluk oluşturmaz, aksine daha da mekanik olaylara zarar vermeden hesap modellerinin basitleştirilmesini sağlar ve böylece matematiksel işlemleri oldukça azaltabilir. Hesap modellerinde çok kapsamlı matematiksel işlemlerin olması günümüzde makinaların güç ve hareket iletim mekanizmalarının dinamiksel karakteristiklerinin gerekli optimizasyon işlemlerinin yerine getirilmesini engellemektedir. Bu nedenle yeni efektif hesap yöntem ve metotları geliştirerek hesap ve işlem hacminin daha da azaltılmasını sağlayabiliriz. Böylece dinamik sistemlerin optimizasyonu için yeni optimizasyon yöntem ve metotlarının kullanımı sağlanabilir. Dinamik sistemlerin hesabında kullanılan matematiksel modeller dinamik sistemlere ait olduğundan, sisteme göre dinamik model olarak isimlendirilmesi daha uygun olur. Dinamiksel modeller veya sistemler; Zincir, Budaklanmış ve Kapalı şekilli olarak üç gruba ayrılır. Dinamik sistemlerin hesabında en çok zincir şekilli dinamiksel modeller kullanılmaktadır. Tezde zincir şekilli dinamiksel modelin lineer hareket denklemi yazılmış ve onların daha basit kullanım şekli olan matris denklemleri verilmiştir (Bakşiyev; Ertaş, 2003). Denklemi kapsayan matrislerin yazılış şekilleri gösterilmiştir.

Uygulamalı titreşim teorisinde zincir şekilli sistemler, birbiri ile elastik ilişki ile bağlanmış atalet momentlerinin veya kütlelerin toplamına denir. Şekil 5.1'de $m_1, m_2, m_3, m_1, \dots, m_n$ kütleler zinciri rijitlikleri $k_1, k_2, k_3, \dots, k_n$ olan elastik yaylarla bağlanmaktadır. Zincir şekilli bu sistem x yatay eksenini boyunca öteleme titreşim hareketi yapabilir.



Şekil 5.1. Zincir şekilli dinamiksel sistemin yatay eksen boyunca öteleme titreşim hareketi yapması

Şekil 5.1'de gösterilen iki serbestlik dereceli sistem için hareket denklemini yazalım. m_1 ve m_2 kütlelerinin denge konumundan uzaklaşmalarını x_1 ve x_2 ile gösterelim. Bu durumda m_1 kütlelerine birinci yay tarafından uygulanan kuvvet

$$F_{11} = -k_1 x_1, \quad (5.1)$$

ikinci yayın uyguladığı kuvvet ise

$$F_{12} = -k_2 (x_1 - x_2) \quad (5.2)$$

şeklinde yazılır. Toplam kuvvet

$$F_1 = -k_1 x_1 + k_2 (x_1 - x_2) \quad (5.3)$$

şeklinde yazılır.

m_2 kütlelerine yalnız ikinci yay tarafından kuvvet uygulanabilir.

$$F_2 = k_2 (x_1 - x_2) \quad (5.4)$$

$\Sigma F = ma$ 'nın tatbiki ile serbest titreşimlerde

$$m_1 \ddot{x}_1 = F_1 \quad \text{ve} \quad m_2 \ddot{x}_2 = F_2 \quad (5.5)$$

yazılırsa, iki serbestlik dereceli sistem için (Şekil 5.2) hareket denklemini

$$\left. \begin{aligned} m_1 \ddot{x}_1 &= -k_1 x_1 + k_2 (x_1 - x_2) \\ m_2 \ddot{x}_2 &= k_2 (x_1 - x_2) \end{aligned} \right\}$$

yazılır. Düzenleme yapılırsa

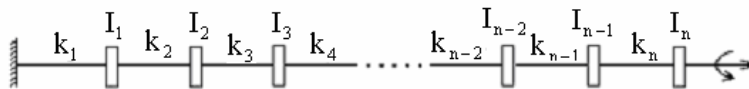
$$\left. \begin{aligned} m_1 \ddot{x}_1 + (k_1 + k_2)x_1 - k_2 x_2 &= 0 \\ m_2 \ddot{x}_2 - k_2 x_1 + k_2 x_2 &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (5.6)$$

elde edilir.

Serbestlik derecesi sayısı n olan öteleme, yani düzgün lineer sistem için (5.6)denklemini

$$\left. \begin{aligned} m_1 \ddot{x}_1 + (k_1 + k_2)x_1 - k_2 x_2 &= 0 \\ m_2 \ddot{x}_2 - k_2 x_1 + (k_2 + k_3)x_2 - k_3 x_3 &= 0 \\ m_3 \ddot{x}_3 - k_3 x_3 + (k_3 + k_4)x_3 - k_4 x_4 &= 0 \\ \dots & \\ m_i \ddot{x}_i - k_i x_i + (k_i + k_{i+1})x_i - k_{i+1} x_{i+1} &= 0 \\ m_n \ddot{x}_n - k_n x_{n-1} + k_n x_n &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (5.7)$$

elde edilir. Dönme veya burulma hareketi yapan sistemler için (Şekil 5.2) analogik olarak (5.7) denklemini



Şekil 5.2. Dönme veya burulma hareketi yapan n serbestlik dereceli sistemin şematik gösterimi

$$\left. \begin{aligned}
 I_1 \ddot{\varphi}_1 + (k_1 + k_2)\varphi_1 - k_2\varphi_2 &= 0 \\
 I_2 \ddot{\varphi}_2 - k_2\varphi_2 + (k_2 + k_3)\varphi_2 - k_3\varphi_3 &= 0 \\
 I_3 \ddot{\varphi}_3 - k_3\varphi_3 + (k_3 + k_4)\varphi_3 - k_4\varphi_4 &= 0 \\
 \cdot &\cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \\
 \cdot &\cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \\
 \cdot &\cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \\
 I_1 \ddot{\varphi}_1 - k_1\varphi_1 + (k_1 + k_{i+1})\varphi_1 - k_{i+1}\varphi_{i+1} &= 0 \\
 I_n \ddot{\varphi}_n - k_n\varphi_{n-1} + k_n\varphi_n &= 0
 \end{aligned} \right\} \quad (5.8)$$

şeklinde yazılabilir. Burada $m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$ sistem elemanlarının kütleleri; $I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$ sistem elemanlarının atalet momentleri; $k_1, k_2, k_3, \dots, k_n$ sistemin rijitlikleri; $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ sistemin lineer deplasmanları; $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \dots, \varphi_n$ sistemin dönme açılarıdır.

(5.6) ve (5.7) denklemleri daha basit matris şeklinde aşağıdaki gibi yazılabilir:

- öteleme hareketinde;

$$M \ddot{X} + K X = 0, \quad (5.9)$$

- dönme hareketinde;

$$I \ddot{\Phi} + K \Phi = 0. \quad (5.10)$$

Burada M ve I kütle ve atalet matrisleri; K rijitlik matrisi; X ve Φ öteleme ve burulma yer değişim vektörleridir.

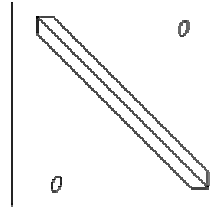
Zincir şekilli sistemler (Şekil 5.1) için (5.9) ve (5.10) hareket denklemlerinde M, J ve K matrisleri köşegen matrislerdir.

$$M = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & m_2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & m_3 & \dots & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & \dots & m_n \end{bmatrix} \equiv \text{diag}(M_n) \quad (5.11)$$

$$I = \begin{bmatrix} I_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & I_2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & I_3 & \dots & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & \dots & I_n \end{bmatrix} \equiv \text{diag}(I_n) \quad (5.12)$$

$$K = \begin{bmatrix} k_1+k_2 & -k_2 & 0 & \dots & \dots & 0 \\ -k_2 & k_2+k_3 & -k_3 & \dots & \dots & 0 \\ 0 & -k_3 & k_3+k_4 & \dots & \dots & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \dots & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \dots & -k_{n-1}+k_n & k_n \end{bmatrix} \quad (5.13)$$

veya şematik olarak



şeklinde gösterilebilir. K matrisinin sıfırdan farklı köşegen elemanları;

$$k_1+k_2, k_2+k_3, \dots, k_{n-1}+k_n, k_n$$

ve köşegene simetrik olan elemanları;

$$-k_2, -k_3, -k_4, \dots, -k_n$$

oluşmuştur.

X ve Φ matrisleri ise sütun (vektör) matrislerdir. Böylece matrisler üzerinde yapılan işlemler sonucu (5.9) ve (5.10) denklemlerinden (5.7) ve (5.8) sistem denklemleri elde edilmiş olur.

Hareket denklemlerinin matris şeklinde yazılışı tamamen görseldir ve kullanımı kolaydır.

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_{n-1} \\ x_n \end{bmatrix} \quad \text{ve} \quad \Phi = \begin{bmatrix} \varphi_1 \\ \varphi_2 \\ \varphi_3 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \varphi_{n-1} \\ \varphi_n \end{bmatrix} \quad (5.14)$$

5.2. Serbest Titreşimler ve Novikov Profilli İki Kademeli Silindirik Redüktörün Tabii Frekanslarının ve Titreşim Formlarının Araştırma Metotları

Tatbik edilen dış kuvvetlerin frekansı, makina sisteminin tabii frekansına eşit olduğu anda rezonans meydana gelir. Tahrik mekanizmalarının dinamik karakteristiğinin optimizasyonu için, güç ve hareket mekanizmalarının tabii frekanslarının, dönme frekansından uzaklaştırılması

gerekmektedir. Bu bakımdan tabii frekansların ve titreşim formlarının hesaplanması önümüze çıkan esas problemlerden birisi sayılmaktadır (Uilkinson, 1970; Baxşiyev, 2000).

Sistemin rezonans frekanslarını incelerken, tabii frekanslarını ve bunlara bağlı olan titreşim formlarını bulmak yeterlidir. Bunlar da serbest titreşim denklemi olan (5.10) dan

$$I\ddot{\Phi} + K\Phi = 0$$

elde edilir.

(5.10) lineer hareket sistem denkleminin genel çözümü

$$\Phi(t) = A e^{i\omega t} \quad (5.15)$$

şeklindedir. (5.15) ifadesi (5.10) denkleminde yerine konulursa A amplitüdü için cebir sistem denklemi

$$(k - \omega^2 I)A = 0 \quad (5.16)$$

bulunmuş olur.

Amplitüdün sıfırdan farklı $A \neq 0$ değerleri için (5.16) ifadesini sıfıra eşitlemek gerekir:

$$\det(k - \lambda I) = 0, \quad (5.17)$$

burada $\lambda = \omega^2$ alınmıştır.

Eğer (5.16) ifadesini açarak çözssek λ 'ya göre n 'ci dereceden cebir denklemini bulmuş oluruz. Bu denklemin n sayıda λ_k kökleri vardır. λ_k 'nın büyüklükleri tabii spektrum değerlerini, $\omega_k \equiv \sqrt{\lambda_k}$ ise sistemin tabii frekanslarının değerlerini tayin eder. λ_k 'nın her bir değeri (5.17) ifadesinde yerine konulursa ω_k tabii frekanslarında serbest titreşimlerin A_k uygun amplitüdüleri bulunmuş olur. Başka deyimle, uygun tabii frekansların ω_k değerlerine denk gelen A_k vektör – sütun matrisi

$$A_k = \begin{pmatrix} a_{1k} \\ a_{2k} \\ a_{3k} \\ \vdots \\ \vdots \\ a_{nk} \end{pmatrix} \quad (5.18)$$

uygun tabii vektör veya titreşim formu olur. n sayıda A_k 'nın n – boyutlu vektörleri toplamı,

$(n \times n)$ U kare matrisini

$$U = (A_1, A_2, A_3, \dots, A_n) = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \quad (5.19)$$

oluşturur ve modal matris adını taşır. n sayıdaki λ_k ise Λ köşegen matrisini

$$\Lambda = \text{diag}(\lambda_k) = \begin{pmatrix} \lambda_1 & & & & \\ & \lambda_2 & & & 0 \\ & & \lambda_3 & & \\ & & & \cdot & \\ & & & & \cdot \\ 0 & & & & \\ & & & & \\ & & & & \lambda_n \end{pmatrix} \quad (5.20)$$

meydana getirir ve spektral matris adını alır.

λ_k ve A_k tabii sayılarını bulmak için şimdilerde çok sayıda kullanılan özel metot ve algoritmalar mevcuttur. Bu metotlar çok zor olan (5.17) tanımlayıcı ifadesini çevirmez, ancak koordinatları bir U matrisi şekline dönüştürür. U matrisi

$$K(\omega) = k - \omega^2 I \quad (5.21)$$

rijitlik matrisini

$$K(\omega) \Rightarrow U^T K(\omega) U = \text{diag}(\Phi_i(\omega)) = \text{diag}(\omega_k^2 - \omega^2) \quad (5.22)$$

köşegen şekle çevirir. Bunun fiziksel anlamı : - özel koordinatlara (normal koordinatlar) geçiş anlamına gelir, yani bir birine bağlı olan osilatörler, aralarında hiçbir bağlantı olmayan serbest osilatör toplumuna dönüşür.

Yeniden (5.16) denkleme göz atalım ve denklemde $\lambda = \omega^2$ yazalım :

$$(k - \lambda I)A = 0.$$

(5.16)'nın sol tarafını $I^{-\frac{1}{2}} = \text{diag}(1/\sqrt{I_k})$ köşegen matrisine çarpıp ve bazı çevrimler

yapılırsa

$$\begin{aligned} I^{-\frac{1}{2}}(k - \lambda I) \begin{pmatrix} I^{-\frac{1}{2}} & \\ & I^{\frac{1}{2}} \end{pmatrix} A &= 0 = \\ &= \left[\begin{pmatrix} I^{-\frac{1}{2}} & k & I^{-\frac{1}{2}} \end{pmatrix} - \lambda I^{-\frac{1}{2}} I I^{-\frac{1}{2}} \right] \begin{pmatrix} I^{\frac{1}{2}} & \\ & A \end{pmatrix} \end{aligned}$$

ifadesi bulunur. Görüldüğü gibi

$$I^{-\frac{1}{2}} I I^{-\frac{1}{2}} = E$$

birim matrisidir. Öyleyse,

$$I^{-\frac{1}{2}} k I^{-\frac{1}{2}} \equiv C$$

ve

$$I^{\frac{1}{2}} A \equiv V$$

işaret edilirse

$$(C - \lambda_k E) V_k = 0 \quad (5.23)$$

ifadesi bulunur. Bu ifadeyi daha alışık şekilde, yani tabii büyüklüğü standart cebir denklemi

$$C V_k = \lambda_k V \quad (5.24)$$

olarak yazılabilir. Matris şeklinde bu denklem

$$C V = V \Lambda \quad (5.25)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada Λ - spektral matris, V - modal matristir. V matrisi hem de ortogonal matristir.

$$V^{-1} = V^T$$

veya

$$V^T V = V V^T = E .$$

Burada belirtmek gerekir ki, gerekli olan sonraki değerlendirme oranı

$$V^T K V = \Lambda \equiv \text{diag}(\lambda_k), \quad (5.26)$$

$$V^T I V = E \quad (5.27)$$

şeklinde ifade edilecektir. Burada E - birim matrisidir.

5.3. Zincir Şekilli Dinamiksel Modelin Tabii Frekanslarının Hesabı

Matematiksel olarak çözeceğimiz problem, simetrik, pozitif çözülebilen üç köşegenli matrislerin birkaç en küçük tabii frekans değerlerinin bulunması için optimal bir metodun seçilmesidir.

Matris hesap metotlarının analizinde, deneyler sonucunda QL ve QR metotlarının daha yüksek efektifli olduğu anlaşılmıştır.

Üç köşegenli matrislerin birkaç en küçük tabii frekanslarının tayin edilmesinde QR – algoritmasının büyüklükleri, adım adım monoton olarak değişen kaymaların hesabı için kullanılan Newton metodu ile birleştirilmesi daha kullanışlı olmasını göstermektedir. Sıfır elemanlı üç köşegenli matrislerin üst köşegen elemanları ile sıfır elemanlı üç köşegenli matrislerin alt köşegen elemanlarının çarpımı şeklinde verilmiş olan üç köşegenli matrislere Holeçki (Uilkinson ve Ark.,

1976; ..) açılımının ikinci dereceden tatbiki denir ve QR – algoritmasının her bir adımı gibi göz önüne alınması gerekir. Holeçki açılımında her bir adımın n'ci dereceden karekökünü almak gerekir. Bundan kaçınmak, hesaplamayı basitleştirmek ve hesap hacmini belirgin şekilde getirmek için mutlaka QD algoritması (Rutshauser, 1983; Bauery, 1986) denilen metottan yararlanmak gerekir. Böylece, önce QR algoritmasını oluşturalım.

Üç köşegenli matris

$$T = \begin{vmatrix} d_1 & 1 & & & & \\ b_2^2 & d_2 & 1 & & & 0 \\ & b_3^2 & d_3 & 1 & & \\ & & \dots & \dots & \dots & \\ & & & \dots & \dots & \\ & 0 & & & \dots & \\ & & & & & b_n^2 & d_n & 1 \end{vmatrix} = A_0 \quad (5.28)$$

şeklinde verilir. Problemin fiziksel anlamından yola çıkarak, bu matrisin pozitif çözümlü olduğunu görebiliriz. QR – algoritmasının her bir adımı, başlangıç A matrisini s büyüklükte kaydırmakla bulunan $A - sE$ sonuç matrisini QD algoritması yardımı ile (kare kökleri hesaplamamak şartı ile) üst ve alt iki köşegenli matrislerin çarpımı şeklinde

$$A - sE = LR = \begin{vmatrix} 1 & & & & & \\ e_1 & 1 & & & & 0 \\ & e_2 & 1 & & & \\ & & \dots & \dots & \dots & \\ & & & \dots & \dots & \\ & 0 & & & \dots & \\ & & & & & e_n & 1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} q_1 & 1 & & & & \\ q_2 & 1 & & & & 0 \\ & q_3 & 1 & & & \\ & & \dots & \dots & \dots & \\ & & & \dots & \dots & \\ & 0 & & & \dots & \\ & & & & & e_n & 1 \end{vmatrix} \quad (5.29)$$

ifade edilebilir.

Daha sonra

$$A' = RL \quad (5.30)$$

matrisi oluşturulur ve yeniden (5.29) ifadesinde olduğu gibi açılım $A' = R'L'$ şeklinde oluşturulur. En sonda $A'' = R'L'$ matrisi oluşturulur ve nihayet A matrisinin değeri bir sonraki adım için bulunur. Böylece metodun yazılış semasını

$$\left. \begin{aligned} q_1 &= d_1 - s; \\ e_2 &= b_2^2 / q_1; & q'_1 &= q_1 + e_2; \\ q_i &= d_i - s - e_i; & e'_i &= e_i (q_i / q'_i - 1); \\ d'_{i-1} &= q'_{i-1} + e'_i; & e_{i+1} &= b_{i+1}^2 / q_i; \\ q'_i &= q_i - e'_i + e_{i+1}; & b_i^2 &= e'_i / q'_i; \\ d''_n &= q'_n, \end{aligned} \right\} \quad (5.31)$$

şeklinde ifade edebiliriz. Burada $i = 2, 3, 4, \dots, n$ 'dir. Buradan görüldüğü gibi

$$e_i / q'_{i-1} = e' / q_i \quad \text{ve} \quad q' - e_{i+1} = q_i - e'_i \quad (5.32)$$

ifadesi yazılabilir. Buna göre de en doğru şart

$$q'_i + e_{i+1} = \frac{q_i}{q_{i-1}} (q'_{i-1} - e_i) = \frac{q_i \dots q_2}{q'_{i-1} \dots q'_1} (q'_i - e_2)$$

şeklinde ifade edilebilir ve buradan

$$q_i + e'_i = \frac{q_i \dots q_1}{q'_{i-1} \dots q'_1} \quad (5.33)$$

ifadesi bulunur. Sallantıların ve bir çok başka özel soruların Newton denklemi ile çözümü, istenilen sonucun daha çabuk elde edilmesine yardım eder ve güç ve hareket mekanizmalarının dinamiksel modellerinin özelliklerini göz önünde bulundurarak, yüksek hassasiyet ve stabiliteye sahip olduğunu gösterir.

Araştırmalar sonucu Ulkinson ve Reynş'in (1976) tanınmış paket programlarının (Ulkinson, 1970) RATQR adlı algo – programına çok yakın olduğu görülmüştür. FORTRAN ve PASKAL dillerinin en modern düşüncelerini göz önüne alarak, tarafımızdan tavsiye edilmiş olan metod hayata geçirilmiş, çok sayıda problemlere uygulayarak kontrol edilmiştir ve gerçekleştirilmiştir.

Sonuç olarak söyleye biliriz ki, tarafımızdan tavsiye edilmiş olan metod, Matematiksel Cebir'in bütün modern toplu yöntemlerini içermekle beraber, araştırılan sistemler için çok efektif sayılabilir.

PASKAL dilinde yazılmış olan programın metni ve çalıştırma yönergesi Ek. 5.1'de verilmiştir

5.4. Zincir Şekli Dinamik Modellerinin Titreşim Formlarının ve Zorlanmış Titreşimlerinin Tayini

5.2. bölümünde n serbestlik dereceli lineer sistemler için hareketin matris şekilli denklemleri ve bunların birkaç en küçük tabii frekans değerlerinin bulunmasının optimal çözüm metodu verilmiştir. En küçük tabii frekans değerleri güç ve hareket iletim mekanizmalarının dinamik karakteristiklerinin optimizasyon işlemlerinin yerine getirilmesi için yeterli sayılabilir. Ancak bazı hallerde optimizasyon işlemlerinin önünde, ortalarında veya sonlarında titreşim formlarının incelenmesine, amplitüd - frekans karakteristiği (AFK) diyagramlarının çizimine ve titreşim seviyesinin veya burulma frekans yer değişiminin incelenmesine, başka deyimle, tabii frekansların belli değerlerine bağlı titreşim formlarının hesaplanmasına gereksinim duyulur.

Hareket eden gerçek makina sistemi için lineer hareket denklemlerinin uygulanması doğru sayılamaz. Hem elastik sistemler ve hem de faydalı bir iş prosesi yapan makinalar, gerçekte lineer olmayan bir karakteristiğe sahiptir. Bazı durumlarda, birçok araştırmalar için, lineer sistemlerin incelenmesi yeterli olmadığında, lineer olmayan diferansiyel hareket denklemlerini incelemek gerekir.

Tabii frekansların hesabı ile birlikte çoğu zaman bulunmuş tabii frekansların değerlerine uygun olarak titreşim formlarının da hesaplanmasına gereksinim duyulur. Bu halde titreşim formlarının hesabi için ön görülen ve en çok kullanılan ters iterasyon metodudur. Bu metot bir sıra hesaplama işlemlerinde uygulanmıştır, ancak bunlardan en efektif olanı TRISTURM (Uilkinson,; Reynş, 1976) programı sayılır. İterasyon metodunu yapmak için, verilen X_0 birim vektörüne göre

$$(A - \lambda E) X_{l+1} = K_l X_l \quad (5.34)$$

denklemini kullanılır. K_l parametresinin büyüklüğü, $\|X_{l+1}\| = 1$ vektörünün değerlendirilmesini yerine getirmek için seçilir.

Tabii frekansların ve bunlara bağlı olan titreşim formlarının belli değerlerine göre zorlanmış titreşimlerin bulunmasına imkân sağlar ve verilmiş olan harmonik etkilendiriciye bağlı sistemin Amplitüt - Frekans Karakteristiği (AFK) çizilebilir.

$M(t)$ dış kuvvetlerin etkisi altında bulunan güç ve hareket iletim mekanizmalarının lineer olmayan hareket denklemi veya zorlanmış titreşim denklemi matris şeklinde

$$I \ddot{\Phi} + D \dot{\Phi} + K \Phi = M(t) \quad (5.35)$$

ifade edilebilir. Burada D – sönüm matrisi; $M(t)$ – dış kuvvetlerin etkisinden meydana gelen moment vektörü ve genellikle döner güç ve hareket iletim mekanizmalarının düğümlerinin dengesizliğinden tayin edilir. Genellikle $M(t)$, ω frekansı ile

$$M(t) = M_0 e^{i\omega t} \quad (5.36)$$

harmonik ikaz ve

$$M_0 = \begin{pmatrix} M_1^0 \\ M_2^0 \\ M_3^0 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ M_n^0 \end{pmatrix}$$

amplitüdünü ile harmonik bir şekil göstermektedir.

Eğer tüm $\lambda_k = \omega_k^2$ tabii frekanslar ve tüm V_k titreşim formları belli olursa, yani spektral Λ ve modal V matrisleri belli olursa, onda (5.26) ve (5.27)

$$V^T K V = \Lambda \equiv \text{diag}(\lambda_k) \quad \text{ve} \quad V^T I V = E$$

ifadeleri indirgenmiş normal koordinat sisteminde (5.35) denklemini oluşturur.

Buna göre D sönüm matrisinin yaklaşım karakteristiğini göz önüne alarak ve bunun normal koordinatlarda köşegen matris olduğunu hedefleyerek

$$\Delta \equiv V^T D V = \Lambda \equiv \text{diag}(\delta_k)$$

şeklinde yazabiliriz. Bunlara dayanarak (5.35) denkleminde

$$(V^T I V)V^{-1} \ddot{\Phi} + (V^T D V)V^{-1} \dot{\Phi} + (V^T K V)V^{-1} \Phi = V^T M_0 e^{i\omega t} \quad (5.37)$$

ifadesini buluruz, ancak :

$$V^T I V = E \quad \text{- birim matrisi,}$$

$$V^T K V = \text{diag}(\omega_k^2),$$

$$V^T D V = \text{diag}(\delta_k).$$

Aynı zamanda

$$V^T M_0 = \begin{pmatrix} \varphi_1 \\ \varphi_2 \\ \varphi_3 \\ \vdots \\ \varphi_n \end{pmatrix} \quad \text{ve} \quad V^{-1} \Phi = \Xi = \begin{pmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \\ \xi_3 \\ \vdots \\ \xi_n \end{pmatrix}$$

işaretleri kabul edilirse, normal koordinat sisteminde güç ve hareket iletim mekanizmalarının hareket denklemini

$$\ddot{\xi}_k + \delta_k \dot{\xi}_k + \omega_k^2 \xi_k = \varphi_k e^{i\omega t} \quad (5.38)$$

şeklinde bulunur. Burada $k = 1, 2, 3, \dots, n$ ' dir.

Harmonik dış etkilere tabi tutulan bu n adet denklem, bir birleri ile harmonik osilatörler ile bağlı değildir. Bu denklemlerin çözümü

$$\xi_k = \alpha_k e^{i\omega t} \quad (5.39)$$

şeklinindedir. Burada α_k - k 'ncü osilatörün kompleks amplitüdüdür. (5.39) ifadesinin çözümü (5.38) denkleminde konulursa

$$(\omega_k^2 - \omega^2 + i\delta_k \omega)\alpha_k = \varphi_k \quad (5.40)$$

ifadesi bulunur. (5.40) ifadesinden α_k amplitüdü

$$\alpha_k = \frac{\Phi_k}{\omega_k^2 - \omega^2 + i\delta_k \omega} \quad (5.41)$$

bulunur. (5.41) ifadesi matris denkleminde de

$$\bar{A} = \text{diag} \left(\omega_k^2 - \omega^2 + i\delta_k \omega \right)^{-1} W \quad (5.42)$$

yazılabilir.

Eğer ters olarak normal koordinat sisteminden fizik koordinat sistemine geçilirse

$$\Phi = V \Xi \quad (5.43)$$

denklemin uygulanabilir ve bu durumda fizik koordinat sisteminde titreşim amplitüdü

$$\begin{aligned} A &= V \bar{A} = V \text{diag} \left(\omega_k^2 - \omega^2 + i\delta_k \omega \right)^{-1} W = \\ &= V \text{diag} \left(\omega_k^2 - \omega^2 + i\delta_k \omega \right) V^T \left(V^T \right)^{-1} W \end{aligned} \quad (5.44)$$

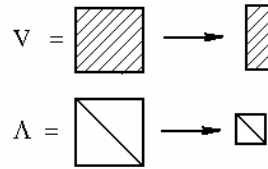
ifadesinden hesaplanabilir.

Ancak, $\left(V^T \right)^{-1} W = M_0$ tayin edilirse, son olarak amplitüd

$$A = V \text{diag} \left(\frac{1}{\omega_k^2 - \omega^2 + i\delta_k \omega} \right) V^T M_0 \quad (5.45)$$

ifadesi ile hesaplanır.

(5.41) ifadesinden kolayca görüldüğü gibi, aslına bakılırsa dış kuvvetler ile ancak tabii frekansları $\omega_k \approx \omega$ olan titreşim formları dikkate alınmalıdır. Başka deyişle, dış kuvvetlerin zorlayıcı frekanslarından uzak olan ω_k biçimli zorlanmış titreşimlerin amplitüdüne katkısı ihmal edilebilir bir düzeydedir. Demek ki, güç ve hareket iletim mekanizmalarının dinamiğinin tasvir edilmesinde çalışma frekansları için titreşim formlarının bir kaçının göz önüne alınması yeterli sayılabilir. Spektral ve modal matrislerin dilinde bunlar aşağıdaki şekilde daraltılabilir demektir:



veya V kare şekilli matristen dik dörtgen matrise geçer, Λ ise 2 – 3 mertebeli köşegen matris gibi daraltılır.

5.5. Sonuç

1. Sistemin lineer hareket denklemleri yazılmış ve algoritmaları verilmiştir.
2. Serbest Titreşim denklemleri araştırılmış ve Novikov profilli iki kademeli silindirik redüktörün tabii frekanslarının ve titreşim formlarının araştırma metotları seçilmiştir.
3. Zincir şekilli dinamiksel modelin tabii frekanslarının hesabı için PASKAL dilinde yazılmış olan programın seçimi yapılmıştır.
4. Zincir şekilli dinamik modellerinin titreşim formlarının ve zorlanmış titreşimlerinin tayini için denklemler yazılmış ve hesap yöntemleri belirlenmiştir.

BÖLÜM VI

6. GÜÇ VE HAREKET İLETİM ELEMANLARININ TİTREŞİM PROSESLERİNİN OPTİMİZASYONUNUN GENEL STRATEJİSİ

Hesaplamalar için gerekli olan seçmiş olduğumuz optimizasyon metodunun genel stratejisini açıklayalım. n serbestlik derecesine sahip dinamik model verilir. Tabii frekansların spektrum hesabı sonucunda tabii frekansların bir veya ikisinin değerinin redüktör milinin çalışma frekansına yakın olduğu, böylece redüktörün rezonansa yakın bir rejimde çalıştığı anlamına gelir. Böyle durumlarda ise titreşimler sistemde ek dinamik kuvvetler meydana getirerek, redüktör elemanlarında dinamik gerilmeleri artırmış olacaktır. Bu hallerde rezonans rejiminden uzaklaşmak için bazı grup elemanların konstrüktif elementlerinde bir takım değişikliklerin yapılması gerekmektedir. Tabii frekansların birisinin değerini değiştirmekle, sistemi rezonans rejiminden uzaklaştırmış oluruz.

6.1. Amaç Fonksiyonu

Sistemin rezonansa yakın bir rejimde çalışması durumunda amaç fonksiyonu olarak Bakşiyev İ.İ Samidov X.S.'nin (1991) torna tezgahlarının dinamik karakteristiğinin optimizasyonu çalışmalarında önerdiği fonksiyon esas alınmıştır. Kriteri olarak tabii frekansların, f_B çalışma frekansından iyi bir uzaklaşma sağlanması için

$$|f_B - f_K| \geq F \quad (6.1)$$

şartı gerekir. Burada F – frekansın kaydırma (sallantı) değeridir ve konstrüktif olarak tayin edilir. Genellikle F 'in değeri 3 ... 5 Hz derecesinde alınabilir.

Buradan yola çıkarak amaç fonksiyonunu

$$\Psi(p_1, p_2, \dots, p_N) = (F - |f_B - f_K|)^2 \quad (6.2)$$

veya

$$\Psi(p_1, p_2, \dots, p_N) = [F^2 - (f_B - f_K)^2]^2 \quad (6.3)$$

şeklinde kabul edebiliriz. Burada F ve f_B – verilen belli değerlerdir, $f_K = f_K(p_1, p_2, \dots, p_N)$ - redüktörün çalışma frekansı f_B 'ye en yakın “tehlikeli” tabii frekans parametrelerine bağlıdır. Böyle hallerde optimizasyon prosedürü $|f_B - f_K| \geq F$ şartına bağlı olarak f_K 'nin büyütülmesi veya küçültülmesi ile eşitsizlik yerine getirilir.

Alışkanlık bakımından amaç fonksiyonunun, f_B 'ye daha yakın olan iki f_1 ve f_2 tabii frekanslarının veya f_B çalışma frekansının iki f_1 ve f_2 tabii frekanslarının arasında bulunduğu zaman

$$f_1 < f_B < f_2 \quad (6.4)$$

gerçekleştirilmesi daha doğru sayılır. Bu halde prosedür iki adet eşitsizliğin

$$|f_B - f_1| \geq F \quad (6.5)$$

ve

$$|f_B - f_2| \geq F \quad (6.6)$$

yardımla yerine getirilmelidir.

Bu şartları birleştirerek amaç fonksiyonunu

$$\Psi(p_1, p_2, \dots, p_N) = (F - |f_B - f_1|)^2 + (F - |f_B - f_2|)^2 \quad (6.7)$$

şeklinde ifade edebiliriz veya alışkanlık bakımından

$$\Psi(p_1, p_2, \dots, p_N) = \frac{1}{(f_B - f_1)^2} + \frac{1}{(f_B - f_2)^2} \quad (6.8)$$

şeklinde yazılabilir.

Bu konu ile ilgili yapılacak olan çalışmalarda amaç fonksiyonu olarak her ikisi de seçilebilir. Bilgisayarda hesaplamaları yaparken arayış prosesinde özgül olarak bu veya diğer parametreyi veya da bir grup parametreleri değiştirmekle prosese müdahale edilebilir.

Optimizasyon işlemi yapmak için PASKAL dilinde yazılmış olan ESN programının metni ve çalışma yönergesi Ek. 6.2'de verilmiştir

6.2. Sonuç

Redüktörlerin zincir ve budaklanmış dinamik modellerinin titreşim proseslerinin optimizasyonu için metod seçimi yapılmıştır.

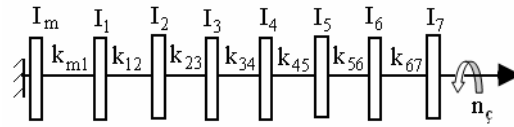
BÖLÜM VII

7. REDÜKTÖRÜN DİNAMİK KARAKTERİSTİĞİNİN HESABI VE TİTREŞİM PROSESLERİNİN OPTİMİZASYONU

7.1. Redüktörün Zincir Şekilli Dinamik Modelinin Dinamik Karakteristiğinin Hesabı

Bölüm 4’de Novikov profilli dişli çark redüktörünün oluşturulan indirgenmiş dinamik modelinin serbestlik derecesinin $n = 8$ olduğu hesaplamalar sonucu ortaya çıkmıştır.

Novikov profilli dişli çarklardan oluşan redüktörün çıkış milinin dönme hızına bağlı olan redüktörün indirgenmiş dinamik modeline (Şekil 7.1) ve dinamik modelin burulma rijitliklerinin ve atalet momentlerinin değerlerine (Cetvel 7.1) göre tavsiye edilen metot ve program yardımı (Ek. 5.1) ile tabii frekansların sonraki hesaplar için gerekli olan en küçük değerleri hesaplanmış ve sonuçlar Cetvel 7.2’de verilmiştir



Şekil 7. 1. Novikov profilli dişli çarklardan oluşan redüktörün çıkış miline indirgenmiş dinamik modeli

Cetvel 7. 1. Çıkış miline indirgenmiş dinamik modelin burulma rijitliklerinin ve atalet momentlerinin değerleri

Çıkış dönme hızı $n_ç = 72,9 \text{ d/d}$ ($f_ç = 1,215 \text{ Hz}$) olan Novikov profilli dişli çarklardan oluşan redüktörün çıkış miline indirgenmiş dinamik modelin burulma rijitliklerinin ve atalet momentlerinin değerleri		
Kütlelerin nolu, i	Burulma rijitlikleri $k_{ji}, 10^4 \text{ Nm/r}$	Atalet momentleri $I_i, 10^{-4} \text{ Nm s}^2$
m	0,00000	62,0707
1	0,00028	0,06219
2	0,00227	0,00201
3	0,57304	7,40567
4	0,73063	7,34279
5	90,4346	2408,00
6	62,4098	2375,65
7	3472,86	988,496

Cetvel 7. 2. Tabii frekansların hesap değerleri

Novikov profilli dişli çarklardan oluşan redüktörün çıkış milinin dönme hızına bağlı olan dinamik modelin tabii frekanslarının hesap değerleri						
Çıkış milinin dönme hızı	Çıkış milinin dönme frekansı f_c , Hz	Tabii frekanslar				
		f_1 , Hz	f_2 , Hz	f_3 , Hz	f_4 , Hz	f_5 , Hz
$n_c = 72,9$ d/d	1,215	28,415	73,628	256,263	538,231	...

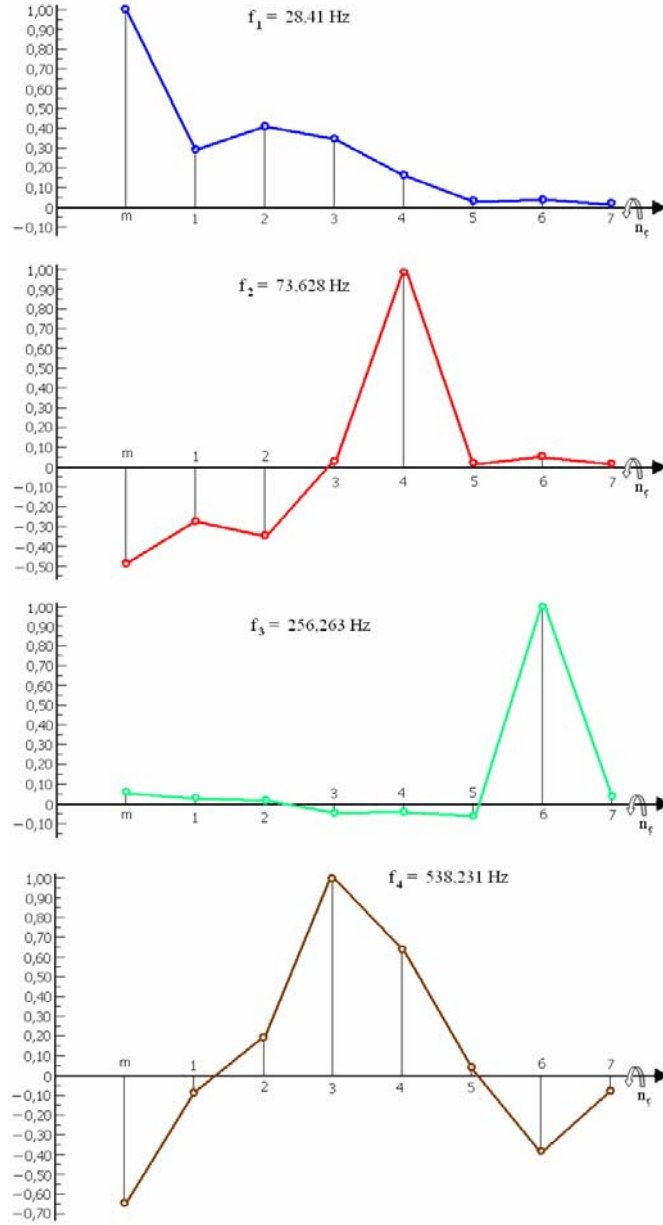
7.2. Titreşim Formlarının Hesabı

Tabii frekansların hesabı ile birlikte çoğu zaman bulunmuş tabii frekansların değerlerine bağlı olarak titreşim formlarının da hesaplanmasına gereksinim duyulur.

Novikov profilli dişli çark redüktörünün oluşturulan indirgenmiş dinamik modelin Bölüm 7.1’de hesaplanmış olan, tabii frekanslarına bağlı olarak titreşim formları hesaplanmış ve sonuçlar Cetvel 7.3’te verilmiş, titreşim formlarının resimleri Şekil 7.2’de gösterilmiştir.

Cetvel 7. 3. Tabii frekans ve titreşim formlarının hesap değerleri

Novikov profilli dişli çarklardan oluşan redüktörün çıkış milinin $n_c = 72,9$ d/d ($f_c = 1,215$ Hz) dönme hızına bağlı olan redüktörün tabii frekans ve titreşim formlarının hesap değerleri						
Kütelerin nolu i	Burulma rijitlikleri k_{ji} , 10^4 Nm /rad	Atalet momentleri I_i , 10^{-4} Nm s ²	Tabii frekansların bulunan belli değerlerine göre titreşim formlarının hesaplanmış değerleri			
			$f_1 = 28,415$ Hz	$f_2 = 73,628$ Hz	$f_3 = 256,263$ Hz	$f_4 = 538,231$ Hz
1	2	3	4	5	6	7
m	0,00000	62,0707	1,0000	- 0,4923	0,0592	- 0,6282
1	0,00028	0,06219	0,3042	- 0,2458	0,0158	- 0,0745
2	0,00227	0,00201	0,4328	- 0,3524	0,0036	0,1749
3	0,57304	7,40567	0,3663	0,0255	- 0,0472	1,0000
4	0,73063	7,34279	0,1875	1,0000	- 0,0395	0,6374
5	90,4346	2408,00	0,0093	0,0131	- 0,0563	0,0035
6	62,4098	2375,65	0,0240	0,0532	1,0000	- 0,3829
7	3472,86	988,496	0,0014	0,0078	0,2052	- 0,0749



Şekil 7. 2. Novikov profilli dişli çarklardan oluşan redüktörün çıkış milinin $n_{\dot{c}} = 72,9 \text{ d/d}$ ($f_{\dot{c}} = 1,215 \text{ Hz}$) dönme hızı için indirgenmiş dinamik modelinin titreşim formları

Geniş analiz sonucunda ortaya çıkmıştır ki, çıkış milinin dönme hızı $n_{\dot{\varphi}} = 72,9$ d/d olan Novikov profilli dişli çarklardan oluşan redüktörün çalışma rejiminde tabii frekansları $f_1 = 28,415$ Hz, $f_2 = 73,628$ Hz, $f_3 = 256,263$ Hz, $f_4 = 538,231$ Hz vb. bulunmuştur. Çıkış milinin $n_{\dot{\varphi}} = 72,9$ d/d dönme hızının frekansı ise

$$f_{\dot{\varphi}} = \frac{n_{\dot{\varphi}}}{60} = \frac{72,9}{60} = 1,215 \text{ Hz}$$

olur. En küçük birinci tabii frekans, redüktörün çıkış milinin dönme frekansından çok büyük olduğundan

$$f_1 = 28,415 \text{ Hz} \gg f_{\dot{\varphi}} = 1,215 \text{ Hz}$$

sistemin hiç bir rezonans ve titreşim rejiminde çalışmadığını göstermektedir.

7.3. Redüktörün Zincir Şekilli Dinamik Modelinin Titreşim Proseslerinin Optimizasyonu

Optimizasyon hesapları Bölüm 6'da verilmekte olan metodla ve Ek. 6.2'de verilmiş olan ESFN Paskal programının yardımıyla yerine getirilmelidir. Analiz sonucunda sistemin hiç bir rezonans ve titreşim rejiminde çalışmadığı belli olduğundan optimizasyon işleminin yapılmasına gereksinin duyulmamıştır.

Eğer sistem rezonans ve titreşim rejiminde çalışsaydı, bilgisayarda ESFN Paskal programın kullanarak rezonans veya titreşim meydana getiren k_{ji} rijitlik ve I_i atalet momentlerinin (kütlelerin) değerlerini teker teker değiştirerek redüktörün optimum bir dinamik modelinin parametre değerlerini bulmuş olacaktık.

7.4. Sonuç

1. Yük kaldırma makinesinin tahrik mekanizmasının lineer ve lineer olmayan titreşimleri için yöntemlerin seçimi yapılmış, hesaplamalar için akış şeması ve Paskal dilinde programı belirlenmiştir.

2. Novikov profilli dişli çarklardan oluşan redüktörün çıkış milinin dönme hızına bağlı olan dinamik modelin tabii frekanslarının ve titreşim formlarının değerleri hesaplanmıştır.

3. Zincir şekilli ve budaklanmış dinamik modellerin titreşim proseslerinin optimizasyonu için hesap yönteminin ve Paskal dilinde ESFN programının seçimi yapılmış ve hesaplamalar yerine getirilmiştir.

4. Analiz sonuçları ile sistemin rezonans rejiminden uzak olduğu tespit edilmiş ve buna göre optimizasyon işleminin yapılmasına gerek kalmamıştır.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tezde Novikov profilli dişli çarklardan oluşan redüktörün incelenmesi yapılmıştır. Bu inceleme ile redüktörün dış boyutları ve redüktörü oluşturan makine elemanlarının boyutları hesaplanmış, AUTOCAD programı ile 1:1 ölçeğinde çizilmiş, CATIA katı modelleme programı ile katı modellenmiş, DELPHI programı yardımıyla hazırladığımız Dinamik modelleme programı ile dinamik ve matematiksel model oluşturulmuş ve sonuçlar alınmış, Sistemin tabii frekansı PASCAL programı yardımı ile daha önce hazırlanmış olan paket program ile hesaplanmış, Sistemin titreşim frekansları ve optimizasyonu ESFN programı ile hesaplanarak sonuçlar alınmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

1. Evolvent profilli dişli çarklar ile Novikov profilli dişli çarkların özellikleri karşılaştırılmış ve Novikov profilli dişli çarkların üstünlükleri anlaşılmıştır.

2. Novikov profilli dişli çarkların geometrisi ve mukavemet hesap teorisi yazılmış ve proje hesap kademeleri verilmiştir.

3. Dış Kavramalı Novikov profilli ve Evolvent profilli silindirik dişlilerden oluşan iki kademeli redüktörü olan krenin yük kaldırma mekanizmasının proje hesapları yapılmış ve Novikov profilli yük kaldırma mekanizmasının şekillendirilmesi, yani montaj resmi çizilmiş ve katı modellemesi yapılmıştır. Novikov profilli redüktörün ebat boyutlarının Evolvent profilli redüktöre kıyasla \approx % 30,5 daha küçük olduğu belirlenmiş ve Novikov profilli güç ve hareket iletim elemanlarının ekonomik bakımdan daha kullanışlı olduğu kanıtlanmıştır.

4. Titreşim proseslerinin analizi, dinamik proseslerin optimizasyonunu gerçekleştirmek ve optimal projelendirilmesi için sistemin dinamik modellemesi yapılmıştır. Dinamik modelleme için bilgisayar destekli Delphi 5.0 programı yardımı ile yeni program yazılmıştır.

5. Novikov profilli iki kademeli silindirik redüktörün Serbest ve zorlanmış titreşimlerin tetkiki için yöntem seçilmiş ve yerine getirilmiştir. Zincir şekilli dinamiksel modelin tabii frekanslarının hesabı için algoritma ve PASKAL dilinde program kullanılarak tabii frekanslarının ve titreşim formlarının değerleri hesaplanmıştır.

6. Zincir şekilli ve budaklanmış dinamik modellerin titreşim proseslerinin optimizasyonu için hesap yönteminin akış şeması ve Paskal dilinde ESFN programının seçimi yapılmış ve hesaplamalar yapılarak sonuçlar alınmıştır.

Günümüz imalat sektöründe küçük boyutlu düşük ağırlıklı güç iletim sistemleri ön plana çıkmış ve bu sistemlerin güç iletim özelliklerinin artırılması için birçok çalışma yapılmış ve hala yapılmaktadır. Bu safhada yapılan bu çalışma ile aynı gücü ileten iki sistem arasında % 30,5 lik fark ortaya çıkmıştır. Aynı gücü iletmek için yeni sistemle % 30,5 boyut ve ağırlık azaltılmış, sistemin imalatı için malzeme, işçilik ve enerjiden tasarruf edileceği sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu fark ülke ekonomisine mikro ve makro ölçekte kazanım sağlayacaktır.

9. KAYNAKLAR

- Akkurt M., 2000, "Makine Elemanları", 720 say., Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Artobolevskiy İ.İ., Blexman İ.İ., Burger İ.A., Azbel Ç.Ç., Alesenko V.V., Astaşev V.K.İ., 1978-1981, "Vibraçii v Texnike", tom1-6, tom 1 - 351 str, Tom 2 – 351 str, Tom 3 – 544 str, tom 4 - 509 str, tom 5 – 496 str, tom 6 – 456 str, Moskva Maşinostroenie.
- Artobolevskiy İ.İ., 1975, "Teoriya Mexanizmovi Maşin", Moskva Nouka.
- Ayres F., 1978, "Diferansiyel ve İntegral Hesap", sanem Çözüm serisi, Ankara.
- Bauer, F.L., 1986, "QD Method With Nevton Shift", Tech Rep., 56. Computer Science Dep., Stanford University.
- Bakşiyev İ.İ., 2006, "Makine Elemanları Ders Notları", El yazması 655 say., Sivas Cumhuriyet Üniversitesi.
- Bakşiyev İ., Bulut S., Kocabıyık T., 2003, "Makinelerin Güç İletim Mekanizmalarının Bilgisayar Destekli Dinamik Modelinin Oluşturulması", 11. Ulusal Makine Teorisi sempozyumu (UMTS 2003), Bildiriler Kitabı 2, Ankara.
- Bakşiyev İ., Ertaş H.E., 2003, "Makinelerin Güç İletim Mekanizmalarının Lineer Hareket Denklemleri", 11. Ulusal Makine Teorisi sempozyumu (UMTS 2003), Bildiriler Kitabı 1, Ankara.
- Bakşiyev İ., Ertaş H.E., 2005, "Makinelerin Tahrik Mekanizmalarının Zincir Şekilli Dinamik Modellerinin Titreşim Formlarının ve Zorlanmış Titreşimlerinin Tayini", 12. Ulusal Makine Teorisi sempozyumu (UMTS 2005), Bildiriler Kitabı cilt II, Say. 37-44, Kayseri.
- Bakşiyev İ., Ertaş H.E., Duman F., 2007, "Güç ve Hareket İletiminde Kullanılan Evolvent Profilli Dişli Çarklar İle Novikov Profilli Dişli Çarkların Karşılaştırılması ve Analizi", 13. Ulusal Makine Teorisi sempozyumu (UMTS 2007), Bildiriler Kitabı cilt II, Say. 501-511, Sivas.
- Bakşiyev İ.İ., 2000, "Optimalnyy Metod Rekomenduyemy Dlya Naxojdeniya Sobstrennix Çastod Çepnix Modeley Privodov Maşin", Ucyoniye Zapiski No:1 No:2, Az isu, Bakü.
- Bakşiyev İ.İ., Samidov X.S., 1991, "Optimizasiya Dinamiçeskix Karakteristik Privodov Tokarnix Stankov", Tezisi Vsesoyuznoy Konferençii po Vibraçionnoy Texnike, Batumi, Oktyabr.
- Biderman V.L., 1980, "Prikladnaya Teoriya Mexaniçeskix Kolebany", 480 str, Vişşaya Skola, Moskva.
- Can A.Ç., 2006, "Makine Elemanları", 438 say., Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Çernavskiy S.A., İçkoviç G. M ve b, 1979, "Kursovoe Proekfirovaniye detoley Maşin", 351 str, Maşinostroenie Moskva.

- Çernavskiy S.A., Snesyaryev G.A. ve b.,1984,"Proyektirovanie Mexaniceckix Peredaç,"Maşino Stroenie,558 str,Moskva.
- Dokumacı E.,1991," Makine Dinamiği",388 say.,İzmir.
- İsmayılzade E.İ.,1967,"Novikov Sistemli Yeni Dişli Çark Ötürmeleri",98 s,Bakı.
- Kalatkin N.N.,1978,"Çislennie Metodi",512 str, Moskva Nouka.
- Karagülle İ.,Pala Z.,2001,"Borland Delphi 5",Türkmen kitabevi,İstanbul.
- Kerimov Z.H.,1985,"Maşın Hisseleri ve Yükaldırıcı Negledici Maşınlar",Maarif,Bakı.
- Kerimov Z.,Hesenov E. Ve s.,1983,"Maşın Hisselerinden Kurs Layihesi", Maarif,Bakı.
- Koç E.,2006,"Makine Elemanları – Çözümlü Problemler",581 say.,Adana.
- Kudinov V.A.,1967,"Dinamika Stankov",359 str, Moskva Maşinostroenie.
- Kudryavçev V.N.,1984,"Kursovoe Proektirovanie Detaley Maşın",400 str,Leningrad Maşinostroenie.
- Maslov G.S.,1980,"Rosçeti Kolebaniy Valov"151 str, Moskva Maşinostroenie.
- ORS – STEYR Rulmanları,"Rulman Kataloğu",Teknik El Kitabı 282 TR, Orta doğu RulmanSanayi ve Ticaret A.Ş.,
- Rivin E.İ.,1966,"Dinamika Privoda Stankov",204 str, Maşinostroenie Moskva.
- Rutshausen,H.,1983," NumerikalMathematcs", pp.95 – 112., 131.Shoup T.E.A Practical Guide to Computer Metods for Engineers, N 9, -Prentice – Hall.
- Sabuncu M.,1991," Makine Dinamiği",406 say.,Birsen Yayınevi,İstanbul.
- Samidov X.S., Baxşiyev İ.İ.,1979," İssledovanie silovogo nagrujeniya i sostavlenie dinamiçeçeskoy modeli tokarno-vintoreznovo stanka 1M63",Nauçno – texniçeskie Otçet,Gos. Reg. No78080203 ot 04.12.1978,İnv No B718392,326 Str, Moskva.
- Samidov X.S., Baxşiyev İ.İ.,1979, "Sostawlenie Dinamiçeskoy Modeli Privoda Tokarno-Vintoreznugo Stanke 1M63",Nauçniye Trudi,Az İNEFTXİMa,No2,Str 47-52,Baku.
- Samidov X.S, Samidov E.X,2003, "Dinamika i Optimalnoe Konctruirovanie Maşın", 622 str,Nuvlan Baku.
- Şemizade V.E.,1981, "Modelirovanie na EVM Kolebaniy Slojnix Dinamiçeskix Sistem v Sbornike,Kolebaniya Slojnix Uprugix Sistem",55-62 str, Moskva Nouka.
- Uilkinson Dj.X.,1970,"Algebraiçeskosya Probleme Sobstrennix Znaçeniy ",564 str, Moskva Nouka.
- Uilkinson, Dj. X., Reynş,K.,1976,"Spravoçnik Algoritmov na Yazıke ALGOL, Lineynaya Algebra", Maşinostroeniye, Moskva.
- Xog E.,Arora Y.,1983,"Prikladnoe Optimalnoe Proektirovanie",479 str, Moskva.
- Vey. V.L.,Koçura A.E.,Martinenko A.M.,1971,"Dinamiçeskie Rasçeti Privodov Maşın",352 str, Leningrad Maşinostroenie.

10. ÖZGEÇMİŞ

1976 yılında Sivas'ta doğdu. İlk ve orta tahsilini Sivas'ta yaptı. 1994 yılında Sivas Teknik Lisesi Makine Bölümünden mezun oldu. 1995-1997 yılları arasında ESTAŞ kam mili fabrikasında torna ve taşlama Operatörü olarak çalıştı. 1997 yılında Cumhuriyet Üniversitesi Sivas Meslek Yüksek Okulu Makine Bölümünü kazandı ve 1999 yılında bölüm birincisi olarak mezun oldu. Aynı yıl dikey geçiş ile Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Bölümüne geçiş yaptı. Makine Mühendisliği bölümünden 2002 yılında bölüm birincisi olarak mezun oldu. Aynı yıl Makine Mühendisleri Odası Sivas İl Temsilciliğinde Teknik görevli olarak iş başı yaptı ve halen aynı kurumda görev yapmaktadır.

11. EKLER

EKLER 2

Cetvel Ek. 2.1. Standart m modül değerleri, mm

1	(1,75)	2,5	(3,75)	4	(5,5)	(7)	(10)	(13)	(16)	(22)	(32)
1,25	2	(2,75)	(3,5)	(4,5)	6	8	(11)	(14)	(18)	25	(36)
1,5	(2,25)	3	(3,75)	5	(6,5)	(9)	12	(15)	20	(28)	40

Cetvel Ek. 2.2. Dişli çark malzemelerinin mekanik özellikleri

Malzeme	Malzeme sembolü	Isıl işlem	Kopma sınırı σ_K , MPa	Akma sınırı σ_{AK} , MPA	Brinel sertli HB
Çelik (TGL 14315)	GS-50.1	tavlanmış	5000	260	150
	GS-60.1		6000	320	175
Makina çeliği (TGL 7960)	St42	islah edilmiş	420 ... 520	240	125
	St50		500...620	280	150
	St60		600...720	320	180
	St70		700...850	350	208
Isilah çelikleri* (TGL 6547)	C 45	Sertleştirilmiş	600...720	360	185
	C 60		700...850	440	210
	37 MnSi5		700...850	450	220
	34 Cr 4		800...950	550	260
	4 CrMo 4		800...950	550	260
Sementasyon çeliği** (TGL 6546)	C 10	Sertleştirilmiş	420...550	250	590
	C 15		500...650	300	637
	16MnCr 5		800...1100	600	650
	15 CrNi 6		900...1200	650	650
	20 MnCr5		1000...1300	700	650
	18CrNi 8		1100...1200	-	650
Alev veya ind. sertleşen çelik** (TGL 6773)	C 45	Sertleştirilmiş	650...800	400	595
	37 Mn Si 5		900...1050	650	560
	40 Cr 4		900...1050	650	587
Siyanür banyosunda sert. çelik	40 Cr 4 37 Mn Si 5	Sertleştirilmiş	1400...1800 1500...1900	1000...1250	595 550
Lamel graf. dök.demir (TGL14400)	GGL-20	-	200	-	170
	GGL-25		250	-	210
Küresel graf. dök. çelik (TGL 8189)	GGG-45	-	450	350	170
	GGG-50		500	350	200
	GGG-60		600	420	230

Not : *) Hafif nitrasyon yoluyla yan yüzeylerin mukavemeti artırılmış;
**) σ_B ve σ_{AK} için verilen değerler çekirdek için geçerlidir;
***) Gaz ile karbürleşmiş

Cetvel Ek. 2.3. $\sigma_{H_{limb}}$ 'nin değerleri

Dişlilerin ısıl işlem çeşitleri	Yüzeylerin Sertliği	Çelik	$\sigma_{H_{limb}}$, MPa
1. Normalizasyon	HB 350	Karbonlu ve sert çelikler	$\sigma_{H_{limb}} = 2 HB + 70$
2. Hacimsel tavlama	HRC 38-50		$\sigma_{H_{limb}} = 18 HRC + 150$
3. Yüzey tavlama	HRC 40-50		$\sigma_{H_{limb}} = 17 HRC + 200$
4. Nitro-sementasyon	> HRC 56	Sert çelikler	$\sigma_{H_{limb}} = 23 HRC$
5. Azotlu yüzey sertleştirilmiş	HV 550-750		$\sigma_{H_{limb}} = 1050$

Cetvel Ek. 2.4. Çeşitli mekanizmaların ve elemanların verimi η

Dişli çark mekanizmaları	Verim η	Diğer mekanizmalar	Verim η
Kapalı dişli: - silindirik dişli - konik dişli	0,97 ... 0,98 0,96 ... 0,97	Kayış-kasnak mekanizmaları: - düz kayış kasnak - V kayış kasnak - dişli kayış kasnak	0,96 ... 0,98 0,95 ... 0,97 0,97 ... 0,98
Açık dişli:	0,95 ... 0,96		
Kapalı sonsuz vida mekanizması: - sonsuz vidanın ağız sayısı $z_1 = 1$ $z_2 = 2$ $z_3 = 4$	0,70 ... 0,75 0,80 ... 0,85 0,80 ... 0,95	Zincir mekanizması: - kapalı - açık	0,95 ... 0,97 0,90 ... 0,95
		Sürtünmeli çark	0,90 ... 0,95
Not: 1. Yataktaki kayışlar aşağıdaki gibi değerlendirilir: - bir çift rulmanlı yataklarda $\eta = 0,99 \dots 0,995$; - bir çift kaymalı yataklarda $\eta = 0,95 \dots 0,98$. 2. Hareketin paralel iletiminde, örneğin çiftleştirilmiş dişli çarklarda verimin değeri Cetvel 1.1'den bir kez alınır. 3. Kren mekanizmalarında kayışlar makara ve halat için göz önüne alınır: $\eta = 0,96 \dots 0,98$ (küçük değer hareketsiz makaralar içindir)			

Cetvel Ek. 2.5. Üç fazlı asenkron elektrik motorları, kısa kapanmış, 4A serili, kapalı fanlı (DÜİST 19523 – 74)

Dönme hızı	Motor tipi	Motor gücü, P_m , kW	Motorun devir sayısı n , d/d	Dönme hızı	Motor tipi	Motor gücü, P_m , kW	Motorun devir sayısı n , d/d
3000 d/d	4A 71 B2Y3	1,1	2810	1000 d/d	4A 71 B6 Y3	0,55	915
	4A 80 A2Y3	1,5	2850		4A 80 A6 Y3	0,75	920
	4A 80 B2Y3	2,2	2850		4A 80 B6 Y3	1,10	930
	4A 90 L2Y3	3,0	2880		4A 90 A6 Y3	1,50	930
	4A 100 L2Y3	4,0	2880		4A 100 A6 Y3	2,20	950
	4A 110 L2Y3	5,5	2880		4A 112 MA6 Y3	3,00	955
	4A 112 M2Y3	7,5	2900		4A 112 MB6 Y3	4,00	955
	4A 132 M2Y3	11,0	2910		4A 132 6 Y3	5,50	960
	4A 160 S2Y3	15,0	2920		4A 132 M6 Y3	7,50	965
	4A 160 M2Y3	28,5	2930		4A 160 6 Y3	11,0	965
	4A 180 S2Y3	22,0	2930		4A 160 M6 Y3	15,0	965
	4A 180 M2Y3	30,0	2930		4A 100 M6 Y3	18,5	970
	4A 200 M2Y3	37,0	2940		4A 180 M6 Y3	22,0	970
	1300 d/d	4A 71A 4Y3	0,55		1360	4A 25 M6 Y3	30,0
4A 71B 4Y3		0,75	1360	4A 25 M6 Y3	37,0	980	
4A 80A 4Y3		1,10	1400	4A 250 6 Y3	45,0	980	
4A 80 B 4Y3		1,50	1400	4A 250 M6 Y3	55,0	985	
4A 90L4 Y3		2,20	1430	4A 280 M6 Y3	75,0	985	
4A 100L 4Y3		3,00	1430	750 d/d	4A 112 MA8 Y3	2,2	710
4A 100L 4Y3		4,00	1440		4A 112 MB8 Y3	3,0	710
4A 112M 4Y3		5,50	1440		4A 132 8 Y3	4,0	720
4A 132S 4Y3		7,50	1440		4A 132 M8 Y3	5,5	720
4A 132M 4Y3		11,0	1440		4A 160 8 Y3	7,5	725
4A 160S 4Y3		15,0	1450		4A 160 M8 Y3	11,0	725
4A 160M 4Y3		18,50	1450		4A 180 M8 Y3	15,0	730
4A 180S 4Y3		22,0	1450		4A 200 M8 Y3	18,5	730
4A 180M 4Y3		30,0	1450		4A 200 8 Y3	22,0	735
4A 200 M 4Y3		37,0	1470		4A 225 M8 Y3	30,0	735
4A 2001 4Y3		45,0	1470		4A 250 8 Y3	37,0	740
4A 225M 4Y3		55,0	1480		4A 225 M8 Y3	45,0	740
4A 250S 4Y3		75,0	1480				

Cetvel Ek. 2.6. Tek kademedeki en büyük çevrim oranı		
Güç ve hareket iletim mekanizması	Sertlik	u_{max}
Bütün tür redüktörler ara ve çıkış kademeleri için;	HB \leq 350	6,3
	HRC 40 ... 56	6,3
	HRC 56 ... 63	5,6
Bütün redüktörlerin birinci giriş kademeleri için (eş eksenli redüktörlerden başka)	HB \leq 350	8,0
	HRC 40 ... 56	7,1
	HRC 56 ... 63	6,3
Eş eksenli redüktörlerin birinci giriş kademesi için	HB \leq 350	10,0
	HRC 40 ... 56	9,0
	HRC 56 ... 63	8,0
Açık dişlilerde güç iletimi için	HB \leq 350	25,0

Çetvel Ek. 2.7. Çevrim oranının standart değerleri	
Çevrim oranının	Çevrim oranının standart değerleri
u	1,00; 1,12; 1,25; 1,40; 1,60; 1,80; 2,00; 2,24; 2,50; 2,80; 3,15; 3,55; 4,00; 4,50; 5,00; 5,60; 6,30; 7,10; 8,00; 9,00; 10,0; 11,2; 12,5; 14,0; 16,0; 18,0; 20,0; 22,4; 25,0; 28,0; 31,5; 35,5; 40,0; 45,0; 50,0; 56,0; 63,0; 71,0; 80,0; 90,0; 100; 112; 125; 140; 160; 180; 200; 224; 250; 280; 315; 355; 400; 450; 500; 560; 630; 710; 800; 900; 1000; 1120; 1250;
NOT: Seçilen çevrim oranı, nominal değerlerden $\pm\% 4$ farklı olabilir:	
$\Delta u = \% 100 \frac{u_t - u'_t}{u_t} \leq \pm \% 4$	

Çetvel Ek. 2.8. Öngörülen kalite

Dişli mekanizması		H ı z V, m/s			
		< 5	5 ... 8	8 ... 12,5	>12,5
Silindirik	düz	9	8	7	6
	helisel ve çift helisel	9	9	8	7
Konik	düz	8	7	-	-
	helisel ve eğrisel	9	9	8	7

Çetvel Ek. 2.9. Eksenler arası mesafenin standart değerleri a_w , mm

I. sıra	40	-	50	-	63	-	80	-	100	115	125	-	160	-
II. sıra	-	-	-	-	-	71	-	90	-	112	-	140	-	180
I. sıra	200	-	250	-	315	-	400	-	500	-	630	-	700	-
II. sıra	-	224	-	280	-	355	-	450	-	560	-	710	-	900

Çetvel Ek. 2.10. Değişken zorlamalarda redüktörler için K_{HB} değerleri

Dişli çarkların mafsallara göre yerleşme durumu		Diş yüzeyinin sertliyi	
		HB \leq 350	HB \geq 350
1	Simetrik	1,00 ... 1,15	1,05 ... 1,25
2	Asimetrik	1,10 ... 1,25	1,15 ... 1,35
3	Konsol	1,20 ... 1,35	1,25 ... 1,45

Cetvel Ek. 2.11. $K_{H\beta}$ katsayısını değerleri

$\psi_{bd} = \frac{b}{d}$	Dişin yüzey sertliği					
	$\leq HB 350$			$> HB 350$		
	I	II	III	I	II	III
0,2	1,07	1,02	1,0	1,15	1,05	1,00
0,4	1,15	1,04	1,0	1,33	1,08	1,02
0,6	1,24	1,06	1,02	1,60	1,14	1,04
0,8	1,30	1,08	1,03	1,85	1,21	1,06
1,0	-	1,11	1,04	-	1,21	1,09
1,2	-	1,15	1,05	-	1,36	1,21
1,4	-	1,18	1,07	-	1,46	1,16
1,6	-	1,22	1,09	-	1,50	1,21
1,8	-	1,25	1,11	-	-	-
2,0	-	1,30	1,11	-	-	-

Not: I. sütun dişli çarkların mafsallara göre konsol yerleşmesi hali için;
 II. sütun dişli çarkların mafsallara göre asimetrik yerleşmesi hali için;
 III. sütun dişli çarkların mafsallara göre simetrik yerleşmesi hali için.

Cetvel Ek. 2.12. K_{Hv} katsayısını değerleri

Kalite	Döndürülen çarkların sertliği	V hız değerlerine göre K_{Hv} ' nin değerleri					
		1	2	4	6	8	10
6.	HB \leq 350	$\frac{1,03}{1,01}$	$\frac{1,06}{1,02}$	$\frac{1,12}{1,03}$	$\frac{1,17}{1,04}$	$\frac{1,23}{1,06}$	$\frac{1,28}{1,07}$
	HRC \geq 45	$\frac{1,02}{1,00}$	$\frac{1,04}{1,00}$	$\frac{1,07}{1,02}$	$\frac{1,10}{1,02}$	$\frac{1,15}{1,03}$	$\frac{1,18}{1,04}$
7.	HB \leq 350	$\frac{1,04}{1,01}$	$\frac{1,07}{1,02}$	$\frac{1,14}{1,03}$	$\frac{1,21}{1,06}$	$\frac{1,29}{1,07}$	$\frac{1,36}{1,08}$
	HRC \geq 45	$\frac{1,03}{1,00}$	$\frac{1,05}{1,01}$	$\frac{1,09}{1,02}$	$\frac{1,14}{1,03}$	$\frac{1,19}{1,03}$	$\frac{1,24}{1,04}$
8.	HB \leq 350	$\frac{1,04}{1,01}$	$\frac{1,08}{1,02}$	$\frac{1,16}{1,04}$	$\frac{1,24}{1,06}$	$\frac{1,32}{1,07}$	$\frac{1,40}{1,08}$
	HRC \geq 45	$\frac{1,03}{1,01}$	$\frac{1,06}{1,01}$	$\frac{1,10}{1,02}$	$\frac{1,16}{1,03}$	$\frac{1,22}{1,04}$	$\frac{1,26}{1,05}$
9.	HB \leq 350	$\frac{1,05}{1,01}$	$\frac{1,10}{1,03}$	$\frac{1,20}{1,05}$	$\frac{1,30}{1,07}$	$\frac{1,40}{1,07}$	$\frac{1,50}{1,12}$
	HRC \geq 45	$\frac{1,04}{1,01}$	$\frac{1,07}{1,01}$	$\frac{1,13}{1,02}$	$\frac{1,21}{1,03}$	$\frac{1,26}{1,04}$	$\frac{1,32}{1,05}$

Not : 1. Pay değerleri düz dişli çarklar için, payda değerleri ise helisel dişli çarklar için kullanılır.
 2. K_{Fv} - faktörü böyle tayin edilir. Döndürülen çarkın diş sertliği $< HB 350$ ise düz dişli çarklar için $K_{Fv}=2$; $K_{Hv} - 1$, helisel dişli için $K_{Fv} = 3 K_{Hv} - 2$; $> HRC 45'$ de düz dişlide $K_{Fv} = K_{Hvf}$, helisel dişlide $K_{Fv} = 2 K_{Hv} - 1$

Cetvel Ek. 2.13. $K_{F\beta}$ katsayısının değerleri

$\Psi_{bd} = \frac{b_w}{d_{w1}}$	Dişin yüzey sertliği							
	HB <350				HB >350			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
0,2	1,0	1,04	1,18	1,10	1,03	1,05	1,32	1,20
0,4	1,03	1,07	1,37	1,21	1,07	1,10	1,70	1,45
0,6	1,05	1,12	1,62	1,40	1,09	1,08	-	1,72
0,8	1,08	1,17	-	1,59	1,13	1,28	-	-
1,0	1,10	1,23	-	-	1,20	1,40	-	-
1,2	1,13	1,30	-	-	1,30	1,53	-	-
1,4	1,10	1,38	-	-	1,40	-	-	-
1,6	1,25	1,45	-	-	-	-	-	-
1,8	1,32	1,53	-	-	-	-	-	-

NOT: I. Sütun değerleri dişli çarkların mafsallara göre simetrik;
 II. Sütun değerleri dişli çarkların mafsallara göre asimetrik;
 III. ve IV. Sütun değerleri dişli çarkların mafsallara göre konsol yerleştiğini ve millerde rulmanlı yataklar kullanıldığı halde alınır.

Cetvel Ek. 2.14. K_{Fv} faktörünün yaklaşık değerleri

Kalite	Dişin yüzey sertliği, HB	Hıza göre K_{Fv} 'nin değerleri		
		$V \leq 3$ m/sn	$V = 3 \dots 8$ m/sn	$V = 8 \dots 12,5$ m/sn
6	350	1/1	1,2/1	1,3/1,1
		1/1	1,15/1	1,25/1
7		1,15/1	1,35/1	1,45/1,2
		1,15/1	1,25/1	1,35/1,1
8		1,25/1,1	1,45/1,3	- /1,4
		1,20/1,1	1,35/1,2	- /1,3

Not: Pay değerleri düz, payda değerleri helisel dişli çarklar içindir.

Cetvel Ek. 2.15. Dişin Y_F form faktörünün değerleri

z	17	20	25	30	40	50	60	≥ 80
Y_F	4,25	4,08	3,90	3,80	3,70	3,65	3,62	3,60

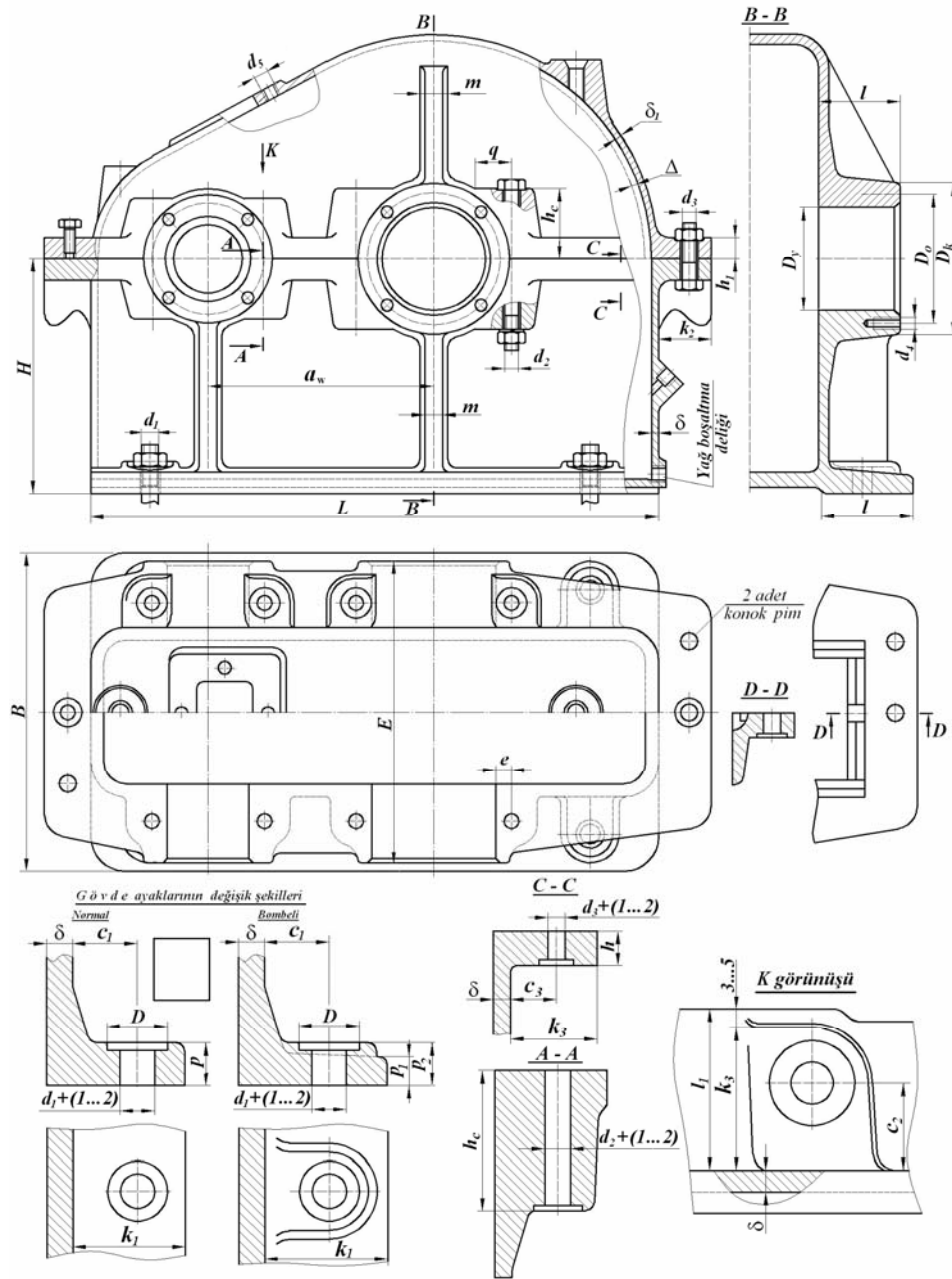
Cetvel Ek. 2.16. σ_{Flimb}^0 ve S'_F katsayısının değerleri

Çelik	Isıl işlem	Diş sertliği		σ_{Flimb}^0 , MPa	S'_F	K_{Fg}	K_{Fd}
		Diş yüzeyinde	Diş dibinde				
St 50, St 60, St 70, C 45, C 60, 34 Cr 4, 37 Mn Si 5	Normalizasyon	HB 180 ... 350		$\sigma_{Flimb}^0 = 1,8HB$	1,75	1,1	1,1 ... 1,3
34 Cr 4, 37 Mn Si5, 42 Cr Mo 4, GS-50.1, GS-60.1	Hacimsel tavlama	HRC 45 ... 55		$\sigma_{Flimb}^0 = 500 \dots 550$	1,8	0,9	1,15 ... 1,35
Ck 45, 34 Cr Mo 4, 42 Cr Mo 4, 34 Cr Ni Mo 6	Endüksiyon	HRC 48 ... 58	HRC 25 ... 35	$\sigma_{Flimb}^0 = 700$	1,75	1	1,05 ... 1,1
C 15, 16 Mn Cr 5, 20 Mn Cr 5, 15CrNi6, 18CrNi8	Sementasyon	HRC 57 ... 63	-	$\sigma_{Flimb}^0 = 950$	1,15	0,75	1,0 ... 1,05
Alüminyum	Azotlama	HV 700 ... 950	HRC 24 ... 40	$\sigma_{Flimb}^0 = 300+1,2 HRC$	1,75	-	1,0

EKLER 3

Cetvel Ek. 3.1. Redüktör gövdesinin esas elementlerinin konstrüktif boyutlarının hesabı için bağlantılar (Şekil Ek. 3.1)

Sıra N ^o	Gövde elementleri	Ampirik bağlantılar		
1	Redüktörlerin gövde duvarının et kalınlıkları	- tek kademeli silindirik	$\delta = 0,025 a_w + 1 \text{ mm} \geq 8 \text{ mm}$; $\delta_1 = 0,02 a_w + 1 \text{ mm} \geq 8 \text{ mm}$	
2		- tek kademeli konik	$\delta = 0,05 R_e + 1 \text{ mm} \geq 8 \text{ mm}$; $\delta_1 = 0,04 R_e + 1 \text{ mm} \geq 8 \text{ mm}$	
3		- tek kademeli sonsuz vida	$\delta = 0,04 a_w + 2 \text{ mm} \geq 8 \text{ mm}$; $\delta_1 = 0,032 a_w + 2 \text{ mm} \geq 8 \text{ mm}$	
4		- iki kademeli redüktörlerde	$\delta = 0,025 a_w + (2 \dots 5) \text{ mm} \geq 8 \text{ mm}$; $\delta_1 = 0,02 a_w + 3 \text{ mm} \geq 8 \text{ mm}$	
5	Gövde kuşaklarının kalınlıkları		$h = (1,5 \dots 1,75) \delta$; $h_1 = (1,5 \dots 1,75) \delta_1$	
6	Gövde takviye kanatlarının kalınlıkları		$m = (0,85 \dots 1) \delta$; $m_1 = (0,85 \dots 1) \delta_1$	
7	Temelin kalınlığı		$p = 2,35 \delta$; $p_1 = 1,5 \delta$; $p_2 = (2,25 \dots 2,75) \delta$	
8	Temelin genişliği		$l = (2 \dots 3) d$	
9	Gövde kuşaklarının eni		$k_2 = (3,2 \dots 3,6) \delta$ veya $k_1 = k_2 = (2,2 \dots 2,5) d_2$; $k_1 = (3,2 \dots 3,6) \delta_1$ Civata çaplarına bağlı olarak Cetvel 14.9'dan da seçilebilir	
10	Temel civatalarının çapı		$d_1 = (0,03 \dots 0,036) a_w + 12 \text{ mm}$ veya $d_1 = \sqrt[3]{40 T_b} \geq 12 \text{ mm}$	
11	Temel civatalarının sayı:	- tek kademeli redüktörlerde	4 ... 6	
		- iki kademeli redüktörlerde:	$\Sigma a_w < 500 \text{ mm}$	4 ... 6
			$\Sigma a_w > 500 \text{ mm}$	6 ... 8
12	Alt ve üst gövdeleri yatak bölgesinde bağlayan civataların çapı		$d_2 = (0,7 \dots 0,75) d$	
13	Alt ve üst gövdelerin kuşaklarını bağlayan civataların çapı		$d_3 = (0,5 \dots 0,6) d$ veya $d_3 = \sqrt[3]{20 T_b} \geq 10 \text{ mm}$	
14	Alt ve üst gövdeleri bağlayan civatalar arası mesafe		$(10 - 12) d_2$	
15	Yatak kapaklarını gövdeye bağlayan civataların çapları		$d_4 = (0,4 \dots 0,45) d$ (Standart vida olarak M8 ... M12 arasında $z = 4$ veya 6 adet almak olur)	
16	Gözetleme ve bakım penceresini bağlayan civatalarının çapı		$d_5 = (0,3 \dots 0,4) d$ veya Cetvel 14.12'den seçilebilir	
17	d_2 civatalarının yerini belli eden q boyutları		$q \geq 0,5 d_2 + d_4$	
18	Alt gövdenin derinliği		$H \approx B \approx a_w$	
19	Dışli çark ile gövdenin iç duvarı arasındaki boşluk	- çap yönünde	$\Delta = 1,2 \delta$	
		- yan yönden	$\Delta_1 = (0,8 \dots 1,2) \delta$ (Şekilde gösterilmemiştir)	
20	Gövdenin dış duvarından civataların		$c_1 (c_1, c_2 \text{ ve } c_3)$ - civata çaplarına bağlı olarak Cetvel 14.9'dan	



Şekil Ek. 3.1. Silindirik redüktörün gövdelerinin konstrüktif elemanları

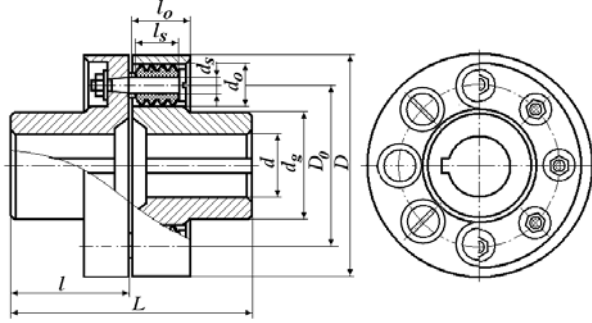
Cetvel Ek. 3.2. Uygu kaması ve kanalının boyutları (mm)

Mil çapları	d	12 - 17	17 - 22	22 - 30	30 - 38	38 - 44	44 - 50	50 - 58	58 - 65	65 - 75	75 - 85	85 - 95	95 - 110	110 - 130	130 - 159
		Kamanın en kesiti	b	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28
	h	5	6	7	8	8	9	10	11	12	14	14	16	18	20
Kanalın derinliği	t ₁	3	3,5	4	5	5	5,5	6	7	7,5	9	9	10	11	12
	t ₂	2,3	2,8	3,3	3,3	3,3	3,8	4,3	4,4	4,9	5,4	5,4	6,4	7,4	8,4
Kamanın uzunluğu	l	-	-	18-90	22-110	28-140	36-160	45-180	50-200	56-220	63-250	70-280	80-320	90-360	100-400
Uzunluk standartları sırası	l = 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18; 20; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 70; 80; 90; 100; 110; 125; 140; 160; 180; 200; 250; 280; 320 ...														

Cetvel Ek. 3.3. k₀ çalışma faktörünün değerleri

İş makinası (Yük ifadesi ile)	Motorun Cinsi		
	Elektrik veya Türbin	Çok silindirli içten yanmalı	Tek silindirli içten yanmalı
Düzgün	1,00	1,25	1,50
Orta darbeli	1,25	1,50	1,75
Ağır darbeli	1,75	2,00	2,25
NOT: Düzgün ifadesi: Santrifüj pompalar, sıvı karıştırıcı; Orta darbeli ifadesi: Körüklü pompalar, katı ve yarı katı karıştırıcılar, bantlı konveyörler; Ağır darbeli ifadesi: Haddeleme, presleme, değirmenler gibi makineler için geçerlidir.			

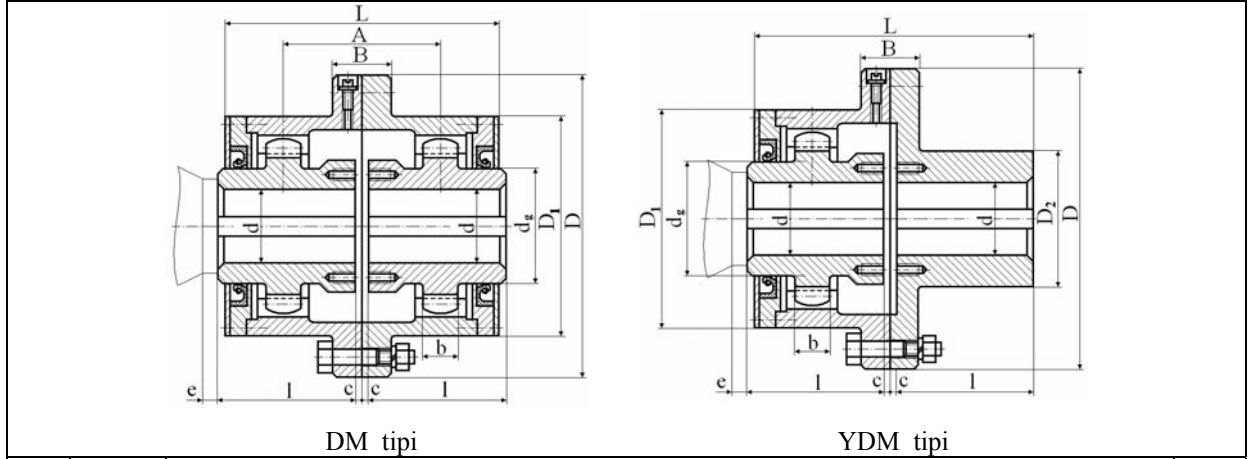
Cetvel Ek. 3.4. Elastik manşonlu kaplinler



T _{nom} , Nm	d, mm	D, mm	L, mm	l, mm	Delğin		Manşonun		Pim sayısı z
					çapı d ₀ , mm	uzunluğu l ₀ , mm	iç çapı d _s , mm	uzunluğu l _s , mm	
31,5	16; 18	90	84	40	19	19	10	15	4
63	20; 22	100	104	50	19	19	10	15	4
125	25; 28	120	125	60	27	33	14	28	4
	30	120	155	80	27	33	14	28	4
250	32; 35; 36; 38	140	165	80	27	33	14	28	6
	40; 42; 45	140	225	110	35	42	18	36	6
500	40; 42; 45	170	225	110	35	42	18	36	6
710	45; 48; 50; 55; 56	190	226	110	35	42	18	36	8
1 000	50; 55; 56	220	226	110	35	42	18	36	8
	63; 65; 70	220	286	140	35	42	18	36	10
2 000	63; 65; 70	250	228	140	35	42	18	36	10
	71; 75	250	228	140	45	52	24	44	10
	80; 85; 90	250	348	170	56,5	66	30	56	10
4 000	80; 85; 90; 95	320	350	170	56,5	66	30	56	10
8 000	100; 110; 120; 125	400	432	210	70,5	84	38	72	10
16 000	130; 140; 150	500	515	250	-	-	-	-	10

...

Cetvel Ek. 3.5. Dişli kaplin



Kaplin N°	T, Nm	Boyutlar, mm												Diş sayısı, z	
		d	D	D ₁	D ₂	d _g	L		l	B	b	c	e		Modül, m
							DM	YDM							
1	7,1	40	170	110	95	55	115	115	55	34	12	2,5	12	2,5	30
2	14	50	185	125	110	70	145	145	70	34	15	2,5	12	2,5	38
3	31,5	60	220	150	145	90	170	175	85	40	20	2,5	18	3	40
4	56	75	250	175	170	110	215	215	105	40	25	2,5	18	3	48
5	80	90	290	200	190	130	235	240	115	50	25	5,0	25	3	56
6	118	105	320	230	210	140	255	260	125	50	30	5,0	25	4	48
7	190	120	350	260	240	170	285	290	140	50	35	5,0	30	4	56
8	236	140	380	290	270	190	325	330	160	50	35	5,0	30	4	62
9	300	160	430	330	280	210	325	340	165	50	35	5,0	30	6	46
10	500	180	490	390	320	260	365	370	180	50	40	5,0	30	6	56
11	710	220	545	445	380	300	405	405	200	60	45	5,0	35	8	48
12	1000	250	590	490	420	340	485	485	240	60	50	5,0	35	8	54
13	1500	280	680	555	480	380	525	530	260	70	60	7,5	40	10	48
14	2000	320	730	610	520	420	565	570	280	70	65	7,5	40	10	54
15	2500	360	780	660	560	480	645	650	320	70	70	7,5	40	10	58
16	3700	400	900	755	650	530	705	715	350	90	75	10	50	12	56
17	5600	450	1000	855	750	630	805	815	400	90	90	10	50	12	64
18	7500	500	1100	950	820	710	905	915	450	110	90	10	50	12	72
19	10000	60	1250	1050	920	800	975	990	480	110	100	15	60	12	80

EKLER 4**EK.4.1. DİNAMİK MODELLEME PROGRAMINA AİT YAZILIM****(DELPHI 5.0)**

```

unit Unit1;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, ExtCtrls, jpeg;
type
  TForm1 = class(TForm)
    Button1: TButton;
    Button2: TButton;
    Button3: TButton;
    Bevel1: TBevel;
    Bevel2: TBevel;
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Label3: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Button4: TButton;
    Bevel3: TBevel;
    Button5: TButton;
    Bevel4: TBevel;
    Button6: TButton;
    procedure Button2Click(Sender: TObject);
    procedure Button3Click(Sender: TObject);
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure Button4Click(Sender: TObject);
    procedure Button5Click(Sender: TObject);
    procedure Button6Click(Sender: TObject);
    procedure formclose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
    procedure FormCreate(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;
var
  Form1: TForm1;
implementation
uses Unit2, Unit16, Unit31, Unit4, Unit9, Unit33, Unit19, Unit18;
{$R *.DFM}
procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
begin
  FORM2.SHOW;
end;
procedure TForm1.Button3Click(Sender: TObject);
begin
  CLOSE;
end;
procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
begin
  FORM16.SHOW;
end;
procedure TForm1.Button4Click(Sender: TObject);
begin
  form31.show;
end;
procedure TForm1.Button5Click(Sender: TObject);
begin
  FORM33.SHOW;
end;
procedure TForm1.Button6Click(Sender: TObject);
begin
  FORM19.SHOW;
end;

```

```

procedure TForm1.formclose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
begin
// verileri dosyalara kaydet
form19.listbox1.Items.savetofile('veriyadi.dat');
form19.listbox2.items.savetofile('girişmilie1.dat');
form19.listbox3.items.savetofile('girişmilie2.dat');
form19.listbox4.items.savetofile('girişmilie3.dat');
form19.listbox5.items.savetofile('girişmilie4.dat');
form19.listbox6.items.savetofile('girişmilie5.dat');
form19.listbox7.items.savetofile('girişmilie6.dat');
form19.listbox8.items.savetofile('girişmilie7.dat');
form19.listbox9.items.savetofile('girişmilie8.dat');
form19.listbox10.items.savetofile('girişmilie9.dat');
form19.listbox11.items.savetofile('girişmilie10.dat');
form19.listbox12.items.savetofile('girişmilie11.dat');
form19.listbox13.items.savetofile('girişmilie12.dat');
form19.listbox14.items.savetofile('girişmilie13.dat');
form19.listbox15.items.savetofile('girişmiliediş1.dat');
form19.listbox16.items.savetofile('girişmiliediş2.dat');
form19.listbox17.items.savetofile('girişmiliediş3.dat');
form19.listbox18.items.savetofile('girişmiliediş4.dat');
form19.listbox19.items.savetofile('aramile1.dat');
form19.listbox20.items.savetofile('aramile2.dat');
form19.listbox21.items.savetofile('aramile3.dat');
form19.listbox22.items.savetofile('aramile4.dat');
form19.listbox23.items.savetofile('aramile5.dat');
form19.listbox24.items.savetofile('aramile6.dat');
form19.listbox25.items.savetofile('aramile7.dat');
form19.listbox26.items.savetofile('aramile8.dat');
form19.listbox27.items.savetofile('aramile9.dat');
form19.listbox28.items.savetofile('aramile10.dat');
form19.listbox29.items.savetofile('aramile11.dat');
form19.listbox30.items.savetofile('aramile12.dat');
form19.listbox31.items.savetofile('aramile13.dat');
form19.listbox32.items.savetofile('aramile14.dat');
form19.listbox33.items.savetofile('aramile15.dat');
form19.listbox34.items.savetofile('aramil1ediş1.dat');
form19.listbox35.items.savetofile('aramil1ediş2.dat');
form19.listbox36.items.savetofile('aramil1ediş3.dat');
form19.listbox37.items.savetofile('aramil1ediş4.dat');
form19.listbox38.items.savetofile('aramil2ediş1.dat');
form19.listbox39.items.savetofile('aramil2ediş2.dat');
form19.listbox40.items.savetofile('aramil2ediş3.dat');
form19.listbox41.items.savetofile('aramil2ediş4.dat');
form19.listbox42.items.savetofile('çıkışmile1.dat');
form19.listbox43.items.savetofile('çıkışmile2.dat');
form19.listbox44.items.savetofile('çıkışmile3.dat');
form19.listbox45.items.savetofile('çıkışmile4.dat');
form19.listbox46.items.savetofile('çıkışmile5.dat');
form19.listbox47.items.savetofile('çıkışmile6.dat');
form19.listbox48.items.savetofile('çıkışmile7.dat');
form19.listbox49.items.savetofile('çıkışmile8.dat');
form19.listbox50.items.savetofile('çıkışmile9.dat');
form19.listbox51.items.savetofile('çıkışmile10.dat');
form19.listbox52.items.savetofile('çıkışmile11.dat');
form19.listbox53.items.savetofile('çıkışmile12.dat');
form19.listbox54.items.savetofile('çıkışmile13.dat');
form19.listbox55.items.savetofile('çıkışmile14.dat');
form19.listbox56.items.savetofile('çıkışmiliediş1.dat');
form19.listbox57.items.savetofile('çıkışmiliediş2.dat');
form19.listbox58.items.savetofile('çıkışmiliediş3.dat');
form19.listbox59.items.savetofile('çıkışmiliediş4.dat');
form19.listbox60.items.savetofile('çıkışmiliekaplin1.dat');
form19.listbox61.items.savetofile('çıkışmiliekaplin2.dat');
form19.listbox62.items.savetofile('çıkışmiliekaplin3.dat');
form19.listbox63.items.savetofile('çıkışmiliekaplin4.dat');
form19.listbox64.items.savetofile('motormiliatalet.dat');
form19.listbox65.items.savetofile('girişmilia1.dat');
form19.listbox66.items.savetofile('girişmilia2.dat');

```

```

form19.listbox67.items.savetofile('girişmilia3.dat');
form19.listbox68.items.savetofile('girişmilia4.dat');
form19.listbox69.items.savetofile('girişmilia5.dat');
form19.listbox70.items.savetofile('girişmilia6.dat');
form19.listbox71.items.savetofile('girişmilia7.dat');
form19.listbox72.items.savetofile('girişmilia8.dat');
form19.listbox73.items.savetofile('girişmilia9.dat');
form19.listbox74.items.savetofile('girişmilia10.dat');
form19.listbox75.items.savetofile('girişmilia11.dat');
form19.listbox76.items.savetofile('girişmilia12.dat');
form19.listbox77.items.savetofile('girişmilia13.dat');
form19.listbox78.items.savetofile('girişmilia14.dat');
form19.listbox79.items.savetofile('girişmilia15.dat');
form19.listbox80.items.savetofile('girişmilia18.dat');
form19.listbox81.items.savetofile('aramila1.dat');
form19.listbox82.items.savetofile('aramila2.dat');
form19.listbox83.items.savetofile('aramila3.dat');
form19.listbox84.items.savetofile('aramila4.dat');
form19.listbox85.items.savetofile('aramila5.dat');
form19.listbox86.items.savetofile('aramila6.dat');
form19.listbox87.items.savetofile('aramila7.dat');
form19.listbox88.items.savetofile('aramila8.dat');
form19.listbox89.items.savetofile('aramila9.dat');
form19.listbox90.items.savetofile('aramila10.dat');
form19.listbox91.items.savetofile('aramila11.dat');
form19.listbox92.items.savetofile('aramila12.dat');
form19.listbox93.items.savetofile('aramila13.dat');
form19.listbox94.items.savetofile('aramila14.dat');
form19.listbox95.items.savetofile('aramila15.dat');
form19.listbox96.items.savetofile('çıkışmıla1.dat');
form19.listbox97.items.savetofile('çıkışmıla2.dat');
form19.listbox98.items.savetofile('çıkışmıla3.dat');
form19.listbox99.items.savetofile('çıkışmıla4.dat');
form19.listbox100.items.savetofile('çıkışmıla5.dat');
form19.listbox101.items.savetofile('çıkışmıla6.dat');
form19.listbox102.items.savetofile('çıkışmıla7.dat');
form19.listbox103.items.savetofile('çıkışmıla8.dat');
form19.listbox104.items.savetofile('çıkışmıla9.dat');
form19.listbox105.items.savetofile('çıkışmıla10.dat');
form19.listbox106.items.savetofile('çıkışmıla11.dat');
form19.listbox107.items.savetofile('çıkışmıla12.dat');
form19.listbox108.items.savetofile('çıkışmıla13.dat');
form19.listbox109.items.savetofile('çıkışmıla14.dat');
form19.listbox110.items.savetofile('çıkışmıla15.dat');
end;
procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
begin
end;
end.

unit Unit3;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls;
type
  TForm3 = class(TForm)
    Button1: TButton;
    Button4: TButton;
    Button5: TButton;
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure Button5Click(Sender: TObject);
    procedure Button4Click(Sender: TObject);
    procedure Button6Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

```

```

var
  Form3: TForm3;
implementation
uses Unit4, Unit5, Unit7, Unit8, Unit9, Unit6;
{$R *.DFM}
procedure TForm3.Button1Click(Sender: TObject);
begin
  form4.show;
end;
procedure TForm3.Button5Click(Sender: TObject);
begin
  close;
end;
procedure TForm3.Button4Click(Sender: TObject);
begin
  form8.show;
end;
procedure TForm3.Button6Click(Sender: TObject);
begin
  form9.show;
end;
end.

unit Unit4;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, ExtCtrls, jpeg;
type
  TForm4 = class(TForm)
    Image1: TImage;
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Button14: TButton;
    Label3: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Label5: TLabel;
    Label6: TLabel;
    Edit3: TEdit;
    Button3: TButton;
    Edit2: TEdit;
    Button2: TButton;
    Edit4: TEdit;
    Button4: TButton;
    Edit5: TEdit;
    Button5: TButton;
    Edit6: TEdit;
    Button6: TButton;
    Edit7: TEdit;
    Button7: TButton;
    Edit8: TEdit;
    Button8: TButton;
    Edit9: TEdit;
    Button9: TButton;
    Edit10: TEdit;
    Button10: TButton;
    Edit11: TEdit;
    Button11: TButton;
    Edit12: TEdit;
    Button12: TButton;
    Edit13: TEdit;
    Button13: TButton;
    Edit1: TEdit;
    Button1: TButton;
    Label7: TLabel;
    Edit15: TEdit;
    Label8: TLabel;
    Bevel1: TBevel;
    Bevel2: TBevel;

```

```

procedure Button14Click(Sender: TObject);
procedure Button1Click(Sender: TObject);
procedure Button3Click(Sender: TObject);
procedure Button2Click(Sender: TObject);
procedure Button4Click(Sender: TObject);
procedure Button5Click(Sender: TObject);
procedure Button6Click(Sender: TObject);
procedure Button7Click(Sender: TObject);
procedure Button8Click(Sender: TObject);
procedure Button9Click(Sender: TObject);
procedure Button10Click(Sender: TObject);
procedure Button11Click(Sender: TObject);
procedure Button12Click(Sender: TObject);
procedure Button13Click(Sender: TObject);
procedure Edit2Change(Sender: TObject);
procedure Edit1Change(Sender: TObject);
procedure Edit15Change(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
var
  Form4: TForm4;
implementation
uses Unit6, Unit26, Unit3, Unit9, Unit34, Unit5;
{$R *.DFM}
procedure TForm4.Button14Click(Sender: TObject);
begin
close;
end;
procedure TForm4.Button1Click(Sender: TObject);
begin
form5.show;
end;
procedure TForm4.Button3Click(Sender: TObject);
begin
b:=2;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form26.edit7.text:='0';
form4.edit2.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm4.Button2Click(Sender: TObject);
begin
b:=3;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form26.edit7.text:='0';
form4.edit3.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm4.Button4Click(Sender: TObject);
begin
b:=4;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';

```

```
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form26.edit7.text:='0';
form4.edit4.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm4.Button5Click(Sender: TObject);
begin
b:=5;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form26.edit7.text:='0';
form4.edit5.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm4.Button6Click(Sender: TObject);
begin
b:=6;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form26.edit7.text:='0';
form4.edit6.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm4.Button7Click(Sender: TObject);
begin
b:=7;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form26.edit7.text:='0';
form4.edit7.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm4.Button8Click(Sender: TObject);
begin
b:=8;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form26.edit7.text:='0';
form4.edit8.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm4.Button9Click(Sender: TObject);
begin
b:=9;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
```

```

form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form26.edit7.text:='0';
form4.edit9.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm4.Button10Click(Sender: TObject);
begin
b:=10;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form26.edit7.text:='0';
form4.edit10.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm4.Button11Click(Sender: TObject);
begin
b:=11;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form26.edit7.text:='0';
form4.edit11.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm4.Button12Click(Sender: TObject);
begin
b:=12;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form26.edit7.text:='0';
form4.edit12.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm4.Button13Click(Sender: TObject);
begin
b:=13;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form26.edit7.text:='0';
form4.edit13.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm4.Edit2Change(Sender: TObject);
var
a1,a2,a3,a4,a5,a6,a7,a8,a9,a10,a11,a12,top1:real;
begin

```



```

a1:=strtofloat(form4.edit2.text);
a2:=strtofloat(form4.edit3.text);
a3:=strtofloat(form4.edit4.text);
a4:=strtofloat(form4.edit5.text);
a5:=strtofloat(form4.edit6.text);
a6:=strtofloat(form4.edit7.text);
a7:=strtofloat(form4.edit8.text);
a8:=strtofloat(form4.edit9.text);
a9:=strtofloat(form4.edit10.text);
a10:=strtofloat(form4.edit11.text);
a11:=strtofloat(form4.edit12.text);
a12:=strtofloat(form4.edit13.text);
top1:=a1+a2+a3+a4+a5+a6+a7+a8+a9+a10+a11+a12;
form4.edit15.text:=floattostr(top1);
end;
procedure TForm4.Edit1Change(Sender: TObject);
begin
form6.edit1.text:=form4.edit1.text;
form34.edit1.text:=form4.edit1.text;
end;
procedure TForm4.Edit15Change(Sender: TObject);
begin
form6.edit1.text:=form4.edit1.Text;
form6.edit4.text:=form4.edit15.Text;
form34.edit7.text:=formatfloat('000.000e+0',strtofloat(edit15.text));
end;
end.

```

unit Unit5;

```
interface
```

```
uses
```

```
Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
ComCtrls, ExtCtrls, StdCtrls,math;
```

```
type
```

```
TForm5 = class(TForm)
```

```
Image1: TImage;
```

```
Button1: TButton;
```

```
Label10: TLabel;
```

```
Label12: TLabel;
```

```
Label16: TLabel;
```

```
Label1: TLabel;
```

```
Bevel1: TBevel;
```

```
Bevel2: TBevel;
```

```
Bevel3: TBevel;
```

```
Bevel6: TBevel;
```

```
Label4: TLabel;
```

```
Label5: TLabel;
```

```
Edit1: TEdit;
```

```
Edit2: TEdit;
```

```
Label2: TLabel;
```

```
Label3: TLabel;
```

```
Label11: TLabel;
```

```
Label13: TLabel;
```

```
Label6: TLabel;
```

```
Label7: TLabel;
```

```
ComboBox1: TComboBox;
```

```
procedure Button1Click(Sender: TObject);
```

```
procedure ComboBox1Change(Sender: TObject);
```

```
private
```

```
{ Private declarations }
```

```
public
```

```
{ Public declarations }
```

```
end;
```

```
var
```

```
Form5: TForm5;
```

```
implementation
```

```
uses Unit9, Unit6, Unit34, Unit26, Unit4;
```

```
{ $R *.DFM }
```

```
procedure TForm5.Button1Click(Sender: TObject);
```

```

begin
b:=1;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form26.edit7.text:=form5.label5.caption;
form4.edit1.color:=clred;
form26.show;
close;
end;
procedure TForm5.ComboBox1Change(Sender: TObject);
VAR
d,kdin,H,HH,dd,ddd,es:real;
begin
H:=strtofloat(combobox1.text);
d:=strtofloat(edit1.text);
kdin:=strtofloat(edit2.text);
dd:=d/1000;
HH:=power(H,3);
ddd:=power(dd,3);
es:=0.16/(kdin*(sqrt(HH))*ddd);
form5.label5.caption:=floattostr(es);
end;
end.

```

unit Unit6;

```
interface
```

```
uses
```

```
  SysUtils, Windows, Messages, Classes, Graphics, Controls,
  StdCtrls, ExtCtrls, Forms, ComCtrls;
```

```
type
```

```
TForm6 = class(TForm)
```

```
  Edit1: TEdit;
```

```
  Label1: TLabel;
```

```
  Edit3: TEdit;
```

```
  Edit4: TEdit;
```

```
  Edit5: TEdit;
```

```
  Edit6: TEdit;
```

```
  Label2: TLabel;
```

```
  Label3: TLabel;
```

```
  Label4: TLabel;
```

```
  Label5: TLabel;
```

```
  Label6: TLabel;
```

```
  Edit7: TEdit;
```

```
  Edit8: TEdit;
```

```
  Edit9: TEdit;
```

```
  Edit10: TEdit;
```

```
  Label7: TLabel;
```

```
  Label8: TLabel;
```

```
  Label9: TLabel;
```

```
  Label10: TLabel;
```

```
  Edit11: TEdit;
```

```
  Edit12: TEdit;
```

```
  Edit13: TEdit;
```

```
  Edit14: TEdit;
```

```
  Edit15: TEdit;
```

```
  Bevel1: TBevel;
```

```
  Label11: TLabel;
```

```
  Edit2: TEdit;
```

```
  Edit16: TEdit;
```

```
  Edit17: TEdit;
```

```
  procedure Edit4Change(Sender: TObject);
```

```
  procedure Edit5Change(Sender: TObject);
```

```
  procedure Edit6Change(Sender: TObject);
```

```
  procedure Edit7Change(Sender: TObject);
```

```

    procedure Edit8Change(Sender: TObject);
    procedure Edit9Change(Sender: TObject);
    procedure Edit11Change(Sender: TObject);
    procedure Edit12Change(Sender: TObject);
    procedure Edit14Change(Sender: TObject);
    procedure Edit15Change(Sender: TObject);
    procedure Edit1Change(Sender: TObject); end;
var
Form6: TForm6;
implementation
uses Unit31, Unit4, Unit9, Unit32;
{$R *.DFM}
procedure TForm6.Edit1Change(Sender: TObject);
var
ee1,kk1:real;
begin
ee1:= strtofloat(form6.edit1.text);
if ee1=0 then
form31.edit1.text:='0'
else
begin
kk1:=(1/ee1);
form31.edit1.text:=floattostr(kk1);
end;
end;
procedure TForm6.Edit4Change(Sender: TObject);
var
ee1,kk1:real;
begin
ee1:= strtofloat(form6.edit4.text);
if ee1=0 then
form31.edit4.text:='0'
else
begin
kk1:=(1/ee1);
form31.edit4.text:=floattostr(kk1);
end;
end;
procedure TForm6.Edit5Change(Sender: TObject);
var
ee1,kk1:real;
begin
ee1:= strtofloat(form6.edit5.text);
if ee1=0 then
form31.edit5.text:='0'
else
begin
kk1:=(1/ee1);
form31.edit5.text:=floattostr(kk1);
end;
end;
procedure TForm6.Edit6Change(Sender: TObject);
var
ee1,kk1:real;
begin
ee1:= strtofloat(form6.edit6.text);
if ee1=0 then
form31.edit6.text:='0'
else
begin
kk1:=(1/ee1);
form31.edit6.text:=floattostr(kk1);
end;
end;
procedure TForm6.Edit7Change(Sender: TObject);
VAR
ee1,kk1:real;
begin
ee1:= strtofloat(form6.edit7.text);

```

```

if ee1=0 then
form31.edit7.text:='0'
else
begin
kk1:=(1/ee1);
form31.edit7.text:=floattostr(kk1);
end;
end;
procedure TForm6.Edit8Change(Sender: TObject);
VAR
ee1,kk1:real;
begin
ee1:= strtofloat(form6.edit8.text);
if ee1=0 then
form31.edit8.text:='0'
else
begin
kk1:=(1/ee1);
form31.edit8.text:=floattostr(kk1);
end;
end;

procedure TForm6.Edit9Change(Sender: TObject);
VAR
ee1,kk1:real;
begin
ee1:= strtofloat(form6.edit9.text);
if ee1=0 then
form31.edit9.text:='0'
else
begin
kk1:=(1/ee1);
form31.edit9.text:=floattostr(kk1);
end;
end;
procedure TForm6.Edit11Change(Sender: TObject);
VAR
ee1,kk1:real;
begin
ee1:= strtofloat(form6.edit11.text);
if ee1=0 then
form31.edit11.text:='0'
else
begin
kk1:=(1/ee1);
form31.edit11.text:=floattostr(kk1);
end;
end;
procedure TForm6.Edit12Change(Sender: TObject);
VAR
ee1,kk1:real;
begin
ee1:= strtofloat(form6.edit12.text);
if ee1=0 then
form31.edit12.text:='0'
else
begin
kk1:=(1/ee1);
form31.edit12.text:=floattostr(kk1);
end;
end;
procedure TForm6.Edit14Change(Sender: TObject);
VAR
ee1,kk1:real;
begin
ee1:= strtofloat(form6.edit14.text);
if ee1=0 then
form31.edit14.text:='0'
else

```

```

begin
kk1:=(1/ee1);
form31.edit14.text:=floattostr(kk1);
end;
end;
procedure TForm6.Edit15Change(Sender: TObject);
VAR
ee1, kk1:real;
begin
ee1:= strtofloat(form6.edit15.text);
if ee1=0 then
form31.edit15.text:='0'
else
begin
kk1:=(1/ee1);
form31.edit15.text:=floattostr(kk1);
end;
end;
end.

unit Unit7;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, ExtCtrls, math;
type
TForm7 = class(TForm)
  Label10: TLabel;
  Label12: TLabel;
  Label16: TLabel;
  Label1: TLabel;
  Bevel1: TBevel;
  Bevel2: TBevel;
  Bevel3: TBevel;
  Image1: TImage;
  Button1: TButton;
  Label2: TLabel;
  Label3: TLabel;
  Bevel4: TBevel;
  Bevel5: TBevel;
  Edit3: TEdit;
  Edit4: TEdit;
  Bevel6: TBevel;
  Label4: TLabel;
  Label5: TLabel;
  Label6: TLabel;
  Label7: TLabel;
  Label8: TLabel;
  Label9: TLabel;
  Label11: TLabel;
  Label13: TLabel;
  Bevel8: TBevel;
  Label14: TLabel;
  Label15: TLabel;
  Label17: TLabel;
  Edit1: TEdit;
  Edit2: TEdit;
  ComboBox1: TComboBox;
  procedure Button1Click(Sender: TObject);
  procedure ComboBox1Change(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
var
  Form7: TForm7;
implementation
uses Unit9, Unit6, Unit34, Unit26;

```

```

{$R *.DFM}
procedure TForm7.Button1Click(Sender: TObject);
begin
form26.edit6.text:=form7.label15.caption;
close;
end;
procedure TForm7.ComboBox1Change(Sender: TObject);
VAR
d,l,h,z,kk,J,es:real;
begin
kk:=strtofloat(combobox1.text);
d:=strtofloat(edit1.text);
l:=strtofloat(edit2.text);
h:=strtofloat(edit3.text);
z:=strtofloat(edit4.text);
es:=kk/((power(d,2)*1*h*z));
J:=es*1000;
form7.label5.caption:=floattostr(es);
form7.label15.caption:=floattostr(j);
end;
end.

unit Unit8;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, ExtCtrls,math;
type
TForm8 = class(TForm)
  Label10: TLabel;
  Label12: TLabel;
  Label16: TLabel;
  Label1: TLabel;
  Bevel1: TBevel;
  Bevel2: TBevel;
  Bevel3: TBevel;
  Label2: TLabel;
  Bevel4: TBevel;
  Image1: TImage;
  Button1: TButton;
  Edit1: TEdit;
  Edit2: TEdit;
  Edit3: TEdit;
  Label7: TLabel;
  Label8: TLabel;
  Label11: TLabel;
  Label13: TLabel;
  Bevel6: TBevel;
  Label4: TLabel;
  Label6: TLabel;
  ComboBox1: TComboBox;
  Edit4: TEdit;
  procedure Button1Click(Sender: TObject);
  procedure ComboBox1Change(Sender: TObject);
  procedure Edit4Change(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
var
  Form8: TForm8;
implementation
uses Unit9, Unit6, Unit34;
{$R *.DFM}
procedure TForm8.Button1Click(Sender: TObject);
begin
close;
end;

```

```

procedure TForm8.ComboBox1Change(Sender: TObject);
VAR
b,r,bb,rr,rrr,cc,al,kd,es,c:real;
begin
kd:=strtofloat(combobox1.text);
b:=strtofloat(edit1.text);
r:=strtofloat(edit2.text);
al:=strtofloat(edit3.text);
bb:=b/1000;
rr:=r/1000;
c:=cos(degtorad(al));
cc:=power(c,2);
rrr:=power(rr,2);
es:=kd/(bb*rrr*cc);
form8.edit4.text:=floattostr(es);
end;
procedure TForm8.Edit4Change(Sender: TObject);
begin
form6.edit5.text:=form8.edit4.text;
form34.edit9.text:=form8.edit4.text;
end;
end.

unit Unit9;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, ExtCtrls;
type
TForm9 = class(TForm)
  Button5: TButton;
  Button1: TButton;
  Button2: TButton;
  procedure Button5Click(Sender: TObject);
  procedure Button1Click(Sender: TObject);
  procedure Button2Click(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
var
  Form9: TForm9;
implementation
uses Unit31, Unit4, Unit37, Unit14;
{$R *.DFM}
procedure TForm9.Button5Click(Sender: TObject);
begin
close;
end;
procedure TForm9.Button1Click(Sender: TObject);
begin
form37.edit1.color:=clblack;
form37.edit2.color:=clblack;
form37.edit3.color:=clblack;
form37.edit4.color:=clblack;
form37.edit5.color:=clblack;
form37.edit6.color:=clblack;
form37.edit7.color:=clblack;
form37.edit8.color:=clblack;
form37.edit9.color:=clblack;
form37.edit10.color:=clblack;
form37.edit11.color:=clblack;
form37.edit12.color:=clblack;
form37.edit13.color:=clblack;
form37.edit14.color:=clblack;
form37.edit15.color:=clblack;
form37.edit16.color:=clblack;
form37.edit17.color:=clblack;

```

```

form37.edit33.color:=clblack;
FORM37.SHOW;
end;
procedure TForm9.Button2Click(Sender: TObject);
begin
FORM14.SHOW;
form14.edit1.color:=clred;
form14.edit2.color:=clred;
form14.edit3.color:=clred;
form14.edit4.color:=clred;
form14.edit5.color:=clred;
form14.edit6.color:=clred;
form14.edit7.color:=clred;
form14.edit8.color:=clred;
form14.edit9.color:=clred;
form14.edit10.color:=clred;
form14.edit14.color:=clred;
form14.edit19.color:=clred;
form14.edit32.color:=clred;
form14.edit33.color:=clred;
form14.edit46.color:=clred;
form14.edit47.color:=clred;
end;
end.

```

unit Unit10;

```
interface
```

```
uses
```

```
Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
ExtCtrls, StdCtrls;
```

```
type
```

```
TForm10 = class(TForm)
```

```
Image1: TImage;
```

```
Label1: TLabel;
```

```
Label2: TLabel;
```

```
Button16: TButton;
```

```
Label5: TLabel;
```

```
Label8: TLabel;
```

```
Label9: TLabel;
```

```
Label10: TLabel;
```

```
Edit1: TEdit;
```

```
Button1: TButton;
```

```
Button3: TButton;
```

```
Button4: TButton;
```

```
Button7: TButton;
```

```
Button8: TButton;
```

```
Button2: TButton;
```

```
Button5: TButton;
```

```
Button6: TButton;
```

```
Label3: TLabel;
```

```
Edit9: TEdit;
```

```
Label4: TLabel;
```

```
Bevel1: TBevel;
```

```
Bevel2: TBevel;
```

```
Edit2: TEdit;
```

```
Edit3: TEdit;
```

```
Edit4: TEdit;
```

```
Edit5: TEdit;
```

```
Edit6: TEdit;
```

```
Edit7: TEdit;
```

```
Edit8: TEdit;
```

```
Edit10: TEdit;
```

```
Edit11: TEdit;
```

```
Edit12: TEdit;
```

```
Edit13: TEdit;
```

```
Edit14: TEdit;
```

```
Edit15: TEdit;
```

```
Edit16: TEdit;
```

```
Edit17: TEdit;
```



```

Button9: TButton;
Button10: TButton;
Button11: TButton;
Button12: TButton;
Button13: TButton;
Button14: TButton;
Button15: TButton;
procedure Button1Click(Sender: TObject);
procedure Button2Click(Sender: TObject);
procedure Button3Click(Sender: TObject);
procedure Button4Click(Sender: TObject);
procedure Button5Click(Sender: TObject);
procedure Button6Click(Sender: TObject);
procedure Button7Click(Sender: TObject);
procedure Button8Click(Sender: TObject);
procedure Button9Click(Sender: TObject);
procedure Button10Click(Sender: TObject);
procedure Button11Click(Sender: TObject);
procedure Button12Click(Sender: TObject);
procedure Button13Click(Sender: TObject);
procedure Button14Click(Sender: TObject);
procedure Button15Click(Sender: TObject);
procedure Edit1Change(Sender: TObject);
procedure Edit7Change(Sender: TObject);
procedure Button16Click(Sender: TObject);
procedure Edit16Change(Sender: TObject);
procedure Edit17Change(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
var
  Form10: TForm10;
implementation
uses Unit26, Unit13, Unit6, Unit34;
{$R *.DFM}
procedure TForm10.Button1Click(Sender: TObject);
begin
  b:=14;
  form26.label1.caption:=inttostr(b);
  form26.edit1.text:='0';
  form26.edit2.text:='0';
  form26.edit3.text:='0';
  form26.edit4.text:='0';
  form26.edit5.text:='0';
  form26.edit6.text:='0';
  form10.edit1.color:=clred;
  form26.show;
end;
procedure TForm10.Button2Click(Sender: TObject);
begin
  b:=15;
  form26.label1.caption:=inttostr(b);
  form26.edit1.text:='0';
  form26.edit2.text:='0';
  form26.edit3.text:='0';
  form26.edit4.text:='0';
  form26.edit5.text:='0';
  form26.edit6.text:='0';
  form10.edit2.color:=clred;
  form26.show;
end;
procedure TForm10.Button3Click(Sender: TObject);
begin
  b:=16;
  form26.label1.caption:=inttostr(b);
  form26.edit1.text:='0';
  form26.edit2.text:='0';

```

```

form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form10.edit3.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm10.Button4Click(Sender: TObject);
begin
b:=17;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form10.edit4.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm10.Button5Click(Sender: TObject);
begin
b:=18;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form10.edit5.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm10.Button6Click(Sender: TObject);
begin
b:=19;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form10.edit6.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm10.Button7Click(Sender: TObject);
begin
b:=20;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form10.edit7.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm10.Button8Click(Sender: TObject);
begin
b:=21;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';

```

```

form10.edit8.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm10.Button9Click(Sender: TObject);
begin
b:=22;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form10.edit9.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm10.Button10Click(Sender: TObject);
begin
b:=23;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form10.edit10.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm10.Button11Click(Sender: TObject);
begin
b:=24;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form10.edit11.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm10.Button12Click(Sender: TObject);
begin
b:=25;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form10.edit12.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm10.Button13Click(Sender: TObject);
begin
b:=26;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form10.edit13.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm10.Button14Click(Sender: TObject);

```

```

begin
b:=27;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form10.edit14.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm10.Button15Click(Sender: TObject);
begin
b:=28;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form10.edit15.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm10.Edit1Change(Sender: TObject);
var
a1,a2,a3,a4,a5,a6,top1:real;
begin
a1:=strtofloat(form10.edit1.text);
a2:=strtofloat(form10.edit2.text);
a3:=strtofloat(form10.edit3.text);
a4:=strtofloat(form10.edit4.text);
a5:=strtofloat(form10.edit5.text);
a6:=strtofloat(form10.edit6.text);
top1:=a1+a2+a3+a4+a5+a6;
form10.edit16.text:=floattostr(top1);
end;
procedure TForm10.Edit7Change(Sender: TObject);
var
a7,a8,a9,a10,a11,a12,a13,a14,a15,top2:real;
begin
a7:=strtofloat(form10.edit7.text);
a8:=strtofloat(form10.edit8.text);
a9:=strtofloat(form10.edit9.text);
a10:=strtofloat(form10.edit10.text);
a11:=strtofloat(form10.edit11.text);
a12:=strtofloat(form10.edit12.text);
a13:=strtofloat(form10.edit13.text);
a14:=strtofloat(form10.edit14.text);
a15:=strtofloat(form10.edit15.text);
top2:=a7+a8+a9+a10+a11+a12+a13+a14+a15;
form10.edit17.text:=floattostr(top2);
end;
procedure TForm10.Button16Click(Sender: TObject);
begin
close;
end;
procedure TForm10.Edit16Change(Sender: TObject);
begin
form6.edit6.text:=form10.edit16.Text;
form34.edit13.text:=form10.edit16.Text;
end;
procedure TForm10.Edit17Change(Sender: TObject);
begin
form6.edit8.text:=form10.edit17.Text;
form34.edit19.text:=form10.edit17.Text;
end;
end.

```

```

unit Unit11;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, ExtCtrls, jpeg;
type
  TForm11 = class(TForm)
    Button7: TButton;
    Label7: TLabel;
    Button17: TButton;
    Edit8: TEdit;
    Button8: TButton;
    Button18: TButton;
    Button19: TButton;
    Button20: TButton;
    Button21: TButton;
    Button22: TButton;
    Button23: TButton;
    Label8: TLabel;
    Label9: TLabel;
    Edit2: TEdit;
    Label10: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Label5: TLabel;
    Label3: TLabel;
    Edit10: TEdit;
    Edit1: TEdit;
    Button1: TButton;
    Edit3: TEdit;
    Button2: TButton;
    Edit4: TEdit;
    Button3: TButton;
    Edit5: TEdit;
    Button4: TButton;
    Edit6: TEdit;
    Button5: TButton;
    Edit7: TEdit;
    Button6: TButton;
    Label1: TLabel;
    Bevel1: TBevel;
    Bevel2: TBevel;
    Edit9: TEdit;
    Edit11: TEdit;
    Edit12: TEdit;
    Edit13: TEdit;
    Edit14: TEdit;
    Edit15: TEdit;
    Edit16: TEdit;
    Image1: TImage;
    Image2: TImage;
    procedure Button7Click(Sender: TObject);
    procedure Button17Click(Sender: TObject);
    procedure Button8Click(Sender: TObject);
    procedure Button18Click(Sender: TObject);
    procedure Button19Click(Sender: TObject);
    procedure Button20Click(Sender: TObject);
    procedure Button21Click(Sender: TObject);
    procedure Button22Click(Sender: TObject);
    procedure Button23Click(Sender: TObject);
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure Button2Click(Sender: TObject);
    procedure Button3Click(Sender: TObject);
    procedure Button4Click(Sender: TObject);
    procedure Button5Click(Sender: TObject);
    procedure Button6Click(Sender: TObject);
    procedure Edit1Change(Sender: TObject);
    procedure Edit9Change(Sender: TObject);
    procedure Edit16Change(Sender: TObject);
  end;

```

```

    procedure Edit15Change(Sender: TObject);
    private
      { Private declarations }
    public
      { Public declarations }
    end;
var
  Form11: TForm11;
implementation
uses Unit26, Unit18, Unit6, Unit34;
{$R *.DFM}
procedure TForm11.Button7Click(Sender: TObject);
begin
close;
end;
procedure TForm11.Button17Click(Sender: TObject);
begin
b:=29;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form11.edit1.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm11.Button8Click(Sender: TObject);
begin
b:=30;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form11.edit2.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm11.Button18Click(Sender: TObject);
begin
b:=31;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form11.edit3.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm11.Button19Click(Sender: TObject);
begin
b:=32;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form11.edit4.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm11.Button20Click(Sender: TObject);
begin

```

```
b:=33;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form11.edit5.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm11.Button21Click(Sender: TObject);
begin
b:=34;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form11.edit6.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm11.Button22Click(Sender: TObject);
begin
b:=3;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form11.edit7.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm11.Button23Click(Sender: TObject);
begin
b:=36;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form11.edit8.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm11.Button1Click(Sender: TObject);
begin
b:=37;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form11.edit9.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm11.Button2Click(Sender: TObject);
begin
b:=38;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
```

```

form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form11.edit10.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm11.Button3Click(Sender: TObject);
begin
b:=39;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form11.edit11.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm11.Button4Click(Sender: TObject);
begin
b:=40;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form11.edit12.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm11.Button5Click(Sender: TObject);
begin
b:=41;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form11.edit13.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm11.Button6Click(Sender: TObject);
begin
b:=42;
form26.label1.caption:=inttostr(b);
form26.edit1.text:='0';
form26.edit2.text:='0';
form26.edit3.text:='0';
form26.edit4.text:='0';
form26.edit5.text:='0';
form26.edit6.text:='0';
form11.edit14.color:=clred;
form26.show;
end;
procedure TForm11.Edit1Change(Sender: TObject);
var
a1,a2,a3,a4,a5,a6,a7,a8,top1:real;
begin
a1:=strtofloat(form11.edit1.text);
a2:=strtofloat(form11.edit2.text);
a3:=strtofloat(form11.edit3.text);
a4:=strtofloat(form11.edit4.text);
a5:=strtofloat(form11.edit5.text);
a6:=strtofloat(form11.edit6.text);

```



```

a7:=strtofloat(form11.edit7.text);
a8:=strtofloat(form11.edit8.text);
top1:=a1+a2+a3+a4+a5+a6+a7+a8;
form11.edit16.text:=floattostr(top1);
end;
procedure TForm11.Edit9Change(Sender: TObject);
var
a9,a10,a11,a12,a13,a14,top2:real;
begin
a9:=strtofloat(form11.edit9.text);
a10:=strtofloat(form11.edit10.text);
a11:=strtofloat(form11.edit11.text);
a12:=strtofloat(form11.edit12.text);
a13:=strtofloat(form11.edit13.text);
a14:=strtofloat(form11.edit14.text);
top2:=a9+a10+a11+a12+a13+a14;
form11.edit15.text:=floattostr(top2);
end;
procedure TForm11.Edit16Change(Sender: TObject);
begin
form34.edit25.text:=form11.edit16.text;
form6.edit11.text:=form11.edit16.text;
end;
procedure TForm11.Edit15Change(Sender: TObject);
begin
form34.edit31.text:=form11.edit15.text;
form6.edit14.text:=form11.edit15.text;
end;
end.

```

unit Unit12;

```

interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls;
type
  TForm12 = class(TForm)
    Button1: TButton;
    Button4: TButton;
    Button5: TButton;
    Button2: TButton;
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure Button6Click(Sender: TObject);
    procedure Button5Click(Sender: TObject);
    procedure Button3Click(Sender: TObject);
    procedure Button4Click(Sender: TObject);
    procedure Button2Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;
var
  Form12: TForm12;
implementation
uses Unit14, Unit15, Unit13, Unit10, Unit32;
{$R *.DFM}
procedure TForm12.Button1Click(Sender: TObject);
begin
form10.show;
end;
procedure TForm12.Button6Click(Sender: TObject);
begin
form13.show;
end;
procedure TForm12.Button5Click(Sender: TObject);
begin
close;
end;
end;

```

```

procedure TForm12.Button3Click(Sender: TObject);
begin
form14.show;
end;
procedure TForm12.Button4Click(Sender: TObject);
begin
form15.show;
end;
procedure TForm12.Button2Click(Sender: TObject);
begin
form32.show;
end;
end.

```

unit Unit13;

```
interface
```

```
uses
```

```
Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
StdCtrls, ExtCtrls;
```

```
type
```

```
TForm13 = class(TForm)
```

```
Button5: TButton;
```

```
Edit1: TEdit;
```

```
Edit2: TEdit;
```

```
Edit3: TEdit;
```

```
Edit4: TEdit;
```

```
Edit5: TEdit;
```

```
Edit6: TEdit;
```

```
Edit7: TEdit;
```

```
Edit8: TEdit;
```

```
Edit9: TEdit;
```

```
Edit10: TEdit;
```

```
Label1: TLabel;
```

```
Label2: TLabel;
```

```
Label3: TLabel;
```

```
Label4: TLabel;
```

```
Label5: TLabel;
```

```
Edit11: TEdit;
```

```
Label6: TLabel;
```

```
Label7: TLabel;
```

```
Edit12: TEdit;
```

```
Edit13: TEdit;
```

```
Label8: TLabel;
```

```
Label9: TLabel;
```

```
Label10: TLabel;
```

```
Label11: TLabel;
```

```
Label12: TLabel;
```

```
Label13: TLabel;
```

```
Edit14: TEdit;
```

```
Edit15: TEdit;
```

```
Edit16: TEdit;
```

```
Edit17: TEdit;
```

```
Label14: TLabel;
```

```
Label15: TLabel;
```

```
Label16: TLabel;
```

```
Label17: TLabel;
```

```
Edit18: TEdit;
```

```
Edit19: TEdit;
```

```
Label18: TLabel;
```

```
Label19: TLabel;
```

```
Label20: TLabel;
```

```
procedure Button5Click(Sender: TObject);
```

```
procedure Edit3Change(Sender: TObject);
```

```
procedure Edit6Change(Sender: TObject);
```

```
procedure Edit8Change(Sender: TObject);
```

```
procedure Edit7Change(Sender: TObject);
```

```
procedure Edit4Change(Sender: TObject);
```

```
procedure Edit5Change(Sender: TObject);
```

```
procedure Edit14Change(Sender: TObject);
```

```

    procedure Edit17Change(Sender: TObject);
    private
      { Private declarations }
    public
      { Public declarations }
    end;
  var
    Form13: TForm13;
  implementation
    uses Unit37, Unit14;
    {$R *.DFM}
    procedure TForm13.Button5Click(Sender: TObject);
    begin
      close;
    end;
    procedure TForm13.Edit3Change(Sender: TObject);
    var
      ek1,ek,et,I1,I2,I2a,I2b,It1,It2:real;
    begin
      ek1:=strtofloat(form37.label6.caption);
      ek:=strtofloat(form37.label9.caption);
      et:=ek1+ek;
      I1:=strtofloat(form37.label12.caption);
      I2:=strtofloat(form37.label15.caption);
      I2a:=(ek/et)*I2;
      It1:=I2a+I1;
      form14.edit29.text:=floattostr(It1);
      I2b:=(ek1/et)*I2;
      It2:=I2b;
      form14.edit30.text:=floattostr(It2);
    end;
    procedure TForm13.Edit6Change(Sender: TObject);
    var
      ek1,ek,et,I5,I5a,I5b,It1,It2:real;
    begin
      ek1:=strtofloat(form37.label54.caption);
      ek:=strtofloat(form37.label69.caption);
      et:=ek1+ek;
      I5:=strtofloat(form37.label57.caption);
      I5a:=(ek/et)*I5;
      It1:=I5a;
      form14.edit35.text:=floattostr(It1);
      form13.edit9.text:=floattostr(It1);
      I5b:=(ek1/et)*I5;
      It2:=I5b;
      form13.edit10.text:=floattostr(It2);
    end;
    procedure TForm13.Edit8Change(Sender: TObject);
    var
      ek1,ek,et,I7,I7a,I7b,It1,It2:real;
    begin
      ek1:=strtofloat(form37.label75.caption);
      ek:=strtofloat(form37.label81.caption);
      et:=ek1+ek;
      I7:=strtofloat(form37.label63.caption);
      I7a:=(ek/et)*I7;
      It1:=I7a;
      form13.edit11.text:=floattostr(It1);
      I7b:=(ek1/et)*I7;
      It2:=I7b;
      form14.edit37.text:=floattostr(It2);
      form13.edit12.text:=floattostr(It2);
    end;
    procedure TForm13.Edit7Change(Sender: TObject);
    VAR
      IT6,IT7A,IT5B,ET:real;
    begin
      IT6:=strtofloat(form13.edit7.text);
      IT7A:=strtofloat(form13.edit11.text);

```

```

IT5B:=strtofloat(form13.edit10.text);
et:=IT6+IT7A+IT5B;
form13.edit13.text:=floattostr(et);
form14.edit36.text:=floattostr(et);
end;
procedure TForm13.Edit4Change(Sender: TObject);
var
ek1,ek,et,I3,I3a,I3b,It1,It2:real;
begin
ek1:=strtofloat(form37.label27.caption);
ek:=strtofloat(form37.label33.caption);
et:=ek1+ek;
I3:=strtofloat(form37.label46.caption);
I3a:=(ek/et)*I3;
It1:=I3a;
form13.edit14.text:=floattostr(It1);
I3b:=(ek1/et)*I3;
It2:=I3b;
form13.edit15.text:=floattostr(It2);
end;
procedure TForm13.Edit5Change(Sender: TObject);
var
ek1,ek,et,I3b,I4,It4a,It4b,It4,It1,It2:real;
begin
ek1:=strtofloat(form37.label27.caption)+strtofloat(form37.label33.caption);
ek:=strtofloat(form37.label39.caption);
et:=ek1+ek;
I3b:=strtofloat(form13.edit15.text);
I4:=strtofloat(form37.label49.caption);
It4:=I4+I3b;
It4a:=(ek/et)*It4;
It1:=It4a;
form13.edit16.text:=floattostr(It1);
It4b:=(ek1/et)*It4;
It2:=It4b;
form13.edit17.text:=floattostr(It2);
end;
procedure TForm13.Edit14Change(Sender: TObject);
VAR
I3A,IT4A,ET:real;
begin
I3A:=strtofloat(form13.edit14.text);
IT4A:=strtofloat(form13.edit16.text);
et:=I3A+IT4A;
form13.edit18.text:=floattostr(et);
form14.edit31.text:=floattostr(et);
end;
procedure TForm13.Edit17Change(Sender: TObject);
begin
Form13.edit19.text:=Form13.edit17.text;
Form14.edit34.text:=Form13.edit17.text;
end;
end.

```

unit Unit14;

interface

uses

Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
StdCtrls, ExtCtrls,math;

type

TForm14 = class(TForm)

 Button1: TButton;

 Edit1: TEdit;

 Edit2: TEdit;

 Edit4: TEdit;

 Edit33: TEdit;

 Edit3: TEdit;

 Edit7: TEdit;

 Edit5: TEdit;

Edit6: TEdit;
Edit19: TEdit;
Edit9: TEdit;
Label140: TLabel;
Label141: TLabel;
Label10: TLabel;
Label11: TLabel;
Label13: TLabel;
Label1: TLabel;
Label2: TLabel;
Label3: TLabel;
Label4: TLabel;
Label24: TLabel;
Label23: TLabel;
Label25: TLabel;
Label26: TLabel;
Label27: TLabel;
Label28: TLabel;
Label33: TLabel;
Label34: TLabel;
Label35: TLabel;
Label36: TLabel;
Label45: TLabel;
Label46: TLabel;
Label47: TLabel;
Label48: TLabel;
Label29: TLabel;
Label30: TLabel;
Label31: TLabel;
Label32: TLabel;
Label37: TLabel;
Label38: TLabel;
Label43: TLabel;
Label44: TLabel;
Label53: TLabel;
Label54: TLabel;
Label55: TLabel;
Label56: TLabel;
Label57: TLabel;
Label58: TLabel;
Label59: TLabel;
Label60: TLabel;
Label61: TLabel;
Label62: TLabel;
Edit21: TEdit;
Edit22: TEdit;
Edit23: TEdit;
Edit24: TEdit;
Edit25: TEdit;
Edit26: TEdit;
Edit27: TEdit;
Edit28: TEdit;
Edit29: TEdit;
Edit30: TEdit;
Edit31: TEdit;
Edit34: TEdit;
Edit35: TEdit;
Edit36: TEdit;
Edit37: TEdit;
Label71: TLabel;
Label72: TLabel;
Label73: TLabel;
Label74: TLabel;
Label75: TLabel;
Label76: TLabel;
Label77: TLabel;
Label78: TLabel;
Label79: TLabel;
Label80: TLabel;

Label81: TLabel;
Label82: TLabel;
Label83: TLabel;
Label84: TLabel;
Label85: TLabel;
Label86: TLabel;
Label95: TLabel;
Label96: TLabel;
Label97: TLabel;
Label98: TLabel;
Label99: TLabel;
Label100: TLabel;
Label101: TLabel;
Label102: TLabel;
Label103: TLabel;
Label104: TLabel;
Label105: TLabel;
Label106: TLabel;
Label107: TLabel;
Label108: TLabel;
Edit32: TEdit;
Label117: TLabel;
Label118: TLabel;
Label119: TLabel;
Label120: TLabel;
Label123: TLabel;
Label124: TLabel;
Edit8: TEdit;
Edit47: TEdit;
Edit10: TEdit;
Label5: TLabel;
Label6: TLabel;
Label7: TLabel;
Label8: TLabel;
Label14: TLabel;
Label121: TLabel;
Label133: TLabel;
Edit14: TEdit;
Edit46: TEdit;
Label19: TLabel;
Label12: TLabel;
Label122: TLabel;
Label134: TLabel;
Label135: TLabel;
Label136: TLabel;
Label137: TLabel;
Label138: TLabel;
Label139: TLabel;
Label142: TLabel;
Label143: TLabel;
Label144: TLabel;
Label125: TLabel;
Label126: TLabel;
Label127: TLabel;
Label128: TLabel;
ComboBox1: TComboBox;
ComboBox2: TComboBox;
Label15: TLabel;
Label16: TLabel;
Label17: TLabel;
Label18: TLabel;
Edit11: TEdit;
Edit12: TEdit;
Edit13: TEdit;
Edit15: TEdit;
Edit16: TEdit;
Edit17: TEdit;
Edit18: TEdit;
Label19: TLabel;

```

Label20: TLabel;
Label21: TLabel;
Label22: TLabel;
Label39: TLabel;
Label40: TLabel;
Label41: TLabel;
Label42: TLabel;
Label49: TLabel;
Label50: TLabel;
Label51: TLabel;
Label52: TLabel;
Label63: TLabel;
Label64: TLabel;
procedure Button1Click(Sender: TObject);
procedure ComboBox1Change(Sender: TObject);
procedure ComboBox2Change(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
var
  Form14: TForm14;
implementation
uses Unit13, Unit6, Unit34, Unit38;
{$R *.DFM}
procedure TForm14.Button1Click(Sender: TObject);
begin
close;
end;
procedure TForm14.ComboBox1Change(Sender: TObject);
var
u1,u1kare,e23,e34,tope23,tope34,It3,It4,topI3,topI4,k23,k34,k45,k56,k67,k451,k561,k671,topk23,topk34:real;
begin
Form38.edit2.text:=Form14.edit21.text;
Form38.edit3.text:=Form14.edit22.text;
Form38.edit9.text:=Form14.edit28.text;
Form38.edit10.text:=Form14.edit29.text;
Form38.edit11.text:=Form14.edit30.text;
Form38.edit17.text:=Form14.edit11.text;
Form38.edit25.text:=Form14.edit12.text;
u1:=strtofloat(combobox1.text);
u1kare:=power(u1,2);
e23:=strtofloat(edit23.text);
e34:=strtofloat(edit24.text);
tope23:=u1kare*e23;
form38.edit4.text:=floattostr(tope23);
tope34:=u1kare*e34;
form38.edit5.text:=floattostr(tope34);
k23:=strtofloat(edit13.text);
k34:=strtofloat(edit15.text);
topk23:=k23/u1kare;
form38.edit33.text:=floattostr(topk23);
topk34:=k34/u1kare;
form38.edit34.text:=floattostr(topk34);
k45:=strtofloat(edit16.text);
k56:=strtofloat(edit17.text);
k67:=strtofloat(edit18.text);
k451:=k45/u1kare;
k561:=k56/u1kare;
k671:=k67/u1kare;
form6.edit2.text:=floattostr(k451);
form6.edit16.text:=floattostr(k561);
form6.edit17.text:=floattostr(k671);
It3:= strtofloat(edit31.text);
if It3=0 then
form38.edit12.text:='0'
else
begin

```

```

topI3:=(It3/u1kare);
form38.edit12.text:=floattostr(topI3);
It4:= strtfloat(edit34.text);
if It4=0 then
form38.edit13.text:='0'
else
begin
topI4:=(It4/u1kare);
form38.edit13.text:=floattostr(topI4);
end;
end;
end;
procedure TForm14.ComboBox2Change(Sender: TObject);
var
u1,u2,u12,u12kare,u2kare,e45,e56,e67,tope45,tope56,tope67,It5,It6,It7,topI5,topI6,topI7,k4511,k5611,k6711,k4512,k5612
,k6712:real;
begin
u1:=strtfloat(combobox1.text);
u2:=strtfloat(combobox2.text);
u12:=u1*u2;
u2kare:=power(u2,2);
u12kare:=power(u12,2);
e45:=strtfloat(edit25.text);
e56:=strtfloat(edit26.text);
e67:=strtfloat(edit27.text);
tope45:=u12kare*e45;
form38.edit6.text:=floattostr(tope45);
tope56:=u12kare*e56;
form38.edit7.text:=floattostr(tope56);
tope67:=u12kare*e67;
form38.edit8.text:=floattostr(tope67);
k4511:=strtfloat(form6.edit2.text);
k5611:=strtfloat(form6.edit16.text);
k6711:=strtfloat(form6.edit17.text);
k4512:=k4511/u2kare;
form38.edit35.text:=floattostr(k4512);
k5612:=k5611/u2kare;
form38.edit36.text:=floattostr(k5612);
k6712:=k6711/u2kare;
form38.edit37.text:=floattostr(k6712);
It5:= strtfloat(edit35.text);
if It5=0 then
form38.edit14.text:='0'
else
begin
topI5:=(It5/u12kare);
form38.edit14.text:=floattostr(topI5);
It6:= strtfloat(edit36.text);
if It6=0 then
form38.edit15.text:='0'
else
begin
topI6:=(It6/u12kare);
form38.edit15.text:=floattostr(topI6);
It7:= strtfloat(edit37.text);
if It7=0 then
form38.edit16.text:='0'
else
begin
topI7:=(It7/u12kare);
form38.edit16.text:=floattostr(topI7);
end;
end;
end;
end;
end.

```

unit Unit15;
interface


```

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, ExtCtrls,math;
type
  TForm15 = class(TForm)
    Button1: TButton;
    Label10: TLabel;
    Label12: TLabel;
    Label16: TLabel;
    Label1: TLabel;
    Bevel1: TBevel;
    Bevel2: TBevel;
    Bevel3: TBevel;
    Label2: TLabel;
    Bevel4: TBevel;
    Image1: TImage;
    Label7: TLabel;
    Label8: TLabel;
    Label11: TLabel;
    Label13: TLabel;
    Bevel6: TBevel;
    Label4: TLabel;
    Label6: TLabel;
    Edit1: TEdit;
    Edit2: TEdit;
    Edit3: TEdit;
    ComboBox1: TComboBox;
    Edit4: TEdit;
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure ComboBox1Change(Sender: TObject);
    procedure Edit4Change(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;
var
  Form15: TForm15;
implementation
uses Unit13, Unit6, Unit34;
{$R *.DFM}
procedure TForm15.Button1Click(Sender: TObject);
begin
  close;
end;
procedure TForm15.ComboBox1Change(Sender: TObject);
VAR
  b,r,bb,rr,rrr,cc,al,kd,es,c:real;
begin
  kd:=strtofloat(combobox1.text);
  b:=strtofloat(edit1.text);
  r:=strtofloat(edit2.text);
  al:=strtofloat(edit3.text);
  bb:=b/1000;
  rr:=r/1000;
  c:=cos(degto rad(al));
  cc:=power(c,2);
  rrr:=power(rr,2);
  es:=kd/(bb*rrr*cc);
  form15.edit4.text:=floattostr(es);
end;

procedure TForm15.Edit4Change(Sender: TObject);
begin
  form6.edit9.text:=form15.edit4.text;
  form34.edit21.text:=form15.edit4.text;
end;
end.

```

```

unit Unit16;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, ExtCtrls, ComCtrls, jpeg;
type
  TForm16 = class(TForm)
    Image1: TImage;
    Button1: TButton;
    Button2: TButton;
    Button3: TButton;
    Button4: TButton;
    Button5: TButton;
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Label3: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Label11: TLabel;
    Label12: TLabel;
    Label5: TLabel;
    Label6: TLabel;
    Label7: TLabel;
    Label8: TLabel;
    Label9: TLabel;
    Label10: TLabel;
    Bevel1: TBevel;
    Bevel2: TBevel;
    Bevel3: TBevel;
    Bevel4: TBevel;
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure Button4Click(Sender: TObject);
    procedure Button2Click(Sender: TObject);
    procedure Button3Click(Sender: TObject);
    procedure Button5Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;
var
  Form16: TForm16;
implementation
uses Unit21, Unit28, Unit29, Unit30;
{$R *.DFM}
procedure TForm16.Button1Click(Sender: TObject);
begin
  FORM21.SHOW;
end;
procedure TForm16.Button4Click(Sender: TObject);
begin
  close;
end;
procedure TForm16.Button2Click(Sender: TObject);
begin
  form28.show;
end;
procedure TForm16.Button3Click(Sender: TObject);
begin
  form29.show;
end;
procedure TForm16.Button5Click(Sender: TObject);
begin
  form30.show;
end;
end.

unit Unit17;
interface
uses

```

Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
StdCtrls;

```

type
  TForm17 = class(TForm)
    Button1: TButton;
    Button4: TButton;
    Button5: TButton;
    Button2: TButton;
    procedure Button5Click(Sender: TObject);
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure Button4Click(Sender: TObject);
    procedure Button2Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;
var
  Form17: TForm17;
implementation
uses Unit11, Unit19, Unit20, Unit18, Unit32, Unit35;
{$R *.DFM}
procedure TForm17.Button5Click(Sender: TObject);
begin
close;
end;
procedure TForm17.Button1Click(Sender: TObject);
begin
form11.show;
end;
procedure TForm17.Button4Click(Sender: TObject);
begin
form20.show;
end;
procedure TForm17.Button2Click(Sender: TObject);
begin
form35.show;
end;
end.

```

unit Unit18;

```

interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, ExtCtrls;

```

```

type
  TForm18 = class(TForm)
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

```

```

var
  Form18: TForm18;
implementation
uses Unit19, Unit4;
{$R *.DFM}
end.

```

unit Unit19;

```

interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, ExtCtrls, math;

```

```

type
  TForm19 = class(TForm)
    Button1: TButton;
    Button2: TButton;
    Button3: TButton;

```

Edit1: TEdit;
Label1: TLabel;
ListBox1: TListBox;
Label2: TLabel;
Label3: TLabel;
Label4: TLabel;
Label5: TLabel;
Label6: TLabel;
Label7: TLabel;
Label8: TLabel;
Bevel1: TBevel;
Bevel2: TBevel;
ListBox2: TListBox;
ListBox3: TListBox;
ListBox4: TListBox;
ListBox5: TListBox;
ListBox6: TListBox;
ListBox7: TListBox;
ListBox8: TListBox;
ListBox9: TListBox;
ListBox10: TListBox;
ListBox11: TListBox;
ListBox12: TListBox;
ListBox13: TListBox;
ListBox14: TListBox;
ListBox15: TListBox;
ListBox16: TListBox;
ListBox17: TListBox;
ListBox18: TListBox;
ListBox19: TListBox;
ListBox20: TListBox;
ListBox21: TListBox;
ListBox22: TListBox;
ListBox23: TListBox;
ListBox24: TListBox;
ListBox25: TListBox;
ListBox26: TListBox;
ListBox27: TListBox;
ListBox28: TListBox;
ListBox29: TListBox;
ListBox30: TListBox;
ListBox31: TListBox;
ListBox32: TListBox;
ListBox33: TListBox;
ListBox34: TListBox;
ListBox35: TListBox;
ListBox36: TListBox;
ListBox37: TListBox;
ListBox38: TListBox;
ListBox39: TListBox;
ListBox40: TListBox;
ListBox41: TListBox;
ListBox42: TListBox;
ListBox43: TListBox;
ListBox44: TListBox;
ListBox45: TListBox;
ListBox46: TListBox;
ListBox47: TListBox;
ListBox48: TListBox;
ListBox49: TListBox;
ListBox50: TListBox;
ListBox51: TListBox;
ListBox52: TListBox;
ListBox53: TListBox;
ListBox54: TListBox;
ListBox55: TListBox;
ListBox56: TListBox;
ListBox57: TListBox;
ListBox58: TListBox;

```
ListBox59: TListBox;
ListBox60: TListBox;
ListBox61: TListBox;
ListBox62: TListBox;
ListBox63: TListBox;
ListBox64: TListBox;
ListBox65: TListBox;
ListBox66: TListBox;
ListBox67: TListBox;
ListBox68: TListBox;
ListBox69: TListBox;
ListBox70: TListBox;
ListBox71: TListBox;
ListBox72: TListBox;
ListBox73: TListBox;
ListBox74: TListBox;
ListBox75: TListBox;
ListBox76: TListBox;
ListBox77: TListBox;
ListBox78: TListBox;
ListBox79: TListBox;
ListBox80: TListBox;
ListBox81: TListBox;
ListBox82: TListBox;
ListBox83: TListBox;
ListBox84: TListBox;
ListBox85: TListBox;
ListBox86: TListBox;
ListBox87: TListBox;
ListBox88: TListBox;
ListBox89: TListBox;
ListBox90: TListBox;
ListBox91: TListBox;
ListBox92: TListBox;
ListBox93: TListBox;
ListBox94: TListBox;
ListBox95: TListBox;
ListBox96: TListBox;
ListBox97: TListBox;
ListBox98: TListBox;
ListBox99: TListBox;
ListBox100: TListBox;
ListBox101: TListBox;
ListBox102: TListBox;
ListBox103: TListBox;
ListBox104: TListBox;
ListBox105: TListBox;
ListBox106: TListBox;
ListBox107: TListBox;
ListBox108: TListBox;
ListBox109: TListBox;
ListBox110: TListBox;
StaticText1: TStaticText;
StaticText2: TStaticText;
procedure Button1Click(Sender: TObject);
procedure FormCreate(Sender: TObject);
procedure ListBox2Click(Sender: TObject);
procedure Button2Click(Sender: TObject);
procedure Button3Click(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
var
  Form19: TForm19;
implementation
uses Unit18, Unit6, Unit34, Unit4, Unit8, Unit10, Unit32, Unit15, Unit11,
  Unit20, Unit35, Unit30, Unit21, Unit28, Unit29;
```

```

{$R *.DFM}
procedure TForm19.Button1Click(Sender: TObject);
begin
if form19.listbox1.items.IndexOf(form19.edit1.text)>-1 then
showmessage(form19.edit1.text + ' İSİMLİ KAYIT VAR.BAŞKA BİR İSİMLE KAYDEDİNİZ')
else
begin
// listeye ekle
form19.listbox1.items.add(form19.edit1.text);
form19.listbox2.items.add(form4.edit1.text);
form19.listbox3.items.add(form4.edit2.text);
form19.listbox4.items.add(form4.edit3.text);
form19.listbox5.items.add(form4.edit4.text);
form19.listbox6.items.add(form4.edit5.text);
form19.listbox7.items.add(form4.edit6.text);
form19.listbox8.items.add(form4.edit7.text);
form19.listbox9.items.add(form4.edit8.text);
form19.listbox10.items.add(form4.edit9.text);
form19.listbox11.items.add(form4.edit10.text);
form19.listbox12.items.add(form4.edit11.text);
form19.listbox13.items.add(form4.edit12.text);
form19.listbox14.items.add(form4.edit13.text);
form19.listbox15.items.add(form8.edit1.text);
form19.listbox16.items.add(form8.edit2.text);
form19.listbox17.items.add(form8.edit3.text);
form19.listbox18.items.add(form8.edit4.text);
form19.listbox19.items.add(form10.edit1.text);
form19.listbox20.items.add(form10.edit2.text);
form19.listbox21.items.add(form10.edit3.text);
form19.listbox22.items.add(form10.edit4.text);
form19.listbox23.items.add(form10.edit5.text);
form19.listbox24.items.add(form10.edit6.text);
form19.listbox25.items.add(form10.edit7.text);
form19.listbox26.items.add(form10.edit8.text);
form19.listbox27.items.add(form10.edit9.text);
form19.listbox28.items.add(form10.edit10.text);
form19.listbox29.items.add(form10.edit11.text);
form19.listbox30.items.add(form10.edit12.text);
form19.listbox31.items.add(form10.edit13.text);
form19.listbox32.items.add(form10.edit14.text);
form19.listbox33.items.add(form10.edit15.text);
form19.listbox34.items.add(form32.edit1.text);
form19.listbox35.items.add(form32.edit2.text);
form19.listbox36.items.add(form32.edit3.text);
form19.listbox37.items.add(form32.edit4.text);
form19.listbox38.items.add(form15.edit1.text);
form19.listbox39.items.add(form15.edit2.text);
form19.listbox40.items.add(form15.edit3.text);
form19.listbox41.items.add(form15.edit4.text);
form19.listbox42.items.add(form11.edit1.text);
form19.listbox43.items.add(form11.edit2.text);
form19.listbox44.items.add(form11.edit3.text);
form19.listbox45.items.add(form11.edit4.text);
form19.listbox46.items.add(form11.edit5.text);
form19.listbox47.items.add(form11.edit6.text);
form19.listbox48.items.add(form11.edit7.text);
form19.listbox49.items.add(form11.edit8.text);
form19.listbox50.items.add(form11.edit9.text);
form19.listbox51.items.add(form11.edit10.text);
form19.listbox52.items.add(form11.edit11.text);
form19.listbox53.items.add(form11.edit12.text);
form19.listbox54.items.add(form11.edit13.text);
form19.listbox55.items.add(form11.edit14.text);
form19.listbox56.items.add(form20.edit1.text);
form19.listbox57.items.add(form20.edit2.text);
form19.listbox58.items.add(form20.edit3.text);
form19.listbox59.items.add(form20.edit4.text);
form19.listbox60.items.add(form35.edit1.text);
form19.listbox61.items.add(form35.edit2.text);

```

```

form19.listbox62.items.add(form35.edit3.text);
form19.listbox63.items.add(form35.edit4.text);
form19.listbox64.items.add(form30.edit2.text);
form19.listbox65.items.add(form21.edit1.text);
form19.listbox66.items.add(form21.edit2.text);
form19.listbox67.items.add(form21.edit3.text);
form19.listbox68.items.add(form21.edit4.text);
form19.listbox69.items.add(form21.edit5.text);
form19.listbox70.items.add(form21.edit6.text);
form19.listbox71.items.add(form21.edit7.text);
form19.listbox72.items.add(form21.edit8.text);
form19.listbox73.items.add(form21.edit9.text);
form19.listbox74.items.add(form21.edit10.text);
form19.listbox75.items.add(form21.edit11.text);
form19.listbox76.items.add(form21.edit12.text);
form19.listbox77.items.add(form21.edit13.text);
form19.listbox78.items.add(form21.edit14.text);
form19.listbox79.items.add(form21.edit15.text);
form19.listbox80.items.add(form21.edit18.text);
form19.listbox81.items.add(form28.edit1.text);
form19.listbox82.items.add(form28.edit2.text);
form19.listbox83.items.add(form28.edit3.text);
form19.listbox84.items.add(form28.edit4.text);
form19.listbox85.items.add(form28.edit5.text);
form19.listbox86.items.add(form28.edit6.text);
form19.listbox87.items.add(form28.edit7.text);
form19.listbox88.items.add(form28.edit8.text);
form19.listbox89.items.add(form28.edit9.text);
form19.listbox90.items.add(form28.edit10.text);
form19.listbox91.items.add(form28.edit11.text);
form19.listbox92.items.add(form28.edit12.text);
form19.listbox93.items.add(form28.edit13.text);
form19.listbox94.items.add(form28.edit14.text);
form19.listbox95.items.add(form28.edit15.text);
form19.listbox96.items.add(form29.edit1.text);
form19.listbox97.items.add(form29.edit2.text);
form19.listbox98.items.add(form29.edit3.text);
form19.listbox99.items.add(form29.edit4.text);
form19.listbox100.items.add(form29.edit5.text);
form19.listbox101.items.add(form29.edit6.text);
form19.listbox102.items.add(form29.edit7.text);
form19.listbox103.items.add(form29.edit8.text);
form19.listbox104.items.add(form29.edit10.text);
form19.listbox105.items.add(form29.edit11.text);
form19.listbox106.items.add(form29.edit12.text);
form19.listbox107.items.add(form29.edit13.text);
form19.listbox108.items.add(form29.edit14.text);
form19.listbox109.items.add(form29.edit15.text);
form19.listbox110.items.add(form29.edit16.text);
    // kayıt sayısını göster
label3.caption:=inttostr(form19.listbox1.items.count);
// ve seç
form19.listbox1.itemindex:=form19.listbox1.items.count-1;
end;
end;
procedure TForm19.FormCreate(Sender: TObject);
begin
// VERİLERİ DOSYADAN YÜKLE
if fileexists('veriadi.dat') then
begin
form19.listbox1.items.loadfromfile('veriadi.dat');
form19.listbox2.items.loadfromfile('girişmilie1.dat');
form19.listbox3.items.loadfromfile('girişmilie2.dat');
form19.listbox4.items.loadfromfile('girişmilie3.dat');
form19.listbox5.items.loadfromfile('girişmilie4.dat');
form19.listbox6.items.loadfromfile('girişmilie5.dat');
form19.listbox7.items.loadfromfile('girişmilie6.dat');
form19.listbox8.items.loadfromfile('girişmilie7.dat');
form19.listbox9.items.loadfromfile('girişmilie8.dat');

```

```

form19.listBox10.items.loadfromfile('girişmie9.dat');
form19.listBox11.items.loadfromfile('girişmie10.dat');
form19.listBox12.items.loadfromfile('girişmie11.dat');
form19.listBox13.items.loadfromfile('girişmie12.dat');
form19.listBox14.items.loadfromfile('girişmie13.dat');
form19.listBox15.items.loadfromfile('girişmilediş1.dat');
form19.listBox16.items.loadfromfile('girişmilediş2.dat');
form19.listBox17.items.loadfromfile('girişmilediş3.dat');
form19.listBox18.items.loadfromfile('girişmilediş4.dat');
form19.listBox19.items.loadfromfile('aramile1.dat');
form19.listBox20.items.loadfromfile('aramile2.dat');
form19.listBox21.items.loadfromfile('aramile3.dat');
form19.listBox22.items.loadfromfile('aramile4.dat');
form19.listBox23.items.loadfromfile('aramile5.dat');
form19.listBox24.items.loadfromfile('aramile6.dat');
form19.listBox25.items.loadfromfile('aramile7.dat');
form19.listBox26.items.loadfromfile('aramile8.dat');
form19.listBox27.items.loadfromfile('aramile9.dat');
form19.listBox28.items.loadfromfile('aramile10.dat');
form19.listBox29.items.loadfromfile('aramile11.dat');
form19.listBox30.items.loadfromfile('aramile12.dat');
form19.listBox31.items.loadfromfile('aramile13.dat');
form19.listBox32.items.loadfromfile('aramile14.dat');
form19.listBox33.items.loadfromfile('aramile15.dat');
form19.listBox34.items.loadfromfile('aramil1ediş1.dat');
form19.listBox35.items.loadfromfile('aramil1ediş2.dat');
form19.listBox36.items.loadfromfile('aramil1ediş3.dat');
form19.listBox37.items.loadfromfile('aramil1ediş4.dat');
form19.listBox38.items.loadfromfile('aramil2ediş1.dat');
form19.listBox39.items.loadfromfile('aramil2ediş2.dat');
form19.listBox40.items.loadfromfile('aramil2ediş3.dat');
form19.listBox41.items.loadfromfile('aramil2ediş4.dat');
form19.listBox42.items.loadfromfile('çıkışmie1.dat');
form19.listBox43.items.loadfromfile('çıkışmie2.dat');
form19.listBox44.items.loadfromfile('çıkışmie3.dat');
form19.listBox45.items.loadfromfile('çıkışmie4.dat');
form19.listBox46.items.loadfromfile('çıkışmie5.dat');
form19.listBox47.items.loadfromfile('çıkışmie6.dat');
form19.listBox48.items.loadfromfile('çıkışmie7.dat');
form19.listBox49.items.loadfromfile('çıkışmie8.dat');
form19.listBox50.items.loadfromfile('çıkışmie9.dat');
form19.listBox51.items.loadfromfile('çıkışmie10.dat');
form19.listBox52.items.loadfromfile('çıkışmie11.dat');
form19.listBox53.items.loadfromfile('çıkışmie12.dat');
form19.listBox54.items.loadfromfile('çıkışmie13.dat');
form19.listBox55.items.loadfromfile('çıkışmie14.dat');
form19.listBox56.items.loadfromfile('çıkışmilediş1.dat');
form19.listBox57.items.loadfromfile('çıkışmilediş2.dat');
form19.listBox58.items.loadfromfile('çıkışmilediş3.dat');
form19.listBox59.items.loadfromfile('çıkışmilediş4.dat');
form19.listBox60.items.loadfromfile('çıkışmiliiekaplin1.dat');
form19.listBox61.items.loadfromfile('çıkışmiliiekaplin2.dat');
form19.listBox62.items.loadfromfile('çıkışmiliiekaplin3.dat');
form19.listBox63.items.loadfromfile('çıkışmiliiekaplin4.dat');
form19.listBox64.items.loadfromfile('motormiliatalet.dat');
form19.listBox65.items.loadfromfile('girişmilia1.dat');
form19.listBox66.items.loadfromfile('girişmilia2.dat');
form19.listBox67.items.loadfromfile('girişmilia3.dat');
form19.listBox68.items.loadfromfile('girişmilia4.dat');
form19.listBox69.items.loadfromfile('girişmilia5.dat');
form19.listBox70.items.loadfromfile('girişmilia6.dat');
form19.listBox71.items.loadfromfile('girişmilia7.dat');
form19.listBox72.items.loadfromfile('girişmilia8.dat');
form19.listBox73.items.loadfromfile('girişmilia9.dat');
form19.listBox74.items.loadfromfile('girişmilia10.dat');
form19.listBox75.items.loadfromfile('girişmilia11.dat');
form19.listBox76.items.loadfromfile('girişmilia12.dat');
form19.listBox77.items.loadfromfile('girişmilia13.dat');
form19.listBox78.items.loadfromfile('girişmilia14.dat');

```



```

form19.listBox79.items.loadfromfile('girişmilia15.dat');
form19.listBox80.items.loadfromfile('girişmilia18.dat');
form19.listBox81.items.loadfromfile('aramila1.dat');
form19.listBox82.items.loadfromfile('aramila2.dat');
form19.listBox83.items.loadfromfile('aramila3.dat');
form19.listBox84.items.loadfromfile('aramila4.dat');
form19.listBox85.items.loadfromfile('aramila5.dat');
form19.listBox86.items.loadfromfile('aramila6.dat');
form19.listBox87.items.loadfromfile('aramila7.dat');
form19.listBox88.items.loadfromfile('aramila8.dat');
form19.listBox89.items.loadfromfile('aramila9.dat');
form19.listBox90.items.loadfromfile('aramila10.dat');
form19.listBox91.items.loadfromfile('aramila11.dat');
form19.listBox92.items.loadfromfile('aramila12.dat');
form19.listBox93.items.loadfromfile('aramila13.dat');
form19.listBox94.items.loadfromfile('aramila14.dat');
form19.listBox95.items.loadfromfile('aramila15.dat');
form19.listBox96.items.loadfromfile('çıkışmıla1.dat');
form19.listBox97.items.loadfromfile('çıkışmıla2.dat');
form19.listBox98.items.loadfromfile('çıkışmıla3.dat');
form19.listBox99.items.loadfromfile('çıkışmıla4.dat');
form19.listBox100.items.loadfromfile('çıkışmıla5.dat');
form19.listBox101.items.loadfromfile('çıkışmıla6.dat');
form19.listBox102.items.loadfromfile('çıkışmıla7.dat');
form19.listBox103.items.loadfromfile('çıkışmıla8.dat');
form19.listBox104.items.loadfromfile('çıkışmıla9.dat');
form19.listBox105.items.loadfromfile('çıkışmıla10.dat');
form19.listBox106.items.loadfromfile('çıkışmıla11.dat');
form19.listBox107.items.loadfromfile('çıkışmıla12.dat');
form19.listBox108.items.loadfromfile('çıkışmıla13.dat');
form19.listBox109.items.loadfromfile('çıkışmıla14.dat');
form19.listBox110.items.loadfromfile('çıkışmıla15.dat');
end;
end;
procedure TForm19.ListBox2Click(Sender: TObject);
var
a,b:integer;
begin
// seçili elemanın indexini öğren
a:=tlistbox(sender).itemindex;
// seçili elemanın top indexini öğren
b:=tlistbox(sender).topindex;
form19.listBox1.itemindex:=a;
form19.listBox2.itemindex:=a;
form19.listBox3.itemindex:=a;
form19.listBox4.itemindex:=a;
form19.listBox5.itemindex:=a;
form19.listBox6.itemindex:=a;
form19.listBox7.itemindex:=a;
form19.listBox8.itemindex:=a;
form19.listBox9.itemindex:=a;
form19.listBox10.itemindex:=a;
form19.listBox11.itemindex:=a;
form19.listBox12.itemindex:=a;
form19.listBox13.itemindex:=a;
form19.listBox14.itemindex:=a;
form19.listBox15.itemindex:=a;
form19.listBox16.itemindex:=a;
form19.listBox17.itemindex:=a;
form19.listBox18.itemindex:=a;
form19.listBox19.itemindex:=a;
form19.listBox20.itemindex:=a;
form19.listBox21.itemindex:=a;
form19.listBox22.itemindex:=a;
form19.listBox23.itemindex:=a;
form19.listBox24.itemindex:=a;
form19.listBox25.itemindex:=a;
form19.listBox26.itemindex:=a;
form19.listBox27.itemindex:=a;

```

form19.listbox28.itemindex:=a;
form19.listbox29.itemindex:=a;
form19.listbox30.itemindex:=a;
form19.listbox31.itemindex:=a;
form19.listbox32.itemindex:=a;
form19.listbox33.itemindex:=a;
form19.listbox34.itemindex:=a;
form19.listbox35.itemindex:=a;
form19.listbox36.itemindex:=a;
form19.listbox37.itemindex:=a;
form19.listbox38.itemindex:=a;
form19.listbox39.itemindex:=a;
form19.listbox40.itemindex:=a;
form19.listbox41.itemindex:=a;
form19.listbox42.itemindex:=a;
form19.listbox43.itemindex:=a;
form19.listbox44.itemindex:=a;
form19.listbox45.itemindex:=a;
form19.listbox46.itemindex:=a;
form19.listbox47.itemindex:=a;
form19.listbox48.itemindex:=a;
form19.listbox49.itemindex:=a;
form19.listbox50.itemindex:=a;
form19.listbox51.itemindex:=a;
form19.listbox52.itemindex:=a;
form19.listbox53.itemindex:=a;
form19.listbox54.itemindex:=a;
form19.listbox55.itemindex:=a;
form19.listbox56.itemindex:=a;
form19.listbox57.itemindex:=a;
form19.listbox58.itemindex:=a;
form19.listbox59.itemindex:=a;
form19.listbox60.itemindex:=a;
form19.listbox61.itemindex:=a;
form19.listbox62.itemindex:=a;
form19.listbox63.itemindex:=a;
form19.listbox64.itemindex:=a;
form19.listbox65.itemindex:=a;
form19.listbox66.itemindex:=a;
form19.listbox67.itemindex:=a;
form19.listbox68.itemindex:=a;
form19.listbox69.itemindex:=a;
form19.listbox70.itemindex:=a;
form19.listbox71.itemindex:=a;
form19.listbox72.itemindex:=a;
form19.listbox73.itemindex:=a;
form19.listbox74.itemindex:=a;
form19.listbox75.itemindex:=a;
form19.listbox76.itemindex:=a;
form19.listbox77.itemindex:=a;
form19.listbox78.itemindex:=a;
form19.listbox79.itemindex:=a;
form19.listbox80.itemindex:=a;
form19.listbox81.itemindex:=a;
form19.listbox82.itemindex:=a;
form19.listbox83.itemindex:=a;
form19.listbox84.itemindex:=a;
form19.listbox85.itemindex:=a;
form19.listbox86.itemindex:=a;
form19.listbox87.itemindex:=a;
form19.listbox88.itemindex:=a;
form19.listbox89.itemindex:=a;
form19.listbox90.itemindex:=a;
form19.listbox91.itemindex:=a;
form19.listbox92.itemindex:=a;
form19.listbox93.itemindex:=a;
form19.listbox94.itemindex:=a;
form19.listbox95.itemindex:=a;
form19.listbox96.itemindex:=a;

```

form19.listBox97.itemindex:=a;
form19.listBox98.itemindex:=a;
form19.listBox99.itemindex:=a;
form19.listBox100.itemindex:=a;
form19.listBox101.itemindex:=a;
form19.listBox102.itemindex:=a;
form19.listBox103.itemindex:=a;
form19.listBox104.itemindex:=a;
form19.listBox105.itemindex:=a;
form19.listBox106.itemindex:=a;
form19.listBox107.itemindex:=a;
form19.listBox108.itemindex:=a;
form19.listBox109.itemindex:=a;
form19.listBox110.itemindex:=a;
// diğer listelerde en üstteki elemanlarını aynı yap
form19.listBox1.topindex:=b;
form19.listBox2.topindex:=b;
form19.listBox3.topindex:=b;
form19.listBox4.topindex:=b;
form19.listBox5.topindex:=b;
form19.listBox6.topindex:=b;
form19.listBox7.topindex:=b;
form19.listBox8.topindex:=b;
form19.listBox9.topindex:=b;
form19.listBox10.topindex:=b;
form19.listBox11.topindex:=b;
form19.listBox12.topindex:=b;
form19.listBox13.topindex:=b;
form19.listBox14.topindex:=b;
form19.listBox15.topindex:=b;
form19.listBox16.topindex:=b;
form19.listBox17.topindex:=b;
form19.listBox18.topindex:=b;
form19.listBox19.topindex:=b;
form19.listBox20.topindex:=b;
form19.listBox21.topindex:=b;
form19.listBox22.topindex:=b;
form19.listBox23.topindex:=b;
form19.listBox24.topindex:=b;
form19.listBox25.topindex:=b;
form19.listBox26.topindex:=b;
form19.listBox27.topindex:=b;
form19.listBox28.topindex:=b;
form19.listBox29.topindex:=b;
form19.listBox30.topindex:=b;
form19.listBox31.topindex:=b;
form19.listBox32.topindex:=b;
form19.listBox33.topindex:=b;
form19.listBox34.topindex:=b;
form19.listBox35.topindex:=b;
form19.listBox36.topindex:=b;
form19.listBox37.topindex:=b;
form19.listBox38.topindex:=b;
form19.listBox39.topindex:=b;
form19.listBox40.topindex:=b;
form19.listBox41.topindex:=b;
form19.listBox42.topindex:=b;
form19.listBox43.topindex:=b;
form19.listBox44.topindex:=b;
form19.listBox45.topindex:=b;
form19.listBox46.topindex:=b;
form19.listBox47.topindex:=b;
form19.listBox48.topindex:=b;
form19.listBox49.topindex:=b;
form19.listBox50.topindex:=b;
form19.listBox51.topindex:=b;
form19.listBox52.topindex:=b;
form19.listBox53.topindex:=b;
form19.listBox54.topindex:=b;

```

```

form19.listBox55.topindex:=b;
form19.listBox56.topindex:=b;
form19.listBox57.topindex:=b;
form19.listBox58.topindex:=b;
form19.listBox59.topindex:=b;
form19.listBox60.topindex:=b;
form19.listBox61.topindex:=b;
form19.listBox62.topindex:=b;
form19.listBox63.topindex:=b;
form19.listBox64.topindex:=b;
form19.listBox65.topindex:=b;
form19.listBox66.topindex:=b;
form19.listBox67.topindex:=b;
form19.listBox68.topindex:=b;
form19.listBox69.topindex:=b;
form19.listBox70.topindex:=b;
form19.listBox71.topindex:=b;
form19.listBox72.topindex:=b;
form19.listBox73.topindex:=b;
form19.listBox74.topindex:=b;
form19.listBox75.topindex:=b;
form19.listBox76.topindex:=b;
form19.listBox77.topindex:=b;
form19.listBox78.topindex:=b;
form19.listBox79.topindex:=b;
form19.listBox80.topindex:=b;
form19.listBox81.topindex:=b;
form19.listBox82.topindex:=b;
form19.listBox83.topindex:=b;
form19.listBox84.topindex:=b;
form19.listBox85.topindex:=b;
form19.listBox86.topindex:=b;
form19.listBox87.topindex:=b;
form19.listBox88.topindex:=b;
form19.listBox89.topindex:=b;
form19.listBox90.topindex:=b;
form19.listBox91.topindex:=b;
form19.listBox92.topindex:=b;
form19.listBox93.topindex:=b;
form19.listBox94.topindex:=b;
form19.listBox95.topindex:=b;
form19.listBox96.topindex:=b;
form19.listBox97.topindex:=b;
form19.listBox98.topindex:=b;
form19.listBox99.topindex:=b;
form19.listBox100.topindex:=b;
form19.listBox101.topindex:=b;
form19.listBox102.topindex:=b;
form19.listBox103.topindex:=b;
form19.listBox104.topindex:=b;
form19.listBox105.topindex:=b;
form19.listBox106.topindex:=b;
form19.listBox107.topindex:=b;
form19.listBox108.topindex:=b;
form19.listBox109.topindex:=b;
form19.listBox110.topindex:=b;
// elemanın numarasını göster
label5.caption:=inttostr(a+1);
// seçilen elemanı edit kutusunda göster
form19.edit1.text:=form19.listBox1.Items[a];
form4.edit1.text:=form19.listBox2.Items[a];
form4.edit2.text:=form19.listBox3.Items[a];
form4.edit3.text:=form19.listBox4.Items[a];
form4.edit4.text:=form19.listBox5.Items[a];
form4.edit5.text:=form19.listBox6.Items[a];
form4.edit6.text:=form19.listBox7.Items[a];
form4.edit7.text:=form19.listBox8.Items[a];
form4.edit8.text:=form19.listBox9.Items[a];
form4.edit9.text:=form19.listBox10.Items[a];

```

```
form4.edit10.text:=form19.listbox11.Items[a];
form4.edit11.text:=form19.listbox12.Items[a];
form4.edit12.text:=form19.listbox13.Items[a];
form4.edit13.text:=form19.listbox14.Items[a];
form8.edit1.text:=form19.listbox15.Items[a];
form8.edit2.text:=form19.listbox16.Items[a];
form8.edit3.text:=form19.listbox17.Items[a];
form8.edit4.text:=form19.listbox18.Items[a];
form10.edit1.text:=form19.listbox19.Items[a];
form10.edit2.text:=form19.listbox20.Items[a];
form10.edit3.text:=form19.listbox21.Items[a];
form10.edit4.text:=form19.listbox22.Items[a];
form10.edit5.text:=form19.listbox23.Items[a];
form10.edit6.text:=form19.listbox24.Items[a];
form10.edit7.text:=form19.listbox25.Items[a];
form10.edit8.text:=form19.listbox26.Items[a];
form10.edit9.text:=form19.listbox27.Items[a];
form10.edit10.text:=form19.listbox28.Items[a];
form10.edit11.text:=form19.listbox29.Items[a];
form10.edit12.text:=form19.listbox30.Items[a];
form10.edit13.text:=form19.listbox31.Items[a];
form10.edit14.text:=form19.listbox32.Items[a];
form10.edit15.text:=form19.listbox33.Items[a];
form32.edit1.text:=form19.listbox34.Items[a];
form32.edit2.text:=form19.listbox35.Items[a];
form32.edit3.text:=form19.listbox36.Items[a];
form32.edit4.text:=form19.listbox37.Items[a];
form15.edit1.text:=form19.listbox38.Items[a];
form15.edit2.text:=form19.listbox39.Items[a];
form15.edit3.text:=form19.listbox40.Items[a];
form15.edit4.text:=form19.listbox41.Items[a];
form11.edit1.text:=form19.listbox42.Items[a];
form11.edit2.text:=form19.listbox43.Items[a];
form11.edit3.text:=form19.listbox44.Items[a];
form11.edit4.text:=form19.listbox45.Items[a];
form11.edit5.text:=form19.listbox46.Items[a];
form11.edit6.text:=form19.listbox47.Items[a];
form11.edit7.text:=form19.listbox48.Items[a];
form11.edit8.text:=form19.listbox49.Items[a];
form11.edit9.text:=form19.listbox50.Items[a];
form11.edit10.text:=form19.listbox51.Items[a];
form11.edit11.text:=form19.listbox52.Items[a];
form11.edit12.text:=form19.listbox53.Items[a];
form11.edit13.text:=form19.listbox54.Items[a];
form11.edit14.text:=form19.listbox55.Items[a];
form20.edit1.text:=form19.listbox56.Items[a];
form20.edit2.text:=form19.listbox57.Items[a];
form20.edit3.text:=form19.listbox58.Items[a];
form20.edit4.text:=form19.listbox59.Items[a];
form35.edit1.text:=form19.listbox60.Items[a];
form35.edit2.text:=form19.listbox61.Items[a];
form35.edit3.text:=form19.listbox62.Items[a];
form35.edit4.text:=form19.listbox63.Items[a];
form30.edit2.text:=form19.listbox64.Items[a];
form21.edit1.text:=form19.listbox65.Items[a];
form21.edit2.text:=form19.listbox66.Items[a];
form21.edit3.text:=form19.listbox67.Items[a];
form21.edit4.text:=form19.listbox68.Items[a];
form21.edit5.text:=form19.listbox69.Items[a];
form21.edit6.text:=form19.listbox70.Items[a];
form21.edit7.text:=form19.listbox71.Items[a];
form21.edit8.text:=form19.listbox72.Items[a];
form21.edit9.text:=form19.listbox73.Items[a];
form21.edit10.text:=form19.listbox74.Items[a];
form21.edit11.text:=form19.listbox75.Items[a];
form21.edit12.text:=form19.listbox76.Items[a];
form21.edit13.text:=form19.listbox77.Items[a];
form21.edit14.text:=form19.listbox78.Items[a];
form21.edit15.text:=form19.listbox79.Items[a];
```

```

form21.edit18.text:=form19.listbox80.Items[a];
form28.edit1.text:=form19.listbox81.Items[a];
form28.edit2.text:=form19.listbox82.Items[a];
form28.edit3.text:=form19.listbox83.Items[a];
form28.edit4.text:=form19.listbox84.Items[a];
form28.edit5.text:=form19.listbox85.Items[a];
form28.edit6.text:=form19.listbox86.Items[a];
form28.edit7.text:=form19.listbox87.Items[a];
form28.edit8.text:=form19.listbox88.Items[a];
form28.edit9.text:=form19.listbox89.Items[a];
form28.edit10.text:=form19.listbox90.Items[a];
form28.edit11.text:=form19.listbox91.Items[a];
form28.edit12.text:=form19.listbox92.Items[a];
form28.edit13.text:=form19.listbox93.Items[a];
form28.edit14.text:=form19.listbox94.Items[a];
form28.edit15.text:=form19.listbox95.Items[a];
form29.edit1.text:=form19.listbox96.Items[a];
form29.edit2.text:=form19.listbox97.Items[a];
form29.edit3.text:=form19.listbox98.Items[a];
form29.edit4.text:=form19.listbox99.Items[a];
form29.edit5.text:=form19.listbox100.Items[a];
form29.edit6.text:=form19.listbox101.Items[a];
form29.edit7.text:=form19.listbox102.Items[a];
form29.edit8.text:=form19.listbox103.Items[a];
form29.edit10.text:=form19.listbox104.Items[a];
form29.edit11.text:=form19.listbox105.Items[a];
form29.edit12.text:=form19.listbox106.Items[a];
form29.edit13.text:=form19.listbox107.Items[a];
form29.edit14.text:=form19.listbox108.Items[a];
form29.edit15.text:=form19.listbox109.Items[a];
form29.edit16.text:=form19.listbox110.Items[a];
end;
procedure TForm19.Button2Click(Sender: TObject);
var
c,a:integer;
begin
a:=form19.listbox1.itemindex;
if a<0 then
  showmessage('SİLİNECEK DOSYAYI LİSTEDEN SEÇİNİZ')
else
begin
c:=application.messagebox('SEÇTİĞİNİZ DOSYAYI SİLMEK İSTEDİĞİNİZDEN EMİN MİSİNİZ?','DOSYA
SİLME İŞLEMİ',mb_yesno+mb_iconquestion);
if c=idyes then
begin
FORM19.listbox1.items.delete(a);
FORM19.listbox2.items.delete(a);
FORM19.listbox3.items.delete(a);
FORM19.listbox4.items.delete(a);
FORM19.listbox5.items.delete(a);
FORM19.listbox6.items.delete(a);
FORM19.listbox7.items.delete(a);
FORM19.listbox8.items.delete(a);
FORM19.listbox9.items.delete(a);
FORM19.listbox10.items.delete(a);
FORM19.listbox11.items.delete(a);
FORM19.listbox12.items.delete(a);
FORM19.listbox13.items.delete(a);
FORM19.listbox14.items.delete(a);
FORM19.listbox15.items.delete(a);
FORM19.listbox16.items.delete(a);
FORM19.listbox17.items.delete(a);
FORM19.listbox18.items.delete(a);
FORM19.listbox19.items.delete(a);
FORM19.listbox20.items.delete(a);
FORM19.listbox21.items.delete(a);
FORM19.listbox22.items.delete(a);
FORM19.listbox23.items.delete(a);
FORM19.listbox24.items.delete(a);

```



```

FORM19.listbox94.items.delete(a);
FORM19.listbox95.items.delete(a);
FORM19.listbox96.items.delete(a);
FORM19.listbox97.items.delete(a);
FORM19.listbox98.items.delete(a);
FORM19.listbox99.items.delete(a);
FORM19.listbox100.items.delete(a);
FORM19.listbox101.items.delete(a);
FORM19.listbox102.items.delete(a);
FORM19.listbox103.items.delete(a);
FORM19.listbox104.items.delete(a);
FORM19.listbox105.items.delete(a);
FORM19.listbox106.items.delete(a);
FORM19.listbox107.items.delete(a);
FORM19.listbox108.items.delete(a);
FORM19.listbox109.items.delete(a);
FORM19.listbox110.items.delete(a);
// eleman sayısını güncelle
FORM19.label5.caption:=inttostr(FORM19.listbox1.items.count);
end;
end;
procedure TForm19.Button3Click(Sender: TObject);
begin
CLOSE;
end;
end.

unit Unit20;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, ExtCtrls,math;
type
TForm20 = class(TForm)
  Button1: TButton;
  Label10: TLabel;
  Label12: TLabel;
  Label16: TLabel;
  Label1: TLabel;
  Bevel1: TBevel;
  Bevel2: TBevel;
  Bevel3: TBevel;
  Label2: TLabel;
  Bevel4: TBevel;
  Image1: TImage;
  Label7: TLabel;
  Label8: TLabel;
  Label11: TLabel;
  Label13: TLabel;
  Bevel6: TBevel;
  Label4: TLabel;
  Label6: TLabel;
  Edit1: TEdit;
  Edit2: TEdit;
  Edit3: TEdit;
  ComboBox1: TComboBox;
  Edit4: TEdit;
  procedure Button1Click(Sender: TObject);
  procedure ComboBox1Change(Sender: TObject);
  procedure Edit4Change(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
var
  Form20: TForm20;
implementation

```



```

uses Unit18, Unit6, Unit34;
{$R *.DFM}

procedure TForm20.Button1Click(Sender: TObject);
begin
close;
end;
procedure TForm20.ComboBox1Change(Sender: TObject);
VAR
b,r,bb,rr,rrr,cc,al,kd,es,c:real;
begin
kd:=strtofloat(combobox1.text);
b:=strtofloat(edit1.text);
r:=strtofloat(edit2.text);
al:=strtofloat(edit3.text);
bb:=b/1000;
rr:=r/1000;
c:=cos(degtoRad(al));
cc:=power(c,2);
rrr:=power(rr,2);
es:=kd/(bb*rrr*cc);
form20.edit4.text:=floattostr(es);
end;
procedure TForm20.Edit4Change(Sender: TObject);
begin
form6.edit12.text:=form20.edit4.text;
form34.edit27.text:=form20.edit4.text;
end;
end.

unit Unit21;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, ExtCtrls, ComCtrls;
type
TForm21 = class(TForm)
  Image1: TImage;
  Label1: TLabel;
  Label2: TLabel;
  Label6: TLabel;
  Edit1: TEdit;
  Button1: TButton;
  Button14: TButton;
  Button15: TButton;
  Edit16: TEdit;
  Button18: TButton;
  Button2: TButton;
  Edit2: TEdit;
  Button3: TButton;
  Edit3: TEdit;
  Button4: TButton;
  Edit4: TEdit;
  Button5: TButton;
  Edit5: TEdit;
  Button6: TButton;
  Edit6: TEdit;
  Button7: TButton;
  Edit7: TEdit;
  Button8: TButton;
  Edit8: TEdit;
  Button9: TButton;
  Edit9: TEdit;
  Button10: TButton;
  Edit10: TEdit;
  Button11: TButton;
  Edit11: TEdit;
  Button12: TButton;
  Edit12: TEdit;

```

```

Label3: TLabel;
Label5: TLabel;
Label8: TLabel;
Label9: TLabel;
Edit13: TEdit;
Button13: TButton;
Edit15: TEdit;
Button19: TButton;
Label10: TLabel;
Label11: TLabel;
Label12: TLabel;
Edit17: TEdit;
Bevel1: TBevel;
Bevel2: TBevel;
Edit14: TEdit;
Edit18: TEdit;
procedure Button14Click(Sender: TObject);
procedure Button1Click(Sender: TObject);
procedure Button15Click(Sender: TObject);
procedure Button13Click(Sender: TObject);
procedure Button19Click(Sender: TObject);
procedure Edit1Change(Sender: TObject);
procedure Edit18Change(Sender: TObject);
procedure Button18Click(Sender: TObject);
procedure Button2Click(Sender: TObject);
procedure Button3Click(Sender: TObject);
procedure Button4Click(Sender: TObject);
procedure Button5Click(Sender: TObject);
procedure Button6Click(Sender: TObject);
procedure Button7Click(Sender: TObject);
procedure Button8Click(Sender: TObject);
procedure Button9Click(Sender: TObject);
procedure Button10Click(Sender: TObject);
procedure Button11Click(Sender: TObject);
procedure Button12Click(Sender: TObject);
procedure Edit17Change(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
var
  Form21: TForm21;

implementation
uses Unit27, Unit16, Unit34, Unit37;
{$R *.DFM}
procedure TForm21.Button14Click(Sender: TObject);
begin
close;
end;
procedure TForm21.Button1Click(Sender: TObject);
begin
a:=1;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form21.edit1.color:=clred;
end;
procedure TForm21.Button15Click(Sender: TObject);
begin
a:=2;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';

```

```

form27.combobox1.text:=";
form27.Label1.caption:='0';
form21.edit2.color:=clred;
end;
procedure TForm21.Button13Click(Sender: TObject);
begin
a:=3;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:=";
form27.Label1.caption:='0';
form21.edit3.color:=clred;
end;
procedure TForm21.Button19Click(Sender: TObject);
begin
a:=4;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:=";
form27.Label1.caption:='0';
form21.edit4.color:=clred;
end;
procedure TForm21.Edit1Change(Sender: TObject);
var
aa,bb,cc,dd,top:real;
begin
aa:=strtofloat(form21.edit1.text);
bb:=strtofloat(form21.edit2.text);
cc:=strtofloat(form21.edit3.text);
dd:=strtofloat(form21.edit4.text);
top:=aa+bb+cc+dd;
form21.edit17.text:=floattostr(top);
end;
procedure TForm21.Edit18Change(Sender: TObject);
var
a1,a2,a3,a4,a5,a6,a7,a8,a9,a10,a11,a12,top1:real;
begin
a1:=strtofloat(form21.edit5.text);
a2:=strtofloat(form21.edit6.text);
a3:=strtofloat(form21.edit7.text);
a4:=strtofloat(form21.edit8.text);
a5:=strtofloat(form21.edit9.text);
a6:=strtofloat(form21.edit10.text);
a7:=strtofloat(form21.edit11.text);
a8:=strtofloat(form21.edit12.text);
a9:=strtofloat(form21.edit13.text);
a10:=strtofloat(form21.edit14.text);
a11:=strtofloat(form21.edit15.text);
a12:=strtofloat(form21.edit18.text);
top1:=a1+a2+a3+a4+a5+a6+a7+a8+a9+a10+a11+a12;
form21.edit16.text:=floattostr(top1);
end;
procedure TForm21.Button18Click(Sender: TObject);
begin
a:=5;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:=";
form27.Label1.caption:='0';
form21.edit5.color:=clred;
end;
procedure TForm21.Button2Click(Sender: TObject);
begin

```

```

a:=6;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form21.edit6.color:=clred;
end;
procedure TForm21.Button3Click(Sender: TObject);
begin
a:=7;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form21.edit7.color:=clred;
end;
procedure TForm21.Button4Click(Sender: TObject);
begin
a:=8;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form21.edit8.color:=clred;
end;
procedure TForm21.Button5Click(Sender: TObject);
begin
a:=9;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form21.edit9.color:=clred;
end;
procedure TForm21.Button6Click(Sender: TObject);
begin
a:=10;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form21.edit10.color:=clred;
end;
procedure TForm21.Button7Click(Sender: TObject);
begin
a:=11;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form21.edit11.color:=clred;
end;
procedure TForm21.Button8Click(Sender: TObject);
begin
a:=12;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;

```

```

form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form21.edit12.color:=clred;
end;
procedure TForm21.Button9Click(Sender: TObject);
begin
a:=13;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form21.edit13.color:=clred;
end;
procedure TForm21.Button10Click(Sender: TObject);
begin
a:=14;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form21.edit14.color:=clred;
end;
procedure TForm21.Button11Click(Sender: TObject);
begin
a:=15;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form21.edit15.color:=clred;
end;
procedure TForm21.Button12Click(Sender: TObject);
begin
a:=16;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form21.edit18.color:=clred;
end;
procedure TForm21.Edit17Change(Sender: TObject);
begin
form34.edit5.text:=form21.edit17.text;
form16.label2.caption:=floattostr(strtfloat(edit17.text)+strtfloat(edit16.text));
form34.edit11.text:=form21.edit16.text;
end;

end.

```

unit Unit22;

interface

uses

Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
StdCtrls, ExtCtrls, math;

type

TMCS = class(TForm)

Image1: TImage;

Edit2: TEdit;

Edit1: TEdit;

```

Bevel5: TBevel;
Bevel6: TBevel;
Bevel7: TBevel;
Label3: TLabel;
Label2: TLabel;
Label1: TLabel;
Button5: TButton;
Bevel1: TBevel;
Label4: TLabel;
Label5: TLabel;
Label6: TLabel;
Label7: TLabel;
Label8: TLabel;
Label9: TLabel;
Label11: TLabel;
Bevel3: TBevel;
Label10: TLabel;
Label12: TLabel;
Label13: TLabel;
ComboBox1: TComboBox;
StaticText1: TStaticText;
Label14: TLabel;
procedure Button5Click(Sender: TObject);
procedure ComboBox1Change(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
var
  MCS: TMCS;
  b: integer;
implementation
uses Unit26, Unit21, Unit27;
{$R *.DFM}
procedure TMCS.Button5Click(Sender: TObject);
begin
form26.Edit1.text:=mcs.Label12.caption;
close;
end;
procedure TMCS.ComboBox1Change(Sender: TObject);
VAR
d,l,G,J,es:real;
begin
G:=strtofloat(combobox1.text);
d:=strtofloat(edit1.text);
l:=strtofloat(edit2.text);
es:=(32/(pi*G)*(l/(power(d,4)))));
J:=es*1000;
MCS.label5.caption:=floattostr(es);
MCS.label12.caption:=floattostr(j);
end;
end.

unit Unit23;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, ExtCtrls,math;
type
  TMUK = class(TForm)
    Button4: TButton;
    Image2: TImage;
    Bevel8: TBevel;
    Bevel9: TBevel;
    Bevel10: TBevel;
    Bevel11: TBevel;
    Label4: TLabel;
    Label14: TLabel;

```

```

Label5: TLabel;
Label6: TLabel;
Bevel6: TBevel;
Label1: TLabel;
Label2: TLabel;
Label3: TLabel;
Label7: TLabel;
Label8: TLabel;
Label9: TLabel;
Label11: TLabel;
Label10: TLabel;
Bevel1: TBevel;
Label12: TLabel;
Label13: TLabel;
Label15: TLabel;
ComboBox1: TComboBox;
Edit1: TEdit;
Edit2: TEdit;
Edit3: TEdit;
procedure Button4Click(Sender: TObject);
procedure ComboBox1Change(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
var
  MUK: TMUK;

implementation
uses Unit22, Unit26;
{$R * DFM}
procedure TMUK.Button4Click(Sender: TObject);
begin
form26.Edit2.text:=MUK.Label13.caption;
close;
end;
procedure TMUK.ComboBox1Change(Sender: TObject);
VAR
d,l,G,J,di,h,es:real;
begin
G:=strtofloat(combobox1.text);
d:=strtofloat(edit1.text);
l:=strtofloat(edit2.text);
h:=strtofloat(edit3.text);
di:=d-(0.5*h);
es:=(32/(pi*G)*(1/(power(di,4))));
J:=es*1000;
MUK.label2.caption:=floattostr(es);
MUK.label13.caption:=floattostr(j);
end;
end.

unit Unit24;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, ExtCtrls,math;
type
  TMGB = class(TForm)
    Image3: TImage;
    Button3: TButton;
    Bevel15: TBevel;
    Bevel14: TBevel;
    Bevel13: TBevel;
    Bevel12: TBevel;
    Label15: TLabel;
    Label9: TLabel;
    Label8: TLabel;

```

```

Label7: TLabel;
Bevel6: TBevel;
Label4: TLabel;
Label5: TLabel;
Label6: TLabel;
Label1: TLabel;
Label2: TLabel;
Label3: TLabel;
Label11: TLabel;
Label10: TLabel;
Bevel1: TBevel;
Label12: TLabel;
Label13: TLabel;
Label14: TLabel;
ComboBox1: TComboBox;
Edit1: TEdit;
Edit2: TEdit;
Edit3: TEdit;
procedure Button3Click(Sender: TObject);
procedure ComboBox1Change(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
var
  MGB: TMGB;
implementation
uses Unit26;
{$R *.DFM}
procedure TMGB.Button3Click(Sender: TObject);
begin
form26.Edit3.text:=MGB.Label13.caption;
close;
end;
procedure TMGB.ComboBox1Change(Sender: TObject);
VAR
D,I,G,J,dd,h,b,a,k,es:real;
begin
G:=strtofloat(combobox1.text);
dd:=strtofloat(edit1.text);
l:=strtofloat(edit2.text);
D:=strtofloat(edit3.text);
b:=dd/l;
a:=D/dd;
k:=(0.25*b)+(1-(0.25*b))*1/(power(a,4)-1);
es:=(32/(pi*G))*(k*1/(power(dd,4)));
J:=es*1000;
MGB.label5.caption:=floattostr(es);
MGB.label13.caption:=floattostr(j);
end;
end.

unit Unit25;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, ExtCtrls, jpeg, math;

type
  TMUCF = class(TForm)
    Image4: TImage;
    Bevel1: TBevel;
    Bevel2: TBevel;
    Bevel3: TBevel;
    Bevel4: TBevel;
    Label10: TLabel;
    Label12: TLabel;
    Label16: TLabel;

```



```

Button6: TButton;
Bevel6: TBevel;
Label4: TLabel;
Label5: TLabel;
Label6: TLabel;
Label1: TLabel;
Label2: TLabel;
Label3: TLabel;
Label11: TLabel;
Image1: TImage;
Bevel5: TBevel;
Label7: TLabel;
Label8: TLabel;
Label9: TLabel;
Bevel8: TBevel;
Label13: TLabel;
Label14: TLabel;
Label15: TLabel;
Edit1: TEdit;
Edit2: TEdit;
Edit4: TEdit;
ComboBox1: TComboBox;
ComboBox2: TComboBox;
procedure Button6Click(Sender: TObject);
procedure ComboBox1Change(Sender: TObject);
procedure ComboBox2Change(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
var
  MUCF: TMUCF;
implementation
uses Unit26;
{$R * DFM}
procedure TMUCF.Button6Click(Sender: TObject);
begin
form26.Edit4.text:=Mucf.Label14.caption;
close;
end;
procedure TMUCF.ComboBox1Change(Sender: TObject);
VAR
dd,D,a:real;
begin
dd:=strtofloat(edit1.text);
D:=strtofloat(edit2.text);
a:=dd/D;
edit4.text:=floattostr(a);
end;
procedure TMUCF.ComboBox2Change(Sender: TObject);
var
dd,D,G,a,b,es,j,x:real;
begin
G:=strtofloat(combobox1.text);
b:=strtofloat(combobox2.text);
dd:=strtofloat(edit1.text);
a:=strtofloat(edit4.text);
D:=strtofloat(edit2.text);
x:=b*(1/(power(dd,3))*(1-(power(a,4))));
es:=32/(pi*G)*x;
J:=es*1000;
MUCF.label5.caption:=floattostr(es);
MUCF.label14.caption:=floattostr(j);
end;
end.

```

```

unit Unit26;
interface

```

```

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, ExtCtrls;
type
  TForm26 = class(TForm)
    Button1: TButton;
    Button2: TButton;
    Button3: TButton;
    Button4: TButton;
    Button5: TButton;
    Label11: TLabel;
    Edit1: TEdit;
    Edit2: TEdit;
    Edit3: TEdit;
    Edit4: TEdit;
    StaticText1: TStaticText;
    Label1: TLabel;
    Edit5: TEdit;
    Bevel1: TBevel;
    Label2: TLabel;
    Edit6: TEdit;
    Button6: TButton;
    Edit7: TEdit;
    Label3: TLabel;
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure Button2Click(Sender: TObject);
    procedure Button3Click(Sender: TObject);
    procedure Button4Click(Sender: TObject);
    procedure Button5Click(Sender: TObject);
    procedure Edit1Change(Sender: TObject);
    procedure Button6Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;
var
  Form26: TForm26;
  b:integer;
implementation

uses Unit22, Unit23, Unit24, Unit25, Unit4, Unit10, Unit11, Unit7;
{$R *.DFM}
procedure TForm26.Button1Click(Sender: TObject);
begin
  mcs.Edit1.text:='0';
  mcs.Edit2.text:='0';
  mcs.combobox1.text:='0';
  mcs.Label5.caption:='0';
  mcs.Label12.caption:='0';
  mcs.show;
end;
procedure TForm26.Button2Click(Sender: TObject);
begin
  muk.Edit1.text:='0';
  muk.Edit2.text:='0';
  muk.Edit3.text:='0';
  muk.combobox1.text:='0';
  muk.Label2.caption:='0';
  muk.Label13.caption:='0';
  muk.show;
end;
procedure TForm26.Button3Click(Sender: TObject);
begin
  mgb.Edit1.text:='0';
  mgb.Edit2.text:='0';
  mgb.Edit3.text:='0';
  mgb.combobox1.text:='0';
  mgb.Label5.caption:='0';

```

```
mgb.Label13.caption:='0';
mgb.show;
end;
procedure TForm26.Button4Click(Sender: TObject);
begin
mucf.Edit1.text:='0';
mucf.Edit2.text:='0';
mucf.combobox2.text:='0';
mucf.Edit4.text:='0';
mucf.combobox1.text:='0';
mucf.Label5.caption:='0';
mucf.Label14.caption:='0';
mucf.show;
end;
procedure TForm26.Button5Click(Sender: TObject);
begin
if b=1 then
form4.Edit1.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=2 then
form4.Edit2.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=3 then
form4.edit3.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=4 then
form4.edit4.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=5 then
form4.edit5.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=6 then
form4.edit6.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=7 then
form4.edit7.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=8 then
form4.edit8.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=9 then
form4.edit9.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=10 then
form4.edit10.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=11 then
form4.edit11.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=12 then
form4.edit12.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=13 then
form4.edit13.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=14 then
```

```
form10.edit1.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=15 then
form10.Edit2.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=16 then
form10.Edit3.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=17 then
form10.edit4.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=18 then
form10.edit5.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=19 then
form10.edit6.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=20 then
form10.edit7.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=21 then
form10.edit8.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=22 then
form10.edit9.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=23 then
form10.edit10.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=24 then
form10.edit11.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=25 then
form10.edit12.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=26 then
form10.edit13.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=27 then
form10.edit14.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=28 then
form10.edit15.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=29 then
form11.edit1.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=30 then
form11.edit2.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=31 then
form11.edit3.text:=form26.edit5.text
```

```

else
begin
if b=32 then
form11.edit4.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=33 then
form11.edit5.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=34 then
form11.edit6.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=35 then
form11.edit7.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=36 then
form11.edit8.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=37 then
form11.edit9.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=38 then
form11.edit10.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=39 then
form11.edit11.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=40 then
form11.edit12.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=41 then
form11.edit13.text:=form26.edit5.text
else
begin
if b=42 then
form11.edit14.text:=form26.edit5.text
else
close;end;close;end;close;end;close;end;
close;end;close;end;close;end;close;end;
close;end;close;end;close;end;close;end;
close;end;close;end;close;end;close;end;
close;end;close;end;close;end;close;end;
close;end;close;end;close;end;close;end;
close;end;close;end;close;end;close;end;
close;end;close;end;close;end;close;end;
close;end;close;end;close;end;close;end;
close;end;close;end;
procedure TForm26.Edit1Change(Sender: TObject);
var
a1,a2,a3,a4,a5,a6,top1:real;
begin
a1:=strtofloat(form26.edit1.text);
a2:=strtofloat(form26.edit2.text);
a3:=strtofloat(form26.edit3.text);
a4:=strtofloat(form26.edit4.text);
a5:=strtofloat(form26.edit6.text);
a6:=strtofloat(form26.edit7.text);
top1:=a1+a2+a3+a4+a5+a6;
form26.edit5.text:=floattostr(top1);
end;

```

```

procedure TForm26.Button6Click(Sender: TObject);
begin
form7.Edit1.text:='0';
form7.Edit2.text:='0';
form7.Edit3.text:='0';
form7.Edit4.text:='0';
form7.combobox1.text:='0';
form7.Label5.caption:='0';
form7.Label15.caption:='0';
form7.show;
end;
end.

unit Unit27;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, ExtCtrls,math;
type
TForm27 = class(TForm)
  Image1: TImage;
  Bevel8: TBevel;
  Bevel9: TBevel;
  Bevel11: TBevel;
  Label4: TLabel;
  Label5: TLabel;
  Label6: TLabel;
  Bevel23: TBevel;
  Bevel22: TBevel;
  Button4: TButton;
  Label1: TLabel;
  Label2: TLabel;
  Label3: TLabel;
  Label7: TLabel;
  Label8: TLabel;
  Label9: TLabel;
  Label10: TLabel;
  Label11: TLabel;
  Label12: TLabel;
  ComboBox1: TComboBox;
  StaticText1: TStaticText;
  Edit1: TEdit;
  Edit2: TEdit;
  Label14: TLabel;
  Label13: TLabel;
  procedure Button4Click(Sender: TObject);
  procedure ComboBox1Click(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
var
  Form27: TForm27;
  a:integer;
implementation
uses Unit21, Unit28, Unit29;
{$R *.DFM}
procedure TForm27.Button4Click(Sender: TObject); //çıkış butonu
begin
if a=1 then // a= 1 ise
form21.Edit1.text:=form27.Label1.caption//form 1 deki edit 1 kutusuna form2 deki label2 degerini yaz
else
// değilse,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,
begin // başlat,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,
if a=2 then // a=2 ise
form21.edit2.text:=form27.Label1.caption//
else //
begin

```

```

if a=3 then
form21.edit3.text:=form27.Label1.caption
else
begin
if a=4 then
form21.edit4.text:=form27.Label1.caption
else
begin
if a=5 then
form21.edit5.text:=form27.Label1.caption
else
begin
if a=6 then
form21.edit6.text:=form27.Label1.caption
else
begin
if a=7 then
form21.edit7.text:=form27.Label1.caption
else
begin
if a=8 then
form21.edit8.text:=form27.Label1.caption
else
begin
if a=9 then
form21.edit9.text:=form27.Label1.caption
else
begin
if a=10 then
form21.edit10.text:=form27.Label1.caption
else
begin
if a=11 then
form21.edit11.text:=form27.Label1.caption
else
begin
if a=12 then
form21.edit12.text:=form27.Label1.caption
else
begin
if a=13 then
form21.edit13.text:=form27.Label1.caption
else
begin
if a=14 then
form21.edit14.text:=form27.Label1.caption
else
begin
if a=15 then
form21.edit15.text:=form27.Label1.caption
else
begin
if a=16 then
form21.edit18.text:=form27.Label1.caption
else

begin // aramil hesap kısmı başlıyor.....xxxxxxx
if a=17 then
form28.edit1.text:=form27.Label1.caption
else
begin // aramil hesap kısmı
if a=18 then
form28.edit2.text:=form27.Label1.caption
else
begin // aramil hesap kısmı
if a=19 then
form28.edit3.text:=form27.Label1.caption
else
begin // aramil hesap kısmı

```

```

if a=20 then
form28.edit4.text:=form27.Label1.caption
else
begin // aramil hesap kısmı
if a=21 then
form28.edit5.text:=form27.Label1.caption
else
begin // aramil hesap kısmı
if a=22 then
form28.edit6.text:=form27.Label1.caption
else
begin // aramil hesap kısmı
if a=23 then
form28.edit7.text:=form27.Label1.caption
else
begin // aramil hesap kısmı
if a=24 then
form28.edit8.text:=form27.Label1.caption
else
begin // aramil hesap kısmı
if a=25 then
form28.edit9.text:=form27.Label1.caption
else
begin // aramil hesap kısmı
if a=26 then
form28.edit10.text:=form27.Label1.caption
else
begin // aramil hesap kısmı
if a=27 then
form28.edit11.text:=form27.Label1.caption
else
begin // aramil hesap kısmı
if a=28 then
form28.edit12.text:=form27.Label1.caption
else
begin // aramil hesap kısmı
if a=29 then
form28.edit13.text:=form27.Label1.caption
else
begin // aramil hesap kısmı
if a=30 then
form28.edit14.text:=form27.Label1.caption
else
begin // aramil hesap kısmı
if a=31 then
form28.edit15.text:=form27.Label1.caption
else
begin // ÇIKIŞ MİLİ HESAP*****
//*****
if a=32 then
form29.edit1.text:=form27.Label1.caption
else
begin // ÇIKIŞ MİLİ
if a=33 then
form29.edit2.text:=form27.Label1.caption
else
begin // ÇIKIŞ MİLİ
if a=34 then
form29.edit3.text:=form27.Label1.caption
else
begin // ÇIKIŞ MİLİ
if a=35 then
form29.edit4.text:=form27.Label1.caption
else
begin // ÇIKIŞ MİLİ
if a=36 then
form29.edit5.text:=form27.Label1.caption
else
begin // ÇIKIŞ MİLİ

```



```

Button24: TButton;
Button25: TButton;
Button26: TButton;
Button27: TButton;
Button28: TButton;
Label7: TLabel;
Button17: TButton;
Button18: TButton;
Button19: TButton;
Button20: TButton;
Button21: TButton;
Button22: TButton;
Label10: TLabel;
Label11: TLabel;
Label12: TLabel;
Label2: TLabel;
Label3: TLabel;
Label4: TLabel;
Edit15: TEdit;
Edit1: TEdit;
Label1: TLabel;
Label9: TLabel;
Button1: TButton;
Button2: TButton;
Button3: TButton;
Edit2: TEdit;
Edit3: TEdit;
Edit4: TEdit;
Edit5: TEdit;
Edit6: TEdit;
Edit7: TEdit;
Edit8: TEdit;
Edit9: TEdit;
Edit10: TEdit;
Edit11: TEdit;
Edit12: TEdit;
Edit13: TEdit;
Edit14: TEdit;
Edit16: TEdit;
Edit17: TEdit;
Bevel1: TBevel;
Bevel2: TBevel;
procedure Button16Click(Sender: TObject);
procedure Button23Click(Sender: TObject);
procedure Button24Click(Sender: TObject);
procedure Button25Click(Sender: TObject);
procedure Button26Click(Sender: TObject);
procedure Button27Click(Sender: TObject);
procedure Button28Click(Sender: TObject);
procedure Button17Click(Sender: TObject);
procedure Button18Click(Sender: TObject);
procedure Button19Click(Sender: TObject);
procedure Button20Click(Sender: TObject);
procedure Button21Click(Sender: TObject);
procedure Button22Click(Sender: TObject);
procedure Button1Click(Sender: TObject);
procedure Button2Click(Sender: TObject);
procedure Button3Click(Sender: TObject);
procedure Edit1Change(Sender: TObject);
procedure Edit7Change(Sender: TObject);
procedure Edit16Change(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
var
  Form28: TForm28;
implementation

```

```
uses Unit27, Unit16, Unit34;
{$R * DFM}
procedure TForm28.Button16Click(Sender: TObject);
begin
form16.label3.caption:=floattostr(strtfloat(edit17.text)+strtfloat(edit16.text));
close;
end;
procedure TForm28.Button23Click(Sender: TObject);
begin
a:=17;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form28.edit1.color:=clred;
end;
procedure TForm28.Button24Click(Sender: TObject);
begin
a:=18;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form28.edit2.color:=clred;
end;
procedure TForm28.Button25Click(Sender: TObject);
begin
a:=19;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form28.edit3.color:=clred;
end;
procedure TForm28.Button26Click(Sender: TObject);
begin
a:=20;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form28.edit4.color:=clred;
end;
procedure TForm28.Button27Click(Sender: TObject);
begin
a:=21;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form28.edit5.color:=clred;
end;
procedure TForm28.Button28Click(Sender: TObject);
begin
a:=22;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
```

```

form27.combobox1.text:="";
form27.Label1.caption:='0';
form28.edit6.color:=clred;
end;
procedure TForm28.Button17Click(Sender: TObject);
begin
a:=23;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:="";
form27.Label1.caption:='0';
form28.edit7.color:=clred;
end;
procedure TForm28.Button18Click(Sender: TObject);
begin
a:=24;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:="";
form27.Label1.caption:='0';
form28.edit8.color:=clred;
end;
procedure TForm28.Button19Click(Sender: TObject);
begin
a:=25;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:="";
form27.Label1.caption:='0';
form28.edit9.color:=clred;
end;
procedure TForm28.Button20Click(Sender: TObject);
begin
a:=26;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:="";
form27.Label1.caption:='0';
form28.edit10.color:=clred;
end;
procedure TForm28.Button21Click(Sender: TObject);
begin
a:=27;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:="";
form27.Label1.caption:='0';
form28.edit11.color:=clred;
end;
procedure TForm28.Button22Click(Sender: TObject);
begin
a:=28;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:="";
form27.Label1.caption:='0';
form28.edit12.color:=clred;

```

```

end;
procedure TForm28.Button1Click(Sender: TObject);
begin
a:=29;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form28.edit13.color:=clred;
end;
procedure TForm28.Button2Click(Sender: TObject);
begin
a:=30;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form28.edit14.color:=clred;
end;
procedure TForm28.Button3Click(Sender: TObject);
begin
a:=31;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form28.edit15.color:=clred;
end;
procedure TForm28.Edit1Change(Sender: TObject);
var
a1,a2,a3,a4,a5,a6,top1:real;
begin
a1:=strtofloat(form28.edit1.text);
a2:=strtofloat(form28.edit2.text);
a3:=strtofloat(form28.edit3.text);
a4:=strtofloat(form28.edit4.text);
a5:=strtofloat(form28.edit5.text);
a6:=strtofloat(form28.edit6.text);
top1:=a1+a2+a3+a4+a5+a6;
form28.edit16.text:=floattostr(top1);
end;
procedure TForm28.Edit7Change(Sender: TObject);
var
a1,a2,a3,a4,a5,a6,a7,a8,a9,top1:real;
begin
a1:=strtofloat(form28.edit7.text);
a2:=strtofloat(form28.edit8.text);
a3:=strtofloat(form28.edit9.text);
a4:=strtofloat(form28.edit10.text);
a5:=strtofloat(form28.edit11.text);
a6:=strtofloat(form28.edit12.text);
a7:=strtofloat(form28.edit13.text);
a8:=strtofloat(form28.edit14.text);
a9:=strtofloat(form28.edit15.text);
top1:=a1+a2+a3+a4+a5+a6+a7+a8+a9;
form28.edit17.text:=floattostr(top1);
end;
procedure TForm28.Edit16Change(Sender: TObject);
begin
form34.edit17.text:=form28.edit16.text;
form16.label3.caption:=floattostr(strtofloat(edit17.text)+strtofloat(edit16.text));
form34.edit23.text:=form28.edit17.text;
end;

```

end.

unit Unit29;

interface

uses

Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
StdCtrls, ExtCtrls, jpeg;

type

TForm29 = class(TForm)

 Button7: TButton;

 Label8: TLabel;

 Label7: TLabel;

 Label10: TLabel;

 Label11: TLabel;

 Label12: TLabel;

 Label1: TLabel;

 Label3: TLabel;

 Edit1: TEdit;

 Label4: TLabel;

 Label5: TLabel;

 Button1: TButton;

 Button2: TButton;

 Edit2: TEdit;

 Edit3: TEdit;

 Edit4: TEdit;

 Edit5: TEdit;

 Edit6: TEdit;

 Edit7: TEdit;

 Edit8: TEdit;

 Button3: TButton;

 Button4: TButton;

 Button5: TButton;

 Button6: TButton;

 Button8: TButton;

 Button9: TButton;

 Edit9: TEdit;

 Button10: TButton;

 Button11: TButton;

 Button12: TButton;

 Button13: TButton;

 Button14: TButton;

 Button15: TButton;

 Edit10: TEdit;

 Edit11: TEdit;

 Edit12: TEdit;

 Edit13: TEdit;

 Edit14: TEdit;

 Edit15: TEdit;

 Button16: TButton;

 Edit16: TEdit;

 Edit17: TEdit;

 Image1: TImage;

 Label6: TLabel;

 Label9: TLabel;

 Label13: TLabel;

 Label14: TLabel;

 Label2: TLabel;

 Label15: TLabel;

 Bevel1: TBevel;

 Bevel2: TBevel;

 Bevel3: TBevel;

 procedure Button7Click(Sender: TObject);

 procedure Button1Click(Sender: TObject);

 procedure Button2Click(Sender: TObject);

 procedure Button3Click(Sender: TObject);

 procedure Button4Click(Sender: TObject);

 procedure Button5Click(Sender: TObject);

 procedure Button6Click(Sender: TObject);

 procedure Button8Click(Sender: TObject);

```

procedure Button9Click(Sender: TObject);
procedure Button10Click(Sender: TObject);
procedure Button11Click(Sender: TObject);
procedure Button12Click(Sender: TObject);
procedure Button13Click(Sender: TObject);
procedure Button14Click(Sender: TObject);
procedure Button15Click(Sender: TObject);
procedure Button16Click(Sender: TObject);
procedure Edit1Change(Sender: TObject);
procedure Edit10Change(Sender: TObject);
procedure Edit9Change(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
var
  Form29: TForm29;
implementation
uses Unit27, Unit16, Unit34;
{$R *.DFM}
procedure TForm29.Button7Click(Sender: TObject);
begin
close;
end;
procedure TForm29.Button1Click(Sender: TObject);
begin
a:=32;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form29.edit1.color:=clred;
end;
procedure TForm29.Button2Click(Sender: TObject);
begin
a:=33;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form29.edit2.color:=clred;
end;
procedure TForm29.Button3Click(Sender: TObject);
begin
a:=34;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form29.edit3.color:=clred;
end;
procedure TForm29.Button4Click(Sender: TObject);
begin
a:=35;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form29.edit4.color:=clred;
end;

```

```
procedure TForm29.Button5Click(Sender: TObject);
begin
a:=36;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form29.edit5.color:=clred;
end;
procedure TForm29.Button6Click(Sender: TObject);
begin
a:=37;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form29.edit6.color:=clred;
end;
procedure TForm29.Button8Click(Sender: TObject);
begin
a:=38;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form29.edit7.color:=clred;
end;
procedure TForm29.Button9Click(Sender: TObject);
begin
a:=39;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form29.edit8.color:=clred;
end;
procedure TForm29.Button10Click(Sender: TObject);
begin
a:=40;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form29.edit10.color:=clred;
end;
procedure TForm29.Button11Click(Sender: TObject);
begin
a:=41;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form29.edit11.color:=clred;
end;
procedure TForm29.Button12Click(Sender: TObject);
begin
a:=42;
```



```

form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form29.edit12.color:=clred;
end;
procedure TForm29.Button13Click(Sender: TObject);
begin
a:=43;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form29.edit13.color:=clred;
end;
procedure TForm29.Button14Click(Sender: TObject);
begin
a:=44;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form29.edit14.color:=clred;
end;
procedure TForm29.Button15Click(Sender: TObject);
begin
a:=45;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form29.edit15.color:=clred;
end;
procedure TForm29.Button16Click(Sender: TObject);
begin
a:=46;
form27.label2.caption:=inttostr(a);
form27.show;
form27.edit1.text:='0';
form27.edit2.text:='0';
form27.combobox1.text:='';
form27.Label1.caption:='0';
form29.edit16.color:=clred;
end;
procedure TForm29.Edit1Change(Sender: TObject);
var
a1,a2,a3,a4,a5,a6,a7,a8,top1:real;
begin
a1:=strtofloat(form29.edit1.text);
a2:=strtofloat(form29.edit2.text);
a3:=strtofloat(form29.edit3.text);
a4:=strtofloat(form29.edit4.text);
a5:=strtofloat(form29.edit5.text);
a6:=strtofloat(form29.edit6.text);
a7:=strtofloat(form29.edit7.text);
a8:=strtofloat(form29.edit8.text);
top1:=a1+a2+a3+a4+a5+a6+a7+a8;
form29.edit9.text:=floattostr(top1);
end;
procedure TForm29.Edit10Change(Sender: TObject);
var

```

```

a1,a2,a3,a4,a5,a6,top1:real;
begin
a1:=strtofloat(form29.edit10.text);
a2:=strtofloat(form29.edit11.text);
a3:=strtofloat(form29.edit12.text);
a4:=strtofloat(form29.edit13.text);
a5:=strtofloat(form29.edit14.text);
a6:=strtofloat(form29.edit15.text);
top1:=a1+a2+a3+a4+a5+a6;
form29.edit17.text:=floattostr(top1);
end;
procedure TForm29.Edit9Change(Sender: TObject);
begin
form34.edit29.text:=form29.edit9.text;
form16.label4.caption:=floattostr(strtofloat(edit17.text)+strtofloat(edit16.text)+strtofloat(edit9.text));
form34.edit41.text:=form29.edit16.text;
form34.edit35.text:=form29.edit17.text;
end;
end.

```

unit Unit30;

```

interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, ExtCtrls, jpeg;
type
  TForm30 = class(TForm)
    Image1: TImage;
    Label4: TLabel;
    Label3: TLabel;
    Label7: TLabel;
    Label8: TLabel;
    Bevel22: TBevel;
    Label10: TLabel;
    Label11: TLabel;
    Label12: TLabel;
    Button1: TButton;
    Edit2: TEdit;
    ComboBox1: TComboBox;
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure Edit2Change(Sender: TObject);
    procedure ComboBox1Change(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;
var
  Form30: TForm30;
implementation
uses Unit16, Unit34;
{$R *.DFM}
procedure TForm30.Button1Click(Sender: TObject);
begin
close;
end;
procedure TForm30.Edit2Change(Sender: TObject);
begin
form16.label1.caption:=form30.edit2.text;
form34.edit64.text:=form30.edit2.text;
end;
procedure TForm30.ComboBox1Change(Sender: TObject);
var
aa1,atop2:real;
begin
aa1:=strtofloat(ComboBox1.text);
atop2:=2.5*aa1;
edit2.text:=floattostr(atop2);
end;

```

end.

unit Unit31;

interface

uses

Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
StdCtrls, ExtCtrls, ComCtrls;

type

TForm31 = class(TForm)

PageControl1: TPageControl;

TabSheet1: TTabSheet;

TabSheet2: TTabSheet;

TabSheet3: TTabSheet;

TabSheet4: TTabSheet;

Button1: TButton;

Bevel9: TBevel;

Bevel11: TBevel;

Label16: TLabel;

Label17: TLabel;

Bevel20: TBevel;

Edit1: TEdit;

Bevel1: TBevel;

Label1: TLabel;

Label2: TLabel;

Bevel2: TBevel;

Bevel3: TBevel;

Label4: TLabel;

Edit4: TEdit;

Edit5: TEdit;

Bevel4: TBevel;

Label5: TLabel;

Label19: TLabel;

Label3: TLabel;

Bevel5: TBevel;

Label8: TLabel;

Edit6: TEdit;

Edit7: TEdit;

Bevel6: TBevel;

Bevel7: TBevel;

Edit8: TEdit;

Edit9: TEdit;

Bevel8: TBevel;

Label9: TLabel;

Bevel10: TBevel;

Label14: TLabel;

Bevel12: TBevel;

Label15: TLabel;

Label20: TLabel;

Label21: TLabel;

Label10: TLabel;

Edit11: TEdit;

Edit12: TEdit;

Label13: TLabel;

Label18: TLabel;

Label23: TLabel;

Label24: TLabel;

Label25: TLabel;

Label26: TLabel;

Label27: TLabel;

Label28: TLabel;

Label29: TLabel;

Label30: TLabel;

Label31: TLabel;

Edit14: TEdit;

Bevel13: TBevel;

Edit15: TEdit;

Label11: TLabel;

Label12: TLabel;

Label33: TLabel;

```

Label34: TLabel;
procedure Button1Click(Sender: TObject);
procedure Edit1Change(Sender: TObject);
procedure Edit4Change(Sender: TObject);
procedure Edit5Change(Sender: TObject);
procedure Edit6Change(Sender: TObject);
procedure Edit7Change(Sender: TObject);
procedure Edit8Change(Sender: TObject);
procedure Edit9Change(Sender: TObject);
procedure Edit11Change(Sender: TObject);
procedure Edit12Change(Sender: TObject);
procedure Edit14Change(Sender: TObject);
procedure Edit15Change(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
var
  Form31: TForm31;
implementation
uses Unit34;
{$R *.DFM}
procedure TForm31.Button1Click(Sender: TObject);
begin
CLOSE;
end;
procedure TForm31.Edit1Change(Sender: TObject);
begin
form34.edit6.text:=form31.edit1.text;
end;
procedure TForm31.Edit4Change(Sender: TObject);
begin
form34.edit12.text:=form31.edit4.text;
end;
procedure TForm31.Edit5Change(Sender: TObject);
begin
form34.edit51.text:=form31.edit5.text;
end;
procedure TForm31.Edit6Change(Sender: TObject);
begin
form34.edit18.text:=form31.edit6.text;
end;
procedure TForm31.Edit7Change(Sender: TObject);
begin
form34.edit52.text:=form31.edit7.text;
end;
procedure TForm31.Edit8Change(Sender: TObject);
begin
form34.edit24.text:=form31.edit8.text;
end;
procedure TForm31.Edit9Change(Sender: TObject);
begin
form34.edit53.text:=form31.edit9.text;
end;
procedure TForm31.Edit11Change(Sender: TObject);
begin
form34.edit30.text:=form31.edit11.text;
end;
procedure TForm31.Edit12Change(Sender: TObject);
begin
form34.edit54.text:=form31.edit12.text;
end;
procedure TForm31.Edit14Change(Sender: TObject);
begin
form34.edit36.text:=form31.edit14.text;
end;
procedure TForm31.Edit15Change(Sender: TObject);
begin

```

```

form34.edit63.text:=form31.edit15.text;
end;
end.

unit Unit32;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, ExtCtrls, Math;
type
  TForm32 = class(TForm)
    Label10: TLabel;
    Label12: TLabel;
    Label16: TLabel;
    Label1: TLabel;
    Bevel1: TBevel;
    Bevel2: TBevel;
    Bevel3: TBevel;
    Label2: TLabel;
    Bevel4: TBevel;
    Image1: TImage;
    Label7: TLabel;
    Label8: TLabel;
    Label11: TLabel;
    Label13: TLabel;
    Bevel6: TBevel;
    Label4: TLabel;
    Label6: TLabel;
    Button1: TButton;
    Edit1: TEdit;
    Edit2: TEdit;
    Edit3: TEdit;
    ComboBox1: TComboBox;
    Edit4: TEdit;
    procedure ComboBox1Change(Sender: TObject);
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure Edit4Change(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;
var
  Form32: TForm32;
implementation
uses Unit13, Unit6, Unit34;
{$R *.DFM}

procedure TForm32.ComboBox1Change(Sender: TObject);
VAR
  b,r,bb,rr,rrr,cc,al,kd,es,c:real;
begin
  kd:=strtofloat(combobox1.text);
  b:=strtofloat(edit1.text);
  r:=strtofloat(edit2.text);
  al:=strtofloat(edit3.text);
  bb:=b/1000;
  rr:=r/1000;
  c:=cos(degtoRad(al));
  cc:=power(c,2);
  rrr:=power(rr,2);
  es:=kd/(bb*rrr*cc);
  form32.edit4.text:=floattostr(es);
end;
procedure TForm32.Button1Click(Sender: TObject);
begin
close;
end;
procedure TForm32.Edit4Change(Sender: TObject);

```

```

begin
form6.edit7.text:=form32.edit4.text;
form34.edit15.text:=form32.edit4.text;
end;
end.

unit Unit33;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls;
type
TForm33 = class(TForm)
  Button1: TButton;
  Button2: TButton;
  Button3: TButton;
  Button4: TButton;
  procedure Button1Click(Sender: TObject);
  procedure Button4Click(Sender: TObject);
  procedure Button2Click(Sender: TObject);
  procedure Button3Click(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
var
  Form33: TForm33;
implementation
uses Unit34, Unit35, Unit37, Unit38, Unit9, Unit39;
{$R *.DFM}
procedure TForm33.Button1Click(Sender: TObject);
begin
FORM34.SHOW;
end;
procedure TForm33.Button4Click(Sender: TObject);
begin
CLOSE;
end;
procedure TForm33.Button2Click(Sender: TObject);
begin
form9.show;
end;
procedure TForm33.Button3Click(Sender: TObject);
begin
FORM39.SHOW;
end;
end.

unit Unit34;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  ExtCtrls, StdCtrls;
type
TForm34 = class(TForm)
  Edit1: TEdit;
  Edit3: TEdit;
  Edit5: TEdit;
  Edit6: TEdit;
  Label1: TLabel;
  Label3: TLabel;
  Label4: TLabel;
  Label12: TLabel;
  Label7: TLabel;
  Label5: TLabel;
  Label6: TLabel;
  Label8: TLabel;
  Edit7: TEdit;

```

Edit9: TEdit;
Edit11: TEdit;
Edit12: TEdit;
Label9: TLabel;
Edit13: TEdit;
Edit15: TEdit;
Edit17: TEdit;
Edit18: TEdit;
Label10: TLabel;
Label11: TLabel;
Edit19: TEdit;
Edit21: TEdit;
Edit23: TEdit;
Edit24: TEdit;
Label13: TLabel;
Edit25: TEdit;
Edit27: TEdit;
Edit29: TEdit;
Edit30: TEdit;
Label14: TLabel;
Label15: TLabel;
Edit31: TEdit;
Edit33: TEdit;
Edit35: TEdit;
Edit36: TEdit;
Label16: TLabel;
Edit37: TEdit;
Edit39: TEdit;
Edit40: TEdit;
Edit41: TEdit;
Edit42: TEdit;
Label17: TLabel;
Button1: TButton;
Bevel1: TBevel;
Bevel2: TBevel;
Bevel3: TBevel;
Bevel4: TBevel;
Bevel5: TBevel;
Bevel7: TBevel;
Bevel8: TBevel;
Bevel9: TBevel;
Bevel10: TBevel;
Bevel11: TBevel;
Bevel12: TBevel;
Bevel13: TBevel;
Bevel14: TBevel;
Bevel15: TBevel;
Bevel16: TBevel;
Label18: TLabel;
Label20: TLabel;
Label21: TLabel;
Bevel17: TBevel;
Bevel19: TBevel;
Bevel20: TBevel;
Edit50: TEdit;
Edit51: TEdit;
Edit52: TEdit;
Edit53: TEdit;
Edit54: TEdit;
Edit55: TEdit;
Edit56: TEdit;
Edit63: TEdit;
Edit64: TEdit;
Label23: TLabel;
Bevel21: TBevel;
Label22: TLabel;
Label24: TLabel;
Bevel22: TBevel;
Bevel23: TBevel;

```

Bevel24: TBevel;
Bevel25: TBevel;
Bevel26: TBevel;
procedure Button1Click(Sender: TObject);
procedure Edit1Change(Sender: TObject);
procedure Edit7Change(Sender: TObject);
procedure Edit5Change(Sender: TObject);
procedure Edit11Change(Sender: TObject);
procedure Edit6Change(Sender: TObject);
procedure Edit12Change(Sender: TObject);
procedure Edit17Change(Sender: TObject);
procedure Edit23Change(Sender: TObject);
procedure Edit18Change(Sender: TObject);
procedure Edit13Change(Sender: TObject);
procedure Edit19Change(Sender: TObject);
procedure Edit24Change(Sender: TObject);
procedure Edit25Change(Sender: TObject);
procedure Edit31Change(Sender: TObject);
procedure Edit40Change(Sender: TObject);
procedure Edit29Change(Sender: TObject);
procedure Edit35Change(Sender: TObject);
procedure Edit41Change(Sender: TObject);
procedure Edit30Change(Sender: TObject);
procedure Edit36Change(Sender: TObject);
procedure Edit63Change(Sender: TObject);
procedure Edit64Change(Sender: TObject);
procedure Edit21Change(Sender: TObject);
procedure Edit27Change(Sender: TObject);
procedure Edit53Change(Sender: TObject);
procedure Edit54Change(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
var
  Form34: TForm34;
implementation
uses Unit36, Unit37, Unit14, Unit13;
{$R *.DFM}
procedure TForm34.Button1Click(Sender: TObject);
begin
CLOSE;
end;
procedure TForm34.Edit1Change(Sender: TObject);
var
  a1,top1:real;
begin
a1:=strtofloat(form34.edit1.text);
top1:=(a1)/2;
form37.label3.caption:=floattostr(top1);
form36.edit1.text:=floattostr(top1);
form14.edit21.text:=form37.label3.caption;
end;
procedure TForm34.Edit7Change(Sender: TObject);
var
  a1,top1:real;
begin
a1:=strtofloat(form34.edit7.text);
top1:=(a1)/2;
form36.edit5.text:=floattostr(top1);
form37.label9.caption:=floattostr(top1);
form14.edit22.text:=floattostr(strtofloat(form37.label6.caption)+strtofloat(form37.label9.caption));
end;
procedure TForm34.Edit5Change(Sender: TObject);
begin
form37.label12.caption:=form34.edit5.text;
form13.edit2.text:=form34.Edit5.text;
end;

```



```

procedure TForm34.Edit11Change(Sender: TObject);
begin
form37.label15.caption:=form34.edit11.text;
form13.edit3.text:=form34.Edit11.text;
end;
procedure TForm34.Edit6Change(Sender: TObject);
var
a1,top1:real;
begin
a1:=strtofloat(form34.edit6.text);
top1:=(a1)/2;
form37.label21.caption:=floattostr(top1);
form36.edit9.text:=floattostr(top1);
end;
procedure TForm34.Edit12Change(Sender: TObject);
var
a1,top1:real;
begin
a1:=strtofloat(form34.edit12.text);
top1:=(a1)/2;
form37.label24.caption:=floattostr(top1);
form36.edit10.text:=floattostr(top1);
end;
procedure TForm34.Edit17Change(Sender: TObject);
begin
form37.label46.caption:=form34.edit17.text;
form13.edit4.text:=form34.Edit17.text;
end;
procedure TForm34.Edit23Change(Sender: TObject);
begin
form37.label49.caption:=form34.edit23.text;
form13.edit5.text:=form34.Edit23.text;
end;
procedure TForm34.Edit18Change(Sender: TObject);
var
a1,top1:real;
begin
a1:=strtofloat(form34.edit18.text);
top1:=(a1)/2;
form37.label30.caption:=floattostr(top1);
form36.edit15.text:=floattostr(top1);
end;
procedure TForm34.Edit13Change(Sender: TObject);
var
a1,top1:real;
begin
a1:=strtofloat(form34.edit13.text);
top1:=(a1)/2;
form37.label27.caption:=floattostr(top1);
form36.edit12.text:=floattostr(top1);
end;
procedure TForm34.Edit19Change(Sender: TObject);
var
a1,top1:real;
begin
a1:=strtofloat(form34.edit19.text);
top1:=(a1)/2;
form37.label39.caption:=floattostr(top1);
form36.edit13.text:=floattostr(top1);
end;
procedure TForm34.Edit24Change(Sender: TObject);
var
a1,top1:real;
begin
a1:=strtofloat(form34.edit24.text);
top1:=(a1)/2;
form37.label36.caption:=floattostr(top1);
form36.edit16.text:=floattostr(top1);
end;

```

```

procedure TForm34.Edit25Change(Sender: TObject);
var
  a1,top1:real;
begin
  a1:=strtofloat(form34.edit25.text);
  top1:=(a1)/2;
  form37.label54.caption:=floattostr(top1);
  form36.edit18.text:=floattostr(top1);
  form14.edit26.text:=form36.edit21.text;
end;
procedure TForm34.Edit31Change(Sender: TObject);
var
  a1,top1:real;
begin
  a1:=strtofloat(form34.edit31.text);
  top1:=(a1)/2;
  form36.edit19.text:=floattostr(top1);
  form36.edit22.text:=floattostr(top1);
end;
procedure TForm34.Edit40Change(Sender: TObject);
var
  a1,top1:real;
begin
  a1:=strtofloat(form34.edit40.text);
  top1:=(a1)/2;
  form36.edit20.text:=floattostr(top1);
  form37.label81.caption:=floattostr(top1);
end;
procedure TForm34.Edit29Change(Sender: TObject);
begin
  form37.label57.caption:=form34.edit29.text;
  form13.edit6.text:=form34.Edit29.text;
end;

procedure TForm34.Edit35Change(Sender: TObject);
begin
  form37.label60.caption:=form34.edit35.text;
  form13.edit7.text:=form34.Edit35.text;
end;
procedure TForm34.Edit41Change(Sender: TObject);
begin
  form37.label63.caption:=form34.edit41.text;
  form13.edit8.text:=form34.Edit41.text;
end;
procedure TForm34.Edit30Change(Sender: TObject);
var
  a1,top1:real;
begin
  a1:=strtofloat(form34.edit30.text);
  top1:=(a1)/2;
  form37.label51.caption:=floattostr(top1);
  form36.edit24.text:=floattostr(top1);
end;
procedure TForm34.Edit36Change(Sender: TObject);
var
  a1,top1:real;
begin
  a1:=strtofloat(form34.edit36.text);
  top1:=(a1)/2;
  form36.edit25.text:=floattostr(top1);
  form36.edit26.text:=floattostr(top1);
end;
procedure TForm34.Edit63Change(Sender: TObject);
var
  a1,top1:real;
begin
  a1:=strtofloat(form34.edit63.text);
  top1:=(a1)/2;
  form36.edit27.text:=floattostr(top1);

```

```

form37.label78.caption:=floattostr(top1);
end;
procedure TForm34.Edit64Change(Sender: TObject);
begin
form37.label142.caption:=form34.Edit64.text;
form14.edit28.text:=form34.Edit64.text;
form13.edit1.text:=form34.Edit64.text;
end;
procedure TForm34.Edit21Change(Sender: TObject);
begin
form37.Label85.caption:=Form34.Edit21.text;
form14.edit23.text:=Form34.Edit21.text;
end;
procedure TForm34.Edit27Change(Sender: TObject);
begin
form37.Label88.caption:=Form34.Edit27.text;
form14.edit25.text:=Form34.Edit27.text;
end;

procedure TForm34.Edit53Change(Sender: TObject);
begin
form14.edit13.text:=form34.edit53.text;
end;
procedure TForm34.Edit54Change(Sender: TObject);
begin
form14.edit16.text:=form34.edit54.text;
end;
end.

unit Unit35;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, ExtCtrls,math;
type
  TForm35 = class(TForm)
    Image1: TImage;
    Bevel5: TBevel;
    Bevel6: TBevel;
    Bevel7: TBevel;
    Label3: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Label1: TLabel;
    Edit1: TEdit;
    Label7: TLabel;
    Label8: TLabel;
    Label9: TLabel;
    Label11: TLabel;
    Edit2: TEdit;
    ComboBox1: TComboBox;
    Bevel1: TBevel;
    Label4: TLabel;
    Bevel3: TBevel;
    Label10: TLabel;
    Label12: TLabel;
    Label13: TLabel;
    Button1: TButton;
    Edit4: TEdit;
    Edit3: TEdit;
    procedure ComboBox1Change(Sender: TObject);
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure Edit3Change(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;
var
  Form35: TForm35;

```

```

implementation
uses Unit18, Unit6, Unit34;
{$R *.DFM}
procedure TForm35.ComboBox1Change(Sender: TObject);
VAR
d,l,G,J,es,H:real;
begin
G:=strtofloat(combobox1.text);
d:=strtofloat(edit1.text);
l:=strtofloat(edit2.text);
es:=(32/(pi*G)*(1/(power(d,4)))));
H:=es*0.4;
J:=H*1000;
FORM35.edit4.text:=floattostr(H);
FORM35.edit3.text:=floattostr(j);
end;
procedure TForm35.Button1Click(Sender: TObject);
begin
close;
end;
procedure TForm35.Edit3Change(Sender: TObject);
begin
form6.edit15.text:=FORM35.edit3.text;
form34.edit40.text:=FORM35.edit3.text;
end;
end.

unit Unit36;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, Menus;
type
TForm36 = class(TForm)
  Edit1: TEdit;
  Edit5: TEdit;
  Label1: TLabel;
  Edit8: TEdit;
  Label2: TLabel;
  Edit9: TEdit;
  Edit10: TEdit;
  Edit11: TEdit;
  Edit12: TEdit;
  Edit13: TEdit;
  Edit14: TEdit;
  Edit15: TEdit;
  Edit16: TEdit;
  Label3: TLabel;
  Label4: TLabel;
  Edit17: TEdit;
  Label5: TLabel;
  Edit18: TEdit;
  Edit19: TEdit;
  Edit20: TEdit;
  Label6: TLabel;
  Edit21: TEdit;
  Edit22: TEdit;
  Edit23: TEdit;
  Edit24: TEdit;
  Edit25: TEdit;
  Edit26: TEdit;
  Edit27: TEdit;
  Edit28: TEdit;
  Edit29: TEdit;

  procedure Edit1Change(Sender: TObject);
  procedure Edit9Change(Sender: TObject);
  procedure Edit12Change(Sender: TObject);
  procedure Edit15Change(Sender: TObject);

```

```

    procedure Edit18Change(Sender: TObject);
    procedure Edit20Change(Sender: TObject);
    procedure Edit24Change(Sender: TObject);
    procedure Edit26Change(Sender: TObject);
private
    { Private declarations }
public
    { Public declarations }
end;
var
    Form36: TForm36;
implementation
uses Unit37, Unit14;
{$R *.DFM}
procedure TForm36.Edit1Change(Sender: TObject);
var
    a1,a2,top1:real;
begin
    a1:=strtofloat(form36.edit1.text);
    a2:=strtofloat(form36.edit5.text);
    top1:=a1+a2;
    form36.edit8.text:=floattostr(top1);
    form37.label6.caption:=floattostr(top1);
end;
procedure TForm36.Edit9Change(Sender: TObject);
var
    a1,a2,top1,top2:real;
begin
    a1:=strtofloat(form36.edit9.text);
    a2:=strtofloat(form36.edit10.text);
    top1:=a1+a2;
    top2:=a2+top1;
    form36.edit11.text:=floattostr(top1);
    form14.edit11.text:=floattostr(a1);
    form14.edit12.text:=floattostr(top2);
    form37.label18.caption:=floattostr(top1);
end;
procedure TForm36.Edit12Change(Sender: TObject);
var
    a1,a2,top1,top2:real;
begin
    a1:=strtofloat(form36.edit12.text);
    a2:=strtofloat(form36.edit13.text);
    top1:=a1+a2;
    form36.edit14.text:=floattostr(top1);
    top2:=2*top1;
    form37.label33.caption:=floattostr(top1);
    form14.edit24.text:=floattostr(top2);
end;
procedure TForm36.Edit15Change(Sender: TObject);
var
    a1,a2,top1,top2:real;
begin
    a1:=strtofloat(form36.edit15.text);
    a2:=strtofloat(form36.edit16.text);
    top1:=a1+a2;
    top2:=2*(a1+a2);
    form36.edit17.text:=floattostr(top1);
    form37.label42.caption:=floattostr(top1);
    form14.edit15.text:=floattostr(top2);
end;
procedure TForm36.Edit18Change(Sender: TObject);
var
    a1,a2,top1,top2:real;
begin
    a1:=strtofloat(form36.edit18.text);
    a2:=strtofloat(form36.edit19.text);
    top1:=a1+a2;
    top2:=top1+a1;

```

```

form36.edit21.text:=floattostr(top1);
form37.label69.caption:=floattostr(top1);
form14.edit26.text:=floattostr(top2);
end;
procedure TForm36.Edit20Change(Sender: TObject);
var
a1,a2,top1,top2:real;
begin
a1:=strtofloat(form36.edit20.text);
a2:=strtofloat(form36.edit22.text);
top1:=a1+a2;
top2:=top1+a1;
form36.edit23.text:=floattostr(top1);
form37.label75.caption:=floattostr(top1);
form14.edit27.text:=floattostr(top2);
end;
procedure TForm36.Edit24Change(Sender: TObject);
var
a1,a2,top1,top2:real;
begin
a1:=strtofloat(form36.edit24.text);
a2:=strtofloat(form36.edit25.text);
top1:=a1+a2;
top2:=top1+a1;
form36.edit28.text:=floattostr(top1);
form37.label66.caption:=floattostr(top1);
form14.edit17.text:=floattostr(top2);
end;
procedure TForm36.Edit26Change(Sender: TObject);
var
a1,a2,top1,top2:real;
begin
a1:=strtofloat(form36.edit26.text);
a2:=strtofloat(form36.edit27.text);
top1:=a1+a2;
top2:=top1+a2;
form36.edit29.text:=floattostr(top1);
form37.label72.caption:=floattostr(top1);
form14.edit18.text:=floattostr(top2);
end;
end.

```

unit Unit37;

interface

uses

Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
StdCtrls;

type

TForm37 = class(TForm)

Edit1: TEdit;

Edit2: TEdit;

Edit3: TEdit;

Edit4: TEdit;

Edit5: TEdit;

Edit6: TEdit;

Edit7: TEdit;

Edit8: TEdit;

Edit9: TEdit;

Edit10: TEdit;

Edit11: TEdit;

Edit12: TEdit;

Edit13: TEdit;

Edit14: TEdit;

Edit15: TEdit;

Edit16: TEdit;

Edit17: TEdit;

Label1: TLabel;

Label2: TLabel;

Label3: TLabel;

Label4: TLabel;
Label5: TLabel;
Label6: TLabel;
Label7: TLabel;
Label8: TLabel;
Label9: TLabel;
Label10: TLabel;
Label11: TLabel;
Label12: TLabel;
Label13: TLabel;
Label14: TLabel;
Label15: TLabel;
Label16: TLabel;
Label17: TLabel;
Label18: TLabel;
Label19: TLabel;
Label20: TLabel;
Label21: TLabel;
Label22: TLabel;
Label23: TLabel;
Label24: TLabel;
Label25: TLabel;
Label26: TLabel;
Label27: TLabel;
Label28: TLabel;
Label29: TLabel;
Label30: TLabel;
Label31: TLabel;
Label33: TLabel;
Label34: TLabel;
Label35: TLabel;
Label36: TLabel;
Label37: TLabel;
Label38: TLabel;
Label39: TLabel;
Label40: TLabel;
Label41: TLabel;
Label42: TLabel;
Label43: TLabel;
Label44: TLabel;
Label32: TLabel;
Label45: TLabel;
Label46: TLabel;
Label47: TLabel;
Label48: TLabel;
Label49: TLabel;
Label50: TLabel;
Label51: TLabel;
Label52: TLabel;
Label53: TLabel;
Label54: TLabel;
Label55: TLabel;
Label56: TLabel;
Label57: TLabel;
Label58: TLabel;
Label59: TLabel;
Label60: TLabel;
Label61: TLabel;
Label62: TLabel;
Label63: TLabel;
Label64: TLabel;
Label65: TLabel;
Label66: TLabel;
Label67: TLabel;
Label68: TLabel;
Label69: TLabel;
Label70: TLabel;
Label71: TLabel;
Label72: TLabel;

```

Label73: TLabel;
Label74: TLabel;
Label75: TLabel;
Label76: TLabel;
Label77: TLabel;
Label78: TLabel;
Label79: TLabel;
Label80: TLabel;
Label81: TLabel;
Label82: TLabel;
Button1: TButton;
Edit33: TEdit;
Label140: TLabel;
Label141: TLabel;
Label142: TLabel;
Label83: TLabel;
Label84: TLabel;
Label85: TLabel;
Label86: TLabel;
Label87: TLabel;
Label88: TLabel;
procedure Button1Click(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
var
  Form37: TForm37;
implementation
{$R *.DFM}
procedure TForm37.Button1Click(Sender: TObject);
begin
CLOSE;
end;
end.

unit Unit38;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  math,StdCtrls;
type
  TForm38 = class(TForm)
    Edit18: TEdit;
    Edit19: TEdit;
    Edit20: TEdit;
    Edit21: TEdit;
    Edit22: TEdit;
    Edit23: TEdit;
    Edit24: TEdit;
    Edit26: TEdit;
    Edit27: TEdit;
    Edit28: TEdit;
    Edit29: TEdit;
    Edit30: TEdit;
    Edit31: TEdit;
    Edit32: TEdit;
    Label104: TLabel;
    Label105: TLabel;
    Label107: TLabel;
    Label108: TLabel;
    Label110: TLabel;
    Label111: TLabel;
    Label116: TLabel;
    Label117: TLabel;
    Label118: TLabel;
    Label120: TLabel;
    Label122: TLabel;

```


Label106: TLabel;
Label112: TLabel;
Label115: TLabel;
Label121: TLabel;
Label1: TLabel;
Label2: TLabel;
Label4: TLabel;
Label3: TLabel;
Label21: TLabel;
Label5: TLabel;
Label6: TLabel;
Label7: TLabel;
Label8: TLabel;
Label9: TLabel;
Label10: TLabel;
Label11: TLabel;
Label12: TLabel;
Label13: TLabel;
Label14: TLabel;
Label15: TLabel;
Label16: TLabel;
Label61: TLabel;
Label62: TLabel;
Label63: TLabel;
Label64: TLabel;
Label75: TLabel;
Label76: TLabel;
Label65: TLabel;
Label66: TLabel;
Label67: TLabel;
Label68: TLabel;
Label69: TLabel;
Label70: TLabel;
Label73: TLabel;
Label74: TLabel;
Button1: TButton;
Edit1: TEdit;
Label149: TLabel;
Label150: TLabel;
Label151: TLabel;
Label152: TLabel;
Label83: TLabel;
Label84: TLabel;
Label86: TLabel;
Label87: TLabel;
Label89: TLabel;
Label90: TLabel;
Label92: TLabel;
Label93: TLabel;
Label95: TLabel;
Label97: TLabel;
Label98: TLabel;
Label100: TLabel;
Label17: TLabel;
Label18: TLabel;
Edit2: TEdit;
Edit3: TEdit;
Edit4: TEdit;
Edit5: TEdit;
Edit6: TEdit;
Edit7: TEdit;
Edit8: TEdit;
Edit9: TEdit;
Edit10: TEdit;
Edit11: TEdit;
Edit12: TEdit;
Edit13: TEdit;
Edit14: TEdit;
Edit15: TEdit;

Edit16: TEdit;
Label19: TLabel;
Label20: TLabel;
Label22: TLabel;
Label24: TLabel;
Label25: TLabel;
Label26: TLabel;
Label27: TLabel;
Label28: TLabel;
Label29: TLabel;
Label30: TLabel;
Label31: TLabel;
Label32: TLabel;
Label33: TLabel;
Label34: TLabel;
Label35: TLabel;
Label23: TLabel;
Label36: TLabel;
Label37: TLabel;
Label38: TLabel;
Label39: TLabel;
Label40: TLabel;
Label41: TLabel;
Label42: TLabel;
Label43: TLabel;
Label44: TLabel;
Label45: TLabel;
Label46: TLabel;
Label47: TLabel;
Label48: TLabel;
Label49: TLabel;
Label50: TLabel;
Label51: TLabel;
Label52: TLabel;
Label53: TLabel;
Label54: TLabel;
Label55: TLabel;
Label56: TLabel;
Label57: TLabel;
Label58: TLabel;
Label59: TLabel;
Label60: TLabel;
Label71: TLabel;
Label72: TLabel;
Label77: TLabel;
Label78: TLabel;
Label79: TLabel;
Label80: TLabel;
Label81: TLabel;
Label82: TLabel;
Label85: TLabel;
Label88: TLabel;
Label91: TLabel;
Label94: TLabel;
Label96: TLabel;
Label99: TLabel;
Label101: TLabel;
Label102: TLabel;
Label103: TLabel;
Label109: TLabel;
Label113: TLabel;
Label114: TLabel;
Label119: TLabel;
Label123: TLabel;
Label124: TLabel;
Label125: TLabel;
Label126: TLabel;
Label127: TLabel;
Label128: TLabel;

```

Label129: TLabel;
Label130: TLabel;
Label131: TLabel;
Edit17: TEdit;
Edit25: TEdit;
Edit33: TEdit;
Edit34: TEdit;
Edit35: TEdit;
Edit36: TEdit;
Edit37: TEdit;
procedure Button1Click(Sender: TObject);
procedure Edit8Change(Sender: TObject);
private
{ Private declarations }
public
{ Public declarations }
end;

var
Form38: TForm38;
implementation
uses Unit14, Unit40;
{$R *.DFM}
procedure TForm38.Button1Click(Sender: TObject);
begin
CLOSE;
end;
procedure TForm38.Edit8Change(Sender: TObject);
var
u1,u2,u12,u12kare,u2kare,em1,e12,e23,topem1,tope12,tope23,atm,at1,at2,at3,at4,topatm,topat1,topat2,topat3,topat4,km1,k
12,k23,k34,k45,topkm1,topk12,topk23,topk34,topk45,e34,e45,tope34,tope45:real;
begin
u1:=strtofloat(form14.combobox1.text);
u2:=strtofloat(form14.combobox2.text);
u12:=u1*u2;
u12kare:=power(u12,2);
u2kare:=power(u2,2);
em1:=strtofloat(form14.edit21.text);
e12:=strtofloat(form14.edit22.text);
e23:=strtofloat(form14.edit23.text);
e34:=strtofloat(form14.edit24.text);
e45:=strtofloat(form14.edit25.text);
topem1:=u12kare*em1;
form40.edit2.text:=floattostr(topem1);
tope12:=u12kare*e12;
form40.edit3.text:=floattostr(tope12);
tope23:=u12kare*e23;
form40.edit4.text:=floattostr(tope23);
tope34:=u2kare*e34;
form40.edit5.text:=floattostr(tope34);
tope45:=u2kare*e45;
form40.edit6.text:=floattostr(tope45);
km1:=strtofloat(form14.edit11.text);
k12:=strtofloat(form14.edit12.text);
k23:=strtofloat(form14.edit13.text);
k34:=strtofloat(form14.edit15.text);
k45:=strtofloat(form14.edit16.text);
topkm1:=km1/u12kare;
form40.edit17.text:=floattostr(topkm1);
topk12:=k12/u12kare;
form40.edit25.text:=floattostr(topk12);
topk23:=k23/u12kare;
form40.edit33.text:=floattostr(topk23);
topk34:=k34/u2kare;
form40.edit34.text:=floattostr(topk34);
topk45:=k45/u2kare;
form40.edit35.text:=floattostr(topk45);
Form40.edit14.text:=Form14.edit35.text;
Form40.edit15.text:=Form14.edit36.text;

```

```

Form40.edit16.text:=Form14.edit37.text;
Form40.edit36.text:=Form14.edit17.text;
Form40.edit37.text:=Form14.edit18.text;
Form40.edit7.text:=Form14.edit26.text;
Form40.edit8.text:=Form14.edit27.text;
atm:= strtofloat(form14.edit28.text);
if atm=0 then
form40.edit9.text:='0'
else
begin
topatm:=(atm/u12kare);
form40.edit9.text:=floattostr(topatm);
at1:= strtofloat(form14.edit29.text);
if at1=0 then
form40.edit10.text:='0'
else
begin
topat1:=(at1/u12kare);
form40.edit10.text:=floattostr(topat1);
at2:= strtofloat(form14.edit30.text);
if at2=0 then
form40.edit11.text:='0'
else
begin
topat2:=(at2/u12kare);
form40.edit11.text:=floattostr(topat2);
at3:= strtofloat(form14.edit31.text);
if at3=0 then
form40.edit12.text:='0'
else
begin
topat3:=(at3/u2kare);
form40.edit12.text:=floattostr(topat3);
at4:= strtofloat(form14.edit34.text);
if at4=0 then
form40.edit13.text:='0'
else
begin
topat4:=(at4/u2kare);
form40.edit13.text:=floattostr(topat4);
end;
end;
end;
end;
end;
end;
end;
end.

```

unit Unit39;

```

interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls;
type
TForm39 = class(TForm)
  Button1: TButton;
  Button2: TButton;
  Button3: TButton;
  procedure Button2Click(Sender: TObject);
  procedure Button1Click(Sender: TObject);
  procedure Button3Click(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
var
  Form39: TForm39;
implementation

```

```

uses Unit38, Unit40;
{$R * DFM}
procedure TForm39.Button2Click(Sender: TObject);
begin
form38.edit18.color:=clblue;
form38.edit19.color:=clblue;
form38.edit20.color:=clblue;
form38.edit21.color:=clblue;
form38.edit22.color:=clblue;
form38.edit23.color:=clblue;
form38.edit24.color:=clblue;
form38.edit1.color:=clblue;
form38.edit26.color:=clblue;
form38.edit27.color:=clblue;
form38.edit28.color:=clblue;
form38.edit29.color:=clblue;
form38.edit30.color:=clblue;
form38.edit31.color:=clblue;
form38.edit32.color:=clblue;
FORM38.SHOW;
end;
procedure TForm39.Button1Click(Sender: TObject);
begin
CLOSE;
end;
procedure TForm39.Button3Click(Sender: TObject);
begin
form40.edit18.color:=clblue;
form40.edit19.color:=clblue;
form40.edit20.color:=clblue;
form40.edit21.color:=clblue;
form40.edit22.color:=clblue;
form40.edit23.color:=clblue;
form40.edit24.color:=clblue;
form40.edit1.color:=clblue;
form40.edit26.color:=clblue;
form40.edit27.color:=clblue;
form40.edit28.color:=clblue;
form40.edit29.color:=clblue;
form40.edit30.color:=clblue;
form40.edit31.color:=clblue;
form40.edit32.color:=clblue;
FORM40.SHOW;
end;
end.

unit Unit40;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls;
type
TForm40 = class(TForm)
  Label104: TLabel;
  Label105: TLabel;
  Label107: TLabel;
  Label108: TLabel;
  Label110: TLabel;
  Label111: TLabel;
  Label116: TLabel;
  Label117: TLabel;
  Label118: TLabel;
  Label120: TLabel;
  Label122: TLabel;
  Label106: TLabel;
  Label112: TLabel;
  Label115: TLabel;
  Label121: TLabel;
  Label1: TLabel;

```

Label2: TLabel;
Label4: TLabel;
Label3: TLabel;
Label21: TLabel;
Label5: TLabel;
Label6: TLabel;
Label7: TLabel;
Label8: TLabel;
Label9: TLabel;
Label10: TLabel;
Label11: TLabel;
Label12: TLabel;
Label13: TLabel;
Label14: TLabel;
Label15: TLabel;
Label16: TLabel;
Label61: TLabel;
Label62: TLabel;
Label63: TLabel;
Label64: TLabel;
Label75: TLabel;
Label76: TLabel;
Label65: TLabel;
Label66: TLabel;
Label67: TLabel;
Label68: TLabel;
Label69: TLabel;
Label70: TLabel;
Label73: TLabel;
Label74: TLabel;
Label149: TLabel;
Label150: TLabel;
Label151: TLabel;
Label152: TLabel;
Label83: TLabel;
Label84: TLabel;
Label86: TLabel;
Label87: TLabel;
Label89: TLabel;
Label90: TLabel;
Label92: TLabel;
Label93: TLabel;
Label95: TLabel;
Label97: TLabel;
Label98: TLabel;
Label100: TLabel;
Label17: TLabel;
Label18: TLabel;
Label19: TLabel;
Label20: TLabel;
Label22: TLabel;
Label24: TLabel;
Label25: TLabel;
Label26: TLabel;
Label27: TLabel;
Label28: TLabel;
Label29: TLabel;
Label30: TLabel;
Label31: TLabel;
Label32: TLabel;
Label33: TLabel;
Label34: TLabel;
Label35: TLabel;
Label23: TLabel;
Label36: TLabel;
Label37: TLabel;
Label38: TLabel;
Label39: TLabel;
Label40: TLabel;

Label41: TLabel;
Label42: TLabel;
Label43: TLabel;
Label44: TLabel;
Label45: TLabel;
Label46: TLabel;
Label47: TLabel;
Label48: TLabel;
Label49: TLabel;
Label50: TLabel;
Label51: TLabel;
Label52: TLabel;
Label53: TLabel;
Label54: TLabel;
Label55: TLabel;
Label56: TLabel;
Label57: TLabel;
Label58: TLabel;
Label59: TLabel;
Label60: TLabel;
Label71: TLabel;
Label72: TLabel;
Label77: TLabel;
Label78: TLabel;
Label79: TLabel;
Label80: TLabel;
Label81: TLabel;
Label82: TLabel;
Label85: TLabel;
Label88: TLabel;
Label91: TLabel;
Label94: TLabel;
Label96: TLabel;
Label99: TLabel;
Label101: TLabel;
Label102: TLabel;
Label103: TLabel;
Label109: TLabel;
Label113: TLabel;
Label114: TLabel;
Label119: TLabel;
Label123: TLabel;
Label124: TLabel;
Label125: TLabel;
Label126: TLabel;
Label127: TLabel;
Label128: TLabel;
Label129: TLabel;
Label130: TLabel;
Label131: TLabel;
Edit18: TEdit;
Edit19: TEdit;
Edit20: TEdit;
Edit21: TEdit;
Edit22: TEdit;
Edit23: TEdit;
Edit24: TEdit;
Edit26: TEdit;
Edit27: TEdit;
Edit28: TEdit;
Edit29: TEdit;
Edit30: TEdit;
Edit31: TEdit;
Edit32: TEdit;
Button1: TButton;
Edit1: TEdit;
Edit2: TEdit;
Edit3: TEdit;
Edit4: TEdit;

```

Edit5: TEdit;
Edit6: TEdit;
Edit7: TEdit;
Edit8: TEdit;
Edit9: TEdit;
Edit10: TEdit;
Edit11: TEdit;
Edit12: TEdit;
Edit13: TEdit;
Edit14: TEdit;
Edit15: TEdit;
Edit16: TEdit;
Edit17: TEdit;
Edit25: TEdit;
Edit33: TEdit;
Edit34: TEdit;
Edit35: TEdit;
Edit36: TEdit;
Edit37: TEdit;
procedure Button1Click(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
var
  Form40: TForm40;
implementation
{$R *.DFM}
procedure TForm40.Button1Click(Sender: TObject);
begin
close;
end;
end.

```

program Project2;

```

uses
  Forms,
  Unit1 in 'Unit1.pas' {Form1},
  Unit2 in 'Unit2.pas' {Form2},
  Unit3 in 'Unit3.pas' {Form3},
  Unit4 in 'Unit4.pas' {Form4},
  Unit5 in 'Unit5.pas' {Form5},
  Unit6 in 'Unit6.pas' {Form6},
  Unit7 in 'Unit7.pas' {Form7},
  Unit8 in 'Unit8.pas' {Form8},
  Unit9 in 'Unit9.pas' {Form9},
  Unit10 in 'Unit10.pas' {Form10},
  Unit11 in 'Unit11.pas' {Form11},
  Unit12 in 'Unit12.pas' {Form12},
  Unit13 in 'Unit13.pas' {Form13},
  Unit14 in 'Unit14.pas' {Form14},
  Unit15 in 'Unit15.pas' {Form15},
  Unit16 in 'Unit16.pas' {Form16},
  Unit17 in 'Unit17.pas' {Form17},
  Unit18 in 'Unit18.pas' {Form18},
  Unit19 in 'Unit19.pas' {Form19},
  Unit20 in 'Unit20.pas' {Form20},
  Unit21 in 'Unit21.pas' {Form21},
  Unit22 in 'Unit22.pas' {MCS},
  Unit23 in 'Unit23.pas' {MUK},
  Unit24 in 'Unit24.pas' {MGB},
  Unit25 in 'Unit25.pas' {MUCF},
  Unit26 in 'Unit26.pas' {Form26},
  Unit27 in 'Unit27.pas' {Form27},
  Unit28 in 'Unit28.pas' {Form28},
  Unit29 in 'Unit29.pas' {Form29},
  Unit30 in 'Unit30.pas' {Form30},
  Unit31 in 'Unit31.pas' {Form31},

```



```
Unit32 in 'Unit32.pas' {Form32},
Unit33 in 'Unit33.pas' {Form33},
Unit34 in 'Unit34.pas' {Form34},
Unit35 in 'Unit35.pas' {Form35},
Unit36 in 'Unit36.pas' {Form36},
Unit37 in 'Unit37.pas' {Form37},
Unit38 in 'Unit38.pas' {Form38},
Unit39 in 'Unit39.pas' {Form39},
Unit40 in 'Unit40.pas' {Form40};
{$R *.RES}
begin
  Application.Initialize;
  Application.CreateForm(TForm1, Form1);
  Application.CreateForm(TForm2, Form2);
  Application.CreateForm(TForm3, Form3);
  Application.CreateForm(TForm4, Form4);
  Application.CreateForm(TForm5, Form5);
  Application.CreateForm(TForm6, Form6);
  Application.CreateForm(TForm7, Form7);
  Application.CreateForm(TForm8, Form8);
  Application.CreateForm(TForm9, Form9);
  Application.CreateForm(TForm10, Form10);
  Application.CreateForm(TForm11, Form11);
  Application.CreateForm(TForm12, Form12);
  Application.CreateForm(TForm13, Form13);
  Application.CreateForm(TForm14, Form14);
  Application.CreateForm(TForm15, Form15);
  Application.CreateForm(TForm16, Form16);
  Application.CreateForm(TForm17, Form17);
  Application.CreateForm(TForm18, Form18);
  Application.CreateForm(TForm19, Form19);
  Application.CreateForm(TForm20, Form20);
  Application.CreateForm(TForm21, Form21);
  Application.CreateForm(TMCS, MCS);
  Application.CreateForm(TMUK, MUK);
  Application.CreateForm(TMGB, MGB);
  Application.CreateForm(TMUCF, MUCF);
  Application.CreateForm(TForm26, Form26);
  Application.CreateForm(TForm27, Form27);
  Application.CreateForm(TForm28, Form28);
  Application.CreateForm(TForm29, Form29);
  Application.CreateForm(TForm30, Form30);
  Application.CreateForm(TForm31, Form31);
  Application.CreateForm(TForm32, Form32);
  Application.CreateForm(TForm33, Form33);
  Application.CreateForm(TForm34, Form34);
  Application.CreateForm(TForm35, Form35);
  Application.CreateForm(TForm36, Form36);
  Application.CreateForm(TForm37, Form37);
  Application.CreateForm(TForm38, Form38);
  Application.CreateForm(TForm39, Form39);
  Application.CreateForm(TForm40, Form40);
  Application.Run;
end.
```

EKLER 5

EK. 5.1. TABİİ FREKANSLARIN HESABI İÇİN PASKAL – PROGRAMINA AİT YAZILIM

Burada, zincir şekilli dinamiksel modellerin tabii frekanslarının hesabı için tavsiye edilmiş olan PASKAL – PROGRAMIN tanıtımı ve programın kendisi verilmiştir.

Programın Görevi

Program üç köşegenli simetrik T matrisinin verilmiş olan d_i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) – köşegen elemanlarına ve b_i^2 ($i = 2, 3, 4, \dots, n$) - köşegen kenar elemanlarının karesine göre en küçük m tabii frekanslarının değerlerini hesaplamak için verilmektedir.

Aynı zamanda program yardımı ile en büyük tabii frekansların değerleri hesaplanabilir. Buna göre programa müracaat edildiğinde köşegen matrislerin işaretleri tersine çevirerek alınması gerekmektedir. Buna da bağlı olarak tabii frekansların bulunmuş değerlerinin işaretleri de tersine çevirerek alınması önerilir. Algoritmanın yakınsaklığı kare hatası olduğu için, bulunan değerlerin hassaslığı da yüksekliği sağlar.

Programlama dili

Programlama dili P a s k a l olarak alınmıştır.

Formalite Parametreleri

n – T matrisinin derecesi;

m – hesaplanması ön görülen en küçük tabii frekansların sayısı; $e:=b2[i]/q$; $qp:=delta+e$;

pos – mantıksal değişken, eğer belli dirse olan değeri **true**, yani verilen giriş matrisi pozitif tayin edilmiştir ve eğer belli değilse – **false**;

lam – istenilen hesaplama hassaslığı;

d – köşegen elemanları (çıkışta) ; tabii frekansların değerleri artan sırada (girişte);

$b2$ – köşegenin kenar elemanlarının kareleri.

Tabii Frekansların Hesabı için PASKAL – PROGRAMIN Yazılımı

```

Procedure ThreeDiag(n,m :integer;
                   pos :boolean;
                   b2,d :vector;
                   lam :real;
                   eps :real);
{m en küçük tabii frekans değerlerinin hesaplama prosedürü}
{n dereceden üç köşegenli simetrik matrisler}
{İsfendiyar BAKŞIYEV İskender oğlu,TC SİVAS, 2002}
var err,tot,delta,s,q,p,qp,r,e,ep:real;
    i,j,k:integer;
label 1,2;
begin
b2[1]:=0.; err:=0.; q:=0.; tot:=d[1];
for i:=n to 1 do
begin
p:=q; q:=sqrt(b2[i]);
e:=d[i]-p-g;
if e<tot then tot:=e
end;

```

```

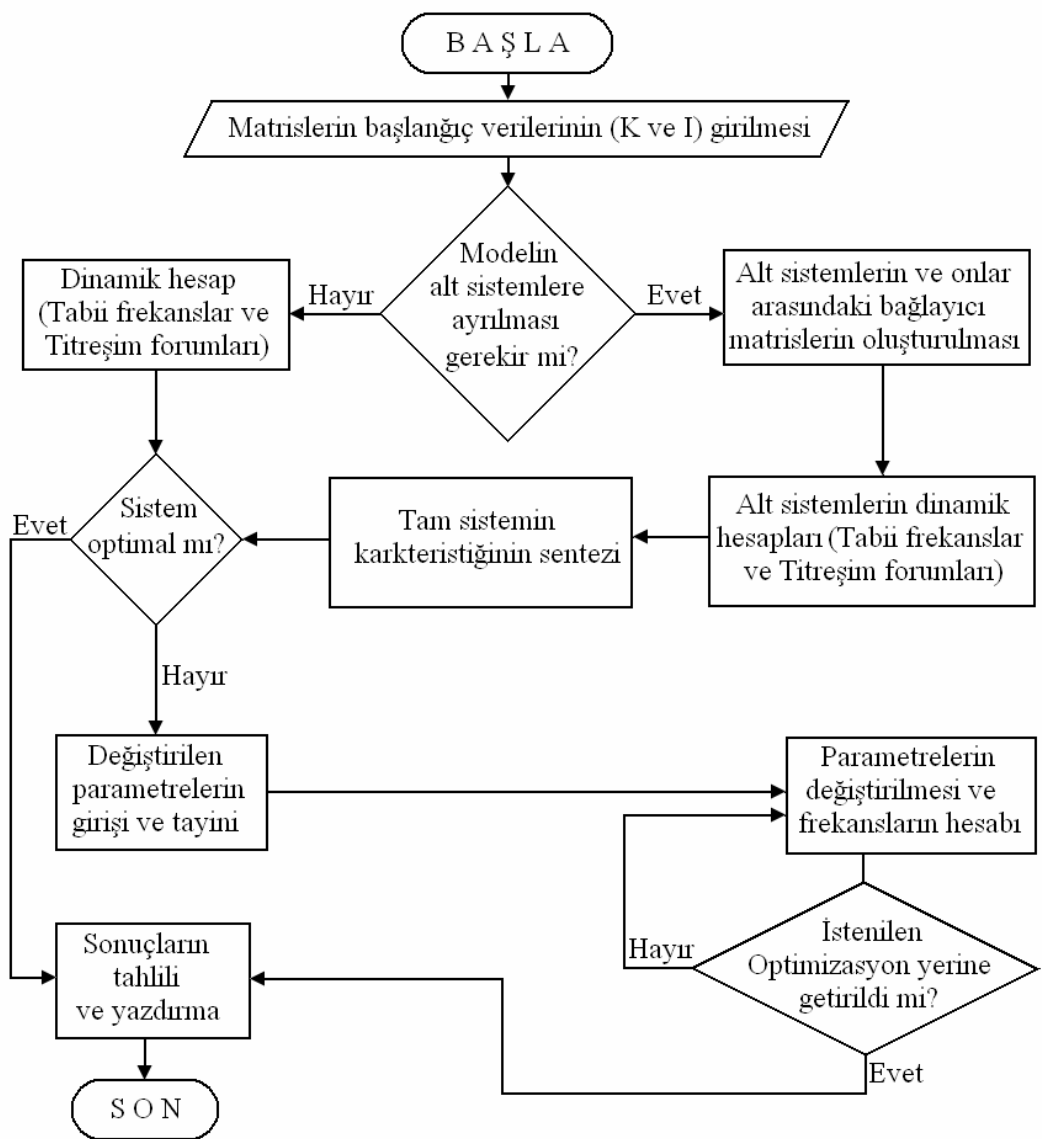
if (pos or tot) < then tot:=0 else
  begin
  for k:=1 to m do
    begin
  2: tot:=tot+s;
  delta:=d[n]-s;
  i:=n;
  e:=abs(eps*tot);
  if lam<ethen lam:=e;
  if delta<=lam then goto 1;
  e:=b2[n]/delta;
  qp:=delta; p:=1;
  for i:=n-1 to k do
    begin
  q:=d[i]-s-e; r:=q*qp;
  p:=p*r+1; ep:=e*r;
  d[i+1]:=qp+; delta:=q-ep;
  if delta<=lam then goto 1;
  e:=b2[i]/q; qp:=delta+e;
  b2[i+1]:=qp*ep
  end;
  d[k]:=qp; s:=qp/p;
  if tot+s>tot then goto 2;
  s:=0.; i:=k; delta:=qp;
  for j:=k+1 to n do
    begin
  i:=j; delta:=d[j]
  end;
  1: if i<n then b2[i+1]:=b2[i]*e/qp;
  for j:=i-1 to k do
    begin
  d[j+1]:=d[i]-s; b2[i+1]:=b2[i]
  end;
  d[k]:=tot; b2:=err+abs(delta)
  end
end.

```

EKLER 6

EK.6.1. REDÜKTÖRLERİN MODELLERİN DİNAMİK KARAKTERİSTİKLERİNİN HESABI VE OPTİMİZASYONU İÇİN ESFN PROGRAMI'NIN AKIŞ ŞEMASI, YAZILIMI

1. Esfn programının akış şeması



EK.6.2. ESN PROGRAMININ ANLATIMI

a. Görevi

Esn programı döner elemanlı makinaların güç ve hareket iletim elemanlarının zincir ve budaklanmış şekilli dinamik modellerin tabii frekanslarının ve diğer dinamik karakteristiklerini hesabı ve optimizasyonu için önerilmiştir.

Program tezde yazılmış olan metotları aşağıdaki gibi yerine getirmektedir:

- eğer sistem budaklanmış dinamik modelden oluşursa, bunu zincir şekilli alt sistemlere bölünmesi;
- alt sistemlerin dinamik analizi ve tam (budaklanmış) sistemin sentezi;
- verilen dinamik sisteme daha çok etki gösteren parametreleri koordinat üzere inme metodu ile bulup optimizasyon hesaplarının yapılması;
- alt sistemlerin kütük optimizasyon işlemlerinin yerine getirilmesi;
- zorunlu titreşimlerin Amplitüt - Frekans Karakteristiğinin (AFK) hesabı.

b. Programlama Dili.

Programlama dili olarak Paskal dili alınmıştır. Paskal dili soproçessoru 80 287 olan IBM PC AT sistemleri için kullanılmıştır.

Esn programının metini:

```

Program Esn;
{$R+}
{$I-}
{$M 24576, 0, 655360}
{$N-}
uses EigenVal, Dos, Crt, Common, Printer;
type INvector=array[1..50] of integer;
var
  n,l      :integer;
  a        :TNmatrix;
  MaxIter :integer;
  Tol      :Float;
  f        :TNmatrix;
  Lam      :TNvector;
  Iter     :integer;
  Error    :byte;
  Num      :INvector;
  k,m      :TNvector;

  var i,j,nm,n1,n2,n3 :integer;
      r,rr,w          :Float;
{ ----- }

procedure GetDataFromFile(var Dimen :integer;
                          var Mat :TNmatrix);

var
  FileName : string[255];
  InFile :text;
  Row,Column : integer;

begin
  WriteIn;
  repeat
  WriteIn;
  repeat
    Write("File name? ");
    ReadIn(FileName);
    Assign(InFile, FileName);
    Reset(InFile);
    InCheck;
  until not IOerr;
  Read(InFile, Dimen);

```

```

IOCheck;
Row := 0;
while (not IOerr) and (Row < Dimen)do
begin
  Row := Succ(Row);
  Column:= 0;
  While (not IOerr) and (column < Dimen) do
  begin
    Column := Succ(Column);
    Read(InFile, Mat[Row, Column]);
    IOcheck;
  end;
end;
until not IOerr;
Close(InFile);
end; { procedure GetDataFromFile }

{ ----- }

procedure Results(Dimen      : integer;
                 var Mat      : TNmatrix;
                 Tolerance    : Float;
                 MaxIter     : integer;
                 var Eigenvalues : TNvector;
                 var Eigenvectors : TNmatrix;
                 Iter         : integer;
                 Error        : byte);

{ ----- }
{ -----Output the results----- }
{ ----- }

var

  Index, Column, Row, : integer;
  FileName : string[255];
  OutFile : text;
begin
  write("Output File name? ");
  ReadIn(FileName);
  Assign(OutFile, FileName);

{ ----- }

  Writeln(OutFile);
  Writeln(OutFile);
  Writeln(OutFile, 'The Matrix: ');
  for Row := 1 to Dimen do
  begin
    For column := 1 to Dimen do
      Write(OutFile, Mat[Row, Column]:13:9);
      Writeln(OutFile);
    end;
  Writeln(OutFile);
  Writeln(OutFile, 'Tolerance:':31, Tolerance);
  Writeln(OutFile, 'Maximum number of iterations:':
                                     :31, MaxIter);

  Writeln(OutFile);
  if Error = 5 then
    DisplayWarning;
  if Error in [1,2,3,4]then

```

```

        DisplayError;
    case Error of
        0 : Writeln(OutFile, 'Number of iterations:'
                  :31, Iter :3);

        1 : Writeln(OutFile,
                  'The matrix must be of dimension greater than 1. ');

        2: Writeln(OutFile,
                  'The tolerance must be of dimension greater than zero. ');

        3: 1 : Writeln(OutFile,
                  'maximum number of iterations must be greater than zero.);

        4 : Writeln(OutFile,
                  'The matrix must be symmetric. ');

        5 : begin
            Writeln(OutFile,
                  'Convergence did not occur after',
                  Iter, 'iterations. ');

            Writeln(OutFile,
                  'The result of the last iteration are: ');
            end;
        end {case}
    if error in [0,5] then
    for index :=1 to Dimen do
        begin
            Writeln(OutFile);
            Writeln(OutFile,
                  'The approximate eigenvector:' :30);
            for Row := 1 to Dimen do
                Writeln(OutFile, eigenvectors[Index, Row]);
                Writeln(OutFile);
                Writeln(OutFile,
                  'The associated eigenvalue:'
                  :31, eigenvalues[Index]);
            end;
        end; {Procedure Results}

    { ----- }
    begin {program Esgn}
    { ----- }
    Tol:=1E-8; MaxIter:=200;
    GetDataFromFile(n, a);
    { -----Spectral matrix----- }
    for i:=1 to n do
        for j:=1 to n do a[i,j]:= a[i,j]/sqrt(m[i]*m[i,j]);
        { ----- }
        { -----EIGEN VALUE----- }
    Jacobi(n,a,maxIter,Tol,Lam,F,Iter,Error);
    { ----- }
    Resultsn(n, a Tolerance, MaxIter, lam, f, Iter,Error);
    { -----order----- }
    for i:=1 to n do num[i]:=i;
    for j:=1 to n1 do
        begin
            r:=Lam[j]; nm:=num[j];
            for i:=j+1 to n do

```

```

begin
  if r > Lam[i] then
    begin
      Lam[j]:= Lam[i]; num[j]:= num[i];
      Lam[i]:=r; r:= Lam[j];
      num[i]:= nm; nm:=num[j];
    end;
  end;
end;
{ -----in the vector num[i] are numbers of the ordered eigval.----- }
for j:=1 to n do
  begin
    i:=num[j];
    rr:= Lam[j];
  {      writeln(j:4, i:4, rr:20:10, r:20:10, ) }
  end;
writeln(
writeln( ' w1:=sqrt(lam[1]/6.283:8:5,
          ,w2:=sqrt(lam[2]/6.283:8:5,
          ,w3:=sqrt(lam[3]/6.283:8:5,
          ,w4:=sqrt(lam[4]/6.283:8:5, '(Hertz)');
for j:=1 to 4 do
  begin
    nm:=num[j];
    for i:=1 to n do write(f[nm,i]:10:3);
    writeln
  end;
{ ----- }
{ ----- }

writeln(Ist, ' w1=', sqrt(lam[1]/6.283:8:5,
          ' w2=', sqrt(lam[2]/6.283:8:5,
          ' w3=', sqrt(lam[3]/6.283:8:5,
          ' w4=', sqrt(lam[4]/6.283:8:5, '(Hertz)');
{ ----- }
for i:=1 to n do writeln(Ist,
          f [num,[1],i]:14:4,
          f [num,[2],i]:14:4,
          f [num,[3],i]:14:4,
          f [num,[4],i]:14:4);
{ ----- }
{ --- --- }
Prn_in_File(f,n,nm,num,lam,s);
{ -----OPTIMIZATION----- }
Optim_Dinamical(param,f,lam,num,Matrix);
{ -----PARAMETERS----- }
Param_Analysis(param,matrix,value, far);
{ --- --- }
Control_proc(Optima,matrix,Param,Dinamical);
End.

```