

T.C.

**GEBZE İLERİ TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ**

84092

**ISIL YAZICI MEKANİZMALARI İÇİN
KONTROL ARABİRİMİ TASARIMI**

**Tamer KAYA
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

84092

**TEZ DANIŞMANI
Yrd.Doç.Dr. Ertuğrul KARAÇUHA**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

**GEBZE
1999**

Bu tez çalışması, G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 24.8.98 tarih ve 24/124 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından Elektrik Müh. Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRI

ÜYE
(Tez Danışmanı)

Y. Doç. Dr. İrtuğrul KARACINAR
[Signature]

ÜYE

: Doç. Dr. Ali AKKURBAN

[Signature]

ÜYE

: Y. Doç. Dr. Murat BİN

Murat Bin

ONAY

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 02/02/1999 tarih ve 22/126 sayılı kararı.

[Signature]

ÖZET



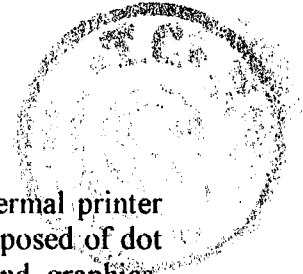
Mini yazıcı uygulamaları günümüzde ölçme aletleri, tıp ekipmanları, barkod uygulamaları, etiket, bilet yazıcıları gibi birçok değişik alanda kullanılmaktadır. Artık irili ufaklı tüm alışveriş merkezlerinde mini yazıcılara rastlamak mümkündür. Mini yazıcıların birçok değişik çeşidi mevcuttur. Bunlara örnek olarak nokta vuruşlu ,mürekkep püskürtmeli, laser, ısısal yazıcıları verebiliriz.

Yapılan yüksek lisans tezi çalışmasında barkod, fatura, etiket ve bilet uygulamalarında oldukça sık kullanılan ve artık diğer yazıcılara hız ve maliyet açısından giderek daha fazla üstünlük sağlayan ısısal yazıcı mekanizmaları tanıtılmakta ve bu yazıcılar için tasarlanan kontrol arayüzü anlatılmaktadır.

Yapılan çalışmada ilk önce yazıcı çeşitleri hakkında bilgi verilmekte daha sonra ise arayüz tasarımı konusunda geniş açıklamalar yapılmaktadır. İleriki bölümlerde ise yazıcı mekanizması üzerinde durularak ısısal kafa, step motor hakkında ayrıntılı açıklamalara yer verilmektedir.

Burada step motorun görevi yazma esnasında yazma kağıdını istenildiği hızda silindirler vasıtasıyla ileri doğru sürmektir. Isısal kafa mekanizması ise yan yana dizili rezistanslardan oluşmaktadır. Kafa ısısına göre bu rezistanslara uygulanan darbe süresi ayarlanmaktadır. Kafa ısısının ölçümü kafa ömrü açısından çok önemlidir. Basit olarak ifade edilecek olunursa kafa ısısı arttıkça uygulanacak darbe süresi azaltılmaktadır. Ölçüm işlemi kafa üzerine yerleştirilmiş bir termistör tarafından yapılarak mikroişlemciye iletilir. İşlemci karşılaştırmalarla sıcaklığı deşifre ederek uygulanması gereken darbe süresine karar verir. Uygulanan darbe elektriksel ısı iletimi vasıtasıyla rezistansların yazma kağıdı üzerinde karartma yapmasını ve böylece yazı karakterlerinin ortaya çıkmasını sağlar. Elektriksel ısı iletimi konusu da termodinamiğin ve elektronığın oldukça önemli bir konusu olması nedeniyle ayrı bir bölümde ayrıntılı olarak incelenmektedir.

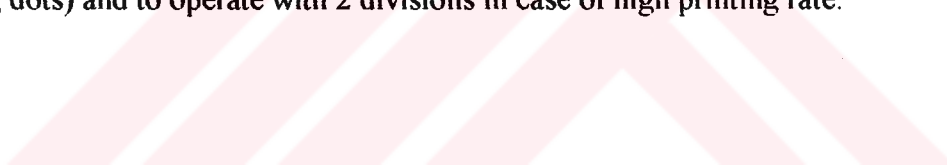
SUMMARY

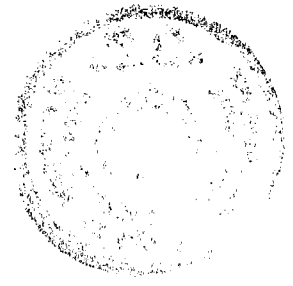


In this thesis, we explained the thermal printer which is a serial type thermal printer with a head having a single vertical row of dots. A printing characteristic is composed of dot matrix generated by scanning the thermal head in the horizontal direction, and graphics, characters, symbols and others can be printed out.

The printer is composed of frame, pulse motor for head scanning, thermal head, home position switch, paper feed cam plate, platen, rubber shaft, gears and others, and designed to print various characters on the recording paper. The rotation of the pulse motor. Motor is transmitted to the motor pinion, idler-gears and finally to the rack, and the laterally reciprocating head scanning is achieved by the rotations (normal, reverse) of the pulse motor. Print timing is printed in synchronism with the steps of the pulse motor. When the head carriage comes back to home position from right to left. A specified length of paper is fed mechanically by the paper cam. When turning on the power, after the home position is detected by home position switch (off-on-off). Printer starts printing in the head scanning direction from left to right.

There are some strokes for the thermal printer. Max. 5 division printing is possible. The printing with many divisions is not practical, because the printing speed becomes slower, and troubles such as high driving sound caused by vibration because of using the stepping motor in the low frequency area are apt to occur. In case of operation at high printing rate, the division printing shall be made owing to the limitation of maximum number of simultaneously coloring dots of the head. For this printer, it is recommended to operate with no division in case of low printing rate (not exceeding the maximum number of simultaneously coloring dots) and to operate with 2 divisions in case of high printing rate.





TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanması sırasında yapılan araştırmalara yaptığı yapıcı öneri, katkı ve yardımlarından ötürü tez danışmanlarım Yar.Doç.Dr. Ragıp Mustafa BAŞBUĞ ve Yar.Doç.Dr. Ertuğrul KARAÇUHA'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca yazılım ve donanım çalışmalarında değerli yardımlarını esirgemeyen Dr. Melikşah ERTUĞRUL'a ve manevi destekçim Burcu ERNEK'e de teşekkürlerimi sunarım.

Tezimi anneme ve babama hediye ediyorum.

GEBZE YÜK. TEK. ENS.

1999

Elek. ve Hab. Müh. Tamer KAYA

İÇİNDEKİLER



ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x

1. YAZICILAR VE KONTROLÖR TASARIMI

1.1.Giriş	1
1.2.Mini Yazıcılar	2
1.3.Yazıcı Çeşitleri	2
1.3.1.Nokta Vuruşlu Yazıcılar	2
1.3.2.Mürekkep Püskürtmeli Yazıcılar	3
1.3.3.Lazer Yazıcılar	3
1.3.4.Isısal Yazıcılar	3
1.4.Arayüz Tasarımı	4
1.4.1.Sensörler	5
1.4.2.Step Motor ve Sürücü Devresi	5
1.4.3.Sıcaklık Kontrolü	6
1.4.4.Yazıcı Kafası	6
1.5.Kağıt Özellikleri	7
2.STEP MOTOR	8
2.1.Giriş	8
2.1.1.VR Adım Motorları	9
2.1.2.PM Adım Motorları	13
2.2.Adım Motorunun Çalışma Hikayesi	19
2.3.Adım Motorları Uyarma Düzenleri	20
2.3.1.Unipolar Çalışma	20
2.3.2.Bipolar Çalışma	21
2.4.Güç Sürücüleri	24
2.4.1.Pasif Bastırma	25
2.4.2.Aktif Bastırma	28
2.4.3.Sürücü Devrelerinin Özellikleri	29
2.4.3.1.Seri Direnç	30
2.4.3.2.Çift Gerilimli Sürücü	31
2.4.3.3.Kıyıcı Tipli Sürücü	32
2.5.Adım Motorunun Frenlenmesi	34
2.5.1."Üzerine Ekleme" ile Söndürme	34
2.5.1.1."Viskos Ataleti" ile Söndürme	35
2.5.1.2.Sürtünme Ataleti Amortisör	36
2.5.1.3.Viskos Amortisör	37
2.5.1.4.Sürtünme Freni	39

2.5.1.5.Pnomatik Amortisör	39
2.5.2.Kontrol ile Söndürme	39
2.5.2.1.Rezistif Söndürme	40
2.5.2.2.Bir Faz Söndürme	40
2.5.2.3.İki Faz Söndürme	41
2.5.2.4.Elektronik Söndürme	41
2.5.2.5.Son Adım Gecikme Söndürmesi	43
2.6.Çok Parçalı Değişken Relüktanslı (VR) Adım Motorunun Dinamik Modeli	45
2.7.Daimi Mıknatıslı (PM) Adım Motorunun Dinamik Modeli	50
2.8.Tek Parçalı VR Adım Motorunun Temel Modeli	55
2.9.VR ve PM Tek Parçalı Adım Motorlarının Statik Moment Hesabı	56
2.10.Kapasitif Yayıcuya Dayalı Adım Motor Kontrolü	58
2.10.1.Faz Anahtarlama Kontrolü	58
2.10.2.Hız Kontrolü	59
2.10.3.Sürücü Devre	60
2.11.Adım Motorunun Mikro İşlemci İle Kontrolü	61
3.ELEKTRİKSEL ISI İLETİMİ	
3.1.Elektriksel Isı İletimi	64
3.2.İletim Levhaları	66
3.3.Devre Benzeşimleri	69
3.3.1.R-C Devreleri	70
3.3.1.1.Boyut Faktörünün Saptanması	73
3.3.1.2.Devrenin Hesaplanması	74
3.3.1.3.Silindir ve Küre	76
3.3.1.4.Sınır Şartları	79
3.3.1.5.Birleşik Cisimler	79
3.3.1.6.Basamak Eğrileri	79
3.3.1.7.Ölçümler	80
3.3.2.R-R Devreleri(Liebmann Yöntemi)	81
3.4.Birleştirilmiş Yöntemler(Cognac)	82
3.5.Bileşik Isı ve Kütle Akışı İçin Elektriksel Benzeşim	82
3.5.1.Borulu Isı Değiştiriciler	83
3.5.2.Ters Akışlı Isı Değiştiricileri	84
3.6.Akışkan Akımı Benzeşimi	86
3.7.Zar Benzeşimi	88
3.8.Dağılmış Isı Kaynağı Sistemlerinde Zar Analogisi	89
3.9.Isı Neşretmeyen Sistemler İçin Zar Analogisi	90
3.10.Isı İletim Problemlerinin Çözümünde Endirek Analog Kompüterlerin Kullanımı	91
4.TEZ DEVRESİNİN YAZILIM VE DONANIM ÖZELLİKLERİ	
4.1.Giriş	96
4.2.Isısal Kafa Eşdeğer Devresi	97
4.3.Kafa Bölümle İşlemi	97
4.4.Yazılacak Veri ve Yazma Şekli	98
4.5.Isısal Kafanın Güç Kapasitesi	98
4.6.Uygulanacak Darbe Genişliğinin Kontrolü	99
4.7.Termistör Özellikleri	99

4.8.Uygulanacak Darbe Genişliği**4.9.Zamanlama Diyagramı****4.10.Sürme Devresi Örneği****4.11.Motor Zamanlaması****4.12.Kafa Açık Dedektörü****4.13.Test Devresi Örneği****4.14.Akış Şemaları****SONUÇLAR****KAYNAKLAR****EK I(DEVRE ŞEMASI)****EK II(BASKI DEVRE ŞEMASI)****EK III(DEVRE ELEMANLARI YERLEŞİM PLANI)****EK IV(DEVRE YAZILIMI)****ÖZGEÇMİŞ**

99

101

102

102

103

103

104

107

108

109

110

111

112

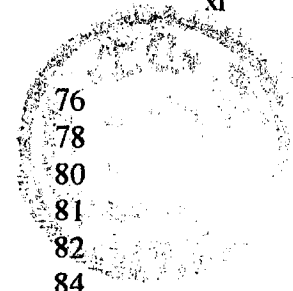
145



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil

1.1 Sistemin temel çalışma prensibi	1
1.2 Sabit kafalı ısısal yazıcının çalışma prensibi	4
1.3 Yazıcı arayüzleri	5
1.4 Yazıcı mekanizmaları	7
2.1 Tek parçalı VR adım motoru	12
2.2 Tek adım için moment eğrisi	13
2.3 Çok parçalı VR adım motoru	13
2.4 Senkron indüktör motor (Hibrit)	15
2.5 Stator sargı bağlantısı	15
2.6 Yüksüz R/L unipolar sürücü ile tek adım motoru	17
2.7 R/L unipolar sürücü ile tek adım cevabı	18
2.8 Unipolar stator sargı bağlantısı	21
2.9 Bipolar stator sargı bağlantısı	22
2.10 İki faz ve yarım adım sürücü için faz gerilimleri	22
2.11 Adım motor sargısının eşdeğer devresi	25
2.12 Diyotlu bastırma devresi	26
2.13 Diyot dirençli devre ile bastırma	26
2.14 Diyot-Zener devre ile bastırma	26
2.15 Basit bir aktif bastırmalı sürücü	29
2.16 Seri direnci transistörle şöntlenmiş sürücü devresi	31
2.17 Çift gerilimli sürücü devresi ve akım gerilim eğrileri	32
2.18 Kıyıcı tipi sürücü devresi	34
2.19 Kıyıcı tipli sürücüye ilişkin akım ve gerilim eğrileri	36
2.20 Viskos ataletin kesiti ve viskos ataleti motorunun konum eğrisi	37
2.21 Sürtünme ataletin kesiti	37
2.22 Viskos amortisörün kesiti ve viskos amortisörlü motorun farklı viskos sürtünme katsayıları için konum eğrileri	37
2.23 Fuko akım ataletli amortisör kesiti	38
2.24 Rezistif söndürmeli devre ve konum eğrileri	40
2.25 Elektronik söndürmeye ilişkin moment ve konum eğrileri	43
2.26 Son adım gecikme yöntemine ilişkin moment ve bir,iki adım konum eğrileri	44
2.28(a) Hız-adım eğrisi	61
2.28(b) Hız-adım eğrisi	61
2.29 Optik pozisyon kodlayıcı çıkışı	62
2.30 Yön bulucu	63
3.1 Yalıtılmış çubuk	64
3.2 Kablo devresi	65
3.3 İzotropik olmayan malzemenin ısı iletkenlik gösterimi	67
3.4 Isı iletim katsayısı gösterimi	68
3.5 Yığılmış devre örnekleri	70
3.6 Yığma yöntemleri	71
3.7 "T" Yığma şekli	71
3.8 İki boyutlu "T" yığma devresi	72



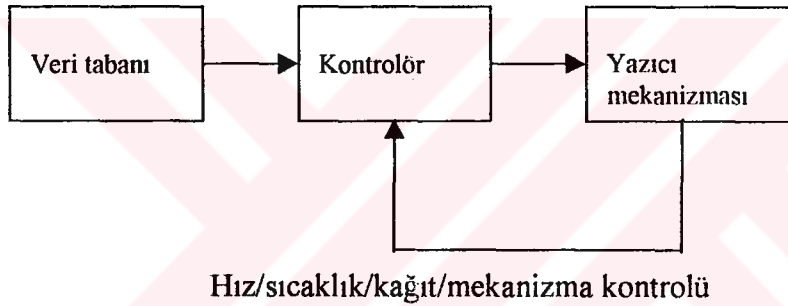
3.9 Ortogonal koordinat sistemi	76
3.10 Evrensel simetriye sahip olmayan silindir bölümü	78
3.11 Özellik-sıcaklık fonksiyonu	80
3.12 Çıkış ölçü aletleri	81
3.13 R-R devreleri	82
3.14 Paralel akışlı ısı değiştiricileri	84
3.15 Ters akışlı ısı değiştirici devresi	84
3.16 Ters akışlı ısı değiştirici devresi	85
3.17 Endirek analogta giriş ve çıkış gerilimleri	91
3.18 0 anındaki çıkış gerilimi	92
3.19 Toplama devresi	92
3.20 Parçalara ayrılmış çubuk	93
3.21 Tek boyutlu endirek analogi	94
3.22 İki boyutlu endirek analogi	94
4.1 Isısal kafa eşdeğer devresi	97
4.2 Yazma şekli	98
4.3 Zamanlama diyagramı	101
4.4 Sürme devresi örneği	102
4.5 Test devresi örneği	103



1.YAZICILAR VE KONTROLÖR TASARIMI

1.1.Giriş

Mini yazıcı uygulamaları yazıcı mekanizma ve mikroişlemci temelli kontrol arayüzlerinden oluşur. Bu tez çalışmasında, ısısal yazıcı mekanizmaları için geliştirilmiş bir kontrol arayüzü tasarımında gözönünde tutulması gereken kriterler belirtilmiştir. Arayüzüne bilgiler seri veya paralel olarak bilgisayardan veya diğer mikroişlemcili devreden gelir. Yazılacak veriler kontrol arayüzüne ASCII olarak gönderilir. Bu ASCII değerlerden ESC (0Bh) değeri genellikle komut kodu anlamına gelir. Arayüze kaydedilen karakter kodları, yazılması istenen simgelerin elde edilmesi için elektrik sinyallerine çevrilerek yazıcı mekanizmaya gönderilir. Yazıcı üzerinde bulunan sensörler kağıt olup olmadığını ve mekanizmanın açık olup olmadığını kontrol etmektedir. Yazıcı kafası üzerinde bulunan rezistanslar gönderilen elektrik sinyallerine göre ısısal kağıt üzerine sıcaklık uygulayarak renklenmesini ve bu şekilde karakterlerin yazılmasını sağlamaktadır. Sistemin çalışma prensibi aşağıdaki gibidir.



Şekil 1.1. Sistemin Temel Çalışma Prensibi

Şekilden de görüleceği gibi sıcaklık, hız, kağıt var olup olmadığı ve mekanizma açık/kapalı kontrolü sürekli yapılmakta ve kontrolöre bildirilmektedir. Kafa üzerinde bulunan termistör kafa sıcaklığını periyodik olarak işlemciye bildirilir. İşlemci belli kriterlere göre bu değerleri karşılaştırarak uygulanması gereken darbe süresine karar verir. Basit bir ifadeyle sıcaklık arttıkça kafa üzerindeki rezistanslara uygulanacak darbe süresi azalır. Daha fazla darbe süresi ısısal kafanın zarar görmesine neden olacaktır. Hız kontrolü ise yine yazıcı mekanizma üzerinde bulunan step motor tarafından sağlanır. Kağıt ilerleyeceği zaman işlemciden gelen izin ve clock sinyali ile step motorun hareket kazanması sağlanır. Bunların haricinde mekanizma üzerinde yazma yüzeyini kontrol ederek kağıt olup olmadığını ve ayrıca yazıcı mekanizmanın açık/kapalı olup olmadığını seçen sensörler mevcuttur.

1.2. Mini Yazıcılar

Mini yazıcı mekanizmaları bir elektronik arayüz ve sürülmesi için bir güç kaynağı gerektirir. Bu yeni ve oldukça karışık olan alan en geniş şekilde aşağıda anlatılmaya çalışılmıştır.

Arabirim yüzü standart formda (çoğunlukla ASCII kod olarak bir kompütürden) seri veya paralel olarak yazılacak verileri alıp mekanizmanın ihtiyacı olan elektrik sinyallerine dönüşümü sağlar. Güç kaynağı ise yazıcı ve arayüzün ihtiyacı olan voltaj ve akım değerlerinin elde edilmesinde kullanılır.

1.3. Yazıcı Çeşitleri

Yazıcılar, bilgisayar veya herhangi bir veri tabanı ortamında üretilen şekil ,grafik ve yazıcıların kağıda aktarılmasını sağlayan araçlardır.

Her yazıcı, kendine özgü bir mikroişlemci ve sınırlı sayıda karakter depolamasına olanak sağlayan bir tampon bellek taşır.

Yazıcıların sınıflandırılmasında temel ölçüt, karakterlerin basımında kullanılan teknolojik farklılıktır. Bir yazıcının kalitesini belirleyen ölçütler ise ,baskı hızı ve birim alandaki nokta yoğunluğudur.

Çeşitli türdeki yazıcılar bilgisayara paralel ya da seri olarak bağlanabilir .Bu bağlantıyı sağlayan kontrolörlerdir. Bilgisayar-yazıcı bağlantısında, veriler tek yönlü (bilgisayardan yazıcıya) olarak iletilir. Bilgisayar ile yazıcı arasında bilgilerin yanısıra kontrol işaretleri de yollanmaktadır. Bu işaretler kullanılarak, yazıcı ile bilgisayar arasında senkronizasyon ve işlem durumları hakkında bilgi alış-verişi sağlanır. Örneğin ,yazıcıda kağıdın bittiği bilgisayara bildirilerek kullanıcıyı uyarması sağlanır .

Yazıcılar, farklı ihtiyaçları karşılayabilecek şekil ve modellerde üretilmektedir.

1.3.1. Nokta Vuruşlu Yazıcılar

Yazıcı türleri içinde en yaygın kullanılanıdır. İğneli yazıcı olarak da bilinir .

Nokta vuruşlu yazıcıların yazma kafası, bir matris şeklinde dizilmiş küçük iğnelerden oluşur.

Nokta vuruşlu yazıcılarda bir karakterin kağıda basılması, yazma kafası içindeki iğnelerin, bilgisayardan gelen sinyallere bağlı olarak hareket etmesi ile oluşur. İğneler ,elektromıknatısların yardımı ile öne çıkarak, gergin duran mürekkepli bir şerit üzerinden nokta vuruşlarla bir karakteri tanımlarlar. Bu şekilde şerit üzerinden kağıda karakter basılmış olur.

1.3.2.Mürekkep Püskürtmeli Yazıcılar

Bu yazıcılar, yazma kafaları delikler matrisinden oluşan yazıcılardır. Bu yazıcıların yazma kafasının ardında özel bir mürekkep içeren hazne bulunur. Bu hazneye kartuş adı verilir. Kartuştaki mürekkebin özelliği ise, manyetize edilebilmesidir. Bilgisayardan gelen komuta bağlı olarak haznenin belli bölgeleri manyetize edilir. İçerideki sıvı mürekkep, bu bölgelere denk düşen deliklerden dışarı fırlatılır. Isıtılarak fırlatılan mürekkep kabarcığı doğrudan doğruya kağıt üzerine yapışır.

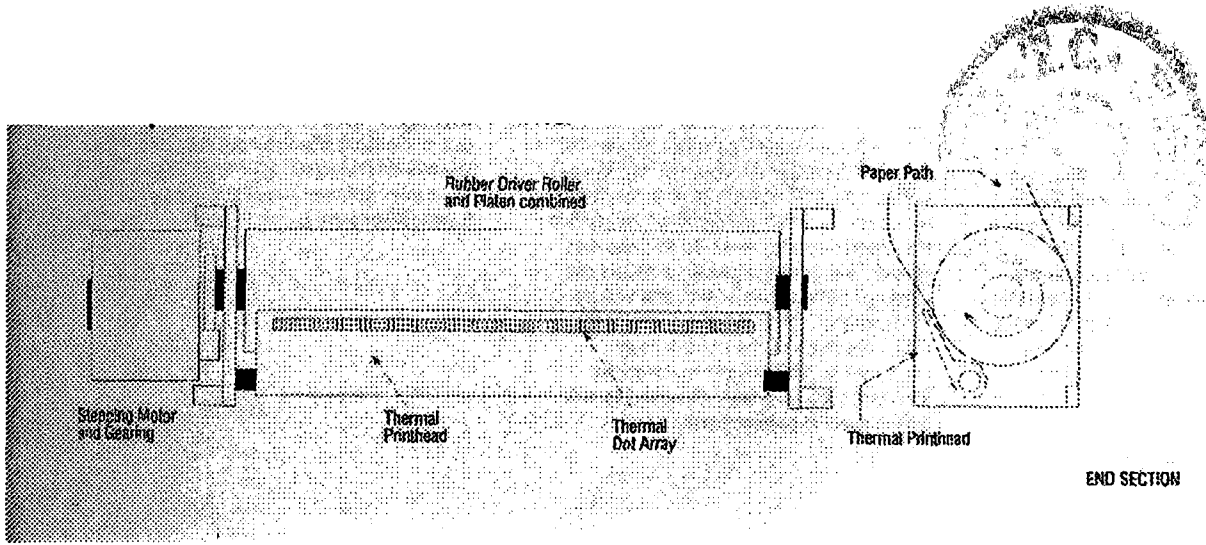
1.3.3.Lazer Yazıcılar

Lazer yazıcılar, şu ana kadar üretilenler içinde, hızlı ve kaliteli baskı yapabilen, en iyi yazıcılardır. Üretildiğinden beri masa üstü yayıncılık alanında vazgeçilmez bir araçtır. Bu yazıcılardan, matbaa kalitesinde çıkış alınabilmektedir. Özellikle aydınlar ya da asetat üzerine çıkış alınabilmesi önemli bir özelliğidir. Çünkü bu yolla baskı öncesi hazırlık aşamalarının yerine getirilmesi sağlanabilmektedir. Lazer yazıcılar, fotokopi makinelerine benzemektedir. Lazer yazıcılarda da fotokopi makinelerinde olduğu gibi toner kullanılmaktadır.

Toner tanecikleri, bilgisayardan gelen veriler yardımı ile kağıt üzerine basılır. Her bir toner taneciğinin bir noktadaki yoğunluğu çözünürlüğü ifade etmektedir. Çözünürlük, dpi(data Per inç) olarak gösterilen bir değerdir. Bu gün yaygın olarak 600dpi'lık lazer yazıcılar kullanılmaktadır.

1.3.4.Isısal Yazıcılar

Kağıt içindeki noktalar kimyasal olarak ısıyı absorbe edebilecek şekilde koyulaştırılmıştır. Isısal yazıcıların kullanacağı kağıt termal olmak zorundadır. Buna göre ısıyı hisseden kağıt üzerinde ki noktalar kararma ile karakterin çıkmasını sağlayacaktır. Termal kağıdı anlama yöntemi basittir, buna göre üzerine çakmak ateşi ile yaklaşıldığında karartma yapan kağıtlar termal kağıtlardır. Termal kağıdın ısınmasını yazıcı kafası üzerindeki rezistanslar sağlar. Bu rezistanslar oldukça küçüktür öyle ki tek bir rezistansın kağıt üzerinde karartma yaptığı nokta yoğunluğu 0.125mm kadardır.



Şekil 1.2.Sabit Kafalı Isısal Yazıcının Çalışma Prensibi

1.4.Arayüz Tasarımı

Arayüz nokta-satır bilgisini hızlı olarak üretebilmek için çok güçlü olmalıdır. Isısal yazıcılara ilişkin genel bir endişe simgelerin zamanla solma eğilimi göstermesidir. Aslında bazı şartlar altında bir nokta vuruşlu yazıcıdan elde edilen simge termal bir yazıcıdan daha çabuk solma eğilimi göstermektedir.

Tipik termal yazıcılar Epson M-TS60 (hareketli başlık), Panasonic 1100 serisi (sabit başlık), citizen LT 280 (sabit başlık) olarak verilebilir.

Yazma formatı kağıt genişliğine ve mekanizma tasarımına dayanır. Tipik mini yazıcılar satır başına 16 ve 42 karakter öngörmesine rağmen bu sıkça 80 kolona kadar elektronik olarak değiştirilebilir. Kağıt genişliği 44 - 112 mm arası değişir. Kağıt genişliği ve yazma formatı genellikle bir yazıcı için aranan temel özelliklerdir. Yazma hızıda önemlidir. En yavaş yazıcılar saniye başına yalnızca 15-20 karakter yazabilir. Arabirim tasarımı hız faktörünü etkiler ve eğer arabirim yazılmadan önce datanın depolanması için bir buffer'a ihtiyaç duyuyor ise yazma hızı yavaşlayacaktır. Hız için saniye başına karakter, saniye başına satır, kağıt besleme oranı gibi değişik varyasyonlar olabilir.

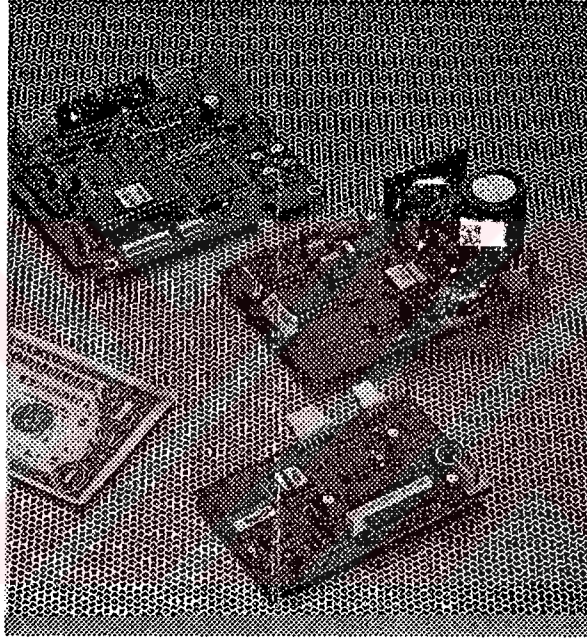
Elektronik arayüz yazılacak dataları standart bir formda kabul eder (genellikle ASCII) ve mekanizmanın çalışması için bunu gerekli elektrik sinyallerine çevirir. Bu sinyaller bir motor veya solenoidi anahtarlama için kullanılır. Arayüz seri veya paralel data girişine sahiptir ve kullanıcı veri kaynağı ve hedef yazıcısı arasında kolayca bağlantı kurulabilmesi için gerekli elektriksel bağlantılara sahiptir. Birkere arayüz yazılacak dataları aldığı anda bunları mekanizmayı sürebilmesi için gerekli elektrik sinyallerine çevirir. Karakter şekilleri denetleyici hafızasında bulunan modellere göre düzenlenir ve kafa hareketi ile eşzamanlı olarak dışarı gönderilir. Diğer ek işlemler kağıdın ilerlemesi kesiciler vs'dir.

Seri data ikilik düzende endüstri standardında gönderilir. İletim hızı 'Baud' oranlarının katları şeklindedir. Yapılan uygulamada 9600 Baud kullanılmıştır. Baud oranının yüksekliği açıkça daha hızlı iletim demektir. Fakat yüksek hızlar verilerin

karışması ilede sonuçlanabilir. Kaynak ve arabirim her ikisinde eşzamanlı olarak ayarlanmalı ve diğer parametrelerin (bitlerin sayısı , eşlik biti) sayısı karşılaştırılmalıdır. Karakter 8 bit içine kodlanır (1 byte) ve başına başlama, sonunada sonlandırma biti eklenir. Seri arabirimin yapısı yavaştır bununla birlikte kablo sayısı minimize edildiği için uzak mesafeli haberleşmelerde oldukça iyidir. Elektriksel özellikler 12v pozitif ve negatif sinyal değerleri kullanan V.24/RS-232 'dir.

Data transferinin güvenli bir şekilde gerçekleşmesi için start sinyalleri kullanılır. Eğer yazıcı meşgul ise data gönderen taraf beklemelidir.

Model arayüzde denetleyici olarak MCS51 ailesi bir işlemci kullanılmaktadır. Yazılacak data arayüze seri olarak 9600 baud'da RS-232 standardında gönderilmektedir. Datalar 1 start , 8 data ,1sonlandırma bit'i şeklinde gönderilir. Alınan veriler RAM'e kaydedildikten sonra karakter üreticine yazma için gerekli elektrik sinyallerini oluşturmak için verilir.



Şekil 1.3.Yazıcı Arayüzleri

1.4.1.Sensörler

1-Kağıt sonu sensörü : Yazıcı kafası üzerinde üstte yer alır kağıt olup olmadığını sens eder içinden termal kağıdın geçtiği bir opto-cuplor.

2-Yazıcı kafa açık/kapalı sensörü :Yazıcı mekanizmasının açık olup olmadığını sens eden mikroanahtar'dır.

1.4.2.Step Motor ve Sürücü Devresi

Step motor Full step veya half step olarak kullanılabilir, bunlar için gerekli ikilik kodlar aşağıda verilmiştir. Buna göre ayrı ayrı her adımda step motor'a uygulanacak darbe 1 byte'lık bir değerdir.

Tam Adım (Full step)

STEP	Q1	Q2	Q3	Q4	
1	ON	OFF	ON	OFF	1010
2	ON	OFF	OFF	ON	1001
3	OFF	ON	ON	OFF	0101
4	OFF	ON	ON	OFF	0110

Yarım Adım (Half step)

STEP	Q1	Q2	Q3	Q4	
1	ON	OFF	ON	OFF	1010
2	ON	OFF	OFF	OFF	1000
3	ON	OFF	OFF	ON	1001
4	OFF	OFF	OFF	ON	0001
5	OFF	ON	OFF	ON	0101
6	OFF	ON	OFF	OFF	0100
7	OFF	ON	ON	OFF	0110
8	OFF	OFF	ON	OFF	0010

Step motor sürücü olarak L293D entegresi kullanılabilir. Bu entegre sayesinde 25 volt motor içindeki solenoidlere uygulanması suretiyle motor tahrik edilebilir.

1.4.3.Sıcaklık Kontrolü

Sıcaklık kontrolü için yazıcı mekanizması üzerinde bulunan termistör kullanılmaktadır. Termistör değerine göre elde edilen sonuç denetleyici ile yorumlanmakta ve yazıcı kafası üzerindeki resistanslara uygulanacak darbe süresi ayarlanabilmektedir. Yazıcı üreten firmaların kataloglarındaki değerlere göre darbe süreleri ayarlanmalıdır. Model uygulamada 0 santigratın altında ve 60 santigratın üzerinde operasyona izin verilmemektedir. Bu işlemler için bir A/D dönüştürücü kullanılabilir.

1.4.4.Yazıcı Kafası

Kafa üzerinde bir satırda 448 nokta bulunmaktadır. Her nokta yoğunluğu 0.125mm şeklindedir. Bu da her mm başına 8 nokta demektir. Karakterler için 48 veya 32 dot ölçüleri kullanılmaktadır.

Karakter seti uluslararasıdır. Ayrıca grafik kodu da kullanılmakta ve bu sayede barkod uygulamaları gerçekleştirilmektedir.



Şekil 1.4.Yazıcı Mekanizmalar

1.5.Kağıt Özellikleri

Termal yazıcılar için mutlaka ısı duyarlı kağıt kullanılmalıdır. Model uygulamada termal etiketler kullanılmıştır. Etiket boyu 56mm kare şeklindedir.

2.STEP MOTOR

2.1.Giriş

Adım motorları sürekli bir dönme hareketi yerine eşit büyüklükte ayrık açısal hareketler yapabilen bir elektro mekanik sistemdir. Kontrol sinyallerinin analog gerilimler yada akımlar olmaları yerine darbe trendleri olarak ortaya çıkmasından adım motorları en iyi bir çözüm olarak kendilerini göstermektedirler. Adım motorlarının sürücüsüne uygulanacak bir sayısal darbe motorun belirli bir açı kadar hareket yapmasına neden olur. Bu olay her darbe için tekrarlanır. Öyleyse adım motorları sayısal kontrol kumandalarını bunlarla orantılı açısal adımlara çevirmektedirler.

Adım motorlarının ilk çalışma ilkeleri 1930 yıllarında açıklanmıştır. Sonraları İngiliz ordusu tarafından kullanılmış ve daha sonrada A.B.D. ordusu tarafından II. Dünya Savaşında gemilere uyarlanmıştır. Aynı dönemde çembersel solenoidler seri darbe trenleri ile kontrol edilerek torbitoların yönlendirilmesinde kullanılmışlardır. 1944 ile 1957 yılları arasında iki dönemde kapalı çevrim servo sistemleri yaygın bir kullanıma alanı bulmuşlardı. Katı hal elektroniğindeki gelişmeler sayesinde adım motorlarının hareket kontrol sistemlerinde kullanılmaları 1960'lı yıllarda hızlanmıştır. Sayısal bilgisayarların, mikroişlemcilerin ve otomatik kontrol sistemlerinin gelişiminde hem tasarım hem de davranış açısından adım motorlarının büyük katkıları olmuştur.

Uygun fiyatlı mikroişlemcilerin ve bilgisayarların ortaya çıkması sayısal kontrol sistemlerine olan ilgiyi arttırmıştır. Eskiden yaygın olarak kullanılan analog sistemlerde mikroişlemcilerden alınan sayısal işaretleri analoğa çevirebilmek için ara cihazların kullanılmaları zorunluğu vardı. Buna karşılık adım motorları doğrudan doğruya sayısal işaretlerle çalışmaktadırlar.

Adım motorları birçok nedenden dolayı çok günceldirler.

i) Veriler sayısal olarak ele alınmaktadır .Sayısal tüm devreler hem ucuz olmakta hem de çıkış hareketinin sayısal olması istenmesi halinde adım motorları ideal bir çözüm olarak görülmektedirler.

ii) Ucuz mikroişlemciler sayesinde kontrol ve işlem rahatlıkla otomatize edilmiştir. Gene adım motorları ideal hareket kontrol cihazlarıdır. Çünkü sayısal olarak kontrol edilirler.

iii) Adım motorları basit konstrüksiyonları yüzünden bir hayli kullanışlı olmaktadır.

iv) Daha güçlü adım motorları ve daha kullanışlı aynı zamanda ucuz katı hal güç düzenleri kullanılma alanlarını bir hayli artırmıştır.

Kullanıldıkları alanlardan bazıları:

- Araba saatleri
- Taksimetreler
- Ölçme aletlerinde kâğıt süren düzenlerde
- Elektronik daktilolarda
- Teleks makinalarında
- Bilgisayar kart okuyucu ve basıcılarında

Günümüzde en çok kullanılan ve imal edilen adım motorları; daimi mıknatıslı (PM), değişken relüktanslı (VR) ve Hibrid adım motorlarıdır.

2.1.1.VR Adım Motorları

VR adım motoru uyarılmamış rotor ve sargılı statora sahip olup, tek ve çok parçalı olmak üzere iki tiptir. Çok parçalı olanında magnetik olarak bağımsız rotor parçaları aynı şafta monte edilmiştir. Her motor parçası etrafındaki sargılı stator parçası birbiriyle bağlanarak desteklenmiştir. Her bölümde rotor ve stator dişleri aynı sayıda

olup, karşılıklı fakat bölümden bölüme adım açısı kadar aynı yönde kaydırılmıştır. Boyunun uzaması yüzünden faz sayısı için bir üst limit vardır.

Çok parçalı VR adım motoru için;

$$N = T \cdot n$$

N: Bir devir için adım sayısı

T: Faz başına diş sayısı

n: Faz sayısı

$$R = \frac{360^\circ}{Tn}$$

R: Adım açısı ($^\circ$)

Tek faz sabit gerilimle enerjilendiğinde uyarılmış fazın altındaki rotor parçasının dişleri uyarılmış fazın stator parçasının dişleriyle minimum relüktans yaratacak şekilde aynı hizaya gelir. Bu motorun stabil denge durumudur. Üç fazlı çok parçalı VR adım motoru için uyarılma sırasında A, B, C, A... Ters yönde ise C, B, A, C,... dır. Motor uyarılmış iken, stabil denge durumunda moment üretmez. Ancak stabil denge durumundan ayrılmaya zorlanırsa karşı koyarak eski duruma dönmek ister. Karşı koyma momentine statik tutma momenti denir. Stabil denge noktalarında $\pm 180^\circ$ elektriksel açı uzaklıktaki tutma momentinin sıfır olduğu noktalar stabil olmayan noktalardır. Çünkü bu noktalarda çok küçük bir kayma, motoru bir sonraki stabil denge konumuna götürecektir.

Tutma moment eğrisinin şekli motorun uyarılma şekline bağlı olduğu kadar motorun konstrüksiyonuna da bağlıdır. İki faz uyarmada uyarma sırası üç fazlı için CA, AB, BC, CA,... Adım açısı tek ve çift faz uyarmada aynıdır. Fakat stabil denge noktaları yarı adım açısı kadar farklıdır.

Ortak endüktans yüzünden tek parçalı VR adım motorunda statik moment eğrileri her iki tip uyarma için farklı olduğundan adım cevapları da farklıdır.

Adım motoru genellikle durma anında maximum çıkış momenti üretir. Ve giriş darbe hızı arttırılırken motor momenti azalır. Adım motorunun moment hız karakteristiği motorun nasıl kontrol edildiğine bağlıdır. Açık çevrim kontrolde moment hızın fonksiyonu olarak hızla azalır. Çıkış momenti mekanik frenleme çift gerilimle kontrol veya kapalı çevrim kontrolla arttırılabilir.

Tek parçalı VR adım motorunda rotor ve stator diş sayıları farklıdır.

$$N_s = N_r \pm P$$

N_s : Stator diş sayısı

N_r : Rotor diş sayısı

P: Faz başına stator diş sayısı

Adım açısı R derece olarak;

$$R = \frac{360^\circ}{n}$$

n: Devir başına daim sayısı

$$\frac{1}{n} = \frac{1}{N_r} - \frac{1}{N_s}$$

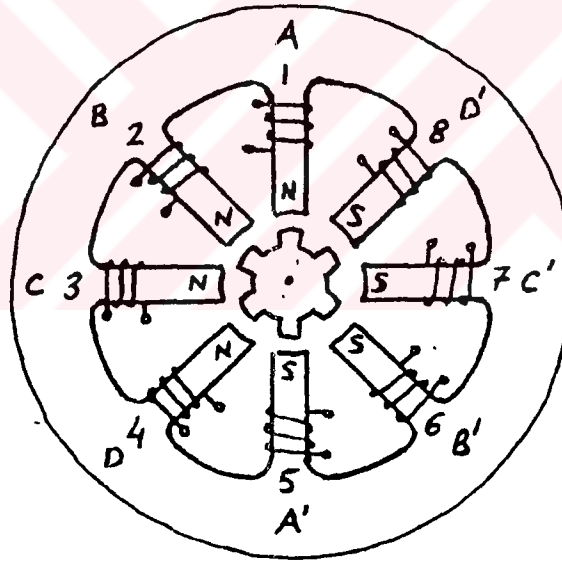
N faz sayısı ise $N_s = P \cdot N$ 'nin minimum değeri tek parçalı adım motoru için üçtür.

$$P = \frac{n}{N(N \pm 1)}$$

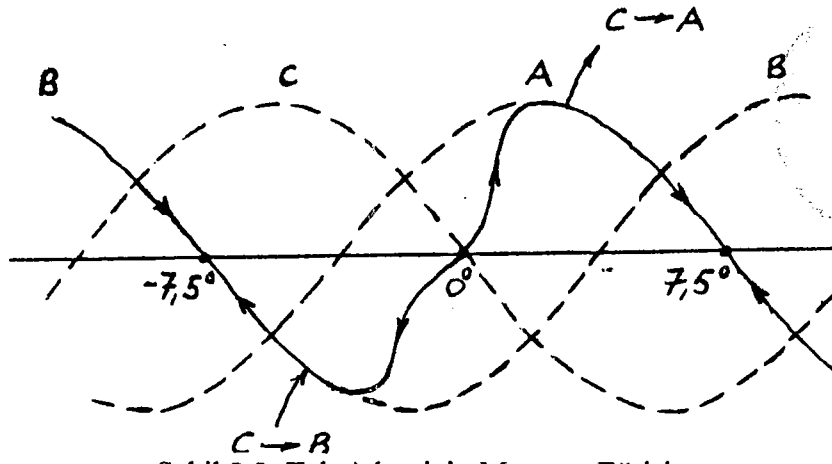
VR adım motorunun dezavantajlarından birisi adım cevabının osilasyon tabiatlı olmasıdır. Diş frenleme ve yük yokken aşım %80'ni bulur ve osilasyon 150 ms devam eder.

Dinamik moment rotor ve stator dişlerinin birbirine göre konumuna sargılarda akımın istenen değere belirli zamanda gelmesi gerektiğinden zamana sargıda endüklenen e , m , k . pozisyon ve hıza bağlı olduğundan hizada bağlıdır.

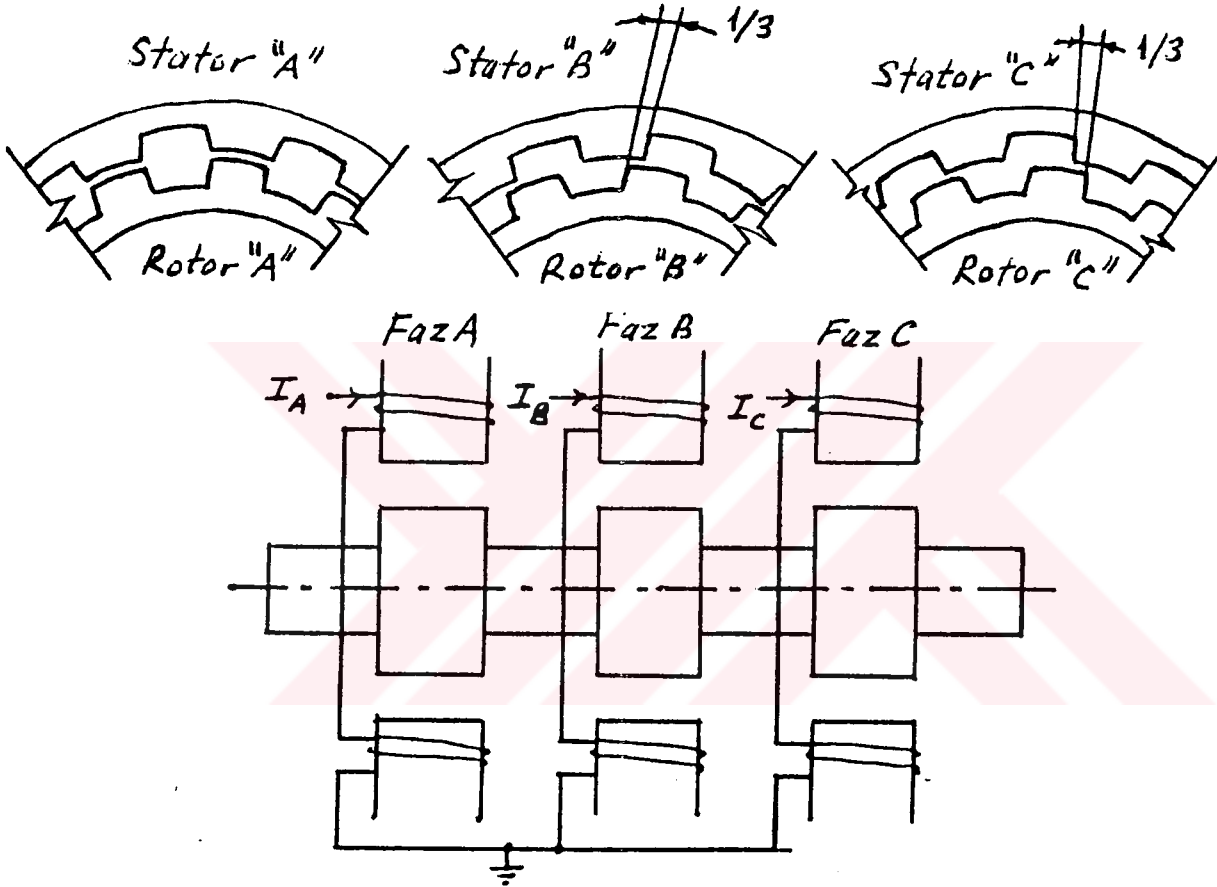
Üç fazlı adım motoru için başlangıçta C fazı uyarılmışken stabil denge noktasında bulunduğunu kabul edelim. Motor momenti sıfırdır. Uyarma C'den A'ya kaydırılırsa pozitif moment nedeniyle A fazının stabil denge noktasına ulaşılacak ancak motor eylemsizliği nedeniyle durmayıp negatif moment nedeniyle yavaşlayıp, geri dönecektir. Çok küçük sürtünme nedeniyle A fazının stabil denge noktası civarında osilasyon yapacaktır. Benzer şekilde uyarma C'den B'ye kaydırılırsa motor ters moment nedeniyle ters yönde hareket edip, B fazını stabil denge noktası civarında osilasyon yapıp, duracaktır.



Şekil 2.1. Tek Parçalı VR Adım Motoru



Şekil 2.2. Tek Adım için Moment Eğrisi



Şekil 2.3. Çok Parçalı VR Adım Motoru

2.1.2. PM Adım Motorları

Bu motorun statoru çok faz sargılı rotoru ise daimi mıknatıslıdır. Stator sargısı faz başına P kutupludur. N_s stator diş sayısı N_r rotor diş sayısı olmak üzere;



$$N_r = mN_s \frac{\pm P}{2} \quad m: \text{Pozitif bir doğal sayı}$$

Arasında daimi mıknatısın bulunduğu iki rotor parçası birbirine göre yarım rotor diş mesafesi kadar kaydırılmıştır. Düşük hızlı senkron motor olarak hız:

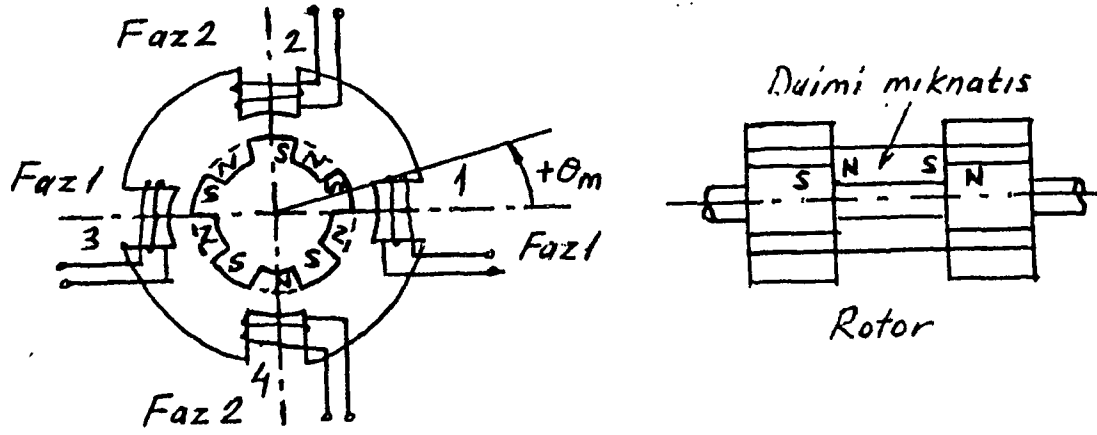
$$S = \frac{60f}{N_r}$$

S: Motor hızı (dev / dak)

f: Besleme frekansı (hz)

Çalışmasını inceleyeceğimiz senkron indüktör tip adım motoru statoru iki faz dört çıkık kutuplu rotoru ise birbirine göre yarım rotor diş mesafe kaydırılmış iki parçalı ve her parça beş dişlidir. Adım açısı 1/4 rotor diş olduğundan bir devir için 20 adım atılır.

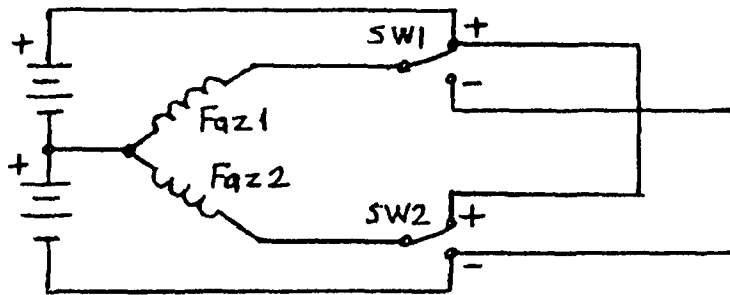
İki fazın uyarılması ile motor SW1 = + , SW2 = - konumunda olsun SW2 = + yapılarak ikinci faz akımı ters çevrilirse bir adım atılmış olur. Daha sonra birinci fazın akımının ters çevrilmesi ile ikinci adım tekrar ikinci fazın ters çevrilmesi ile üçüncü ve birinci fazın ters çevrilmesi ile dördüncü adım atılarak başlangıçtaki konum elde edilir.



Şekil 2.4. Senkron İndüktör Motor (Hibrit)

Adım	CW		CCW	
	SW1	SW2	SW1	SW2
1	+	+	+	+
2	-	+	+	-
3	-	-	-	-
4	+	-	-	+

Tablo 2.1. Faz uyarma sırası



Şekil 2.5. Stator Sargı Bağlantısı



PM adım motoru olan senkron indüktör motorun stator sargı bağlantısı ve anahtarlama sıraları, yukarıda gösterilmiştir.

Faz sargıları uyarılmadığından PM adım motoru VR adım motoru gibi hareket eder. Uyarılmamış PM adım motorunun ürettiği moment uyarılmışinkinden çok daha küçüktür.

Gerek daimi mıknatısın radyel veya aksiyal yerleştirildiği PM gerekse VR adım motorunun daha küçük adım açıları rotor diş sayısını veya stator kutup sayısını arttırmakla elde edilebilir. Fakat pratik olarak kutup sayısını sınırlayan bir limit çevre boyutu vardır; ancak kutup sayısı sabit tutularak her kutuptaki diş sayısı artırılabilir. Küçük adımli motoru rotor ve statordaki diş açıları aynıdır.

$$P_p = (m \pm \frac{1}{n})P_t$$

P_p : Kutup açısı

P_t : Diş açısı

n : Bir diş açısı dönme için gerekli adım sayısı veya faz sayısı

m : Pozitif bir tam sayı

1,8° PM adım motoru için $P_t = 7,2^\circ$ $n = 4$ $m = 6$ $P_p = 45^\circ$, dir.

Adım motorunun adım hareketi için mekaniğe ilişkin diferansiyel denklem:
 $\theta + (B/C) \dot{\theta} + (A/C) \theta = D/C$ Motor moment eğrisi lineerleştirilmiştir.

$$\text{Aşım: } e^{-\pi} / \sqrt{(4AC / B^2 - 1)}$$

C : Eylemsizlik sabiti

Açısal Osilasyon frekansı: $\sqrt{(A / C - B^2 / 4C^2)}$ B : Viskozite katsayısı

Sönüm: $B/2C$

A : Moment sabiti

Yerleşme Zamanı: $\sim C/B$

D/A : Ulaşılan adım açısı

Mekaniğe ilişkin diferansiyel denklemin çözümü:

$$\theta = \frac{D}{A}(1 - e^{-Bt/2C} \cos \sqrt{(A/C - B^2 - 4C^2)} t)$$

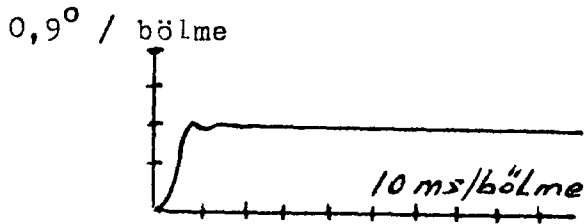
Yukarıdaki eşitliklerden görüleceği üzere viskos sürtünmenin artması ve eylemsizliğin azalması aşımı azaltıp, sönümü arttırmakta, sönümün artması yerleşme zamanını azaltmaktadır.

Viskos sürtünmenin artması açısal osilasyon frekansını azaltmakta, eylemsizliğin azalması da azalmaktadır.

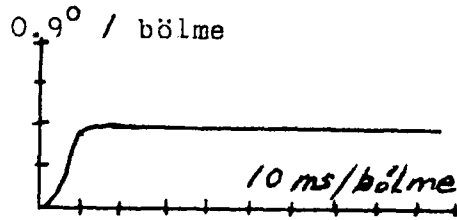
İki faz uyarma için moment sabiti tek faz uyarıya nazaran daha büyüktür. Bu yüzden iki faz uyarma için tek faz uyarıya nazaran aşım artmakta, osilasyon frekansıda artmaktadır.

Sürtünme Momenti

Sürtünme Momenti = 20 oz-in

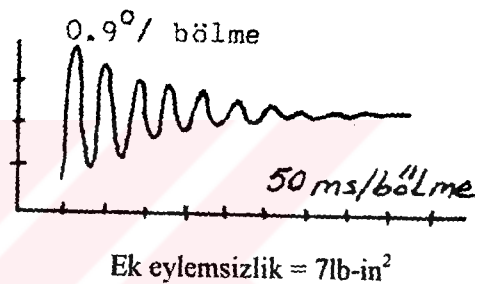
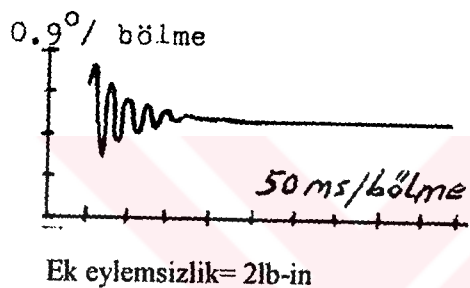
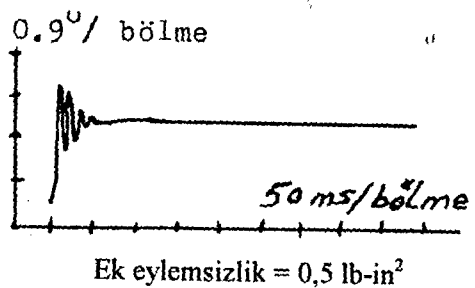
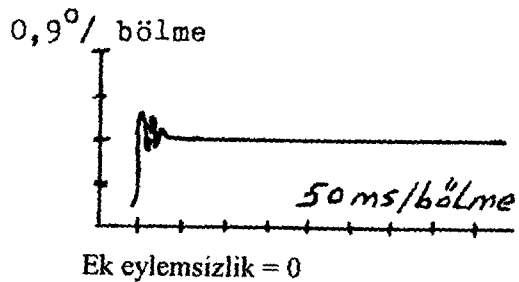


Sürtünme Momenti = 80 oz-in



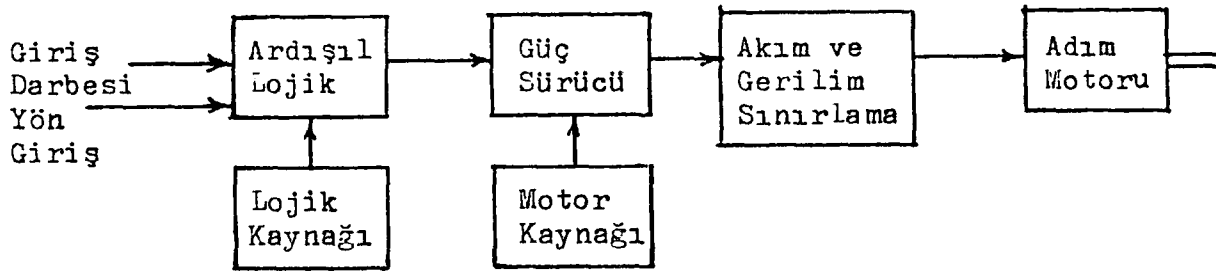
Sürtünme momenti = 165 oz-in

Şekil 2.6. Yüksüz R/L Unipolar Sürücü ile Tek Adım Cevabı ($R_s = 3$)



Şekil 2.7. R/L Unipolar Sürücü ile Tek Adım Cevabı ($R_s = 3$)

2.2.Adım Motorunun Çalışma Hikayesi



Adım motor kontrolü, en genel halde belirli bir diziye göre uyarılan güç çıkışı katları ile sağlanmaktadır. Normal olarak bu katların uyarma düzeni Lojik devre ile gerçekleşmektedir. Tipik bir adım motor kontrolünün blok diyagramı yukarıda gösterilmiştir.

Lojik dizinin bağımsız girişleri saat darbeleri ve yön komutudur. Ancak bir çok adım motoru kontrol düzeninin girişinde çalışma modu (FS/HS-tan adım/yarı adım) komutuda eklenmektedir. Lojik devrenin çıkışında elde edilen işaretler ise güç sürücülerinin uyarma işaretlerini oluşturmaktadırlar. Bu işaretler burada kuvvetlendirilerek sargılara gönderilirler. Eğer motor nominal gerilimin üzerinde bir gerilime sürülecek olursa bu takdirde mutlaka akım sınırlayıcı bir metodun kullanılması gerekmektedir. Ayrıca faz sargılarının enerjileri kesildiği zaman bobinden akan akım hala akmak isteyecektir ve bobinin uçlarında ark oluşturacaktır .Bunu önlemek için söndürme düzenlerine de ihtiyaç duyulmaktadır.



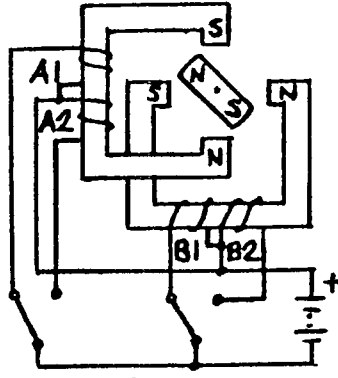
2.3.Adım Motorları Uyarma Düzenleri

2.3.1.Unipolar Çalışma

PM adım motorunun iki stator sargısı (A ve B), A₁, A₂ ve B₁, B₂ olmak üzere ikişer tane bobini içermektedir. A₁ ve B₁ bobinlerinin uyarılması ile statorda kuzey (N) ve güney (S) kutupları oluşur ve rotor belirli bir konuma gelir. A₁'in uyarılması kesilip A₂ uyarılırsa sargıdaki akım yönü dolayısıyla A kutbunun polaritesi değişir. Bu durumda rotor saat ibrelerine ters yönde 90° lik adım daha atılmış olur. Yukarıda bahsi geçen iki fazlı PM adım motorunun rotoru yuvarlaktır.

	ADIM NO.	A FAZI	B FAZI
CCW DÖNME	0	A ₁	B ₁
	1	A ₂	B ₁
	2	A ₂	B ₂
	3	A ₁	B ₂
	4	A ₁	B ₁
	:	:	:
CW DÖNME	0	A ₁	B ₁
	1	A ₁	B ₂
	2	A ₂	B ₂
	3	A ₂	B ₁
	4	A ₁	B ₁
	:	:	:

Tablo 2.2. Ünipolar Faz Uyarma Sırası



Şekil 2.8. Ünipolar Stator Sargı Bağlantısı

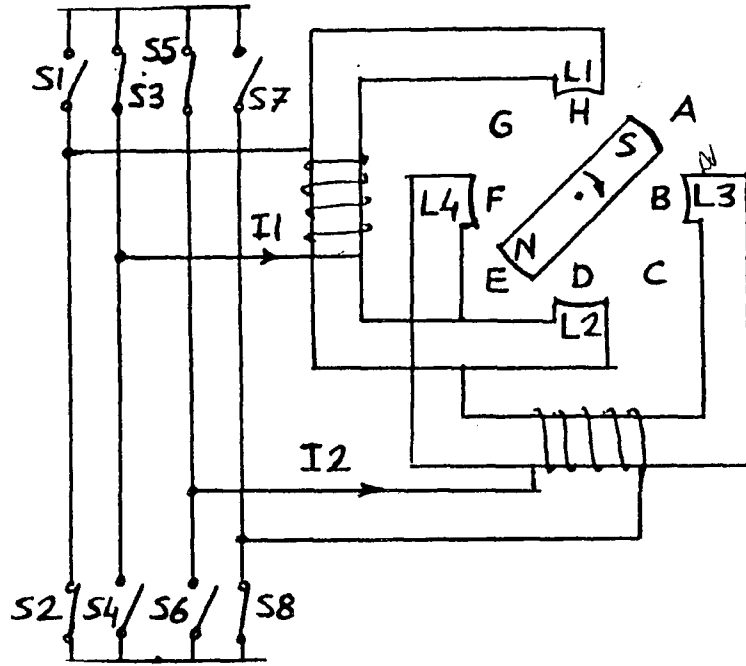
2.3.2. Bipolar Çalışma

Adım motorunun tam adım çalışması:

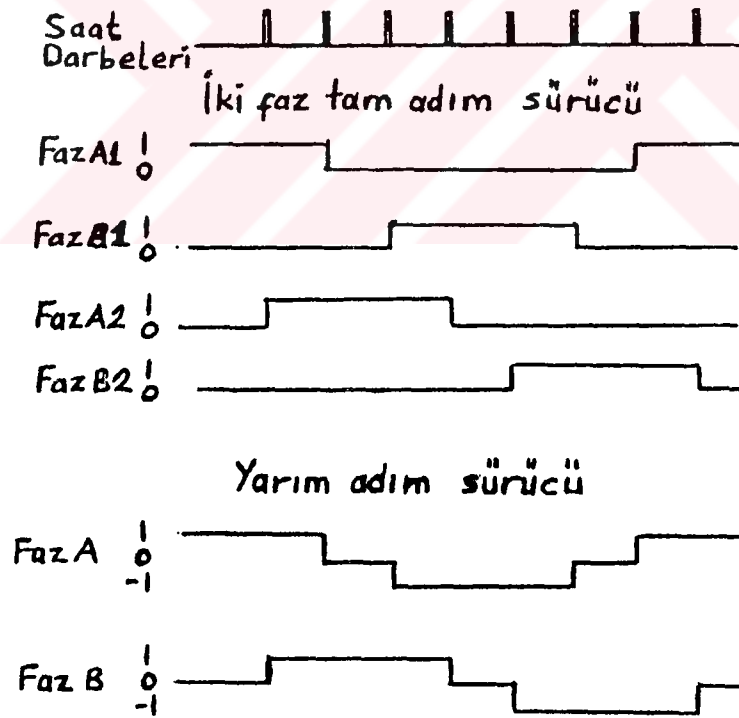
S2, S3 ve S5, S8 anahtarları kapatıldığı zaman (S1, S4 ve S6, S7 açık) I1 akımı sargı-1 (L1-I2)'den ve I2 akımında sargı2(L3-14)'den akar. Bu durumda L1, L3 stator kutuplarının kuzey (N) ve L2, L4 ün ise güney (S) olarak kutuplandığını ve rotorun A-E konumunda olduğunu kabul edelim. Eğer S1, S3 açılır ve S1, S4 kapatılırsa I1 akımının yönü değiştirilir. Dolayısıyla sargı-1'in polaritesi değişir. Böylece rotor dönerek C-G konumuna gelir. I2 akımının yönünün değiştirilmesi ile yani S5, S8'i açarak ve S6, S7'yi kapatarak ikinci sargının (L3-L4) polaritesi değiştirilir. Ve rotor E-A konumuna gelir. Eğer bu dizi sürdürülecek olursa motor saat ibreleri yönünde döner.

Adım motorunun yarım adım (HS) çalışması:

İki sargının sonra bir sargının sonra tekrar iki sargının uyarılması ile elde edilecek bir dizi vasıtası ile mümkün olur. Bu çalışmada rotor bir turunu 8 adımda tamamlar.



Şekil 2.9. Bipolar stator sargı bağlantısı



Şekil 2.10. İki Faz Tam ve Yarım Adım Sürücü İçin Faz Gerilimleri

W	CCW	Adım No.	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	Bobin 1		Bobin 2		Rotor Konumu
											L1	L2	L3	L4	
		1	0	1	1	0	1	0	0	1	N	S	N	S	A-E
	CCW	2	1	0	0	1	1	0	0	1	S	N	N	S	C-G
		3	1	0	0	1	0	1	1	0	S	N	S	N	E-A
		4	0	1	1	0	0	1	1	0	N	S	S	N	G-C

Tablo 2.3. Tam adım çalışma (FS)nın Lojiği

“1”: Anahtar kapalı

“0”: Anahtar açık anlamında kullanılmıştır.

	CW	CCW	Adım No.	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	Bobin 1		Bobin 2		Rotor Konumu
												L1	L2	L3	L4	
			1	0	1	1	0	1	0	0	1	N	S	N	S	A-E
			2	0	0	0	0	1	0	0	1	-	-	N	S	B-F
			3	1	0	0	1	1	0	0	1	S	N	N	S	C-G
			4	1	0	0	1	0	0	0	0	S	N	-	-	D-H
			5	1	0	0	1	0	1	1	0	S	N	S	N	E-A
			6	0	0	0	0	0	1	1	0	-	-	S	N	F-B
			7	0	1	1	0	0	1	1	0	N	S	S	N	G-C
			8	0	1	1	0	0	0	0	0	N	S	-	-	H-D

Tablo 2.4. Yarım Adım (HS) Çalışmanın Lojiği

2 ve 6 nolu adım konumlarında sargı-1

4 ve 0 nolu adım konumlarında ise sargı-2 uyarılmamıştır.

“1”: Anahtar kapalı,

“0”: Anahtar açık anlamında kullanılmıştır.

2.4.Güç Sürücüler

Lojistik diziciden alınan işaretler kuvvetlendirilip nominal akımlara getirilerek adım motoru sargılarına verilirler. Tüm motorlar için birçok kuvvetlendirici katlarına gerek duyulmaktadır. Ancak çok düşük akım çeken adım motorları ve doğrudan akupile edilmiş güç tranzistör katlı olanların normal olarak kullanılırlar.

Adım motoru sargısı tipik bir endüktif yüküdür ve kendisini seri bağlı bir endüktans ve direnç şeklinde gösterir. Birde yük gücünü temsil eden küçük bir paralel direnç vardır .Bir direncin değeri motor sabit bir hızla döndürülürken yüklenerek akımdaki değişmeden izlenebilir. Bu direnç daha çok yüksek akımlı motorlarda göze çarpmaktadır. Motor döndüğü sürece ters bir e.m.k. oluşturur. Adım motoru sargısına enerji verilmesinin yanı sıra sargının enerjisinin kesildiği zaman sargıdaki enerjinin geri alınmasında tasarımcının görevidir. Fazın enerjisi faz sürücüsünün kaldırılmasıyla kesilir. Fakat magnetik alanın sıkışması aynı yönde akım akıtma eğilimi gösterecektir.

Sargıya enerji verildiğinde tranzistördeki gerilim düşümünü ihmal edersek sürekli hal akımı E/R_m sargıdan akacaktır. Tranzistör kesime sokulduğu zaman sargıda depo edilen enerji akımı aynı yönde akıtmak isteyecektir. Tranzistör kesime gittiği zaman devrenin empedansı bağıl olarak artacaktır. Gerilimde bağıl olarak akımın akışını sürdürmek üzere artacaktır. Bu artış $E-L \cdot di/dt$ ile ifade edilebilir. Burada;

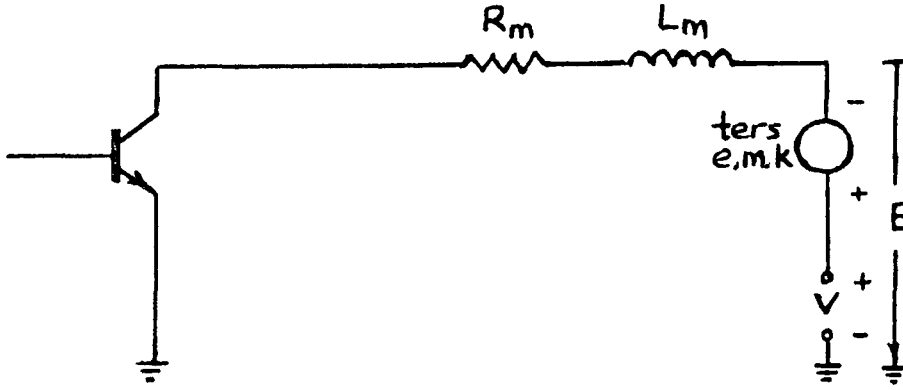
E: Sargıdaki akım değişimine göre tranzistör üzerindeki gerilim.

L: Sargıdaki endüktansı,

di: Sargıdaki akımın değişimi,

dt: Zamandaki değişim.

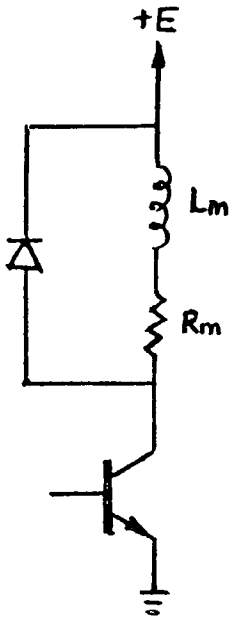
Bu durumda gerilim hızla tranzistörün V_{CEmax} gerilimini aşacak ve bel vermeye neden olacaktır. Bazen tranzistörlerin devrilme sınırları bobin akımlarının hızla sönmesine dayanabilecektir. Tranzistörler bel vermeye çeşitli bastırma devreleriyle korunabilirler.



Şekil 2.11. Adım Motor Sargısının Eş Değer Devreleri

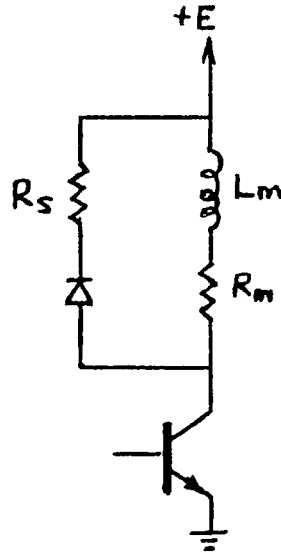
2.4.1. Pasif Bastırma

En basit pasif bastırma diyotların motor sargılarına ters paralel bağlanmasıyla gerçekleştirilebilir. Normal çalışmada diyot ters kutuplanmıştır ve çok yüksek empedanslı bir şönt olarak kendisini gösterir. Sargının enerjisi kesildiğinde sargı polaritesi ters döner böylece diyot geçirme yönünde kutuplanır ve akımın üzerinde akmasını sağlar. Bu durumda tranzistörün kollektör emiter gerilimi besleme gerilimi değerine ulaşır. Tranzistörün dayanacağı maximum gerilim bu besleme geriliminden daha büyük olmak zorundadır. Sargıda depo edilen enerji biriktirecek ve moment oluşacaktır. Bu düşük hızlı uygulamalarda geçerlidir. Genellikle aşmayı azaltıp akım söndükçe oluşacak ters moment osilasyonları söndürür. Sargının zaman sabiti L_m/R_m 'dir. Diyotun akım kapasitesi ternel olarak kesim süresinde oluşacak akımın ortalamasına bağlıdır. Buda aşağı yukarı motorun çalışmasındaki akımın yarısına eşittir. Eğer adım süresi motorun zaman sabitinden küçükse diyottan akacak akımda daha küçük olacaktır.

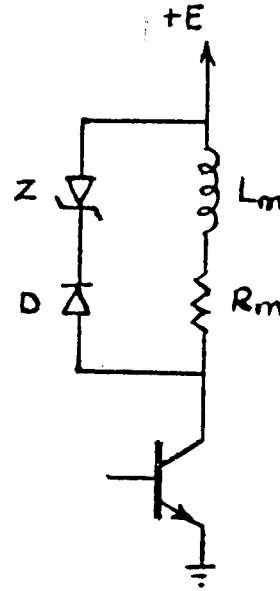


Şekil 2.12

Diyotlu Bastırma Devresi



Şekil 2.13

Diyot-Dirençli Devre ile
Bastırma

Şekil 2.14

Diyot-Zener Devre İle
bastırma

Yüksek dönme hızları istenildiğinde sargıdaki enerjinin hızlı bir biçimde yok olması gerekir. Buda zaman sabitini azaltmak için diyot devresine seri bir direnç eklenerek sağlanır. Bu durumda elektriksel yükün boşalma zaman sabiti $L_m/(R_m+R_s)$ olur. R_s direncinin değeri tranzistörün maximum devrilme geriliminin üzerine çıkılmayacak şekilde seçilmelidir. Bu direncin değeri aşağıdaki inceleme ile hesaplanabilir. Sürekli rejimde devreden akacak olan akım $I_m = E/R_m$ 'dir. bu anda tranzistör kesim giderse endüktans üzerindeki başlangıç değeri $I_{mo} = E/R_m$ olan bir akım akar.

Tranzistörün kesimde olduğu sürede oluşan akımın zamanla değişimi:

$$I_d(t) = \frac{E_m}{R_m} e^{-\frac{t}{L / R_m + R_s}}$$

$t = 0$ anında yani tranzistörün kesime gittiği anda eşdeğer devrede akacak olan akım (E_m/R_m sürekli hal akımı). En büyük değerindedir. Bu akımın R_s direnci üzerinde

oluşturacağı gerilim düşümü E_m gerilimine eklenir. Böylece tranzistörün kollektör gerilimi;

$$V_c = E_m + \frac{E_m}{R_m} \cdot R_s + V_6$$

Burada V_c yerine tranzistörün dayanabileceği en yüksek kollektör emiter gerilimi (V_{CEmax}) yazılırsa;

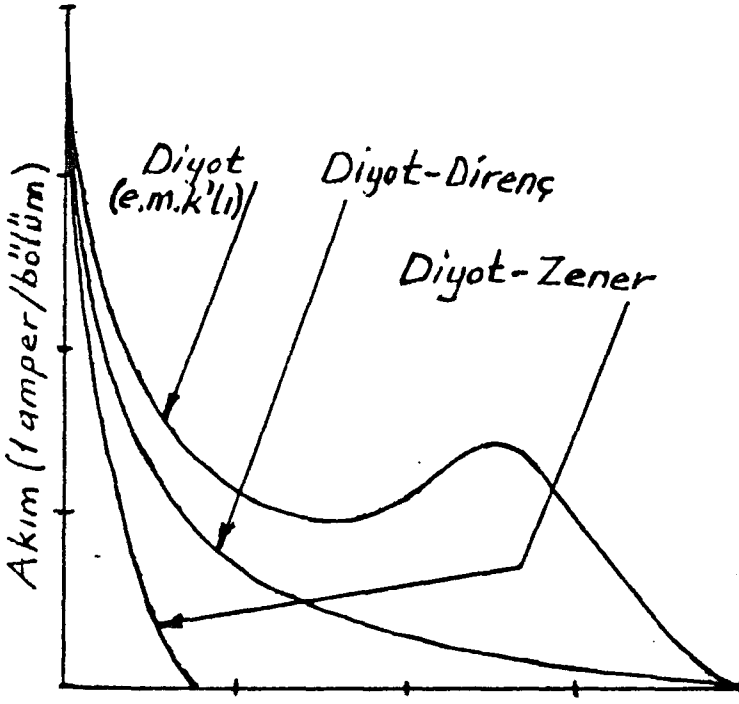
$$R_s = (V_{CEmax} - E_m - V_6) \frac{R_m}{E_m} \text{ bulunur.}$$

R_m : Motor sargısının direnci

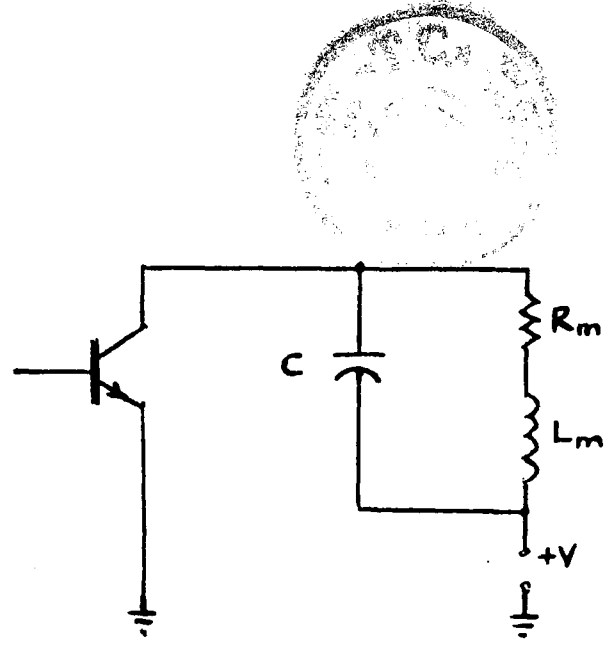
V_{CEmax} : Kollektör emiter en büyük dayanma gerilimi

E_m : Motor gerilimi

Diyot-zener devre ile bastırmada kesimde gerilim artarak zener gerilimi seviyesine gelir ve diyot kesimden ilettime geçer. Enerji sargı direnci ve zener diyonu üzerinde harcanır. Böylece zaman sabiti daha da küçülerek daha hızlı çalışma sağlanmış olur.



Şekil 2.13. Pasif Bastırma için
Akım Eğrileri



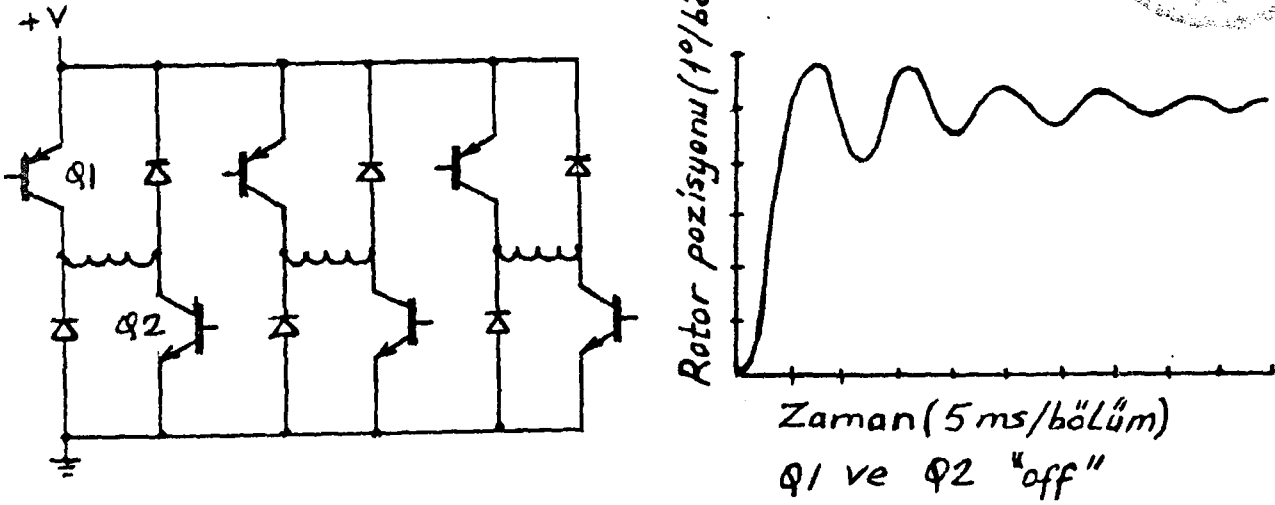
Şekil 2.14. Kondansatörlü
Bastırma Devresi

Motor faz sargılarına paralel kondansatör bağlanarak zaman sabiti dahada küçültülerek daha hızlı çalışma sağlanır. Bu durumda bel verme gerilimi daha büyük transistör kullanılmalıdır.

2.4.2. Aktif Bastırma

Uyarması kesilen fazın enerjisi diyot bastırmalı devrede sargı direnci üzerinde veya bastırma dirençleri üzerinde harcanacağı yerde gerilim kaynağına transfer edilebilir. Böylece cevap verme hızı da artırılmış olur.

Aktif bastırma normal çalışmaya göre iki misli anahtar transistörlerine ihtiyaç gösterir. Uyarılması kesilen fazda akım çok fazla azalacağından ters moment oluşmayacak ve rotorun açması artacaktır. Bu tip çalışma VR ve bipolar sarılmış PM adım motorlarında kullanılır.



Şekil 2.15. Basit Bir Aktif Bastırmalı Sürücü

2.4.3. Sürücü Devrelerinin Özellikleri

Adım motorları normal olarak durma yada tutma modunda en fazla gücü çekecek biçimde tasarlanmışlardır. Adım motorunun hızı ve çıkış gücü plâka gerilimi ile ciddi bir şekilde sınırlanmıştır. Halbuki performans daha yüksek gerilimli bir kaynak kullanılması halinde bir hayli artmaktadır. Durum böyle olunca düşük hızlarda ve motorun durduğu zamanlarda yüksek akımlardan korunmaları için yöntemler geliştirilmelidir. Bunun için bir yol adım motor sargısının empadansının çalışma gerilimine göre ayarlanmasıdır. Birçok adım motoru en az iki değişik nominal akımda çalışarak makul gerilim seviyelerinde çalışıp yüksek performans elde edilmesine olanak sağlarlar. Sargı akımı genellikle gerilimle doğru orantılı endüktansla ise ters orantılıdır. Adım motorunun normalin çok üzerinde sürmek bazı hızlarda motorun rezonansa gelmesine neden olabilir.

Tüm akımın %95'ine ulaşmak için gerekli süre zaman sabitinin 3 katı kadardır.

Sargı akımının nominal akımın %95'ine ulaştığı sırada adım motorun ulaşacağı hız;

$$v = \frac{\phi E}{3LI}$$

v: Hız (Adım / Saniye)

ϕ : Faz sayısı

E: Kaynak gerilimi

L: Endüktans (Henry)

I: Motor nominal akımı

Yüksek gerilimler hızın büyümesine ve momentin artmasına neden olur. Adım motorunun sürekli hal akımına verilen değerde tutarak daha yüksek gerilimlerin kullanılabilmesini sağlayan birçok metod aşağıda verilmiştir.

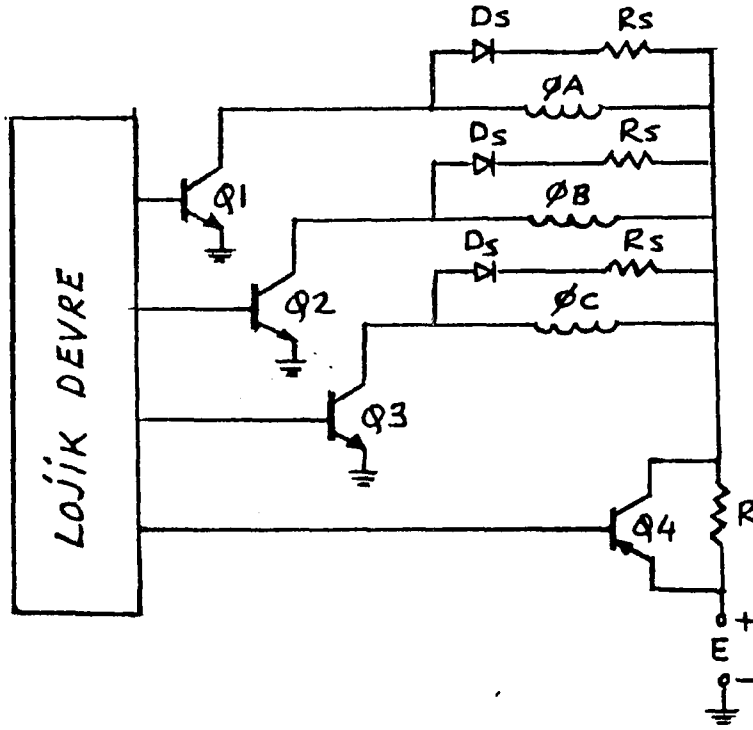
2.4.3.1.Seri Direnç

Adım motor performansını arttırmak için kullanılan yöntemlerden biri her bir sargıya seri direnç ilave edilmesidir. Devrenin zaman sabiti L/R_m 'den $L/(R + R_m)$ 'e düşürülür.

Seri dirençli sürücülerin bir kötülüğü verimlerinin bir hayli düşük olmasıdır .Çünkü gücün bir kısmı dirençler üzerinde ısıya dönüşmektedir. Gerekli direnç sayısı kaynağa giden ortak dönüş yoluna tek bir direnç bağlanarak en aza indirilebilir.

Seri dirençler kondansatörlerle de şöntlenerek geçici rejimde direnç etrafında alçak empedanslı yol oluşturabilirler. Böylece “Pullout” moment artar.

Verim seri direncin bir transistörle şöntlenmesiyle de artırılabilir. Bu şöntleme yüksek hızlarda yapılmaktadır.



Şekil 2.16. Seri Direnci Transistörle Şöntlenmiş Sürücü Devresi

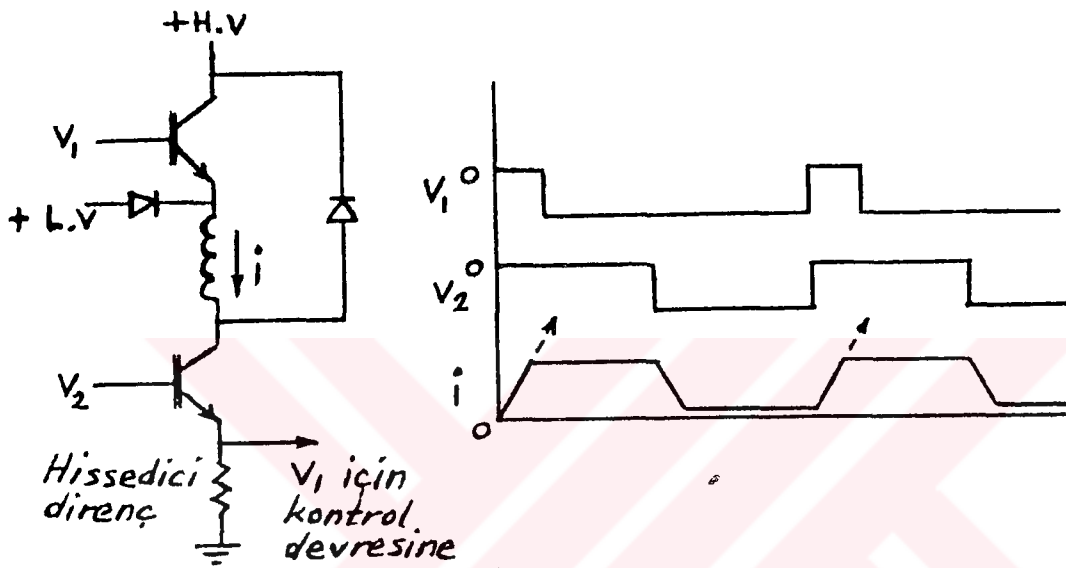
2.4.3.2.Çift Gerilimli Sürücü

Daha verimli bir çalışma yöntemi başlangıçta yüksek gerilimli bir kaynağı yalnız sargılarda akım oluşturmak için kullanmak ve ardından düşük bir gerilimi devreye sokmaktır. Bu çalışmaya çift gerilim veya iki seviyeli çalışma denir. Adım motoru çift gerilim çalışmada seri dirençli çalışmaya göre daha iyi performans göstermektedir.

Adım motoruna yol verildiği zaman hem faz anahtarı hem de yüksek gerilim anahtarı kapanır. Akım istenilen bir değere ulaştıktan sonra veya sabit bir zaman aralığından sonra yüksek gerilim anahtarı açılır ve akım alçak gerilim anahtarından sağlanır.

Adım motorunun hızı arttıkça yüksek gerilim kaynağının devrede kalma süreside artar. Bir yerden sonra artık yüksek gerilim kaynağı sürekli devrede kalır.

Eğer sargı akımının yeteri kadar sönemiyeceği hızlara erişilirse demir nüvenin doyması sargıda kalmasına neden olur. Böylece endüktansın değeri düşer. Bu durumda akım daha küçük bir empedans göreceğinden nominal akımın birkaç katına çıkar. Bu durumdan bir akım sezicinin kullanılmasıyla yüksek gerilimin devrede kalma süresi kontrol edilerek kurtulunabilir. Böylece endüktans değişimleri ve ters e.m.k. yüzünden oluşan akım dalgalanmalarının doğurabileceği zararlardan da kurtulunur.



Şekil 2.17. Çift Gerilimli Sürücü Devresi ve Akım Gerilim Eğrileri

2.4.3.3. Kıyıcı Tipli Sürücü

Bir başka akım sınırlayıcı sürücüde adım motoru sargısının ortalama akımını darbe genişlik modilasyonu veya frekans modilasyonu kullanarak kontrol eden tiptir.

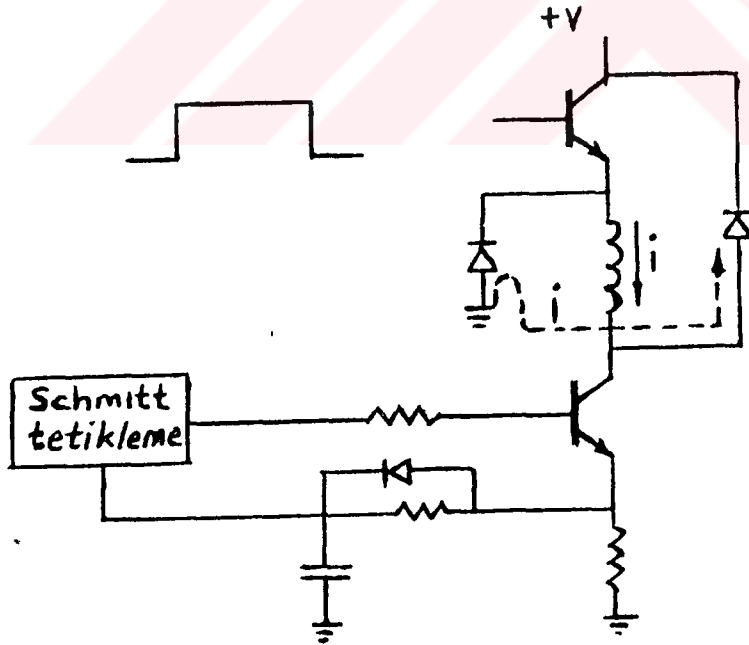
Bu yöntemde yüksek gerilim anahtarlayan transistör akım sezici devre tarafından kontrol edilmektedir. En basit bir kontrol şekli istenilen bir akım değerine ulaşıldığında transistörün kesime gitmesi ve akımın düştüğü sırada ise transistörün iletime geçmesidir. Böylece istenilen ortalama akım sağlanabilmektedir. Bu tip bir kıyıcının frekansı sargı endüktansı ve ters e.m.k. ile değişmektedir.

Başka bir kıyıcı ile kontrol sistemide kıyıcı frekansının kontrol edilmesiyle gerilimin devrede kalma süresinin değiştirilmesi ve şekilde akımın kontrol edilmesidir. Burada frekans 50 Hz. ile 25 Hz. arasında herhangi bir değerde olabilir. Ses gürültülerinin önemli olduğu yerlerde en yüksek frekans tercih edilebilir. Normal olarak akım kıymak için akım sezici ile kontrol edilen ayrı bir transistör kullanılır.

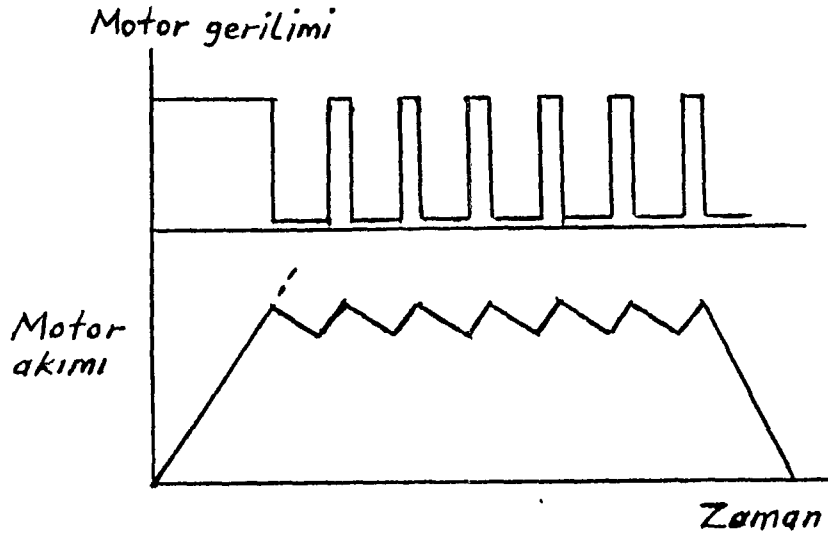
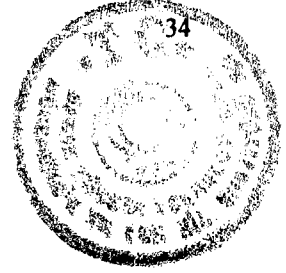
Kıyıcı ile kontrolün başka üstünlükleride vardır. Gerilim kaynağından meydana gelebilecek bazı değişimler veya sargı direncinin değişmesi bu tip çalışma ile kompanse edilebilir. Kıyıcı düşük akımlara programlıyarak motor dururken güç tasarrufu yapılmış ve ısı kaybı önlenmiş olur.

Gerek kıyıcı gerekse çift gerilimli seri dirençteki ısı kaybı olmaz çünkü seri direnç yerine anahtarlama transistörü kullanılmıştır. Kıyma sonucu moment büyür, ancak yüksek hızlardan anahtarlama kayıplarından ötürü güç kaybı diğer sürücülere nazaran artar.

Enerjilenen fazda akımın artma hızı artacağından yüksek hızlarda kullanılır.



Şekil 2.18. Kıyıcı Tipi Sürücü Devresi



Şekil 2.19. Kıyıcı Tipi Sürücüyeye İlişkin Akım ve Gerilim Eğrileri

2.5. Adım Motorunun Frenlenmesi

Adım motoru rotoru her bir adımdan sonra salınım yapar. Aşma ve salınım kontrolle birlikte motor karakteristiklerine yükün ataletine ve yük sürtünmesine bağlıdır. Sargılara enerji verildiğinde rotor ve stator arasında moment oluşur ve bu rotoru yeni bir kararlı konuma götürür. Ve bu moment rotor kararlı konumunu alana dek ona etki eder. İlk önce rotor kararlı konuma geçer. Aşma olur, rotor ve stator arasında ters bir momentin oluşmasına neden olur, bu da rotoru durdurur. Ancak bu ters moment rotor kararlı konumuna gelene kadar ona etki eder. Böylece ters momentle rotor tekrar geriye döner ve bu olay rotorun tüm kinetik enerjisi sürtünme sonucu ısı enerjisine dönüşerek bitene kadar devam eder.

Adım motorlarında salınımlar rotor ve statorun alanlarının etkileşmeleri ters e.m.k. fuko akımları histerizis sürtünme ve sargı kayıpları ile söndürülürler. Endüktans değişimi ile oluşan ters e.m.k. enerjisi kesilen fazın akımının artmasına neden olur. Bu da rotorun üzerinde bir frenleme kuvveti oluşturur. Böylece rotoru son kararlı konumundan önce durdurur. Akımın sönme hızı bu frenleme hareketinin etkisini tayin etmektedir. Ortak endüktans da bu salınımların söndürülmesinde rol oynamaktadır.

2.5.1. "Üzerine Ekleme" ile Söndürme

- 1) Viskoz Atalet
- 2) Sürtünme Ataleti
- 3) Viskos Amortisör
- 4) Fuko Akım Ataleti Amortisörü
- 5) Sürtün Freni
- 6) Pnömatik Amortisör

2.5.1.1.”Viskos Ataleti” ile Söndürme

Viskos-Atalet söndürücüsü bir atalet ve belirli bir viskozitede olan silikon sıvıyı içermektedir. Bu cisim olduğu gibim motorun şaftına bağlanmıştır.

Ataletin serbestçe yatak üzerinde dönmesi içerisindeki silikon sıvı yüzünden sınırlanmıştır. Gerekli olan söndürme ataleti sistemin toplam ataletine bağlıdır. Toplam atalet söndürme elemanı adım motoru rotoru ve yükü içermektedir .Söndürme ataletinin optimum bileşke yük ataletinin 10 katı kadar olmalıdır. Fakat bu büyüklükte bir atalet sistemin cevabını bir hayli yavaşlatmaktadır.

Optimum söndürme ataletinin oturma süresi bileşke yükün ataletinin 4 katı kadar olan bir söndüre ataletinin oturma süresinden sadece %65 kadar daha fazla olmaktadır. Genellikle bileşke yükün 4 katı kadarlık bir atalet kullanılır. İdeal viskos söndürme momenti veya söndürme momenti sabiti K_d adım açısının kare kökünün tersiyle değişmektedir.

Adım açısının azalması ile söndürme momenti katsayısı artar.

$$K_d = \frac{0.03813 \sqrt[4]{j_t} \cdot \sqrt[4]{j_r}}{\sqrt{x}}$$

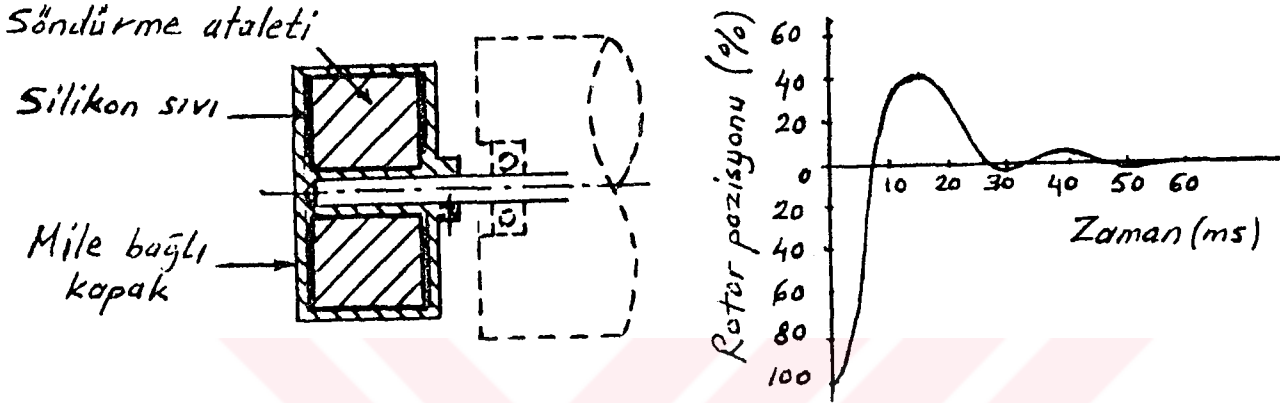
K_d : Viskos sürtünme momenti sabiti (N.m.sn/rad)

j_l : Rotor ve yükün birleşik ataleti (kg.m^2)

j_r : Amortisör ataleti (Kg.m^2)

x : Adım açısı

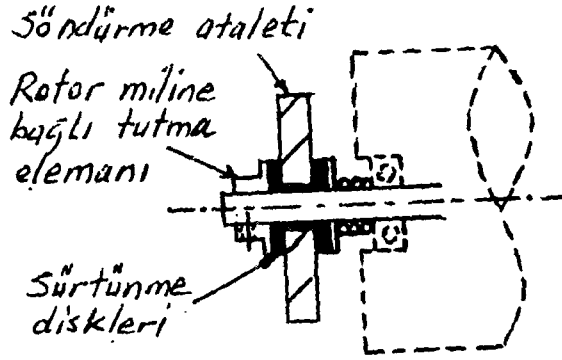
Bu tip bir amortisörün motorun yüksek dönme hızlarında hiçbir etkisi yoktur.



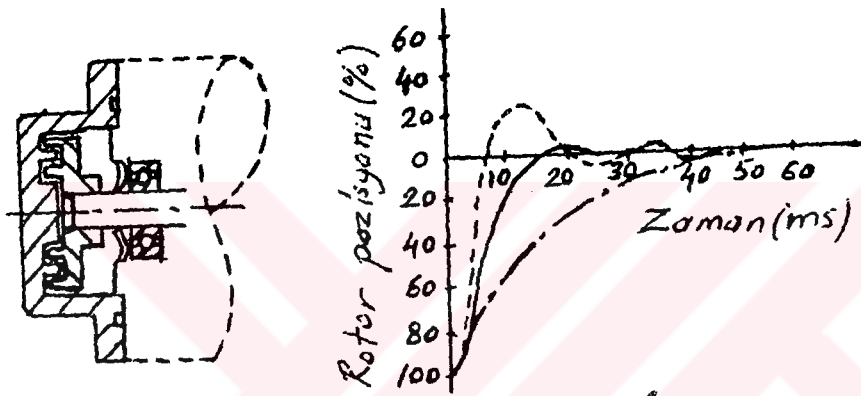
Şekil 2.20. Viskoz Ataletin Kesiti ve Viskoz Ataleti Motorun Konum Eğrisi

2.5.1.2.Sürtünme Ataleti Amortisör

Bu amortisör iki yay yükü arasında teflonla dolu diskler içinde kayan belirli bir ataletle sahip tekerlekten oluşmaktadır. Disklere destek olmak üzere rotora bilezikler sokulmuştur. Herhangi bir salınım hızın değişimidir. Ve bu değişme atalet tarafından karşı konulur. Salınımların söndürülmesi kinetik enerjisinin atalet tekerleği ile sürtünme diskleri arasında ısı enerjisine dönüşmesi ile sağlanır. En büyük dönme hızları sürtünme atalet amortisörü tarafından etkilenmemektedir. Ve bu yayın basıncının değiştirilmesiyle istenilen bir değere ayarlanabilir.



Şekil 2.21. Sürtünme Ataletinin Kesiti



$K_d = 0,001 \text{ Nm/rad/sn}$ (salınımlı sönüm)

$K_d = 0,022 \text{ Nm/rad/sn}$ (kritik sönüm)

$K_d = 0,044 \text{ Nm/rad/sn}$ (aşırı sönüm)

Şekil 2.22. Viskoz Amortisörün Kesiti ve Viskoz Amortisörlü Motorun Farklı Viskoz Sürtünme Katsayıları İçin Konum Eğrileri

2.5.1.3. Viskos Amortisör

Bir viskoz amortisör rotor şaftına rijit olarak bağlanmış bir hareketli elemanı içermektedir. Bu eleman sabit bir kap içersine silikon sıvı film üzerinden bağlanmıştır. Bu tip amortisörler sabit veya ayarlanabilir.

Söndürme katsayısı hareketli ve sabit elemanların aralarındaki yüzeyin alanı, ortalama çapları, yüzler arasındaki mesafe ve de silikon sıvının viskozitesi ile

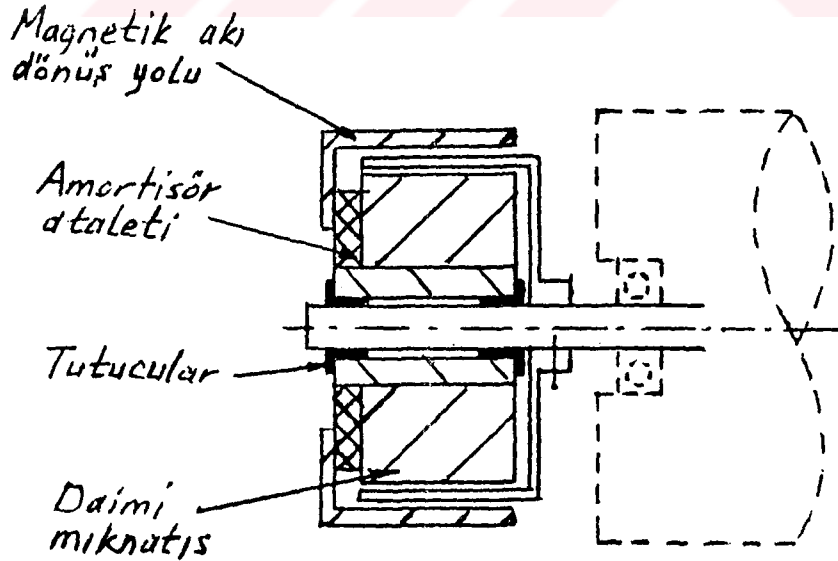
değişmektedir. Amortisör kritik sönüm elde edilecek şekilde seçilebilir. En küçük tek adım geçim süresi için bir aşım yaklaşık bir adımın %10'u kadar olmalıdır. Viskoz amortisör adım motorunun en büyük dönme hızını sınırlar çünkü momenti hızla artmaktadır.

2.5.1.4. Fuko Akım Ataleti Amortisörü

Fuko Akım ataleti amortisörü bazen kare kanunu amortisörü olarak da adlandırılmaktadır. Buna karşılık viskoz veya viskoz atalet amortisöründe moment dönme hızı ile doğrudan doğruya orantılıdır. Bu tip amortisör rotor şaftına rijit olarak bağlanmış bir aleminyum veya bakır karşı koyma elemanını içermektedir.

Bir daimi mıknatısları bu karşı koyma elemanının içersinden geçer. Atalet daimi mıknatısın yumuşak demir akısı yolu ve sistemi tutturmak için kullanılmış elemanlardan meydana gelmektedir.

Bu tip bir amortisör özellikle aşımın büyük olduğu başlangıç salınımlarının söndürülmesinde bir hayli etkindir. Ancak salınımların sönmesiyle etkinliği azalır. Çünkü yüksek hızları sınırlamaz.



Şekil 2.23. Fuko akım ataletli amortisör kesiti

2.5.1.4.Sürtünme Freni

Sürtünme frenleri çok etkin amortisörlerdir. Bir kumanda üzerine motoru durdurmak için kontrol edilebilirler. Magnetik parçacık frenler küçük motorlar için çok iyi çalışırlar. Çünkü bunlar düzgün etki eden kavrama ve moment değişikliklerinden bağımsız olarak çalışırlar.

Frenleme sürtünmesi motor dönerken ayarlanabilir veya yalnız gerektiği anlarda devreye sokulabilir. Frenlerin adım motoru amortisörü olarak kullanılması halinde ortaya çıkabilecek ısı problemlerine dikkat edilmelidir.

Sürtünme amortisörleri sürülecek yük için gerekli momenti azaltmakta ve dolayısıyla adım konumu hatalarına yol açmaktadırlar.

2.5.1.6. Pnömatik Amortisör

Pnömatik amortisör atalet görevini gören bir diski içermektedir. Diskin içerisinde iki çember bulunmaktadır. Bu çemberlerin herbirinde birer sübap vardır. Bu sübaplar adım motor shaftına rijit olarak bağlanmışlar ve çemberin duvarları içinde salınım yapabilecek şekilde serbest olarak bulunmaktadır. Bunlar sübopun bir tarafından öbür tarafına havayı ileri geri kontrol ederek pompalayıp rotorun kinetik enerjisini yok ederler. Bu tip bir amortisör adım motorunun dönme hızını azaltmaz.

2.5.2.Kontrol ile Söndürme

Motorda söndürme yapabilmek veya motoru durdurmak için frenleme yapabilmek amacıyla birçok kontrol düzeni önerilmiştir. Bu düzenler direnç kondansatör ve/veya başka elektronik elemanları kullanarak söndürme görevini veya motor performansını değiştirerek aşımı ve salınım azaltma işlemini üzerine almıştır.

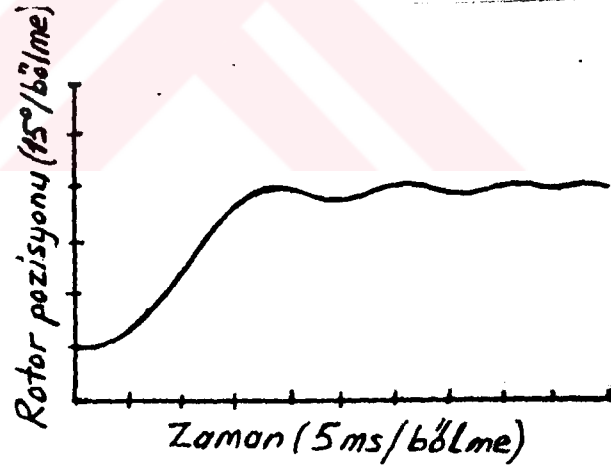
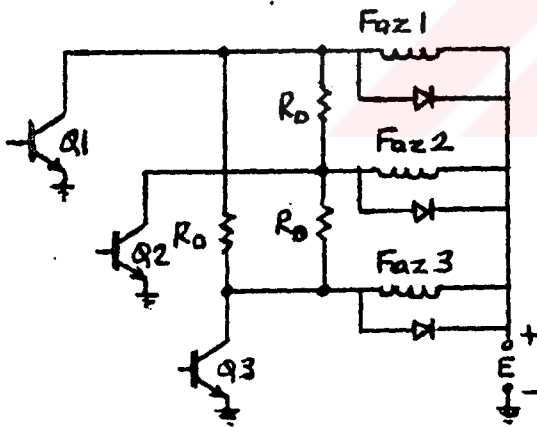
- 1) Rezistif
- 2) Kapasitif

- 3) Bir faz
- 4) İki faz
- 5) Elektronik
- 6) Son adım gecikmesi

2.5.2.1. Rezistif Söndürme

Statör sargılarının girişine bağlanan ek dirençler bir sargıya tam akım uygulamakta ve diğer sargılara giden akımı azaltmaktadırlar. Akımı azaltılmış sargılar rotora ters bir moment uygulayarak aşmayı sınırlarlar. Ancak dirençli söndürme aynı zamanda motor hızını da sınırlamaktadır. Aynı zamanda motorun ısınmasına yol açmaktadır. Fakat motorun ısınması bir anahtar transistör ve bir dizi diyotla bir direnç kullanarak azaltılır.

Transistör yalnız durdurma veya söndürmenin gerekli olduğu anlarda anahtarlanabilir ve böylece yalnız birkaç milisaniye çalışması sağlanır.



Şekil 2.24. Rezistif Söndürmeli Devre ve Konum Eğrisi

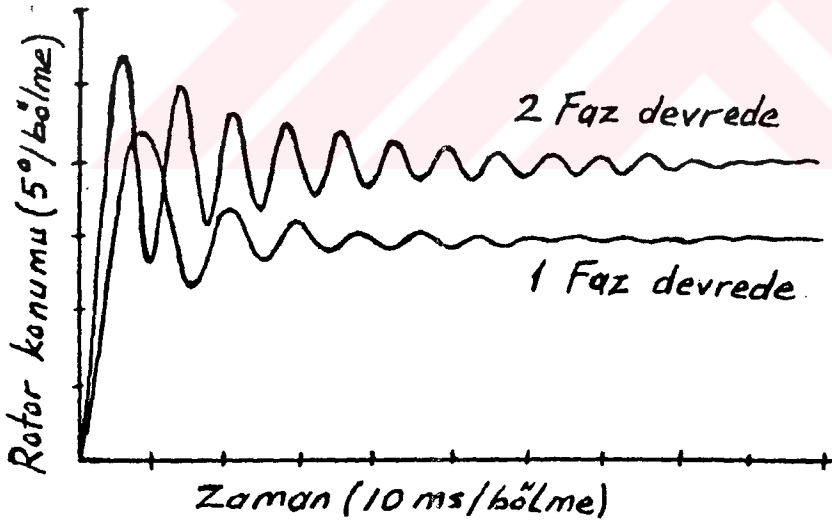
2.5.2.2. Bir Faz Söndürme

Alterne poleriteli bir bobin bağlama şekline sahip 4 fazlı bir adım motoru iki fazı uyarılmış şekilde çalışacağı yerde bir fazı uyarılmış bir şekilde çalıştırılabilir. Bu şekilde bir çalışmada aşım azaltılabilir ve salınımlar daha çabuk söndürülebilir. Bu şekilde çalışmada motorda daha az moment oluşmaktadır.

2.5.2.3.İki Faz Söndürme

Stator fazlarının ikisinde simültane bir biçimde uyarıldıkları zaman, rotor hiçbir faza ait, normal olarak bir fazı uyarılmış durumda kararlı konumun tam ortasına ilerler. Stator dişleri rotor dişlerinin üzerinde tam ters yönünde bir moment oluşturur ki buda en azından 3 fazlı adım motorlarının normal olarak oluşturdukları söndürme etkisinin iki misli bir etki yapar. 3 fazlı bir adım motoru hiç bir ek moment oluşturmaz. Ancak 4 fazlı adım motorlarının iki fazı uyarılması halinde daha fazla bir moment oluşturlar.

Fazlar arasındaki ortak endüktans da iki faz uyarma için söndürme etkisi oluşturur.



Şekil 2.24. Bir ve İki Faz Uyarma İçin Konum Eğrileri

2.5.2.4.Elektronik Söndürme

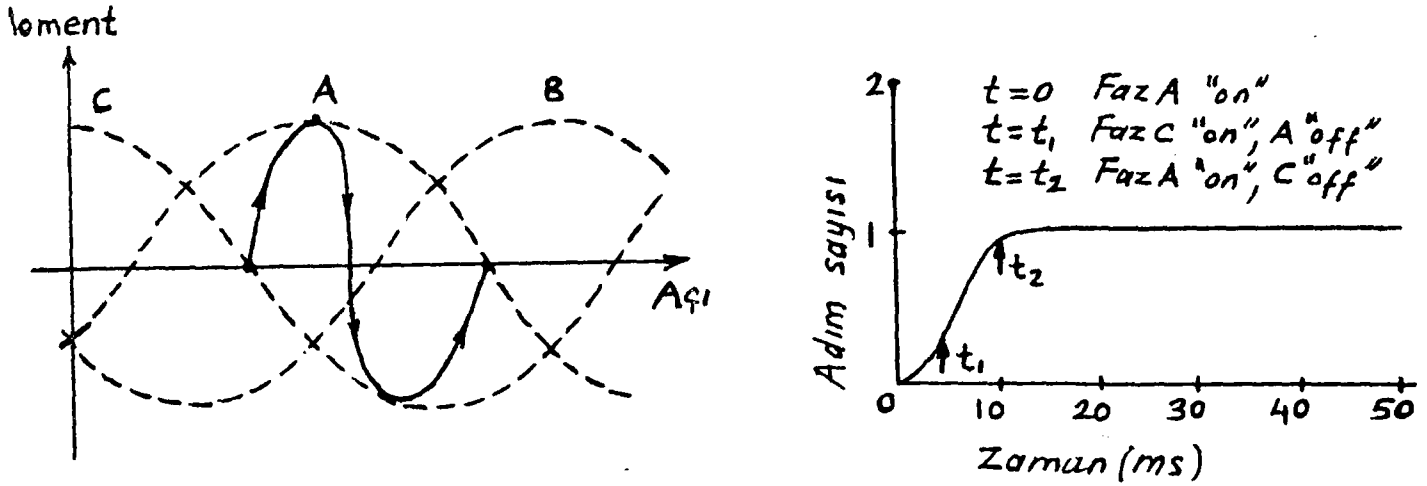
Bu söndürme yönteminde rotora ters bir moment uygulanarak yavaşlaması ve kararlı adım noktasında durması sağlanabilir. Bu enerjisi kesilmiş fazın ters moment oluşturma özelliğinden faydalanılarak yapılmaktadır.

4 fazlı adım motorunun A fazının stabil denge noktasından B fazının stabil denge noktasına bir adım atması için B fazı “on” A fazı “off” yapılır. Rotoru B fazının stabil denge noktasında durdurmak için rotoru hızlandırma pozitif momente aşağı yukarı eşit negatif bir moment gereklidir. Eğer rotor bir adım atmadan önce uygun pozisyonda B fazı “off” A fazı “on” yapılırsa rotora B fazının stabil denge noktasından önce negatif moment uygulanacak A fazı “on” durumunda bırakılırsa rotor durup ters yönde hızlanacak ve A fazının stabil denge noktasına yerleşecektir. Normal olarak A fazı “off” B fazı “on” yapılır. (B fazının stabil denge noktasına ulaşılırken)

Sürtünme büyük yükün eylemsizliği küçük sabit akım ve gerilim regülasyonu olduğunda, bu yöntem daha iyi sonuç verir.

Elektronik söndürme diğer bilinen tüm söndürme yöntemlerine göre en süratli bir söndürme yöntemidir. Motor içerisindeki herhangi bir ekleme cihazı gerek duyulmamaktadır. Bu düzen yük değişimlerine gerilim ve akım dalgalanmalarına çok duyarlıdır. Her sayıda adım için kullanışlıdır.

Sürtünme nedeniyle ek faz anahtarlamaının yapıldığı an geciktirilir. Çünkü sürtünme nedeniyle ısı enerjisi şeklinde kayıp olacağından rotorun istenen stabil denge noktasında durması için daha büyük kinetik enerjiye ihtiyacı vardır.



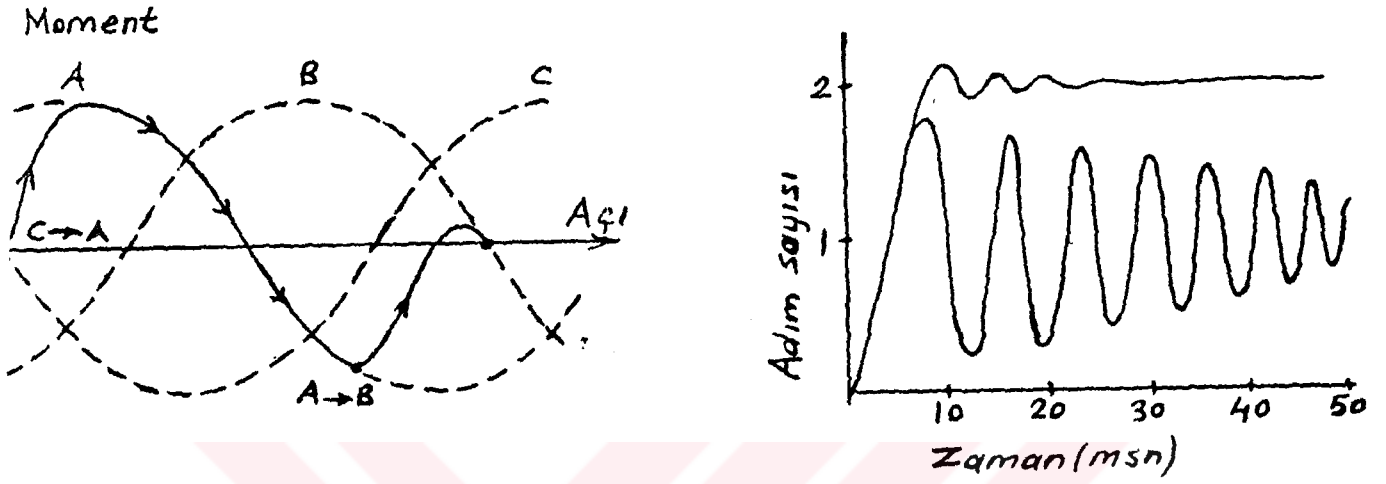
Şekil 2.25. Elektronik Söndürmeye İlişkin Moment ve Konum Eğrileri

2.5.2.5. Son Adım Gecikme Söndürmesi

Bu söndürme yöntemi rotorun aşma yaparak son konumuna gelinceye kadar motor kontrolörüne gelecek son darbeyi geciktirmek suretiyle çalışır. Bu frenleme iki veya daha fazla adım uygulaması için geçerlidir. 3 fazlı adım motoru için iki adım hareketi halinde frenleme yapıldığını farzedelim. Başlangıçta C fazı uyarılmışsa iki adım için uyarma sırası C-A-B'dir. Şayet tek adım cevabının aşımı yüzde yüze ulaşabiliyorsa aşımsız çok adım cevabı elde etmek bu yöntemle mümkündür. A' dan B'ye geçiş iki adım hareketi sonunda yapılır. Böylece A fazının ters momentinden ötürü aşım ve osilasyon çok azalır. Geciken son adım frenlemesinin elektronik frenlemeden farkı darbe sırasını geri dönmemesidir. Yük değişimlerine daha az hassas önceki adımlara bağlılığı nedeniyle kapalı çevrim kontrolde daha etkilidir.

İki adım için darbe treninin frekansı değiştirilerek en iyi cevap ve en iyi oturma elde edilebilir. 3 adım hareket için kullanılması halinde ikinci darbe bir adımlık aşma yapacak şekilde ayarlanır ve üçüncü adım ise uyarılan fazın momentini rotoru etkilemeyecek şekilde fakat bunun tersine rotoru son kararlı konumunda tutacak şekilde ayarlanır.

Çok adımlı harekette en iyi performans için üç fazlı adım motorları için hareket üç adımlık veya dört fazlı adım motorları için hareket dört adımlıktır .Hareket her zaman aynı fazla başlayıp, aynı fazla biter.



Şekil 2.26. Son Adım Gecikme Yöntemine İlişkin Moment ve Bir, İki Adım Konum Eğrileri

2.6.Çok Parçalı Değişken Relüktanslı (VR) Adım Motorunun Dinamik Modeli

Model N stator fazlı ve Z rotor dişli motor için geliştirilecek ve motorun magnetik devresi lineer kabul edilecektir.

N faz gerilim denklemleri:

$$V_a = i_a r_a + \frac{d\lambda_a}{dt}$$

$$V_b = i_b r_b + \frac{d\lambda_b}{dt}$$

.....

$$V_N = i_N r_N + \frac{d\lambda_N}{dt}$$

Çok adımlı VR adım motorunda fazlar arasındaki ortak endüktanslar ihmal edilebilecek büyüklükte olduğundan bütün ortak endüktanslar sıfır alınmıştır.

Akı bağıntıları

$$\lambda_a = L_a i_a$$

$$\lambda_b = L_b i_b$$

.....

$$\lambda_N = L_N i_N$$

L_a , L_b ... L_N faz sargılarının (θ) rotor pozisyonunun fonksiyonu olan seri endüktanslarıdır.

Birinciden daha büyük harmonikler ihmal edilirse her stator kutbunun magnetik iletkenliği;

$$P = P_0 + P_1 \cos Z \theta$$

$$P_0 = \frac{P_{\max} + P_{\min}}{2}$$

$$P_1 = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{2}$$

k. fazın akısı

$$\lambda_k = \frac{N_k^2 i_k}{P_k} (P_0 + P_1 \cos Z \theta)$$

N_k : k. fazın sarım sayısı

P_k : k. fazın stator kutup sayısı

k .: fazın self endüktansı

$$L_k = L_{k0} + L_{k1} \cos Z \theta$$

$$L_{k0} = \frac{N_k^2 P_0}{P_k} = L_0$$

$$L_{k1} = \frac{N_k^2 P_1}{P_k} = L_1$$

$$k = a_1 b_1 \dots$$

A fazını referans seçersek:

$$L_a = L_0 + L_1 \cos(Z\theta)$$

$$L_b = L_0 + L_1 \cos(Z\theta - 2\pi/N)$$

$$L_0 = L_0 + L_1 \cos(Z\theta - 4\pi/N)$$

$$L_k = L_0 + L_1 \cos(Z\theta - 2\pi(k-1)/N)$$

$$L_N = L_0 + L_1 \cos(Z\theta - 2\pi(N-1)/N)$$

Gerilim Denklemleri:

$$V_a = \dot{I}_a r_a + L_a \frac{di_a}{dt} + i_a \frac{dL_a}{d\theta} \frac{d\theta}{dt}$$

$$V_b = \dot{I}_b r_b + L_b \frac{di_b}{dt} + i_b \frac{dL_b}{d\theta} \frac{d\theta}{dt}$$

.....

$$V_k = \dot{I}_k r_k + L_k \frac{di_k}{dt} + i_k \frac{dL_k}{d\theta} \frac{d\theta}{dt}$$

.....

$$V_N = \dot{I}_N r_N + L_N \frac{di_N}{dt} + i_N \frac{dL_N}{d\theta} \frac{d\theta}{dt}$$

$$V_a = i_a r_a + (L_0 + L_1 \cos Z\theta) \frac{di_a}{dt} - ZL_1 \sin(Z\theta) i_a \frac{d\theta}{dt}$$

$$V_b = i_b r_b + (L_0 + L_1 \cos(Z\theta - 2\pi / N)) \frac{di_b}{dt} - ZL_1 \sin(Z\theta - 2\pi / N) i_b \frac{d\theta}{dt}$$

.....

$$V_k = i_k r_k + (L_0 + L_1 \cos(Z\theta - 2\pi(k-1)/N)) \frac{di_k}{dt} - ZL_1 \sin(Z\theta - 2\pi(k-1)/N) i_k \frac{d\theta}{dt}$$

.....

$$V_N = i_N r_N + (L_0 + L_1 \cos(Z\theta - 2\pi(N-1)/N)) \frac{di_N}{dt} - ZL_1 \sin(Z\theta - 2\pi(N-1)/N) i_N \frac{d\theta}{dt}$$

Akımilar için Diferansiyel Denklemler:

$$\frac{di_k}{dt} = \frac{(V_k - i_k r_k + ZL_1 \sin(Z\theta - 2\pi(k-1)/N) i_k \frac{d\theta}{dt})}{L_0 + L_1 \cos(Z\theta - 2\pi(k-1)/N)}$$

Motor Momenti:

$$T = \frac{1}{2} i_a^2 \frac{dL_a}{d\theta} + \frac{1}{2} i_b^2 \frac{dL_b}{d\theta} + \dots + \frac{dL_N}{d\theta} i_N^2 \frac{1}{2}$$

$$T = -\frac{ZL_1}{2} (i_a^2 \sin(Z\theta - 2\pi(a-1)/N) + \dots + i_N^2 \sin(Z\theta - 2\pi(N-1)/N))$$

Mekanîğe ilişkin diferansiyel denklemler:

$$\frac{dw}{dt} = \frac{1}{j} (T - Bw - T_r)$$

$$\frac{d\theta}{dt} = w$$

Tf : Sabit sürtünme momenti

j : Eylemsizlik momenti

B : Viskoz sürtünme katsayısı

Kaçak akıyı ihmal edersek:

$$P = \left(1 - \frac{\theta N}{\pi}\right) \frac{\mu_0 \pi L (r + g/2)}{2g}$$

L : Rotor uzunluğu

g : Hava aralığı uzunluğu

r : Rotorun yarı çapı

$$\frac{dP}{d\theta} = - \frac{\mu_0 N L (r + g/2)}{2g}$$

$$T = - \frac{\mu_0 N L (r + g/2) F^2}{4g}$$

$$B = \mu_0 H = \frac{\mu_0 F}{2g}$$

$$T = - \frac{N L g (r + g/2) B^2}{\mu_0}$$

N : Faz başına diş sayısı

F : Amper-Sarım

2.7.Daimi Mıknatıslı (PM) Adım Motorunun Dinamik Modeli

PM Adım motoru N_r rotor, N_s stator dişine ve statorda faz başına P kutba sahip ve rotoru iki bölüm olup biri diğerine göre yarım diş mesafesi kadar kaydırılmıştır. Böylece adım açısı $360/4 N_r$ derecedir.

Daimi mıknatıs N_f sarımlı ve i_f akımını taşıyan bobine eş değerdir. Daimi mıknatısın ürettiği mmf:

$$2E_f = N_f i_f$$

Magnetik devrenin Lineer ve k. stator dişinin magnetik iletkenliği rotorun 1. bölümü için:

$$P_k = P_f + P_v \cos N_r (\theta - \theta_{sk})$$

2. bölümü için:

$$P_k = P_f - P_v \cos N_r (\theta - \theta_{sk}) \text{ kabul edilecek.}$$

P_f : Ortalama magnetik iletkenlik

P_v : Rotor pozisyonuna göre değişen magnetik iletkenliğin genliği

Q_{sk} : Referansa göre k.stator dişinin pozisyonu

$$Q_{sk} = \frac{2\pi k}{N_s}$$

Faz sargıları stator çevresine sinüsoidal olarak dağılmıştır.

Faz sargılarına göre k.stator dişinin sarım sayısı

$$N_{ka} = N_p \cos\left(\frac{P}{2} Q_{sk}\right)$$

$$N_{kb} = N_p \cos\left(\frac{P}{2} Q_{sk} - \pi / 2\right)$$

N_{ka} , N_{kb} a ve b faz sargılarının k.stator dışındaki sarım sayılarıdır.

N_p her fazın kutup başına sarım sayısının tepe değeri

$$V_a = r_a i_a + \frac{d\lambda_a}{dt}$$

$$V_b = i_b r_b + \frac{d\lambda_b}{dt}$$

2 faz ve daimi mıknatısın akı bağıntıları:

$$\lambda_a = L_{aa} i_a + L_{ab} i_b + L_{af} i_f$$

$$\lambda_b = L_{ba} i_a + L_{bb} i_b + L_{bf} i_f$$

$$\lambda_f = L_{fa} i_a + L_{fb} i_b + L_{ff} i_f$$

1. bölümde k.stator dışında toplam mmf:

$$F_k = F_f + N_p i_a \cos \frac{P Q_{sk}}{2} + N_p i_b \cos \left(\frac{P Q_{sk}}{2} - \frac{\pi}{2} \right)$$

2. Bölümde:

$$\bar{F}_k = -F_f + N_p i_a \cos \frac{P Q_{sk}}{2} + N_p i_b \cos \left(\frac{P Q_{sk}}{2} - \frac{\pi}{2} \right)$$

Her iki bölümden k.stator dışına gören net akı:

$$\phi_k = F_k P_k + \bar{F}_k \bar{P}_k$$

$$\phi_k = 2P_f N_p i_a \cos \frac{PQ_{sk}}{2} + 2P_f N_p i_b \cos \left(\frac{PQ_{sk}}{2} - \frac{\pi}{2} \right) + 2P_v F_f \cos N_r (\theta - \theta_{sk})$$

$$\lambda a = \sum_{k=0}^{N_s-1} N_{ka} \phi_k = \sum N_p \cos \left(\frac{PQ_{sk}}{2} \right) \phi_k$$

$$= \sum 2N_p \cos \frac{PQ_{sk}}{2} \left(N_p i_a \cos \frac{PQ_{sk}}{2} + P_f N_p i_b \cos \left(\frac{PQ_{sk}}{2} - \frac{\pi}{2} \right) + P_v F_f \cos N_r (\theta - \theta_{sk}) \right)$$

$$= \sum 2N^2_p P_f i_a \cos^2 \frac{P}{2} \left(\frac{2\pi k}{N_s} \right) + \sum 2N^2_p P_f i_b \cos \frac{P}{2} \left(\frac{2\pi k}{N_s} \right) \cdot \cos \left(\frac{P}{2} \frac{2\pi k}{N_s} - \frac{\pi}{2} \right)$$

$$+ \sum 2F_f P_v N_p \cos \frac{P}{2} \left(\frac{2\pi k}{N_s} \right) \cos N_r \left(\theta - \frac{2\pi k}{N_s} \right)$$

Eğer $N_s P'$ ye eşit değilse:

$$\sum_{k=0}^{N_s-1} \cos^2 \left(\frac{\pi k P}{N_s} \right) = \sum \frac{1}{2} \left(1 + \cos \frac{2k\pi P}{N_s} \right) = \frac{N_s}{2}$$

$$\sum_{k=0}^{N_s-1} \cos \left(\frac{\pi k P}{N_s} \right) \cos \left(\frac{\pi k P}{N_s} - \frac{\pi}{2} \right) = - \sum_{k=0}^{N_s-1} \cos \left(\frac{\pi k P}{N_s} \right) \sin \left(\frac{\pi k P}{N_s} \right) = 0$$

$$\sum \cos \left(\frac{\pi k P}{N_s} \right) \cos N_r \left(\theta - \frac{2\pi k}{N_s} \right) = (\cos N_r \theta) \frac{N_s}{2}$$

$$\lambda a = N^2_p P_f N_s i_a + N_p F_f P_v N_s \cos(N_r \theta) = N^2_p P_f N_s i_a + N_p N_r P_v N_s \cos(N_r \theta) i_f$$

$$\lambda_b = \sum_{k=0}^{N_s-1} N_{kb} \phi_k = \sum_{k=0}^{N_s-1} N_p \cos\left(\frac{PQ_{sk}}{2} - \frac{\pi}{2}\right) \phi_k$$

$$\sum_{k=0}^{N_s-1} 2N_p \sin\left(\frac{P\theta_{sk}}{2}\right) \left(P_f N_p i_a \cos\frac{P\theta_{sk}}{2} + P_f N_p i_b \cos\left(\frac{P\theta_{sk}}{2} - \frac{\pi}{2}\right) + F_f P_v \cos N_r (\theta - \theta_{sk}) \right)$$

$$\lambda_b = N^{2rb} P_f N_s i_b + F_f P_v N_p N_s \sin N_r \theta = N^2_p P_f N_s i_b + N_p N_r P_v N_s \sin(N_r \theta) i_f$$

$$\lambda_{ff} = N_f \sum_{k=0}^{N_s-1} F_f P_k = N_f F_f \sum_{k=0}^{N_s-1} (P_f + P_v \cos N_r (\theta - \theta_{sk}))$$

$$\lambda_{ff} = N_f F_f P_f N_s = N^2_f P_f N_s i_f$$

Motor Endüktansları:

$$L_{aa} = N_p^2 P_f N_s$$

$$L_{bb} = N_p^2 P_f N_s$$

$$L_{ff} = N_f^2 P_f N_s$$

$$L_{ab} = L_{ba} = 0$$

$$L_{af} = L_{fa} = N_p P_v N_s \cos N_r \theta$$

$$L_{bf} = L_{fb} = N_p P_v N_s \sin N_r \theta$$

Faz Sargılarının Gerilim Bağlılıkları:

$$V_a = i_a r_a N_p^2 P_f N_s \frac{di_a}{dt} - N_p F_f P_v N_s N_r (N_r \theta) \frac{d\theta}{dt}$$

$$V_b i_b r_b + N_p^2 P_f N_s \frac{di_b}{dt} + N_p F_f P_v N_s N_r \cos(N_r \theta) \frac{d\theta}{dt}$$

Faz akımları için Diferansiyel eşitlikler:

$$\frac{di_a}{dt} = \frac{1}{N_p^2 P_f N_s} \left(V_a - i_a r_a + N_p F_f P_v N_s N_r \sin(N_r \theta) \frac{d\theta}{dt} \right)$$

$$\frac{di_b}{dt} = \frac{1}{N_p^2 P_f N_s} \left(V_b - i_b r_b - N_p F_f P_v N_s N_r \cos(N_r \theta) \frac{d\theta}{dt} \right)$$

$$T = \frac{1}{2} \left(i_a^2 \frac{dL_{aa}}{d\theta} + i_b^2 \frac{dL_{bb}}{d\theta} + i_f^2 \frac{dL_{ff}}{d\theta} \right) + i_a i_b \frac{dL_{ab}}{d\theta} + i_b i_f \frac{dL_{bf}}{d\theta}$$

$$T = -i_a i_f N_p N_r P_v N_s N_r \sin N_r \theta + i_b i_f N_p N_r P_v N_s N_r \cos N_r \theta$$

Üç fazlı motor için gerilim denklemleri:

$$V_a = r_a i_a + N_p^2 P_f N_s \frac{di_a}{dt} - \frac{1}{2} N_p^2 P_f N_s \frac{di_b}{dt} - \frac{1}{2} N_p^2 P_f N_s \frac{di_c}{dt} = N_p F_f P_v N_s N_r \sin(N_r \theta) \frac{d\theta}{dt}$$

$$V_b = r_b i_b + N_p^2 P_f N_s \left(\frac{di_b}{dt} - \frac{1}{2} \frac{di_a}{dt} - \frac{1}{2} \frac{di_c}{dt} \right) - N_p F_f P_v N_s N_r \sin(N_r \theta - 2\pi/3) \frac{d\theta}{dt}$$

$$V_c = r_c i_c + N_p^2 P_f N_s \left(\frac{di_c}{dt} - \frac{1}{2} \frac{di_a}{dt} - \frac{1}{2} \frac{di_b}{dt} \right) - N_p F_f P_v N_s N_r \sin(N_r \theta + 2\pi/3) \frac{d\theta}{dt}$$

$$T = -N_p F_f P_v N_s N_r (i_a \sin N_r \theta + i_b \sin(N_r \theta - 2\pi/3) + i_c \sin(N_r \theta + 2\pi/3))$$

2.8. Tek Parçalı VR Adım Motorunun Temel Modeli

Saturasyon ve listerezis, Girdap akımları ihmal edildiği, stator dişlerinin mağnetik iletkenliği sinüsoidal değıştiği, stator sargılarının sinüsoidal dağıldığı kabul edilmiştir.

Motorun dört fazı olup adım açısı 15° ve 8 stator 6 rotor dişi vardır.

$$L_{aa} = L_1 + L_2 \cos 6\theta$$

$$L_{bb} = L_1 + L_2 \cos(6\theta + \pi / 2)$$

$$L_{cc} = L_1 + L_2 \cos(6\theta + \pi)$$

$$L_{dd} = L_1 + L_2 \cos(6\theta + 3\pi / 2)$$

$$L_{ab} = L_{ba} = L_3 + L_2 \cos(6\theta + \pi / 4)$$

$$L_{ca} = L_{ac} = L_2 \cos(6\theta + \pi / 2)$$

$$L_{ad} = L_{da} = -L_3 + L_2 \cos(6\theta + 3\pi / 4)$$

$$L_{bc} = L_{cb} = L_3 + L_2 \cos(6\theta + 3\pi / 4)$$

$$L_{bd} = L_{db} = L_2 \cos(6\theta + \pi)$$

$$L_{cd} = L_{dc} = L_3 + L_2 \cos(6\theta + 5\pi / 4)$$

$$L_1 - L_0 = \sqrt{2}L_3$$

L

L_0 : Her fazın kaçak endüktansı

$$I = \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \\ i_d \end{bmatrix} L = \begin{bmatrix} L_{aa} & L_{ab} & L_{ac} & L_{ad} \\ L_{ba} & L_{bb} & L_{bc} & L_{bd} \\ L_{ca} & L_{cb} & L_{cc} & L_{cd} \\ L_{da} & L_{db} & L_{dc} & L_{dd} \end{bmatrix} V_R = \begin{bmatrix} V_a - i_a r_a \\ V_b - i_b r_b \\ V_c - i_c r_c \\ V_d - i_d r_d \end{bmatrix} .$$

$$\frac{dL}{d\theta} = -L_2 \begin{bmatrix} \sin 6\theta & \sin(6\theta + \pi/2) & \sin(6\theta + \pi/2) & \sin(6\theta + 3\pi/4) \\ \sin(6\theta + \pi/4) & \sin(6\theta + \pi/2) & \sin(6\theta + 3\pi/4) & \sin(6\theta + \pi) \\ \sin(6\theta + \pi/2) & \sin(6\theta + 3\pi/4) & \sin(6\theta + \pi) & \sin(6\theta + 5\pi/4) \\ \sin(6\theta + 3\pi/4) & \sin(6\theta + \pi) & \sin(6\theta + 5\pi/4) & \sin(6\theta + 3\pi/2) \end{bmatrix}$$

$$\frac{d\theta}{dt} = \omega \text{ Rotorun açısal hızı:}$$

$$\frac{dI}{dt} = L^{-1} \left(V_R - \frac{d\theta}{dt} \frac{dL}{d\theta} I \right)$$

$$T = \frac{1}{2} I' \frac{dL}{d\theta} I = \frac{1}{2} \sum_j \sum_k i_k i_j \frac{dL_{jk}}{d\theta}$$

$$T = -3L_2 (i_a^2 \sin 6\theta + i_b^2 \sin(6\theta + \pi/2) + i_c^2 \sin(6\theta + \pi) + i_d^2 \sin(6\theta + 3\pi/2))$$

$$+ 2i_a i_b \sin(6\theta + \pi/4) + 2i_a i_c \sin(6\theta + \pi/2) + 2i_a i_d \sin(6\theta + 3\pi/4)$$

$$+ 2i_b i_c \sin(6\theta + 3\pi/4) + 2i_b i_d \sin(6\theta + \pi) + 2i_c i_d \sin(6\theta + 5\pi/4)$$

2.9. VR ve PM Tek Parçalı Adım Motorlarının Statik Moment Hesabı

Adım motorunun rotoru 5, statoru 4 dişlidir.

$$F_0 = \frac{\sum i = 4 \quad 1 P_i F_i + P_m F_m}{\sum i = 4 \quad 1 P_i + P_m}$$

$$\phi_i = (F_i - F_0)P_i \quad i = 1, 2, 3, 4$$

$$T = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^4 \frac{\phi_i^2}{P_i^2} \frac{\partial P_i}{\partial Q_m} = \frac{N_R}{2} \sum_{i=1}^4 (F_i - F_0)^2 \frac{\partial P_i}{\partial Q_e}$$

$$P_1 = P_0 + P \cos \theta_e + P_4 \cos 4\theta_e$$

$$P_2 = P_0 + P \sin \theta_e + P_4 \cos 4\theta_e$$

$$P_3 = P_0 + P \cos \theta_e + P_4 \cos 4\theta_e$$

2.10.Kapasitif Yayıcıya Dayalı Adım Motor Kontrolü

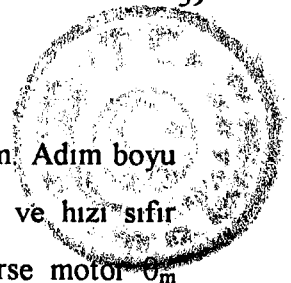
Şekil 2.19’da pozisyon geri beslemeli koşma modunda motorun üç fazının anahtarlanmasını kontrol etmek ve motorun uygun açıda yavaşlamaya başlayacağı zamanı tesbit etmek için kullanılır. Eğer bu açı uygun seçilir ve motor verilen hız profilini izleyecek şekilde hareket ettirilirse motor ve yük hızı sıfır olduğunda istenen pozisyonda durdurulabilir.

Hız geri beslemesi iki yolla kullanılır. Koşma modunda hız elektronik olarak üretilen hız profili ile karşılaştırılır ve bu karşılaştırmanın sonucu adım motorunun her fazında akımı kontrol etmek için kullanılır. Frenleme modunda hız sinyali elektronik frenleme için kullanılır.

2.10.1.Faz Anahtarlama Kontrolü

Pozisyon geri beslemeli üç gerilim dalga şekli içeren kapasitif yayıcı ile elde edilir. Şekil 3’te adım motor moment eğrileri basitlik amacıyla (θ) nın üçgen fonksiyonu olarak çizilmiştir. Eğer adım motorunun üç fazı yayıcı dalga şekilleri ile Şekil 3’teki gibi anahtarlanırsa motor sürücü devre tipine ve gerilimine yüke bağlı bir hızla CW yönünde koşar. Şekil 4’teki gibi kumanda edilirse motor aynı yönde fakat aynı yük sürücü devre ve gerilimi için daha hızlı koşar. Motoru hareket ettiren hızlandırma momenti Şekil 3 için Şekil 4’tekinden daha büyüktür. Eğer Şekil 3’teki yayıcı dalga şekilleri ters çevrilirse, ters çevrilmeden önceki hızda fakat ters yönde (CCW) koşar. Daha hızlı koşmak için Şekil 4’teki durum ters çevrilemez fakat Şekil 5’teki durum kullanılır. Şekil 3 1 durumu, tersi 4 durumu, Şekil 4 2 durumu tersi 3 durumu, Şekil 5 5 durumu tersi 6 durumu olarak adlandırılır.

2 durumunda CW yönünde motorun koştuğunu farzedip durdurmak istersek ters durum olan 3 durumuna geçmeliyiz. 4 durumuna geçilirse motora ters moment uygulamaya devam edilir. Şayet sistem 4 durumunda bırakılırsa motorun hızı sıfıra kadar azalacak ve ters yönde (CCW) hızlanmaya başlayacak B ve C fazlarının



enerjilenmesiyle elde edilen θ_m kilitlenme noktasında durdurmak istiyelim. Adım boyu θ_s 'dir. Şayet motorun hızı $\theta_m - 1,5\theta_s < \theta < \theta_m + 1,5\theta_s$ için sıfır olur ve hızı sıfır olduğunda 4 durumundan B ve C fazının enerjilendiği durumu geçilirse motor θ_m civarında sönümlü osilasyon yapar. Eğer motor A ve B fazının enerjilenmesi ile elde edilen θ_0 kilitlenme pozisyonundan θ_m ' e hareket ettirilmek istenirse faz anahtarlama kontrolörü önce A ve B “on” durumundan 1’e sonra 2’ye sonra 4’ ve son olarak B ve C “on” durumuna anahtarlmalıdır. A ve B “on” dan 1 durumuna ilk anahtarlama mikroişlemciden gelen başlangıç sinyali ile başlatılır. Hız kontrolöründen gelen $|W| > |W_1|$ veya $|W| < |W_1|$ sinyaline göre 1 durumundan 2,3 durumundan 4 durumuna anahtarlama zamanlaması yapılır.

Hız kontrolöründen gelen $|w| = 0$ sinyaline göre de 4 durumundan B ve C “on” durumuna geçilir. $(\theta_m - \theta_0 - \theta_d) / \theta_s = nd$ adım sayısı girişini alan anahtarlama kontrolörü yayıcı darbelerini nd 'ye kadar sayarak motorun yavaşlatılmasını başlatır.

2.10.2.Hız Kontrolü

Kapasitif yayıcıdan alınan hız geri beslemesi 4 gerilim dalga şekli içerir bunlardan biri motor hızı olan $w(t)$ ile orantılıdır. Bu dalga şekli elektronik olarak üretilen hız profili $w(t)$ ile karşılaştırılır ve fark işaret “on” durumundaki fazın akımını kontrol etmek için kullanılır. $W(t)$ ve $w(t)$, $W(t) - w(t)$ - $W(t)$ kontrol işaretlerini üretmek için karşılaştırılır.

$0 \leq t \leq t_d$ için SW1 “on2, SWw ve SW3 “off” ve $W(t) - w(t)$ işareti kuvvetlendirilip “on” durumundaki fazın akım seviyesini kontrol etmek için kullanılır. Bu sırada eğer $w(t) < W(t)$ ise kontrol sistemi $w(t)$ ile $W(t)$ arasındaki farkı azaltmak için motor sürücüsünün akım seviyesini artırır. Eğer $w(t) > W(t)$ ise sürücü akımı kesilir ve motor ile yük sabit hızla hareket ederler. $t_d \leq k \leq t$ ($w=0$) anında SW2 “on”, SW1 ve SW3 “off” ve $w(t) - W(t)$ kuvvetlendirilip faz akımını kontrol etmek için kullanılır.

$w(t) > W(t)$ olduğunda kontrol sistemi $w(t)$ ile $W(t)$ arasındaki farkı azaltmak için akımı artırır. $W(t) < W(t)$ ise akım kesilir. $w(t) = 0$ iken, SW2 ve SW1 “off”, SW3 “on2, istenen kilitleme pozisyonunu yaratan fazlar “on” durumunda ve frenleme sinyali “on” durumundaki fazların akımlarını kontrol eder.

Kapasitif yayıcıdan elde edilen diğer 3 geri besleme işareti (W_A , W_B , W_C) sinüzoidal olup poleriteleri rotor ters döndüğünde değişir ve A, B, C moment eğrileri ile aynı sıfırdan geçişe sahiptir. W_A , W_B , W_C frenleme sırasında motorun iki faz akımı modüle eder. Frenleme için A ve B fazları “on” durumunda iken w_C , A ve C fazları “on” durumunda iken, w_b , B ve C fazları “on” durumunda iken, W_A ile “on” durumundaki faz akımları modüle edilir.

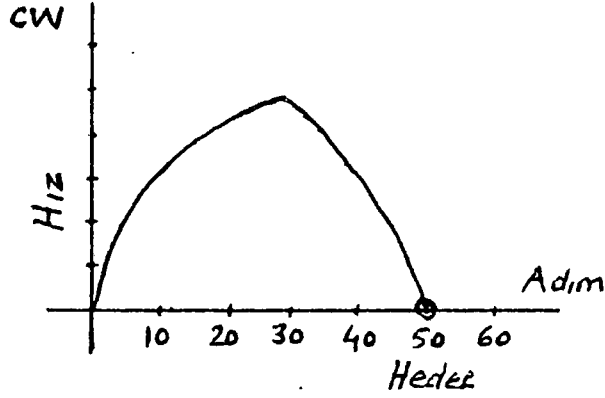
2.10.3.Sürücü Devre

Q_1 , Q_2 , Q_3 Transistörleri faz anahtarlama kontrolörü ile kesime veya ilettime sokulur. Q_4 , Q_5 , Q_6 , R_1 , R_2 , R_3 hissedici dirençleri ile “on” durumundaki motor fazlarını akımlarını kontrol etmede kıyma hızı devrenin zaman sabiti ile belirlenen kıyıcı olarak kullanılır. Q_1 ve Q_4 “on” durumunda iken, akım Q_1 “on” durumunda kaldığı sürece Q_1 ve D_1 içinden akar. Bu devrenin düşük direnci ve motorun yüksek endüktansı nedeni ile akımın azalma hızı düşüktür. Böylece Q_1 , Q_2 , Q_3 iletiminde iken Q_4 , Q_5 , Q_6 hem ilettime, hem kesime geçer.

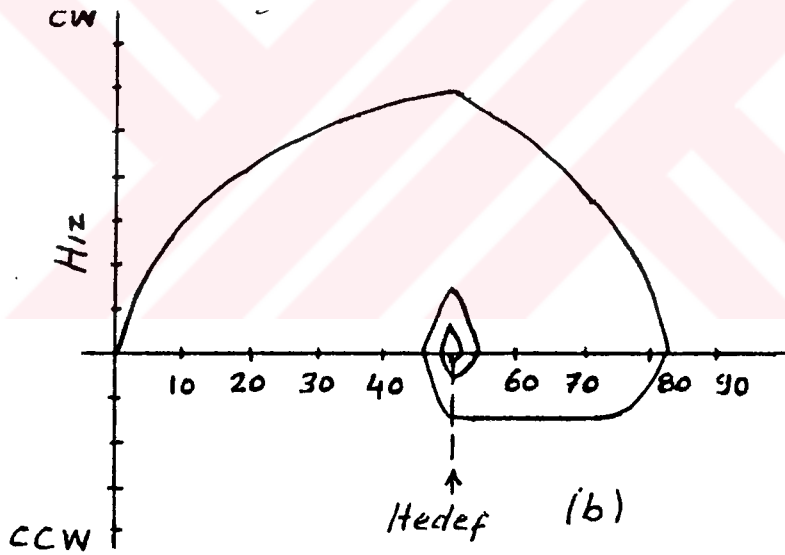
Q_1 kesime geçirilmek istenirse akım D_4 , zener diyot, güç kaynağı ve D_1 içinden aktığından hızla azalır.

2.11. Adım Motorunun Mikro İşlemci İle Kontrolü:

Açık çevrimli kontrol rezonans ve stabilitesizliğe neden olmaktadır. Kapalı çevrim kontrolü hem stabil çalışmayı hem de çok yüksek hızlarda çalışmayı ve hızlı ivedilendirmeyi sağlar.



Şekil 2.28. ((a) Hız-adım eğrisi)



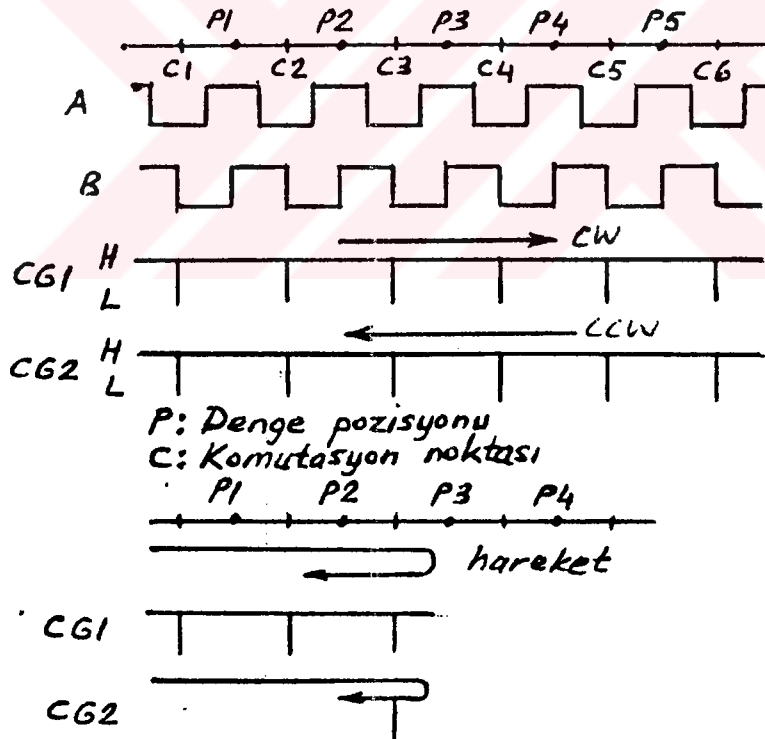
Şekil 2.28. ((b) Hız adım eğrisi)

Yukarıdaki şekilde adım motorunun kapalı çevrimde iki hız konum eğrisi gösterilmiştir. Şekil 2.27 (a) eğrisinde motor hızlandırıldıktan sonra en uygun zamanda yavaşlatılmış ve tam istenen konumda durdurulmuştur. Şekil 2.27 (b) eğrisinde ise durdurulması istenen konumda motor yavaşlatıldığı için ve motorun eylemsizliği yüzünden bir defada durdurulmamıştır. Motora akupile kontaklayıcıdan gelen pozisyon

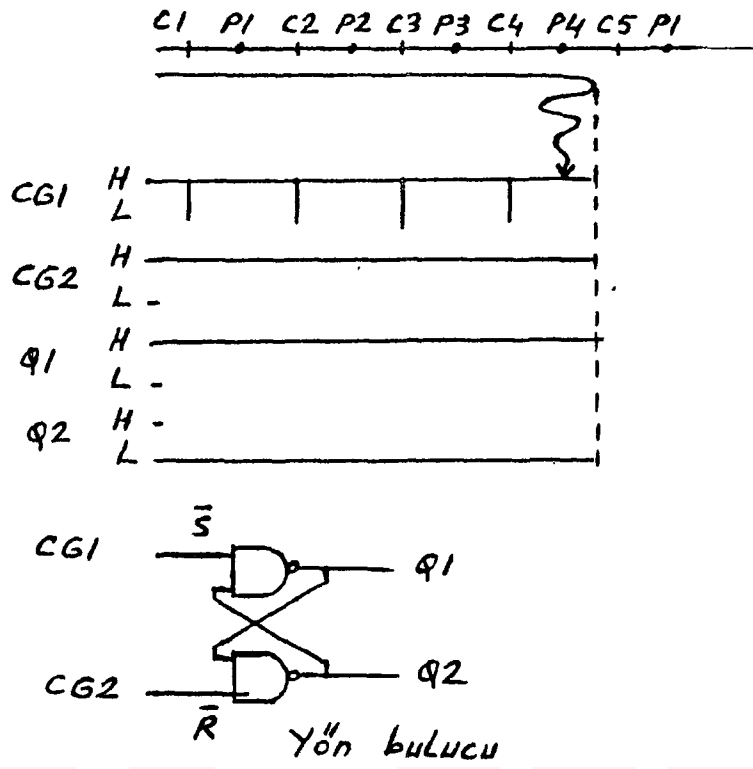
işareti ve hızlanma yavaşlama için en uygun zamanları verilen programa göre hesaplayan mikroişlemciden gelen işaret motorun kumanda edilmesinde kullanılır.

Rotora bağlı pozisyon kodlayıcısı üç çıkışlı optik kodlayıcıdır. Çıkışlardan biri referans pozisyonudur. Bir diğeri işlemci birimi çıkışında kullanılan saat darbelerini üretmek için kullanılır. Bir önceki çıkışa göre fazı 90° kaydırılan bir diğeri çıkış ise dönme yönünü saptamakta kullanılır. Saat darbeleri bu sistemde iki faz "on" durumunun denge noktalarında iki saat jeneratörü ile üretilir.

Dönüm yönünü bulmak için flip-flop kullanılır. CG1 sıfıra düştüğünde Q1 durumu bir olur. CG1'den gelen diğeri darbeler Q1 ve Q2'nin durumunu değiştiremez. CCW yönünde C3 noktasında geçinceye değin flip-flop'un Q1 çıkışı bir seviyesinde kalır. Motor C3 noktasından CCW yönünde geçerken CG2 bir darbe üretir ve Q1 çıkışı sıfır Q2 çıkışı bir olur. Denge noktasındaki osilasyon yön bulucunun durumunu değiştirmez.



Şekil 2.29. (Optik pozisyon kodlayıcı çıkışı)



Şekil 2.30. (Yön bulucu)

3.ELEKTRİKSEL ISI İLETİMİ

3.1.Elektriksel Isı İletimi

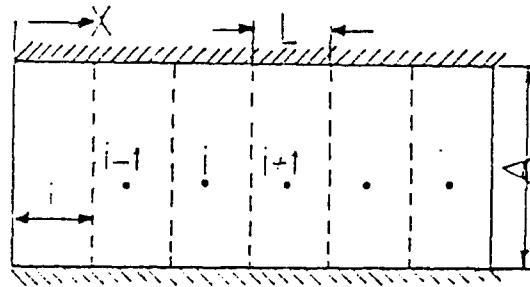
Elektriksel ısı iletimi incelemesinde iki yaklaşım önemlidir. Şekil 3.1’de ısı akışının yalnız “X” yönünde olduğu yalıtılmış, bir çubuk görülmektedir. Buradan sıcaklık-uzunluk-zaman arasında şöyle bir bağlantı vardır.

$$k \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = c_p \cdot g \cdot \frac{\partial T}{\partial t} \quad (3.1)$$

Aynı şekil endüktif olmayan bir elektrik kablosu olarak düşünülürse, bu durumda gerilim-uzunluk-zaman arasında (3.2) denklemi söz konusudur.

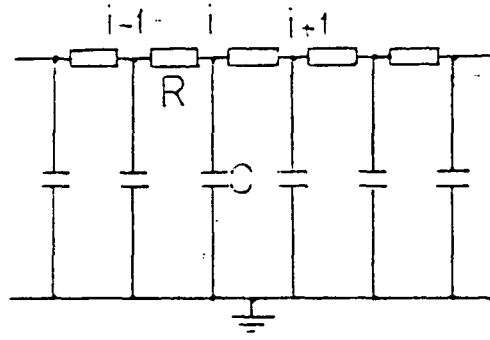
$$\frac{1}{k} \cdot \frac{\partial^2 e}{\partial x^2} = C_e \cdot \frac{\partial e}{\partial t} \quad (3.2)$$

Bu iki denklem karşılaştırılırsa her ikisinin de aynı olduğu görülür. O halde çubuk (ana sistem) için elektrik kablosunu analog sistem olarak kullanabiliriz. Her durum için kablo aramak zahmetli olduğundan elektrik mühendisliğinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemle başvurulur.



Şekil 3.1. Yalıtılmış Çubuk, Isı Akışı X yönünde

Şekil 3.1’de noktalı çizgilerle gösterildiği gibi çubuk n (şekilde 6) kısma ayrılır. Kablonun her bir kısmındaki elektriksel özelliklerin hem kısımların merkezinde, hem de eksen boyunca yoğunlaştığı düşünülebilir. Böylece şekil 3.2.’deki devre oluşur.



Şekil 3.2.Kablo Devresi

Atılacak adımlar sırasıyla;

- Ana sistem saptanır,
- Analog sistem belirlenir,
- Sürekli sistem yerine yığılmış sistem dizayn edilir,
- Yığılmış sistem üzerinden ölçümler yapılır,
- Sonuçlar sürekli ana sistem için yorumlanır.

Bunun yanında kavramsal olarak tamamen farklı bir yaklaşımla pratik olarak (3.1) nolu denklemin yerine zamanı sürekli tutarak sonlu farklar yaklaşımı koymak “i” noktası için (3.3) nolu denklemi verir.

$$\frac{k.A}{L^2} [(T_{i-1} - T_i) - (T_i - T_{i+1})] = cp.g. \frac{dT}{dT} \quad (3.3)$$

Bu denklem Şekil 3.1’deki “i” kısmı için ısı dengesini ifade eder. “i” noktası için kirchoff kanunu yazılırsa;

$$\frac{1}{R} [ce_{i-1} - e_i) - (e_i - e_{i+1})] = c. \frac{dei}{dt} \quad (3.4)$$

Yine (3.3) ve (3.4) denklemlerinin kıyaslanması aralarındaki benzerliği gösterir. Buradaki mantıksal sıra şöyledir;

- Ana sistem saptama
- Kısmi diferansiyel denklemin yerine sonlu farklar yaklaşımını koyma (kısımları ayırma ve yığma)

Ana sistem için yazılan sonlu farklar denklemi ile aynı denkleme sahip elektrik devresini oluşturmak.

- Bu devrenin üzerinden ölçümler yapma
- Sonuçların ana sistem için yorumlanması

3.2.İletim Levhaları

İki boyutlu problemlerde iletim levhalarının kullanımı pek çok açıdan uygundur. Değişik şekilleri elde etmek kolaydır. Levhalar ana sistemin şekline uygun ölçekte kesilebilir. Levhalar karelerin iki ters yüzü arasındaki direnci belirten “kare direnci” ile karakterize edilir. Kare direncin değeri kare boyutundan bağımsızdır. Levhanın iletim yüzeyinin dirençliliği K ve levha kalınlığı S ise kare direncin değeri (3.1) denklemindeki gibidir.

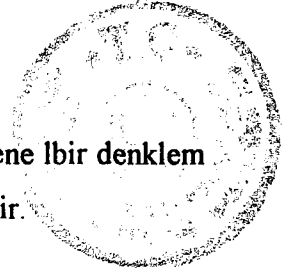
$$K' = \frac{S}{K} \quad (3.5)$$

Levha malzemesi olarak bazen metal folyo kullanılır. Fakat (3.5) nolu bağlantıdan görüldüğü üzere K' nın düşük değerlerine ulaşmak için çok ince folyolar kullanılmalıdır. Grafik kaplı kağıt iletim tabakaları da kullanışlıdır. Teledeltos kağıdı ve iletim kağıdı bunun iki örneğidir. Bunlar $\frac{1}{1000}$ ve $\frac{1}{10000}$ ($1/\Omega$) arası kare dirence sahiptirler. Bu kağıtlar hem doğru, hem alternatif akımda kullanılabilir.

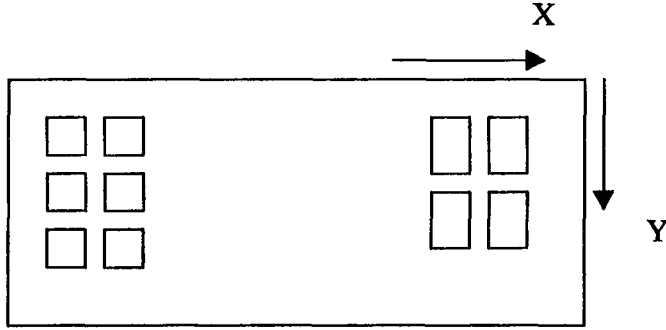
Uygulanan gerilim izin verilebilir değerde sınırlandırılır ki buda levhanın izin verilebilir sıcaklık artışı ile sınırlandırılmıştır.

Elektrodlar birbirinden L mesafede bir dikdörtgen için uygulanabilir maksimum gerilim

$$e_{\max} = \sqrt{WA.L.1/K'}$$



burada WA levhanının izin verilebilir güç yoğunludur. Düzensiz şekiller için gene lbr denklem yoktur. Fakat şekil yaklaşık bir dikdörtgene benzetilerek tahminde bulunulabilir.



Şekil 3.3. İzotropik Olmayan Malzemenin Isıl İletkenlik Gösterimi

Elektrodlar genellikle gümüş boyalarla boyanmıştır. Bir başka yöntemde levhayı düz bir yüzeye yerleştirip elektrodları metal şeritler halinde buna preslemektir. Isıl iletkenlikteki yerel değişimler levhalarda oyuklar açarak gösterilir. Şekil 3.1.'de aynı zamanda izotropik olmayan malzemeleri göstermekte kullanılabilecek bir yerleşim gösterilmiştir. Şeklin sol yarısındaki kare oyuklar orta kısma nazaran izotropik olmayan bir malzemeyi göstermektedir, sağ yana doğru dikdörtgen oyuklar yönüne göre "x" yönünde daha fazla iletkenliğe sahip izotropik olmayan bir malzemeyi göstermektedir.

İletim levhaları içinde önemli bir yer tutan teledeltos kağıdı üzerinde yapılan bir çalışmada yaklaşık $1/2000$ ($1/\Omega$)'luk kare dirence sahip kağıt kullanılmıştır. 86 cm genişliğindeki kağıdın yaklaşık 10 m. uzunluğundaki bir parçası incelenmiş ve K' direnci 100'den fazla yerde ölçülmüştür. Ölçülen en büyük değer $\frac{1}{2590}$ ($1/\Omega$) ve en küçük değer

$\frac{1}{1840} \left(\frac{1}{\Omega} \right)$ olmuştur. Bu sonuç K' 'nin gelişigüzel değişmediğini gösterir. K' direnci kağıdı

haddeleme yönüne bağlıdır. Bu duruma göre K' değerini sıralarsak;

$$K' = \frac{1}{2030} \pm \%9$$

veya çapraz yönde;

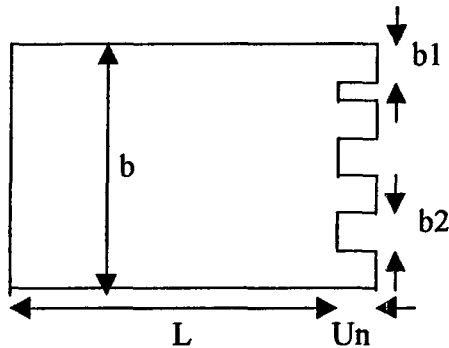
$$K' = \frac{1}{2360} \pm \%10 \text{ olduğu görülür.}$$

Bu durum izotrop olmayan bir model için ölçek değişikliği yardımı ile kolayca giderilebilir. Basit bir inceleme ile hadde yönündeki koordinatın bir kat sayı ile çarpılması gerektiği ortaya çıkar.

$$k = \sqrt{K' \text{ boyuna} / K' \text{ çapraz}} \quad (3.6)$$

Her iki yönde kalan $\pm \% 10$ 'luk değişme oldukça büyüktür. Ancak K' 'nin değişimi çok yavaş olduğundan, bu fark sadece çok büyük modellerde ortaya çıkar. Bundan başka çapraz yöndeki değişim daima aynıdır. Yani K' kağıt şeridin bir kenarında maksimum değerde diğer kenarında da minimum değerdedir. Dönel simetri durumlarda modelin içindeki direnç değişimi kolaylıkla $\pm \% 4$ olacak şekilde düzeltilebilir. Yüzeyi 0.5 m^2 civarında düzlemsel modeller $\pm \% 7$ oranında bir direnç değişimine göre hesaplanmalıdır.

Teledeltos kağıdının sınırlı bir hassasiyeti vardır. Elverişli olmayan durumlarda hatalı ölçülen ısılar bütün ısı farkının $\pm \% 2.5$ oranı göz önüne alınarak hesaplanmalıdır. Isı iletim katsayısını göstermek için iki yöntem kullanılabilir. Bu birinci olarak ısı iletim katsayısına sahip yüzeyi gösteren uçtaki elektrodların boyanması, ikincisi ise Şekil 2.2'de gösterildiği gibi kağıt bir yönde belli uzunlukta kesilerek yapılabilir.



Şekil 3.4. Isı İletim Katsayısı Gösterimi

Şu da belirtilmelidir ki b_1 genişliği ne kadar büyükse çözüm hassasiyeti o kadar azalır, fakat küçük b_1 'de kesim sırasında b_1 'e göre b_2 genişliğinin ihmal edilmesini daha az kabul edilebilir kılar.

$$L_h = \frac{k}{h} \cdot GF \cdot \frac{b_1}{b_1 + b_2} \quad (3.7)$$

denklemden görüldüğü gibi kesimleri genişleterek (b_2 yi artırarak) L_h uzunluğu azaltılabilir, fakat bu genişleme sırasında hatalara yol açar.

Isı transfer direncini iki kısımda ifade edebiliriz;

- 1- Levhada dikdörtgenler keserek cisme uygun yapmak,
- 2- Bir dış dirence bağlı elektrod uygulayarak.

İletim levhaları halinde eğer akımların ölçülmesi zorunluysa boyut faktörleri arasında V_f gerilim faktörü R_f direnç faktörü, I_f akım faktörü olmak üzere

$$V_f = R_f \cdot I_f \quad (3.8)$$

bağıntısı vardır.

İki boyutlu hal için

$$R_f = K' \cdot k \quad (3.9)$$

denklemini kullanabilir.

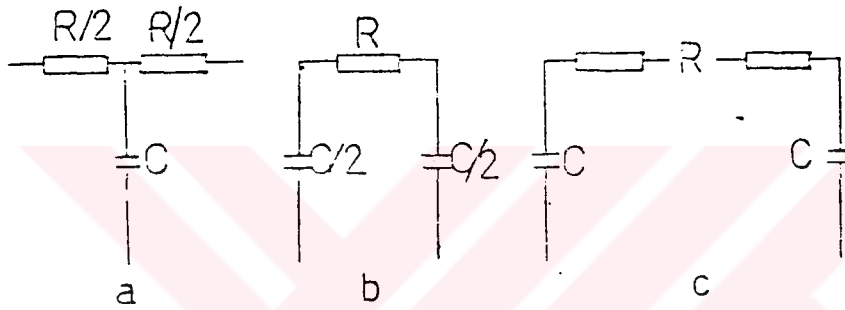
3.3.Devre Benzeşimleri

Şebeke tipi elektrikli model daha ziyade geçici rejimde kompleks problemler için kullanılır .Modelde söz konusu bölge nümerik metotta olduğu gibi bölünür. Böylece kısmi diferansiyel denklem yerine sonlu farklar ikame edilir ve potansiyeller bütün sahada değil mazi noktalarda ölçülür. Saha seri halde dirençlerle bölünür ve merkezlerine kondansatörler

yerleştirilir. Kararlı rejim için yalnız dirençler kullanılır ve geçici rejim için temel sistemde iç enerji değişimlerine benzer olarak kondansatörler ilave edilerek bunlar doldurulur veya boşaltılır. Üniform veya üniform olmayan ısı kaynakları için noktasal olanlarda bazı noktalara, dağılmış olanlarda bütün noktalara gerilim uygulanır. Şunu da belirtmek gerekir ki bir termal sistemle bir boyutlu akım taşıyan iletkenlerden yapılmış bir şebeke arasında hiç bir benzerlik yoktur.

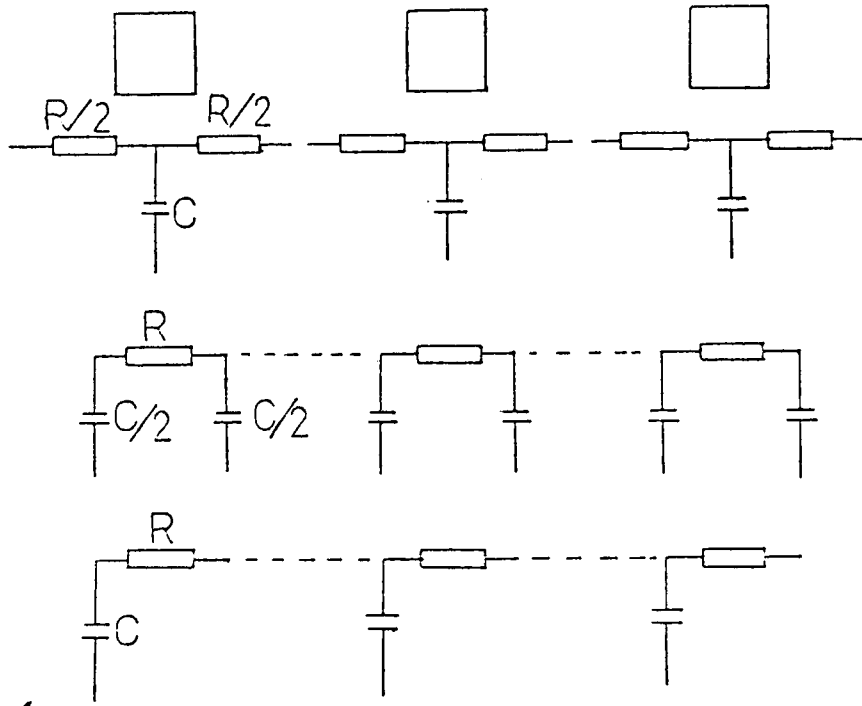
3.3.1.R-C Devreleri

Şekil 3.5'deki yığılmış devreleri kullanarak bir parçanın gösterilmesi için üç yöntem ifade etmektedir.



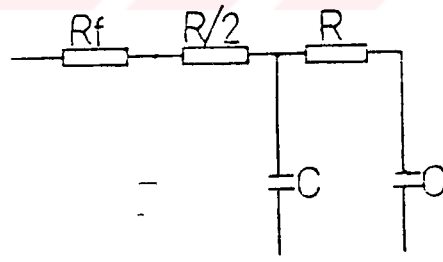
Şekil 3.5. Yığılmış Devre Örnekleri

“T” yığılma şeklindeki (a) devresinde kapasite parçanın ortasına yerleştirilmiştir. “π” yığılmalı (b) devresinde kapasiteler parçanın her iki ucundadır. “r” yığılmalı (c) devresinde ise (Şekilde iki alternatif vardır) iç kapasite direncin sonuna yerleştirilmiştir. Bu üç yöntemde de hem toplam direnç, hem toplam kapasite aynıdır. Şekil 3.6’de görüldüğü gibi bu üç yöntem devre içinde aynı şekilde kapasiteler ve dirençler yaratırlar, noktalı çizgiler bölümden bölüme bağlantıları gösterir. Fakat yalnız yığma yöntemlerinin direnç sonlu ve kapasite sonlu olarak nitelenmesi önerilir.



Şekil 3.6. Yığma Yöntemleri

Newton yasasına göre yüzeydeki ısınma veya soğuma yüzeye bir direnç ilave edilerek gösterilir. “T” yığma halinde bu “sınır direnci” R_s tüm devrenin son yarı direncine bağlanabilir. Bu hal şekil 3.7’de görülmektedir.



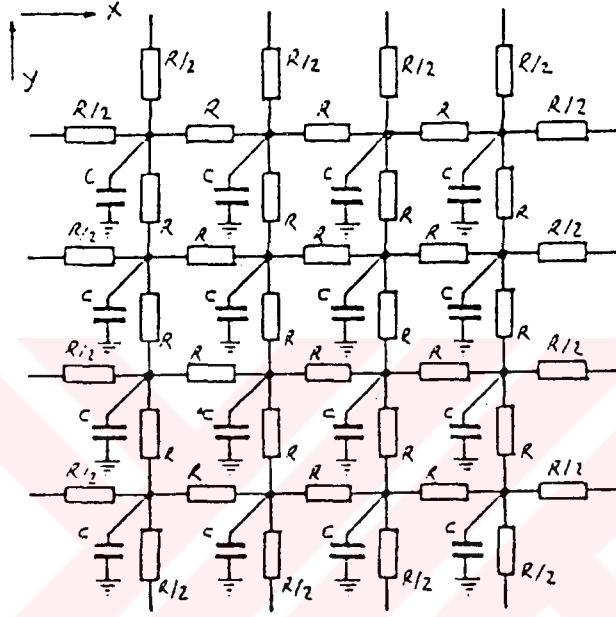
Şekil 3.7. “T” Yığma Şekli

Bunun yanında yüzeydeki şartlar önemli ise daha doğru sonuçlar elde etmek için “ π ” yığma uygulanmalıdır.

Şimdi üzerinde ısı akışının x ve y yönünde olduğu bir çubuğu göz önüne alalım. Eğer çubukta herhangi bir A kesitinin dikdörtgen olduğunu ve dikdörtgenin iki yüzünün yalıtıldığını varsayarsak, iki boyutlu ısı iletimi haline ulaşmış oluruz. “T” yığma kullanarak

Şekil 3.8'deki devreyi elde edebiliriz .Burada görüldüğü gibi kapasitelerin negatif kutupları toprağa bağlanmıştır. x ve y yönündeki dirençler eşit olmak zorunda değildir. Bunu aşağıda açıklayacağız.

İki boyutlu halden üç boyutlu hale geçmek için yalnız bir adım vardır. Kartezyen koordinatlarda üç eksenli ısı geçişini simgeleyen altı direncin birleşim noktasına bir kapasite konulmuştur.



Şekil 3.8. İki Boyutlu "T" Yığma devresi

Her üç doğrultudaki (x,y,z) bölüm sayısını eşit ve "m" olarak kabul edersek bir iki ve üç boyutlu devrelerdeki elemanların sayısı için 3.1 nolu tablo elde edilebilir. m'in uygun değeri için genel bir ifade vermek mümkün değildir. Seçim istenen hassasiyete, şeklin karışıklığına, ana sistemin oluşumuna (tek malzeme kompozit cisim) bağlıdır. Fakat $m = 6$, $m = 10$ gibi çok sınırlı sayılarda bile üç boyutlu şebekeler için gerekli direnç sayısı "Cognac" yönteminin kullanılmayacağı kadar artar.

Boyut Sayısı	Direnç Sayısı		Kapasite Sayısı	
	T	II	T	II
1	$m+1$	m	m	$m+1$
2	$2m(m+1)$	$2m(m+1)$	m^2	$(m+1)^2$
3	$3m^2(m+1)$	$3m(m+1)^2$	m^3	$(m+1)^3$

Tablo 3.1.Eleman Sayıları (Her Yönde m bölüm için)

3.3.1.1.Boyut Faktörünün Saptanması

Beş boyut faktörü saptanmalıdır. Zaman boyutu için bir Tf, bileşenler için Cf ve Rf ve iki tanede Vf ve If okumalarını açıklamak için ilk üç tanesini şu şekilde bağlayabiliriz.

$$Tf = Rf \cdot Cf \quad (3.10)$$

Rf, Vf ve If arasında ise ohm kanununa benzer şekilde;

$$Vf = Rf \cdot If \quad (3.11)$$

bağıntısını yazabiliriz. Ana sistemle aynı boyutta ve K (elektrik dirençlilik) ve Ce (elektrik kapasite) elektriksel özelliklerine sahip endüktif olmayan bir elektrik kablosuna ait boyut faktörler şu şekilde yazılabilir.

$$Rf = K \cdot k \quad (3.12)$$

$$cf = \frac{ce}{cp \cdot g} \quad (3.13)$$

K ve Ce ana sistemin elektriksel özellikleri değildir. Fakat boyutları ana sistemindekine eşit hayali bir kablonun elektriksel özellikleridir. Rf ve Cf kesit alanı A ve L uzunluğunun tek boyutlu bölümünü simgeleyen direnç ve kapasiteye dayanarak da tanımlanabilir. Eğer kesiti aynı şekildeki devre elemanları ile göstermek istersek Rf ve Cf; R₁ ve C₁ sırasıyla (3.14) ve (3.15) nolu eşitliklerle birbirine bağlanabilirler. Burada V bölümün hacmidir.

$$R_1 = \frac{RF}{k} \cdot \frac{L}{A} \quad (3.14)$$

$$C_1 = Cf \cdot (cp \cdot g) \cdot L \cdot A = Cf \cdot (cp) \cdot V \quad (3.15)$$

3.3.1.2.Devrenin Hesaplanması

Zaman faktörü T_f (3.16) nolu ifadeden bulunur. Burada e ve h indisleri sırasıyla elektrik ve ısı için konmuştur.

$$T_f = \frac{t_e}{t_h} \quad (3.16)$$

Ana sistemde (ısı) eleman uzunlukları biliniyor kabul edilir, hesaplama için istenen işlem zamanı ise benzeşik sistemin tasarımına ve bileşenlerin (direnç ve kapasiteler) elde edilebilirliğine bağlıdır. “ t_e ” nin seçimi zorunlu olarak elde edilebilir ölçüm aletlerine bağlıdır. “ t_e ” nin gerçek değeri çok geniş aralıktır. Bazen 5’ten 10 dakikaya kadar değerler kullanılır. Diğer yandan birkaç milisaniye mertebesinde değerlerde kullanılır.

Daha uzun süreler daha çok kapasite ve direnç gerektirir ve bu nedenle daha pahalıdır. Fakat bunlarla daha basit ölçüm teknikleri kullanılabilir. Hepsinin ötesinde eğer problem sıcaklığa bağlı özellikleri içeriyorsa ve özellik-sıcaklık fonksiyonu bir durumdan diğerine değişiyorsa daha uzun ölçüm zamanı zorunludur. Milisaniye mertebesinde ölçüm yapan bilgisayarlar bu bir hesaplamadan diğerine değişen özellik durumlarına uygun değildir.

Elektrik zamanı seçildikten sonra, yani T_f belirlendikten sonra T_f belirlendikten sonra R_f ve C_f nin bulunmasına geçilebilir. C_f , R_f den birisi rastgele seçilebilir ve diğeri denklem (3.10)’den bulunabilir. Mümkün olduğunca büyük kapasitelerde çalışmak pek çok açıdan uygun olduğundan şöyle bir yöntem uygulanabilir Ana sistemin toplam hacmi V_{top} saptanır (Burada üniform bir cisim alınmıştır ve kompleks hale kolayca geçilebilir). Denklem (3.15) de $L.A$ yerine toplam hacmi koyarak ve C_1 yerinede toplam elde edilebilir Kapasite değerini koyarak C_f değeri bulunabilir. Bu değeri kullanmadan önce C_1 değerinin sık sık oluşan bölüm için uygun genlikte olacak şekilde biraz küçültülmesi uygun olabilir. Bu da kesirli sayılarda

olmamalıdır. Çünkü ayarlaması çok zaman alır. Cf böylece bulunduktan sonra (3.10) nolu denklemden Rf bulunabilir. Bundan sonra R değerinin uygunluğu (3.14) denkleminde kontrol edilmelidir. Eğer uygun değilse değiştirilmelidir. Eğer direnç çok büyük değerde çıkarmış ise daha küçük hesap zamanı (Tf) kullanılmalıdır. Eğer direnç çok küçük olmuşsa Cf değeri küçültülebilir. Bu işlemleri yaparken kapasite ve direnç değerlerinin üretim standartlarının bilinmesinin önemi çok büyüktür. Örneğin dirençler E6, E2, E24 ve E96 olmak üzere dört standartta üretilirler. Dirençler ve kapasitelere ait bilgiler ekler bölümünde verilecektir. Cf ve Rf saptandıktan sonra Vf ve If'e geçilir. Bu iki boyut faktörü (3.17) ve (3.18) nolu denklemlerden sırasıyla bulunabilir.

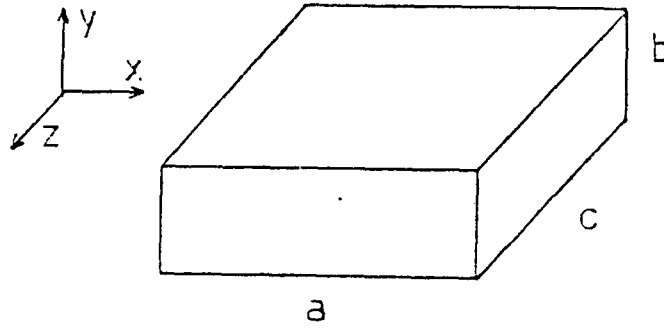
$$V_f = \frac{e}{\Delta T} \quad (3.17)$$

Burada ΔT sistemde herhangi bir anda oluşan sıcaklık farkı, e gerilimdir.

$$I_f = \frac{i}{q} \quad (3.18)$$

Burada da q ısı akışı, i elektrik akımıdır.

Pek çok durumda Vf'nin seçilmesi uygundur. Ana sistemdeki maksimum sıcaklık farkı ve benzeşik sistemin çalışacağı maksimum gerilim bilinmektedir. Ve Vf kolayca bulunur. Bundan sonra (3.11) nolu denklemden If bulunur. Eğer sonuçta elde edilen akım ölçüm için çok küçük veya dirençlerin aşırı yüklenmesine yol açacak kadar büyükse Rf'e geri dönmek gerekli olabilir. If'deki değişiklik Cf'de hatta aynı zamanda Tf'de yeniden seçimi gerekli kılabilir. Ayrıca seçim yapılırken direncin büyüklüğü (güç bakımından) göz önüne alınmalıdır. Buna göre direnç üzerinden gelen akımla ısınacak ve değeri değişecektir. Bu nedenle hem toleransı hem de bulunabilirliği açısından ¼ Watt ila 1 watt güce sahip dirençlerin seçilmesi faydalı olabilecektir.



Şekil 3.9. Ortogonal Koordinat Sistemi

Şekil 3.9 ortogonal koordinat sistemi içinde bir bölüm tüm boyut faktörleri saptandıktan sonra (3.14) ve (3.15) nolu denklemler kullanılarak tüm direnç ve kapasiteler bulunmalıdır. Şekil 3.9'daki gibi kartezyen koordinat sisteminde bir bölüm ele alalım. Bu sistemin ısı iletkenliği “k” ve hacimsel özgül ısısı “Cp . g” içeren üç boyutlu bir devrede direnç ve kapasiteleri bir direnç faktörü Rf ve bir kapasite faktörü cf ile aşağıdaki gibi yazabiliriz.

$$R_x = \frac{R_f}{k} \cdot \frac{a}{b \cdot c}$$

$$R_y = \frac{R_f}{k} \cdot \frac{b}{a \cdot c}$$

$$R_z = \frac{R_f}{k} \cdot \frac{c}{a \cdot b}$$

(3.19)

3.3.1.3.Silindir ve Küre

Çok uzun bir silindir (eksenel akışı olmayan) ve bir küre tek boyutlu problem olarak kabul edilebilir (Tüm çevre etrafında simetri var kabul edilerek).

$R_1 ; R_2, \dots, R_n$ dirençleri o bölümün L/A arasında (denklem (3.14)'e göre) değerleri alırlar. Böylece eğer kapasiteler bölümlerin ortasına yerleştirilirse L her zaman Δr 'ye eşittir.

A 'nın değeri r_n ile orantılıdır. Buradan

$$R_1 : R_2 : R_3 = 1 : 1/3 : 1/5 : \dots \quad (3.20)$$

$$R_1 = \frac{R_f}{k} \cdot \frac{\Delta r}{0.5 r} \quad (3.21)$$

Kapasiteler her bölümün alanı ile orantılıdır. Co kapasitesi (3.22) nolu denklemde bulunabilir.



$$C_o = (C_f \cdot C_p \cdot g) \left(\frac{\Delta r}{2} \right)^2 \quad (3.22)$$

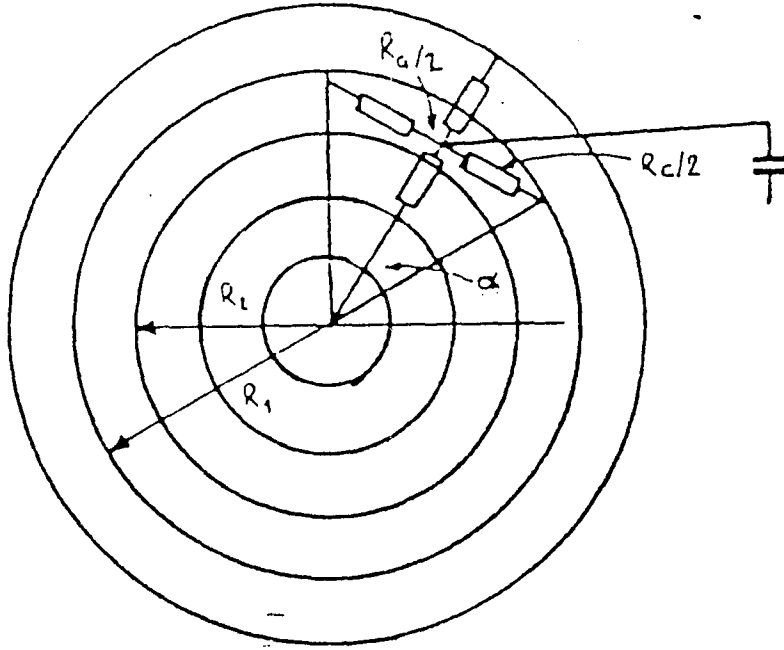
sonraki kapasiteler kesit alanı büyüdüğü için artar. Alan oranları (Yani kapasite oranı) şöyle bulunur.

$$C_o : C_1 : C_2 : C_3 : \dots = 0.25 : 2 : 4 : 6 : \dots \quad (3.23)$$

Silindirlerde iki boyutlu problemler iki türdür. Çevrede üniform şartlar fakat sonlu uzunluğa sahip silindirler veya uzun silindirler (eksener akış olmayan) fakat çevrede düzgün olmayan şartlar örneğin farklı çevre sıcaklığı veya dış çevrede üniform olmayan ısı taşınım katsayısı veya yerel ısı kaynakları) birinci tür radyal simetri fakat eksenel akışlı hal için Şekil 3.7'dakinin aynısı iki boyutlu devre kullanılır .Fakat bölümler eşit olsa bile dirençler ve kapasiteler bölümden bölüme farklıdır .Radyal dirençler eksenden dışa doğru 1 : 1/3 : 1/5 oranına göre azalır. Kesit alanı ile ters orantılı eksenel dirençler kapasitelerinkine ters bir oranla değişir.

$$R_o : R_1 : R_2 : \dots = 1 : 1/8 : 1/16 : 1/24 : \dots \quad (3.24)$$

Eğer dairesel simetri yoksa Şekil 3.10'Daki bölümlere ortaya çıkar. Dirençler ve kapasiteler (3.14) ve (3.15) nolu denklemlerden hesaplanır.



Şekil 3.10. Evrensel Simetriye Sahip Olmayan Silindir Bölümü

Radyal ve çevresel dirençler için hacim uzunluk ve alan değerleri Tablo 3.2'de gösterilmiştir.

	Alan	Uzunluk
Ra direnci	$0.5(R_1 + R_2)^2 \cdot \pi \cdot \alpha / 360$	$R_1 - R_2$
Rc direnci	$(R_1^2 - R_2^2) \cdot \pi$	$0.5(R_1 + R_2) \cdot \pi \alpha / 360$
Hacim	$(R_1^2 - R_2^2) \cdot \pi \cdot \alpha \cdot 360$	

Tablo 3.2. Çevresel Olarak Üniform Olmayan Bölümlere için, Alan Uzunluk, Hacim Denklemleri

Şekil 3.10'daki çevresel bölümlere durumunda küçük bölüm boyutu dikdörtgenel bölümlerdekinden daha önemlidir. Eğer bir problemde hem çevresel farklı dağılım hem de sonlu uzunluk birlikte yer alıyorsa problemin üç boyutlu hale gelmesi kaçınılmazdır.

3.3.1.4.Sınır Şartları

Sınır şartları şu şekilde gösterilir; eğer yüzey sıcaklığı verilmişse gerilimler yüzey düğümlerine uygulanır. Bu gerilimler üniform olmak zorunda değildir. Ve uygun elemanlarla zamana bağlı bir fonksiyon haline getirilebilirler. Eğer sınır şartları yüzeye gelen ya da yüzeyi terk eden ısı akışı olarak veriliyorsa bu yüzey düğümlerine gönderilen yada düğümlerden uzaklaşan akımla gösterilir. Bu akımın miktarı akım faktöründen bulunur, bunu kullanabilmek içinse her düğümün gösterdiği ısı akılarının bulunması gereklidir. Eğer Newtonien bir akış mevcutsa örneğin ana sistemde sabit ısı iletim katsayısı varsa öyle ki yüzeyden olan ısı akışı her zaman yüzeyle çevre arasındaki sıcaklık farkı ile orantılıysa yüzeye A bölümün alanı olmak üzere;

$$R = R_f \cdot (h \cdot A) \quad (3.25)$$

değerinde ve yüzey düğümünde biten bir direnç eklenir. Eğer cisim ısı kaynağı veya kuyuları içeriyorsa, akım kuyunun bulunduğu alandaki bölümlere uygulanmalıdır. Eğer üretilen ısı “q” (Kcal/m³-saat) ve düğüm hacmi “V” (m³) ise maruz bırakılan akım “q.v” ısı akışına karşı gelir ve (3.18) nolu denklemden doğrudan hesaplanabilir.

3.3.1.5.Birleşik Cisimler

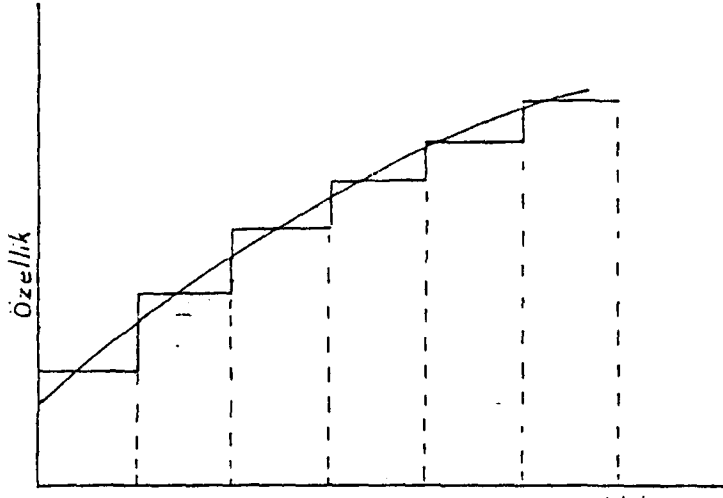
Bu hal için hatırlamak gerekir ki R_f ve C_f tüm hesaplar için verilmiştir. Bir problemde farklı malzemelerle karşılaşıldığında bunların k, c_p, g değerleri karşılıklı olarak verilmiş olmalıdır. Eşit geometriye, fakat farklı malzemelere sahip iki bölüm direnç ve kapasite değerleri şöyle bulunur (burada 1 ve 2 indisleri iki malzemeyi tanımlar):

$$R_1 \cdot k_1 = R_2 \cdot k_2$$

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{(C_p \cdot g)_1}{(C_p \cdot g)_2} \quad (3.26)$$

3.3.1.6.Basamak Eğrileri

Bazı tip cisimleri göstermek için özellik (iletkenlik, hacimsel özgül ısı, ısı iletim katsayısı) - Sıcaklık eğrileri basamak eğrisi haline getirilir.



Şekil 3.11. Özellik-Sıcaklık Fonksiyonu

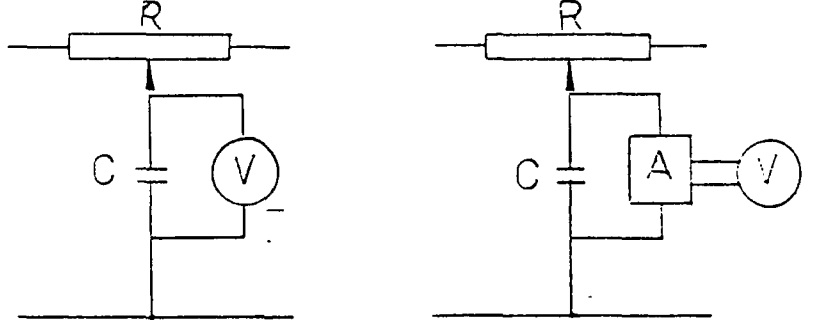
Eğer özellikler zamana bağlı fonksiyonlar olarak verilmişse basamaklama uygun zamanlarda basamak değerini değiştirerek yapılabilir. Ama özellikler sıcaklığın fonksiyonu olarak verilmişse Şekil 3.11’de görüldüğü gibi düğümsel gerilim bir değere ulaştığında her bir düğümün özelliğini değiştirecek bir özellik değiştiriciye ihtiyaç vardır. (Örnek olarak bu işlem çeşitli rölelerin kontaklarıyla direnç ve kapasitelerin seri ve paralel bağlanmasının role bobinine giden gerilim kontrolü aracılığıyla yapılabilir).

Eğer verilmiş problemde özellikler sıcaklığın fonksiyonu olarak verilmişse tüm özelliklerin adımları gerilim (sıcaklığın) ayın artışında yapılması halinde donanımdan ekonomi sağlanır. Burada birleşik cisim halinde boyut faktörleri R_f ve C_f ’nin sabit kaldığı unutulmamalıdır. Eğer iletkenlik iki değeri k_a ve k_b , hacimsel özgül ısının iki değeri $(C_p \cdot g)_a$ ve $(C_p \cdot g)_b$ ise bu adım için elektrik direncin ve kapasitenin değeri şöyle hesaplanır.

$$\frac{R_a}{R_b} = \frac{k_b}{k_a} \quad ; \quad \frac{C_a}{C_b} = \frac{(C_p \cdot g)_a}{(C_p \cdot g)_b} \quad (3.27)$$

3.3.1.7.Ölçümler

Analog hesaplamaların sonuçları genellikle sıcaklık-zaman ve ısı akışı-zaman eğrilerine temsil eden gerilim-zaman veya akım-zaman eğrilerini içerir. Ölçüm cihazları devre üzerine doğrudan bağlanamaz, çünkü onların iç direnci sonuçları bozacaktır.



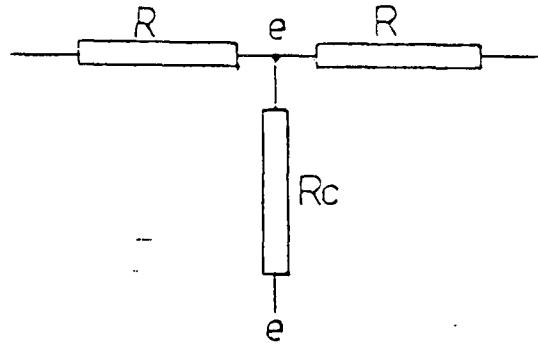
Şekil 3.12. Çıkış Ölçü Aletleri

Özellikle bir voltmetre devre üzerine doğrudan bağlanamaz. (Şekil 3.12.a) çünkü onun iç direnci kapasiteye paralel direnç oluşturarak ciddi bir sızıntı yolu oluşturacaktır. Bunun yerine bir doğru akım kuvvetlendiricisi "A" bağlanabilir ki, (Şekil 3.12.b) sırayla voltmetreyi beslerler. Geniş bir devrede birkaç sıcaklık eğrisi alındığında zaman bölücü-ayırıcı kuvvetlendiricilerle bir avantaj elde edilir. Bu düğüm üzerindeki boşalım gerçekte ölçmeleri yapmayı gerektiren zamandan daha azdır. Eğer kayıtlar yapılacaksa, bu işlem analog girişlere sahip bir bilgisayar tarafından kolaylıkla kontrol ve kayıt yapılabilir.

Bu devrelerde kullanılacak kapasiteler 5-10 μf seviyelerinden ve metalize polyester vb. tiplerden seçilmelidir. Toleranslarına dikkat edileceği için değerleri ölçülerek kullanılmalıdır. Toleransların büyüklüğünden dolayı elektrolitik kapasitelerden seçilmelidir.

3.3.2.R-R Devreleri(Liebmann Yöntemi)

İyi kapasitelerin ilk zamanlarda bulunması ve pahalı oluşları Liebmann'ın geçiş problemlerinin çözümünde saf direnç devrelerini geliştirmeye yöneltti. Verilmiş bir genlikte akım bir direnç üzerine gerilim uygulayarak elde edilebilir. Liebmann böylece Şekil 3.13'deki devreyi geliştirmiştir. R direnci Şekil 3.4'dekilerle aynı fonksiyona sahiptir. Burada kapasite yerine R_c direnci vardır.



Şekil 3.13. R-R Devresi

Zaman ölçeklendikten sonra RC 'nin verilen değeri için e gerilimi öyle ayarlanabilir ki $(e; -e)$ gerilim farkı aynı zaman aralığında kapasiteye akan ortalama akıma eşit bir akımı Şekil 3.13 R-R devresi R_c üzerinden geçirir. Liebmann altında yatan prensiptir. R_c 'yi ayarlamak yerine, tatbiki e sabit tutulabilir. Burada en önemli özellik zamanı iyi ölçeklenmesi ve kapasite kullanılmasından kaçınmaktır. Farklı termal özellikler sonucu ortaya çıkan değişken parametreler, direnç değerlerinin yeniden oluşturulması için gerekecek kadar zaman kullanarak çözümlenir.

3.4. Birleştirilmiş Yöntemler (Cognac)

Üç boyutlu problemler için çok sayıda dirence ihtiyaç vardır ve geçiş problemlerinin çözümünde saf geometrik yöntemlerin kurulamayışı bir birleşik yöntemin geliştirilmesine neden olmuştur. Bu yöntemde ısı depolaması devre olduğu gibi yığma şeklinde gösterilirken ısı iletim bir süreklilik içinde gösterilir. Bir sıra metalik kapasite birleştiriciler bir hazne içine geometrik yöntemle olduğu gibi batırılır. İki boyutlu çalışmalar için birleştiriciler silindir ve üç boyutlu küre kullanılır. Şekil 3.14'de böyle bir sıra gösterilmektedir. Netlik için tüm küreler gösterilmiştir. Her bir kapasite bağlayıcı için hazne dışına yerleştirilen bir kapasite yalıtılmış telle bağlanmıştır. Bütün kapasitelerin negatif kutupları güç kaynağın negatif kutbuna bağlanmıştır.

3.5. Bileşik Isı ve Kütle Akışı İçin Elektriksel Benzeşim

Her ne kadar aynı denkleme tabi analog fiziksel sürekli sistemleri her zaman bilinmiyorsa da ısı değiştiricilerdeki ısı iletim denklemleri analog kompütürlerde kolayca çözümlenebilir.



3.5.1. Borulu Isı Değiştiriciler

Borulu bir ısı değiştiricisinde “sıc” indisi sıcak, “soğ” indisi soğuk sıvıyı gösteriyor olsun. Soğuk sıvı için iki ok mevcuttur. Bunlardan birincisi (soğ₁) paralel akış için, diğeri (soğ₂) ters akış için kullanılır.

Isı değiştiricisinin uzunluğu boyunca herhangi bir Δx elemanı alıp bunun uzunluğu sıfıra götürürsek sıcak (3.28) ve soğuk (3.29) akışkan dengesi elde edilir.

$$-W_{sıc}.Cp_{sıc} \cdot \frac{dT_{sıc}}{dx} = U.P.(T_{sıc} - T_{soğ}) \quad (3.28)$$

$$\pm W_{sağ}.Cp_{soğ} \cdot \frac{dT_{soğ}}{dx} = U.P.(T_{sıc} - T_{soğ}) \quad (3.29)$$

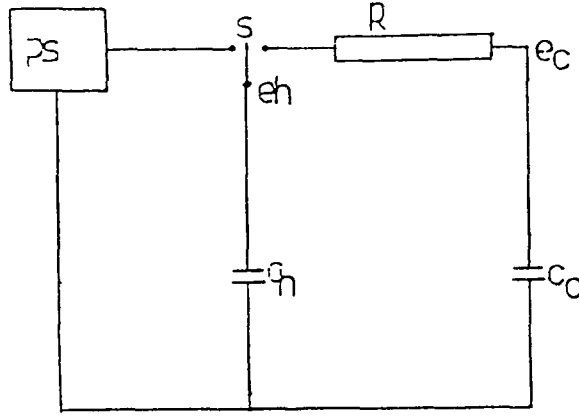
Burada U birim uzunluk için ısı iletim katsayısı, P ise ısıtılan çevredir. (3.29) Nolu denklemde pozitif işaret paralel akışı, negatif işaretse ters akış için konulmuştur.

Şekil 3.14’Daki devre için benzer şekilde

$$-C_{sıc} \frac{desıc}{dt} = \frac{1}{R}(e_{sıc} - e_{soğ}) \quad (3.30)$$

$$\pm C_{soğ} \frac{desoğ}{dt} = \frac{1}{R}(e_{sıc} - e_{soğ}) \quad (3.31)$$

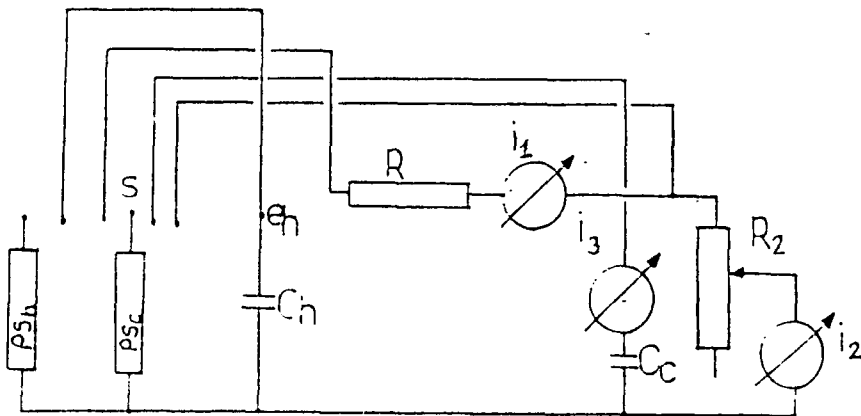
elde edilir. Bu denklemleri yukarıda iki denklemle kıyaslırsak tam bir benzerlik ortaya çıkar.



Şekil 3.14. Paralel Akışlı Isı Değiştirici

3.5.2. Ters Akışlı Isı Değiştiricileri

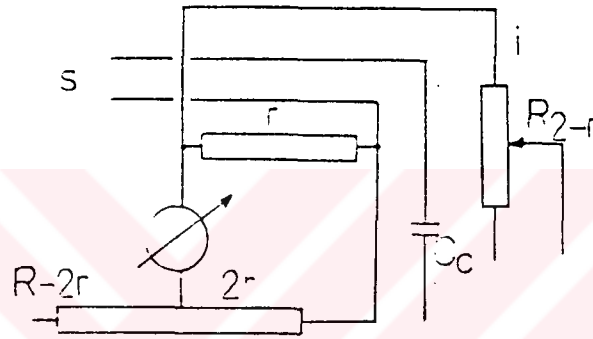
Ters akışlı ısı değiştiricileri için Şekil 3.15'deki devre kullanılabilir. Ancak R_2 nin ayarlanması ile I_2 akımı her zaman I_1 değerinin iki katı tutulmalıdır. Bu cümlemin ispatı (3.30) ve (3.31) denkleminin sol tarafları eşitlenerek yapılabilir. Her iki tarafta negatif olduğundan akım her iki kapasiteden aynı anda, ancak ek bir direnç sağlayarak akar ve I_1 ve I_3 akımları eşit olduğundan I_2 akımı iki katı kadar büyük olmalıdır. Hesaplama her iki akışkanın değiştiricinin aynı ucundaki ilk şartıyla başlatılmalıdır. Soğuk akışkanın giriş sıcaklığını referans olarak kullanmak uygundur. Öyle ki soğuk ve sıcak akışkanların giriş sıcaklıkları arasındaki fark gerilim %100 olarak gösterilsin. Paralel akışlı değiştiricilerde bu basitçe $C_{sıc}$ 'ın bu gerilimde ön yükselmesiyle sağlanır.



Şekil 3.15. Ters Akışlı Isı Değiştirici Devresi

Hesaplama , makaslama anahtarının (s) güç kaynağından R'ye getirilmesiyle başlar ve başlangıcından yüksüz olduğu için soğuk kapasite her zaman R'ye bağlanabilir. Yük C_{sic} dan Csağ'a akar ve esic esag gerilimleri gözlenir. Ters akışlı değıştirici halinde soğuk akışkan sıcak akışkanın giriş ucundan çıkmaktadır.

Bu yüzden hem C_{sic} , hem de Csağ R'den hesaplama başlangıcına kadar ayrılmalıdır; her iki kapasite örneğinin bu uçtaki gaz sıcaklığına, örneğin sıcak akışkanın giriş sıcaklığı ve soğuk akışkanın çıkış sıcaklığı, karşılık gelen gerilimlerle ön yüklenmelidir. Çıkış sıcaklığı bilinmiyorsa (örneğin değıştirici boyu öngörölmüş ve çıkış sıcaklığı bulunacaksa) önce bir tahmin yapılır, deneme-yanılma metodu uygulanır.



Şekil 3.16. Ters Akışlı Isı Değıştirici Devresi

Eğer bunun sonucunda çıkış sıcaklığı verilmiş uzunluk için sıfır çıkmazsa farklı bir tahmin ile hesaplama tekrarlanmalıdır. İki ampermetre (I_1 ve I_2) okuma gerekliliğinden kurtulmak için R, $C_{soğ}$ ve R_2 arasındaki bağlantı Şekil 3.16'deki gibi düzenlenebilir. Burada Şekil 3.15'deki her iki ampermetre atılmış ve $R_2 - r$ ayarlamasıyla sıfır okumada sabit tutulan bir tek akım elemanı ilave edilmiştir.

3.6. Akışkan Akımı Benzeşimi

Akışkanlar mekaniği sahası güç, sürekli rejim ısı kondüksiyon problemlerinde en çok kullanılan yöntem akışkan akımı analogisidir. Burada bazı sürekli rejim ve iki boyutlu problemler aynı saha modelinde ideal bir sıvının irrotasyonel akımı ile çözülebilir. Bu analogi ile analog ısıl sistemde adyabatik noktalar kolaylıkla göz önüne çıkarılır.

Hidrodinamiğin elementer teorisinden bilinir ki, sıkıştırılamayan ideal bir akışkanda hız bileşenleri $u = V_x$ ve $v = V_y$ süreklilik denklemini

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (3.32)$$

sağlamalıdır. Bu süreklilik denklemine göre bir $\psi(x, y)$ fonksiyonu mevcut olmalıdır ki bunun için $v dx - u dy$ tam diferansiyeldir. Böylece

$$\partial\psi = \frac{\partial\psi}{\partial x} dx + \frac{\partial\psi}{\partial y} dy = v dx - u dy \quad (3.33)$$

olur ve onun için

$$u = \frac{\partial\psi}{\partial y} ; \quad \frac{\partial u}{\partial y} = - \frac{\partial^2\psi}{\partial y^2}$$

dir. Fakat eğer akım irrotasyonel ise $\frac{\partial u}{\partial y} = \frac{\partial v}{\partial x}$ dir, ve buna göre:

$$\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial y^2} = 0 \quad (3.34)$$

olur. ψ 'ye akış fonksiyonu denir ve $\psi = \text{st}$ eğrilerine akış iplikleri denir.

ψ fonksiyonunun konjügesine hız potansiyeli denir; bu hız potansiyeli de Laplace denklemini gerçekleştirmelidir. Bu yüzden akış fonksiyonu hız potansiyeli sabit eğrileri

birbirine ortogonaldır. Akışkan akım analoji akış fonksiyonu ve hız potansiyelinde olduğu gibi ısı akış fonksiyonu ve sıcaklık potansiyelinin Laplace denklemini gerçekleşmesinden doğar. Onun için akış iplikleri sahada ısı akışına ve hız potansiyeli sıcaklık potansiyeline analogtur ve sabit hız potansiyeli izotermallere tekabül eder. Fakat akış iplikleri görülebilir hale getirildiği için buna analog olan ısı akış hataları varsayımla göz önüne getirilebilir. Amaç söz konusu bölgede yaklaşık ortalama irrotasyonel bir akım meydana getirmek, bu akımın akış ipliklerinin fotoğrafını çekmek ve bunları benzer adyabatik hatlar olarak almaktır .

Hidrodinamik analoji ilk defa İngiliz fizikçisi Lord Kelvin (1824-1907) ve aynı devrede diğer bilginler tarafından bulunmuş ve ilk defa Hele-shaw ve arkadaşları tarafından elektromagnetik saha teorisi için başarıyla kullanılmış ve Moore tarafından diğer sahalarda kullanılmıştır. Moore cihazında ideal akışkan için su veya gliserol kullanmıştır. Akış 1/6'lık iki cam ve dış taşı levha arasında teşkil edilmiştir. Akış ipliklerinin görülmesi için potasyum permanganat kristalleri ilave edilmiştir. Bu kristaller eriyerek renkli, gözle görülebilen akış ipliklerini meydana getirir. Bu akış ipliklerinin değerlendirilmesi için fotoğrafı çekilir.

Akışkan akımı analojisi en çok sürekli rejimde uniform kondüktiviteye ve belli sınır sıcaklıklarına sahip sistemlerde faydalıdır. Bununla beraber analoji noktasal ısı kaynağı sistemleri ve Moore'un kum yatağı metodu ile dağılmış ısı kaynağına sahip sistemlere tatbik edilebilir.

3.7.Zar Benzeşimi

Zar analojisi elastiside olayının bir neticesidir. Zar analojisini açıklamak için elastik ve ağırlığı olmayan ve uçlarından kenar gerilmesi ile kapalı bir sınır zarı göz önüne alabiliriz. Zar taraftan fazla P basıncı ile gerilmiştir ve bu basınç ve s sınırdaki gerilmelerle dengededir. Bu halde zar yüzeyi (x, y)'nin karakteristik diferansiyel denklemini zarın bir diferansiyel elemanın statik denge denklemlerini yazarak elde ederiz. Diferansiyel eleman göz önüne alınırsa, bu elemanın kenarlarındaki çekme gerilmelerinin yüzey gerilmesi dolayısıyla olduğu görülebilir. Biz bu gerilmeyi bütün noktalarda aynı almaktayız. Eğer z (x, y) sapmaları küçük ise bu kenar kuvvetleri τdx ve τdy dir. Burada τ zarın sabit yüzey gerilimidir. Aşağıya doğru olan kuvvet bileşeni F_1 , yukarı doğru olan kuvvet bileşeni F_2 ' dir.

$$F_1 = \tau dy \cdot \sin \theta$$

(3.35)

$$F_2 = \tau dy \cdot \sin \gamma$$

θ ve γ , x ve x+dx mesafelerinde eğimlerdir. Aradaki fark $-\left(\frac{\partial^2 z}{\partial x^2}\right) \cdot dx$ 'dir. Buna göre

$\gamma = \theta + \left(-\frac{\partial^2 z}{\partial x^2}\right) \cdot dx$ yazılabilir. Hesaplamalarda küçük eğimler söz konusu olacağından

sinüsler küçüktür ve bunlar yerine açılar alınabilir.

$$F_1 = \tau dy \sin \theta = \tau dy \theta$$

(3.36)

$$F_2 = \tau dy \sin \gamma = \tau dy \left(\theta - \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} dx \right)$$

Geri kalan iki yüzeydeki kuvvetlerin düşey bileşenleri için,

$$F_3 = \tau dx \sin \theta' = \tau dx \theta'$$

$$F_4 = \tau dx \sin \gamma' = \tau dx \left(\theta' - \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} dy \right)$$

(3.37)

Bütün düşey kuvvetlerin toplamı statik denge için sıfır olmalıdır.

Buna göre:

$$\tau dy \theta - \tau dy \left(\theta - \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} dx \right) + \tau dx \theta' - \tau dx \left(\theta' - \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} dy \right) + p dx dy = 0 \quad (3.38)$$

veya

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} - \frac{P}{\tau} = 0 \quad (3.39)$$

bulunur. bu denklem küçük $z(x, y)$ sapmaları için sabit τ yüzey gerilimine sahip bir zarda P basıncında kısmi diferansiyel denklemdir.

Zar analojisi 1950 yılında ilk kez Wilson ve Miles tarafından Laplace denklemini gerçekleştiren kararlı rejim sıcaklık sahalarına uygulanmıştır .1952’de analoji uniform ısı neşreden veya alan sistemlere uygulanmıştır.

3.8.Dağılmış Isı Kaynağı Sistemlerinde Zar Analojisi

Bu halde eğer sistem üniform iletkenlikte ve ısı yayılımı üniform ise sıcaklık 3.30’daki Poission denklemini gerçekleştirmelidir. Buna göre sıcaklık sahası $T(x, y)$ ile zar sapmaları $z(x, y)$ arasındaki analoji 3.41’deki gibi olur.

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{q'}{k} = 0 \quad (3.40)$$

$$T(x, y) = \left(\frac{q'}{k} \right) \left(\frac{\tau}{P} \right) z(x, y) \quad (3.41)$$

Gerilmiş zarın sınırları geometrik olarak iletim sahasını sınırla benzeri olmalı ve T_1 sınır sıcaklıklarını gerçekleştirmek için zar sınırlarını uygun bir ölçekte, örneğin $z_1 = CT_1$ olarak genişletilmelidir.

Kantitatif neticeler elde etmek için P ve τ veya $\frac{P}{\tau}$ oranı ölçülmelidir. Bu oran ilk kez sabun filmi ile doğru olarak ölçülmüştür. Dairevi yardımcı sınırdaki gerilmiş zarda film ve sınır arasındaki çekme kuvvetinin düşey bileşeni;

$$F \sin \beta_a = \tau (2 \cdot \pi \cdot r_{a1}) \sin \beta_a \quad (3.43)$$

dir. $\sin \beta_a$ değeri β_a 'nın ölçülen değerinden bulunmalıdır. Eğer sabun malzemesi yardımcı ve esas hal için aynı basınçlar da aynı ise $(P/\tau) = (P/\tau)_a$ dır.

Bu yolla P/τ nun ölçülmesi β_a 'nın tam ölçülmesine bağlıdır. Deneysel gerilme analizi için basınçlı film kullanan bir çok araştırmacı maksimum açığı tayin etmek için optik usuller kullanmaktadırlar. Tek bir hat ışığı sınıra tutulur ve bunun sapmasından β_a ölçülür. Fakat bu şekilde açı ölçümü hatalıdır .Çünkü sabun filmi sınıra tam yapışmayıp sınır üzerine nüfuz eder. Buna göre ışık sınırdan biraz yukarı tutulmalı ve β_a az ölçülmüş olunmalıdır.

3.9. Isı Neşretmeyen Sistemler İçin Zar Analojisi

Sıfır gerilim basıncı halindeki zar özel bir haldir ve bu durumda kendi ağırlığı ile sarkan zarda küçük $z(x, y)$ sapmaları 3.44 diferansiyel denklemini gerçekleştirir.

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} = 0 \quad (3.44)$$

bu denkleme göre sıfır basınçlı bir filmde $z(x, y)$ nin x ve y 'ye göre ikinci türevleri toplamı sıfırdır. Buna göre, Wilson ve Miles ısı kaynağı olmayan ve üniform iletim olan sahalarda sıcaklık dağılımı Laplace denklemiyle belirtildiği için bunun sıfır basınçlı sabun filmi ile benzer olduğunu söylemişlerdir. Bu halde bağıntı;

$$T(x, y) = z(x, y) \quad (3.45)$$

şeklinde. Sınır sıcaklıkları yine z_1 yüksekliği $z_1 = CT_1$ olarak ayarlanır.

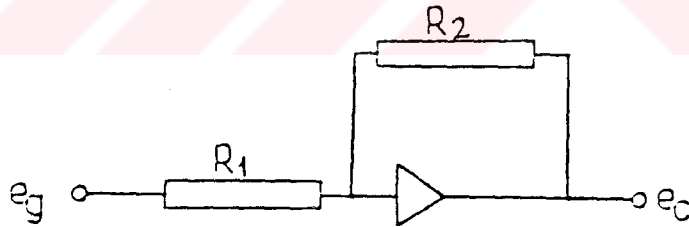
Üniform sıcaklıklar için çözüm

$$T = T_1 - (T_1 - T_2) \frac{\ln(r/r_1)}{\ln(r_2/r_1)}$$

ile mukayese edilmektedir.

3.10. Isı İletim Problemlerinin Çözümünde Endirek Analog Kompüterlerin Kullanımı

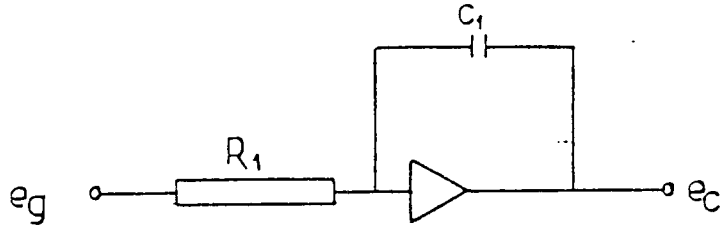
Isı iletim problemleri aktif elemanlı (endirek) analoglarla veya diferansiyel analizörlerle de çözümlenebilir. Bu yöntemin analoglarının kullanışı kısaca anlatılması yerinde olur. Bu tip yükselticiler doğru akımla çalışır ve geniş giriş empedansına (fakat direk analoglarda gerilim ölçümünde kullanılanlar kadar değil) ve de 15.000 civarında kazançla sahiptir. Uygulamalı yükselticiler genellikle sadece matematiksel işlem değil, aynı zamanda işaret değişimide sağlarlar.



Şekil 3.17. En Direk Analogta Giriş ve Çıkış Gerilimleri

Şekil 3.17'e göre ikiside toprakla ölçülmüş gerilim bağlantısı; e_c çıkış gerilimi, e_g girişi gerilimi olmak üzere (3.47)'daki gibidir.

$$e_c = -\frac{R_2}{R_1} \cdot e_g \quad (3.47)$$

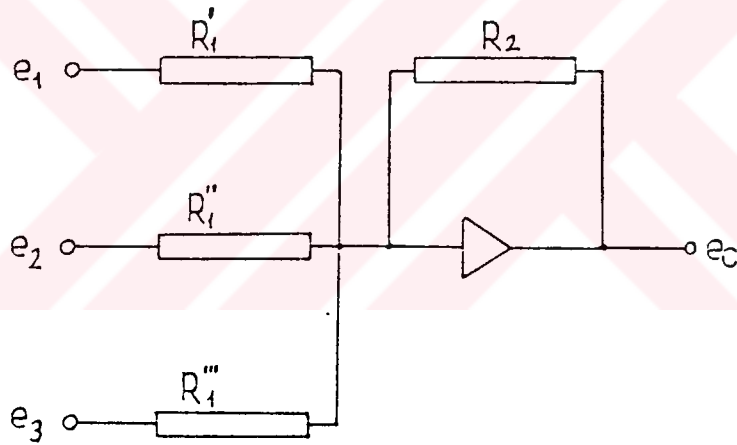


Şekil 3.18. 0 Anındaki Çıkış Gerilimi

Sıfır anındaki çıkış gerilimi Şekil 3.18'den

$$e_c = -\frac{1}{R_1 C_1} \int_{t_0}^{t_1} e_g dt + e_{c,t=0} \quad (3.48)$$

elde edilir.

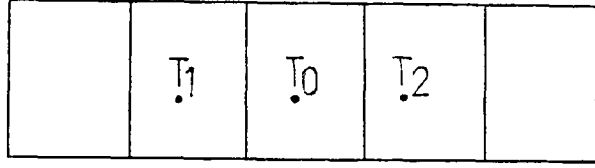


Şekil 3.19. Toplama Devresi

$$\text{Burada } e_c = -R_2 \left(\frac{e_1}{R'_1} + \frac{e_2}{R''_1} + \frac{e_3}{R'''_1} \right)$$

halini alır. Eğer $R'_1 = R''_1 = R'''_1$ ise; $e_c = -(e_1 + e_2 + e_3)$ olur. Bu devre bir kaç gerilimi doğrudan birleştirir. Denklem 3.47'de $\frac{R_2}{R_1}$ oranı uygun şekilde seçilerek gerilimi bölebilir, fakat gerilimler kolayca çıkarılamaz.

Isı iletimi denkleminin çözümüne dönerek önce sürekli rejim durumunu göz önüne alalım. Simetrik ızgara için (her bir bölümün koordinat boyunca boyutları aynı) her bir düğümdeki gerilim sırasıyla bir, iki ve üç boyutlu problem için komşu düğüm gerilimleri toplamını 1/2, 1/4 veya 1/6'sıdır.



Şekil 3.20. Parçalara Ayrılmış Çubuk

Şekil 3.20'deki gibi parçalara ayrılmış bir çubuk düşünelim. Sürekli rejimde üçüncü parçanın T_a sıcaklığı şöyle tahmin edilir.

$$T_a = 0.5 (T_1 + T_2) \quad (3.50)$$

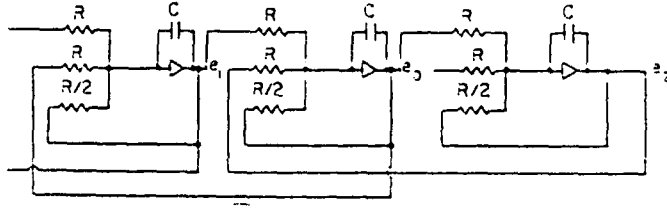
Benzer şekilde iki ve üç boyutlu problemlerde T_a sıcaklığındaki bu parça dört ve altı komşu parça ile çevrilidir. Ve T_a sıcaklığı komşu sıcaklıklarla iki boyutlu problemlerde 3.50, üç boyutlu problemlerde 3.51 denklemi ile ilişkilendirilmektedir.

$$T_a = \frac{1}{4} (T_1 + T_2 + T_3 + T_4) \quad (3.50)$$

$$T_a = \frac{1}{6} (T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6) \quad (3.51)$$

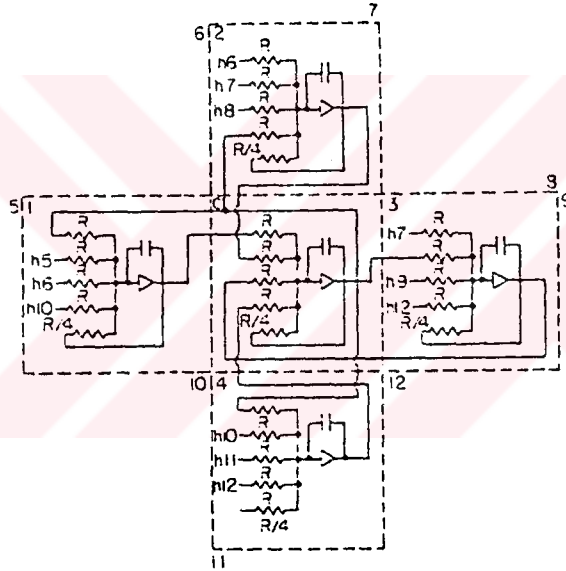
Şekil 3.19'daki toplama devresi kullanılarak (her düğüm için bir devre) bu tip bir problem endirek analog kompütere benzetilebilir.

Bununla beraber geçiş rejimi problemleri için endirek analoglar nispeten büyük ve yüksek kaliteli kapasite kullanımını önler. Her bir kapasitenin yerine bir işlem kuvvetlendiricisi kullanılmalıdır. Şekil 3.21'de tek boyutlu bir devrenin şeması, Şekil 3.22'de ise iki boyutlu bir devrenin şeması görülmektedir.



Şekil 3.21. Tek Boyutlu En Direk Analoji

Noktalı çizgiler 0'dan 4'e numaralanmış beş komşu bölümü göstermektedir. bunlara komşu bölümler köşelerde 5'den 12'ye kadar numaralarla işaretlenmiştir. Devre yalnız 0'nolu devrede tamamdır. 1'den 4'e bölümlerde ise bağlantılar yalnız harfler ve rakamlarla (h5, h6,...) gösterilmiştir ki, bu rakam ve harfler bağlantının yapılacağı şekilde görülmeyen diğer bölümlerin noktalarını göstermektedir.



Burada R ve C'nin boyut faktörleri direk analoglarda anlatılanlarla aynıdır. Endirekt analoglarla genellikle büyük zaman faktörleriyle çalıştırıldığından R ve C değerleri nispeten küçüktür.





4.TEZ DEVRESİNİN YAZILIM VE DONANIM ÖZELLİKLERİ

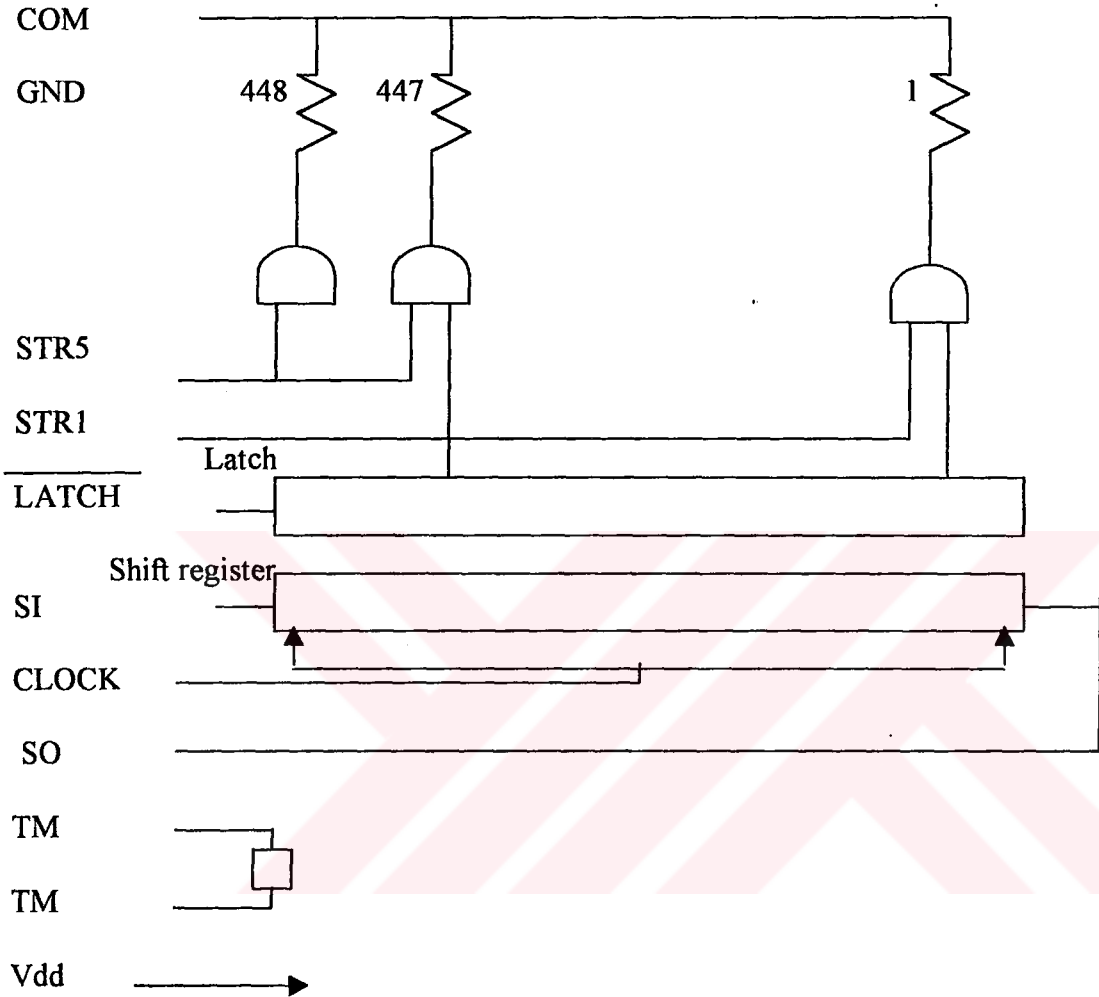
4.1.Giriş

Yazıcı ısısal dot satırı methodunu kullanır .Genişliği 60mm olan bir tabakaya yazar .ECR/pos sistem ,data terminalleri ve ölçme devrelerinin tekniklerini kullanır. Yazılacak veri ısısal kafaya seri olarak kontrol kartından gönderilir .Kontrol kartına ise daha önce veri yine seri haberleşme ile gönderilir .Alınan karakterin önce ne olduğuna karar verilerek daha sonra karakter üretme jeneratörüne gönderilir .Burada hangi dot'ların hangi sıra ile enerjilendirileceğine karar veren dot enerjilendirme tabloları mevcuttur .Bu veri clock sinyali ile senkronize edilerek kafaya gönderilir. 24Vdc Uygulanan dot'lar enerjilenerek ısınır ve ısınan yerler ısısal kağıt üzerinde kararma yapar .Bu kararmadan yazılar ortaya çıkar .Yazma kalitesinin sürekliliği için bu gerilimin belli değerler arasında dot'lara belli sürelerle uygulanması gerekir .Bunun için ise ayrıca bir kontrol devresi tasarlanmıştır .Bu devre de termistörün elektrik özelliklerinden faydalanılmıştır .Özellikle barcod uygulamalarında verilerin eksiksiz olarak iletilmesi ,çubuk ve rakamlarında eksiksiz olarak yazılması istenir .Bu da ancak yüksek seviyeli bir yazma kalitesi ile alakalıdır .Yapılan uygulamada EAN13 barcod standardı kayıpsız olarak iyi bir kalite ile basılabilmektedir .

Kontrolör arayüzü tasarımında işlemci olarak MCS51 ailesi bir işlemci ve yazılım olarak da assembly kullanılmıştır .Yazılıma ilişkin akış diyagramları ilerleyen bölümlerde verilmiştir .

4.2. Isısal Kafa Eşdeğer Devresi

Isısal kafa SI girişinden SHIFT register'a seri datayı kaydetmek için CLOCK sinyali ile senkronize edilir .SHIFT REGISTER'a bir satır veri kaydedildikten sonra ,LATCH sinyali yazılacak veriyi STROBE sinyalleri vasıtası ile ısı üretme devresine kaydedilir.



Şekil 4.1. Isısal Kafa Eşdeğer Devresi

4.3. Kafa Bölümle İşlemi

Isısal kafa üzerinde herbiri en azından yazma için 5 peryoda bölünmüş olan 5 STROBE mevcuttur. STROBE 'lar ve ısı üretme devresi arasındaki ilişki aşağıdaki gibidir .Bölümleme sayısı arttığında yazma hızı düşmesine rağmen ,max. akım harcanır. Bununla birlikte STEP motorun devir sayısı düşerki buda titreşimin veya devre gürültüsünün artması sonucunu getirir.

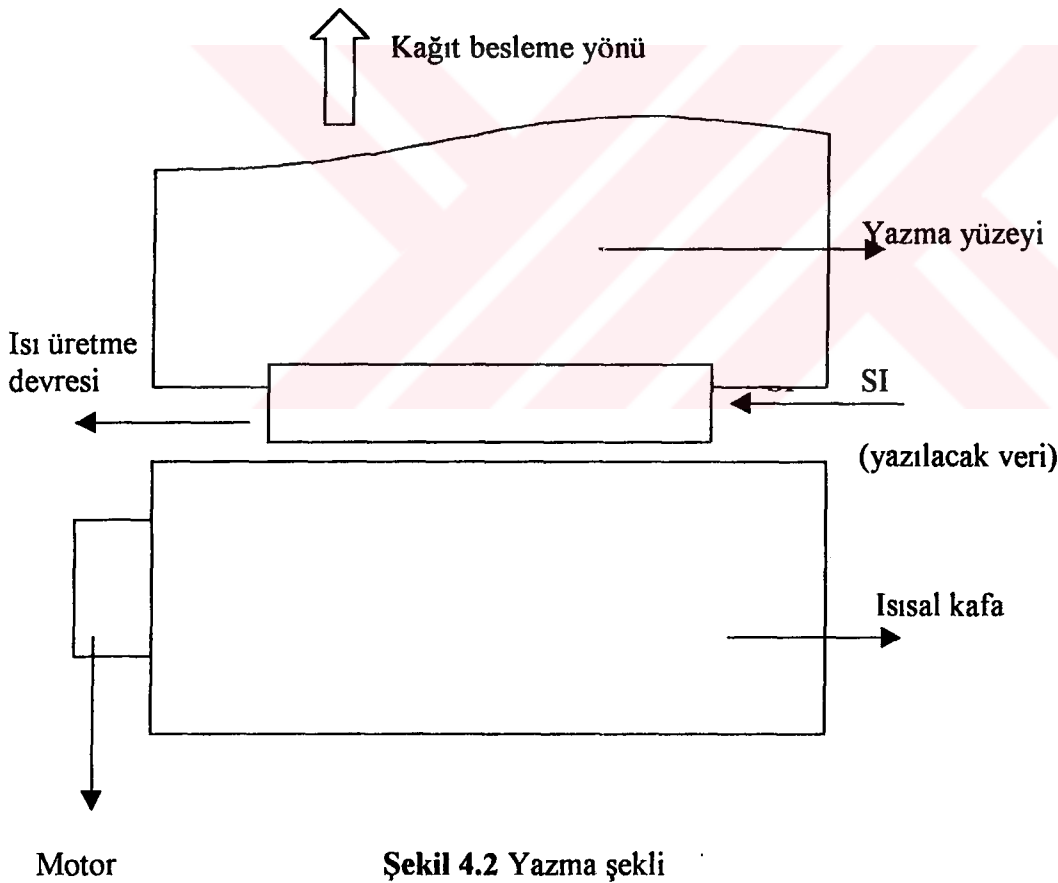
STR. No	DOT No	Dot/STR.
1	1 - 128	128

2	129	-	192	64
3	193	-	256	64
4	257	-	320	64
5	321	-	448	128

Tablo 4.1 Kafa Bölümleme

4.4. Yazılacak Veri ve Yazma Şekli

Yazılacak veri ve yazma şekli arasındaki ilişki şekil 3'de gösterildiği gibidir. Yazılacak veri 1 ,2 ,3 ,.....v.s. olarak yazma yüzeyinin solundan itibaren numaralandırılmıştır.



Şekil 4.2 Yazma şekli

4.5. Isıl Kafanın Güç Kapasitesi

Isıl kafanın güç kapasitesi aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$\text{Kafa akımı} = \text{Kafa voltajı} \div (\text{Kafanın kaba rezistansı} / \text{dot'ların sayısı})$$

$$= 24V \div (1000/\text{dot sayısı})$$

$$= A$$

4.6.Uygulanacak Darbe Genişliğinin Kontrolü

Uygulanacak darbe genişliği için ısısal kafa üzerine yerleştirilmiş olan termistör kullanılır .Uygulanacak darbe genişliği 2msn. üzerinde olmamalıdır ,aksi halde kafanın ömrü azalabilir.

4.7.Termistör Özellikleri

1.)Elektriksel karakteristikler

- 1.Rezistans değeri : 30k Ω +/- %5 25°C'da
- 2.B sabiti : 4000k +/-%5

2.)Sabitler

- 1.Operasyon sıcaklık aralığı : -40 - +125 °C
- 2.İsı dispersiyon sabiti : 3mW/°C
- 3.İsı zaman sabiti : 5 sn.
- 4.Max. güç : 300mW

3)Termistör rezistansı ve sıcaklık arasındaki ilişki

$$R_x = R_{25} \times \text{Exp}(B \times 1/(T_x + 273) - 1/298)$$

burada ;

- Rx : rezistans değeri Tx °C'da (k Ω)
R25 : 30k Ω +/- %5(25°C'da)
B : 4000k Ω +/- %5(sabit)
Tx : sıcaklık (°C)
EXP(x) : x'in e tabanlı logaritma değeri

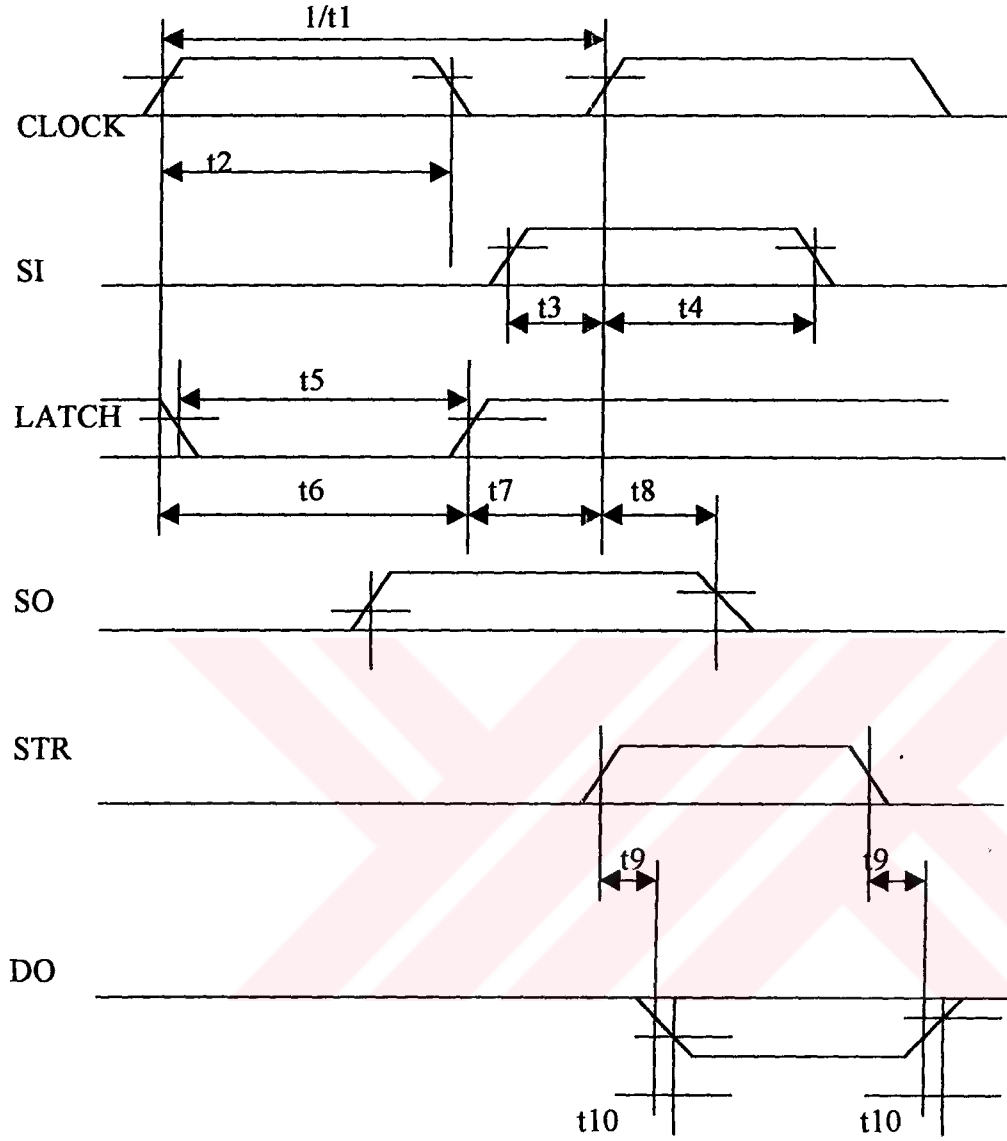
4.8.Uygulanacak Darbe Genişliği

Sıcaklık(°C)	Termistör rezistans değeri(k Ω)	Darbe genişliği(msn.)
0 veya daha az	102.5 veya daha az	Enerjisiz
0	102.5	1.06

5	78.8	0.98
10	61.1	0.91
15	47.8	0.85
20	37.7	0.78
25	30.0	0.73
30	24.0	0.67
35	19.4	0.62
40	15.7	0.58
45	12.9	0.53
50	10.6	0.50
55	8.8	0.46
60	7.3	0.43

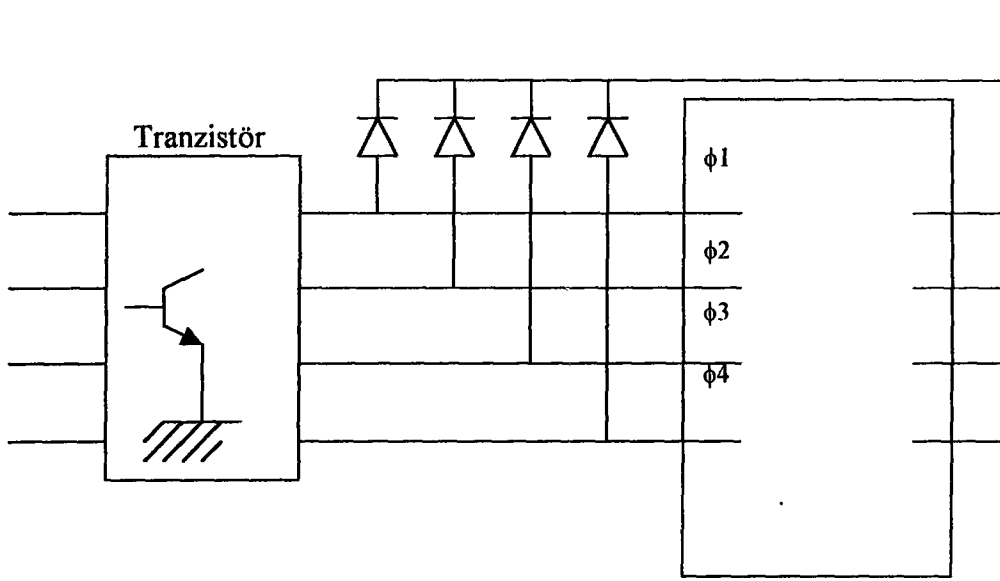
Tablo 4.2. Termistör Sıcaklığı ve Uygulanacak Darbe Genişliği

4.9.Zamanlama Diyagramı



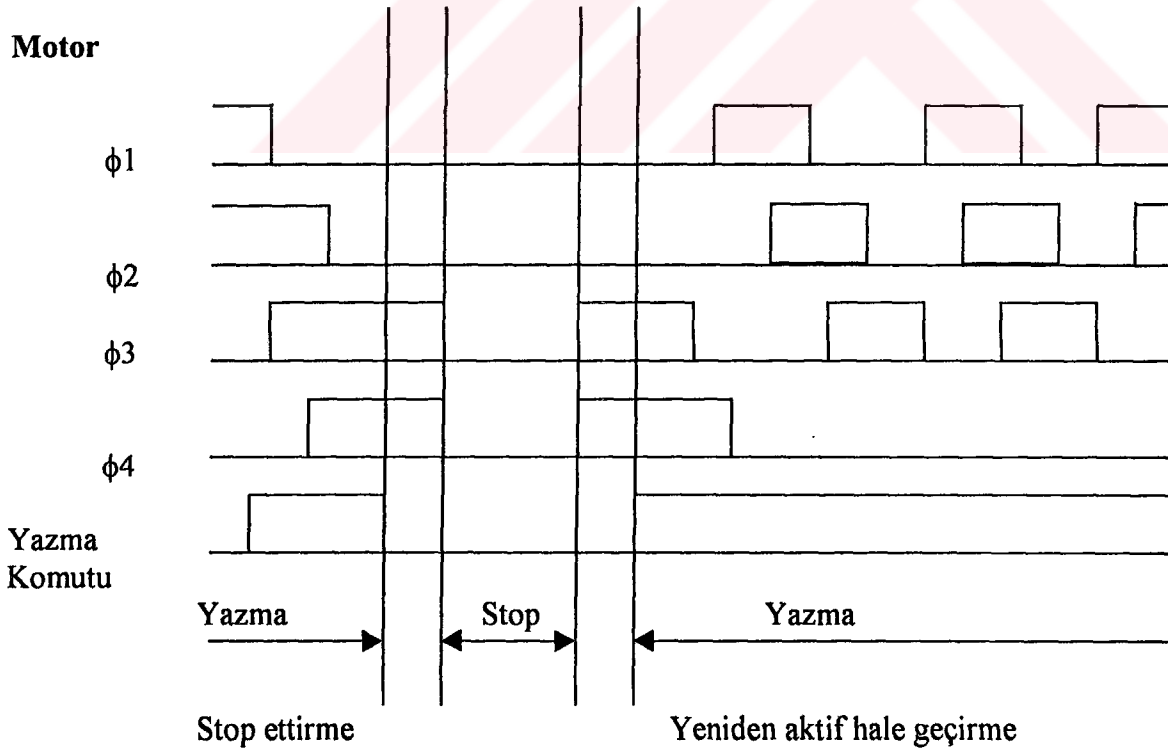
Şekil 4.3. Zamanlama Diyagramı

4.10.Sürme Devresi Örneği



Şekil 4.4. Sürme Devresi Örneği

4.11.Motor Zamanlaması



Motoru durdurmak için 10msn. süresinde yazma adımları içinde son adımı tahrik edilir ve yerine motoru aktif etmek için 10 msn. içinde kalınan son fazdan yazmaya devam edilir.

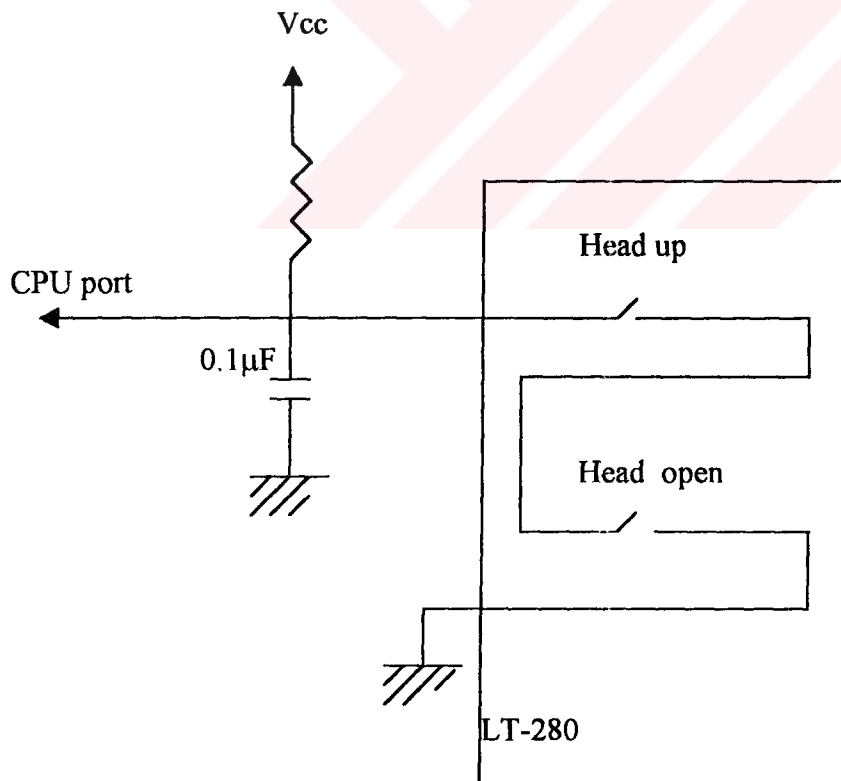
4.12.Kafa Açık Dedektörü

Kafa yukarı/aşağı durumunu seçebilmek için birer switch bulunmaktadır .Bu switch'ler kafa açık iken açıktır .Bu switch'lerin çıkışı kafa açık iken açıktır.Bu switch'lerin çıkışı kafa açıkken enerjilendirilmesi için test edilmelidir .

Regülasyon	Kafa kapalı	Kafa açık
Max. Değer	DC30V ,0.1A	DC6V ,1A
Kontak rezistansı	100mΩ	100mΩ

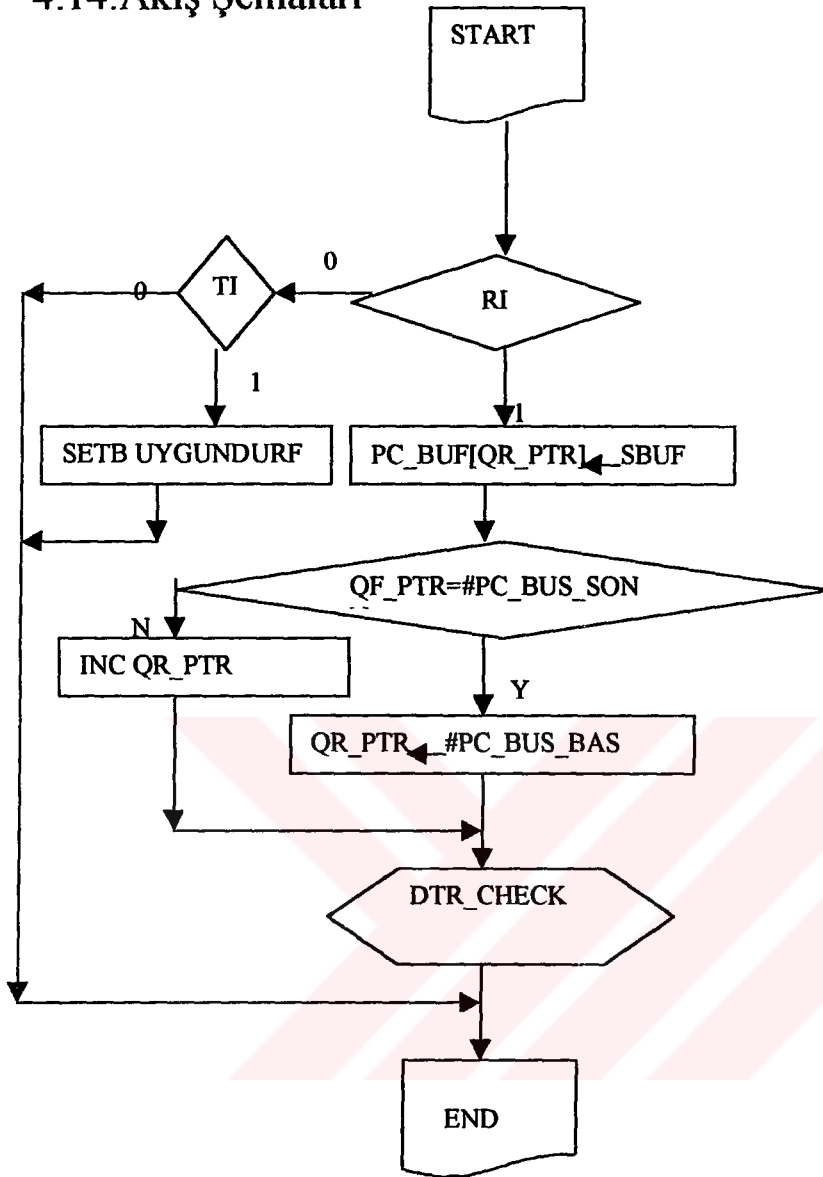
Tablo 4.3. Genel Regülasyon

4.13.Test Devresi Örneği

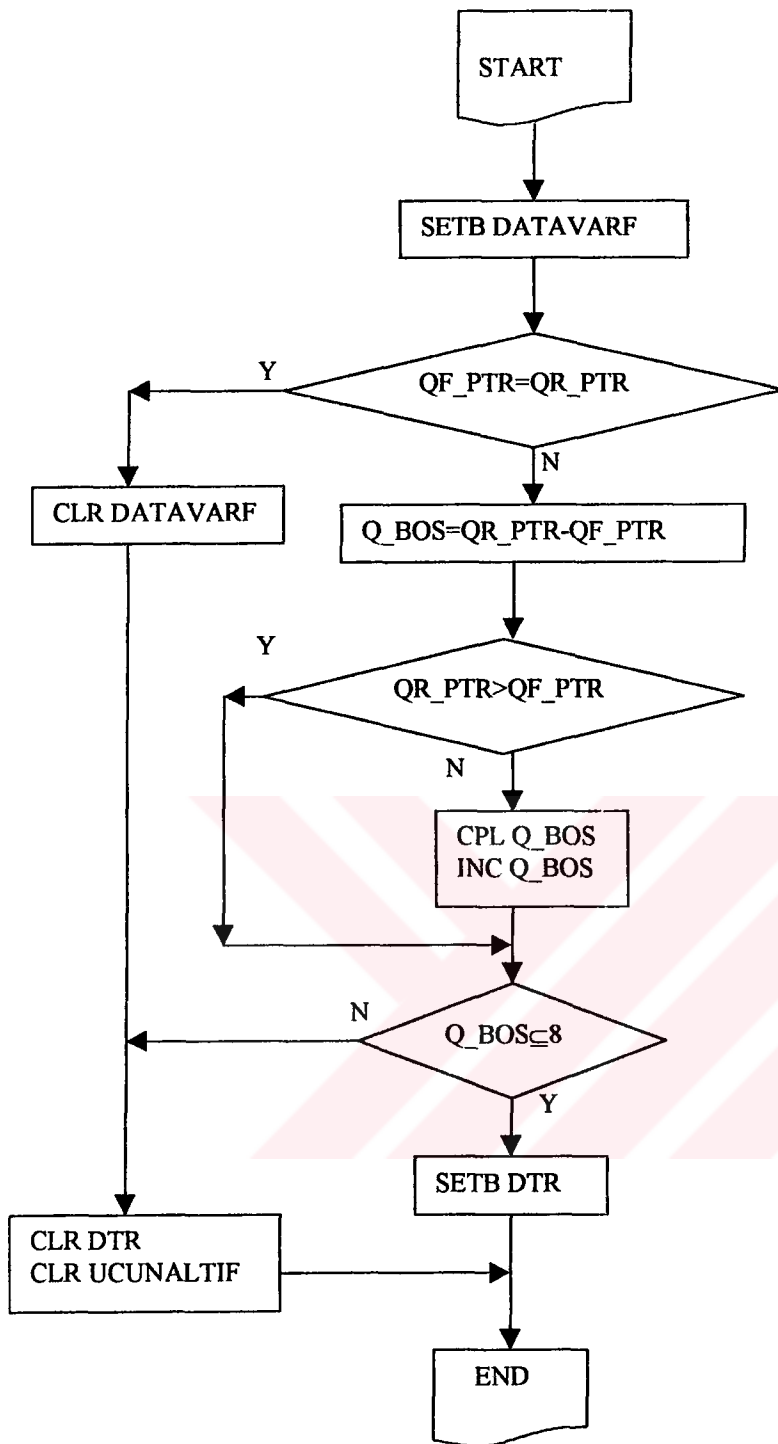


Şekil 4.5. Test devresi örneği

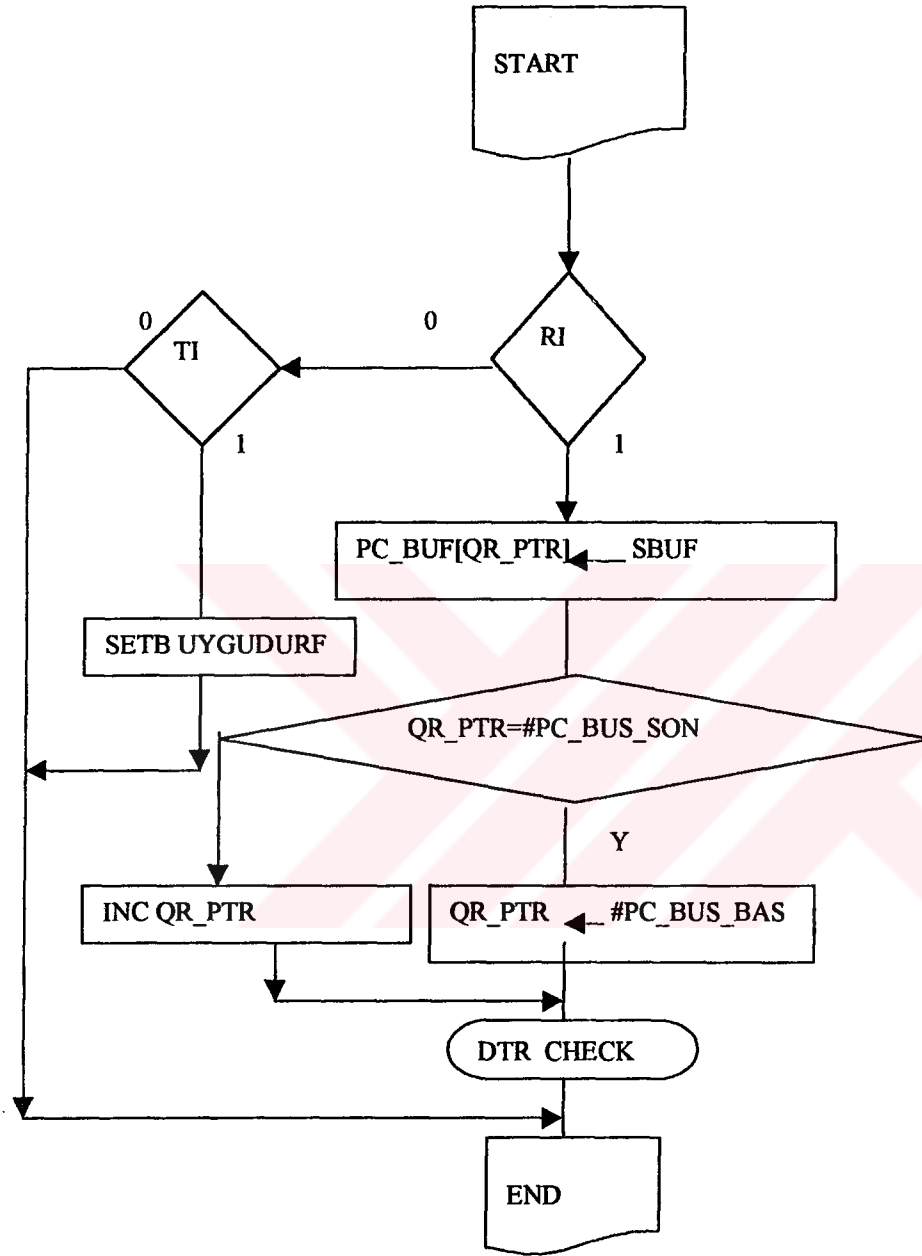
4.14. Akış Şemaları



AKIŞ.1. Gelen Datayı Kontrol ve Kayıt Eder



AKIŞ.2. Data Gelip Gelmediğini Kontrol Eder



AKIŞ.3.Seri Haberleşme

SONUÇLAR

Adım motorunda adım hareketinden istenen özellik hızlı ve osilasyonsuz olmasıdır. Anahtarlama işlemini gören güç tranzistörlerine bağlı olarak besleme geriliminin artırılması, faz akımının artma ve azalma hızının artırılması adım hareketinin hızını arttırmaktadır. Adım hareketinin osilasyonsuz olması için adım hareketi tamamlanmadan önce mekanik veya elektronik yöntemlerle motora ters moment uygulanmalıdır.

Isı iletim problemleri analitik, sayısal, grafik yol ve deneysel yolla çözülebilir. Problemlerle karşı karşıya gelen kişinin her methodun avantajlarını bilmesi ve bir tek method üzerinde durmaması gerekir. Sayısal method mümkünse tercih edilir. Şüphesiz bu method en az masraflı en doğru methoddur. Sayısal method bilgisayar gerektirir. Binlerce direnç, kondansatörlerden oluşmuş amplifikatörlerden oluşmuş devreler kolayca analiz edilebilir.

Miniyazıcı ve buna ilişkin arayüz tasarımı oldukça zor bir konu olmasına rağmen bu tezde basite indirgenmeye çalışılmıştır. Model yazıcı mekanizması ve arayüz kontrolü şeklinde iki kısma ayrılarak incelenmiş ve uygun çözümler için tavsiyelerde bulunulmuştur. Yazıcı mekanizmalarında bazı farklılıklar olmasına rağmen tüm yazıcılar genelde aynı özellikleri taşır. Arayüz tasarımında ise yazıcı üreten firmaların katalog bilgileri göz önünde bulun durulmalıdır. Çünkü mekanizma yapısına göre ve yazıcı tipine göre motor, sensör, sıcaklık kontrolleri değişmektedir. Ayrıca arayüz hızı etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Bu arada aşırı hızlara çıkılmasında verilerin karışmasına neden olacaktır.

KAYNAKLAR

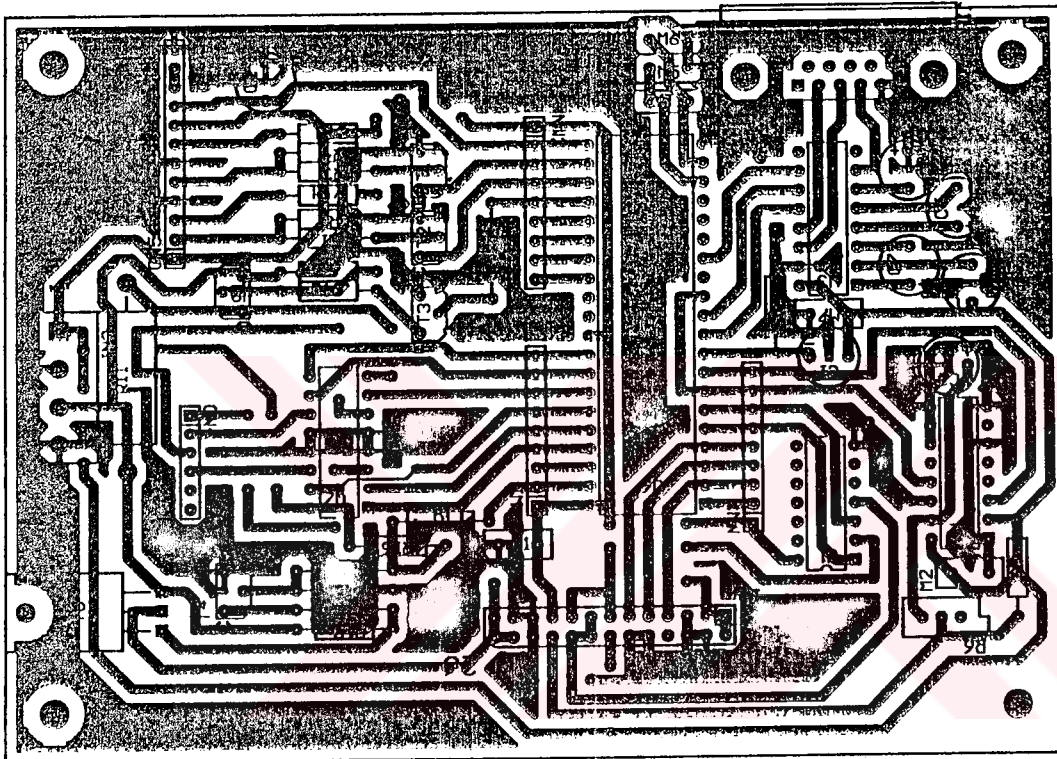
1. "A Complete Guide to Mini Printer Technology", Able Systems Limited, 1998.
2. "Thermal Printers Product Catalog", Seiko Instruments Inc. 1998.
3. "Model CBM-202 Series for LT-XXX Series", CITIZEN
4. "Specifications of LT-280 Small Line Thermal Printer ", CBM CO., Ltd, oct.1, 1991.
5. "Elektrik Makinelerinin Dinamiği", SARIOĞLU, M. Kemal
6. "Theory and Application of Step Motor", KUO, B.C, 1984
7. "Incremental motion control systems and devices", KUO, B.C, (Ninth Annual Symposium), 1980.
8. "Reducing overshoot and oscillation in variable reluctance step motors", KORDIC, Kenneth.
9. "Compensation methods for the asymmetric behavior of the hybrid stepping motor with ring coils", GODDIJN, B.H.A.
10. "A Step Motor Control Based On A Capacitive Emitter", Robert W., KULTERMAN
11. "Mikroprocessor Controlled Self Optimization Drive Of A Step Motor", T. Takahashi, H. Takahara, KENJO.
12. "Handbook of Heat Transfer ", McGraw-Hill Book Company Inc., M.W., ROHSENOW, 1993
13. "Analog Simulation", McGraw-Hill Book Company Inc., W.J., KARPLUS, 1988
14. "Chemical Engineering Symposium", HEISLER, V., PASCHKIS
15. "Design Fundamentals of Analog Computer Components", R.W., HOWE, 1981
16. "Isı Transferi Laboratuvar Notları", I.T.U. Makine Fak.
17. "A Circuit For Controlling mid-frequency Resonance in Permanent-Magnet Step Motor", Earl, MINOR, 1988
18. "Kondüksiyon Isı Transferi, I.T.U" Çev. Doç. Dr.M.A Yılmaz, Sayı 972, P.J., SCHNEIDLER, 1974,
19. "Journal of Thermal Sciences and Technology", Cilt 11, Sayı 2, 1988.
20. "Analog Tümdevre Tasarımı", Kuntman, H., Sistem Yayıncılık, 1992.
21. "Gerçek Zaman Dizgeleri", Adalı, E., Sistem Yayıncılık, 1996.
22. "Endüstriyel Elektronik", Kuntman, H., Sistem Yayıncılık, 1994.
23. "Analog Diaolog", Analog Devices Yayını, Sayı 30
24. "Application Reference Manual", Analog Devices, 1994
25. "Mikrokontrolör Kontrollü Sıcaklık Ölçümü", Karabörek, Y., Yüksek Lisans Tezi, 1993.
26. "Embedded Microprocessor and applications", Intel, 1997
27. "Analog Devices Katalogları"
28. "Measurment and Process Control", Butterworth, Heineman Ltd., 3.Edition, 1995.
29. "Process Measurment and Analysis", Butterworth, Heineman Ltd., 3. Edition, 1995
30. "PC'lerde Donanım Sorunları ve Çözümleri", Eğitimci, M., Seçkin Kitapevi, 1995
31. "Isı İletimi Problemlerinin Elektrik Benzeşimi ile Çözümü", Aydın, M., Yüksek Lisans Tezi, I.T.U., 1990
32. "Adım Motorları", Altan, B., Yüksek Lisans Tezi, I.T.U., 1985

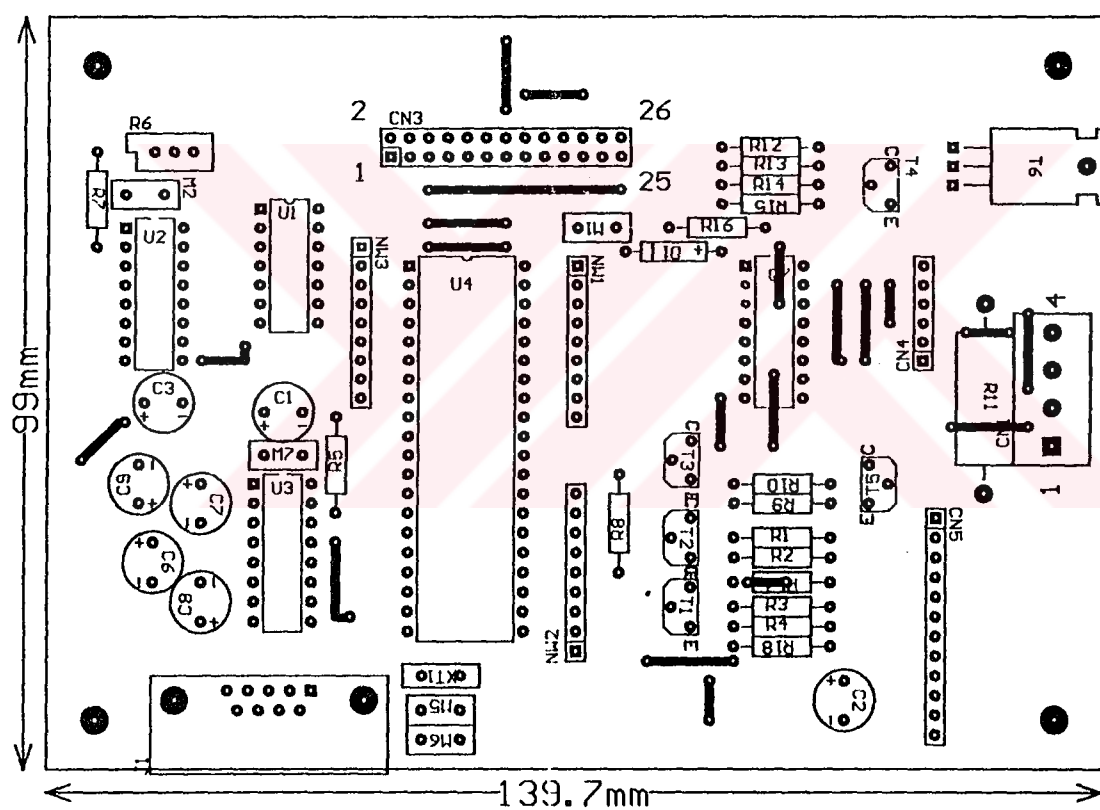
ÖZGEÇMİŞ

Tamer KAYA 1972 yılında Malatya’da doğdu. İlköğrenimin burada tamamladı ve Ankara Yenimahalle lisesi’nden mezun oldu. 1989’de YTÜ Elektrik Elektronik Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Müh. Bölümünde lisans eğitime başladı ve buradan 1994 yılında başarı ile mezun oldu. 1996 Yılında ise GYTE Elektronik anabilim dalında yüksek lisans eğitime başladı.

Tamer KAYA halen bir özel hastanede biyomedikal konusunda çalışmaktadır.







```

11, <<<*****
*****>>>
<<<*****
*****>>>
<<<*****                **>>>
<<<*****                GEBZE YÜK. TEK. ENST.                **>>>
<<<*****                **>>>
<<<*****
*****>>>
<<<*****
*****>>>

```

```

<<<*****
*****>>>
<<<                MEMORY MAP                >>>
<<<*****
*****>>>

```

```

DSEG  AT  09H

;NAME      ;ADRESS      ;EXPLANATIONS
;-----
LOCAL1:    DS    4
DELAYCOUNT: DS    1
STEPcount: DS    1
COLPTR:    DS    1
LINE_PTR:  DS    1
QF_PTR:    DS    1
QR_PTR:    DS    1
CH:        DS    1
PARAM1:    DS    1
CHARS:     DS    1
CHARC:     DS    1
PAR1:      DS    1

```

```

DSEG  AT  20H
FLAG1: DS    1
LINEBUF: DS    28

```

STACK: DS 1 ;NOT Bu degiskenlerin en altina gelecek

```

<<<*****>>>

```

```

; <<<      CONSTANTS      >>>
; <<<*****>>>
ENTER      EQU    10d
CRETURN    EQU    13d

HARF_B_C   EQU    129d    ; ** convert char yeni adres
degerleri
HARF_B_G   EQU    130d
HARF_B_I   EQU    131d
HARF_B_O   EQU    132d
HARF_B_S   EQU    133d
HARF_B_U   EQU    134d

HARF_K_c   EQU    135d
HARF_K_g   EQU    136d
HARF_K_i   EQU    137d
HARF_K_o   EQU    138d
HARF_K_s   EQU    139d
HARF_K_u   EQU    140d

; <<<*****>>>
; <<<      UST RAM      >>>
; <<<*****>>>
PCBUF_BAS  EQU    128d
PCBUF_SON  EQU    255d

; <<<*****>>>
; <<<      Port Pin Bit Tanimlamalari      >>>
; <<<*****>>>
SCLK       BIT    P1.2    ; Clock ucu
DOUT       BIT    P1.1    ; Veri ucu
STEPEN1    BIT    P0.2    ;
STEPEN2    BIT    P0.7    ;
STEPIN1    BIT    P0.3
STEPIN2    BIT    P0.5
STEPIN3    BIT    P0.6
STEPIN4    BIT    P0.4
STRB15P    BIT    P1.4

```

```

STRB234P    BIT P1.5
HEADEN      BIT P0.0
MOTOREN     BIT P2.3

```

```

Q123P       BIT P1.6    ;
CLR123P     BIT P1.7    ;
LATCHP      BIT P1.3    ;
DTRP        BIT P3.4    ;

```

```

HEADUP_P    BIT P2.0    ;

```

```

; <<<*****
****>>>

```

```

; <<<          BIT TANIMLAMALARI          >>>

```

```

; <<<*****
****>>>

```

```

UZUNF       BIT FLAG1.0    ; 1 Bit
UYGUNDURF   BIT FLAG1.1    ; SERI KANAL
GONDERIME HAZIR
DATAVARF    BIT FLAG1.2    ; 1 Bit
ESCF        BIT FLAG1.3    ; 1 Bit
PARAMF      BIT FLAG1.4    ; 1 Bit
BITMAPF     BIT FLAG1.5    ; 1 Bit
ILK28F      BIT FLAG1.6    ; 1 Bit
DEVF        BIT FLAG1.7    ; 1 Bit

```

```

; <<<*****
****>>>

```

```

; <<<          INTERRUPTS          >>>

```

```

; <<<*****
****>>>

```

```

        USING 0
CSEG AT 0H
        JMP ILK_ACILIS

```

```

CSEG AT 3H
        JMP EXT_INT0

```

```

CSEG AT 0BH
        JMP TIMER0_0

```

```

CSEG AT 1BH
        JMP TIMER1_0

```

```

CSEG AT 23H

```


96,255,224

Table_51: ; 3

DB

63,0,127,128,224,192,192,192,0,96,0,96,0,96,0,96,0,192,1,192,15,1
28,15,128,1,192,0,192,0,96,0,96,0,48,0,48,0,48,0,96,128,96,192,19
2,241,192,127,128

Table_52: ; 4

DB

3,0,7,0,7,0,15,0,15,0,15,0,27,0,27,0,51,0,51,0,51,0,99,0,99,0,67,0,1
95,0,195,0,255,128,255,192,255,128,3,0,3,0,3,0,3,0,31,192

Table_53: ; 5

DB

127,192,127,128,96,0,96,0,96,0,96,0,96,0,111,0,127,128,113,1
92,96,96,0,96,0,32,0,48,0,48,0,48,0,48,0,96,128,96,192,96,192,192,
241,192,63,128

Table_54: ; 6

DB

7,224,15,224,28,0,56,0,112,0,96,0,192,0,192,0,192,0,198,0,223,0,1
91,128,177,192,224,192,224,96,192,96,192,96,192,96,192,96,192,9
6,96,192,96,192,49,128,63,128

Table_55: ; 7

DB

255,224,255,224,128,96,128,192,0,192,0,192,0,192,0,128,1,128,1,1
28,1,128,1,128,1,0,3,0,3,0,3,0,2,0,6,0,6,0,6,0,6,0,4,0,12,0,12,0

Table_56: ; 8

DB

63,0,127,128,97,128,192,192,192,192,128,192,128,192,128,192,12
8,192,193,192,97,128,63,0,127,128,225,128,193,192,192,192,128,1
92,128,192,128,192,128,192,192,192,192,193,128,99,128,63,0

Table_57: ; 9

DB

62,0,127,0,99,128,193,128,192,192,128,192,128,192,128,192,128,1
92,128,224,193,224,193,224,99,224,127,96,62,96,0,192,0,192,0,19
2,0,192,1,128,3,128,3,0,142,0,252,0

Table_58: ; :

DB

0,0,0,0,0,0,0,0,240,0,240,0,240,0,240,0,240,0,96,0,0,0,0,0,0,0,0,
0,0,0,96,0,240,0,240,0,240,0,240,0,240,0,96,0,0,0

Table_59: ; ;

DB

0,0,0,0,60,0,60,0,124,0,60,0,60,0,24,0,0,0,0,0,0,0,0,0,60,0,120,0
,120,0,120,0,112,0,240,0,224,0,224,0,192,0,192,0,192,0

Table_60: ; <

DB

0,48,0,112,0,224,1,192,3,0,7,0,14,0,24,0,48,0,224,0,192,0,224,0,48,
0,24,0,14,0,7,0,3,0,1,192,0,224,0,112,0,48,0,16,0,0,0,0

Table_61: ; =

Table_71: ; G

DB

31,160,63,240,48,112,96,112,96,48,192,48,192,32,192,0,128,0,128,
0,128,0,128,0,128,0,131,240,131,240,131,240,128,48,192,48,192,4
8,192,48,96,48,96,48,56,224,31,224

Table_72: ; H

DB

249,240,112,240,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,
127,224,127,224,127,224,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,
6,96,96,96,96,249,240,249,240

Table_73: ; I

DB

255,224,255,192,12,0,12,0,12,0,12,0,12,0,12,0,12,0,12,0,
12,0,12,0,12,0,12,0,12,0,12,0,12,0,12,0,12,0,255,192,255,192

Table_74: ; J

DB

31,240,15,240,0,192,0,192,0,192,0,192,0,192,0,192,0,192,0,1
92,0,192,0,192,128,192,128,192,128,192,128,192,128,192,128,128,
129,128,193,128,227,0,127,0,62,0

Table_75: ; K

DB

252,240,248,240,96,224,96,192,97,128,99,128,99,0,102,0,102,0,10
8,0,126,0,126,0,115,0,99,128,97,128,97,128,96,128,96,192,96,192,
96,192,96,192,96,96,248,112,248,112

Table_76: ; L

DB

255,0,255,0,24,0,24,0,24,0,24,0,24,0,24,0,24,0,24,0,24,0,
24,0,24,16,24,16,24,16,24,16,24,16,24,16,24,16,24,16,255,240,255,
240

Table_77: ; M

DB

224,112,224,112,112,112,112,240,112,240,80,240,80,176,89,176,8
9,176,89,176,77,48,77,48,79,48,71,48,71,48,70,48,70,48,64,48,64,4
8,64,48,64,48,64,48,240,240,240,240

Table_78: ; N

DB

225,240,240,240,112,48,112,48,120,48,120,48,104,48,108,48,108,4
8,100,48,102,48,102,48,99,48,99,48,97,48,97,48,97,176,97,176,96,
240,96,240,96,112,96,112,248,112,248,32

Table_79: ; O

DB

15,128,63,192,48,192,96,96,96,96,96,48,192,48,192,48,192,16,192,
16,128,16,128,16,128,16,128,16,128,16,192,16,192,16,192,48,192,
48,96,112,96,96,48,96,57,192,31,128

Table_80: ; P

DB

255,192,255,224,96,112,96,48,96,16,96,16,96,16,96,16,96,16,96,48

[illegible]

DB

255,224,255,224,192,192,192,192,193,128,193,128,195,0,3,0,7,0,6,
0,6,0,12,0,12,0,24,0,24,0,48,32,48,96,96,96,96,96,192,96,192,96,12
8,96,255,224,255,224

Table_91: ; [

DB

248,0,240,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,
128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,
0,128,0,248,0

Table_92: ; \

DB

128,0,192,0,192,0,192,0,96,0,96,0,48,0,48,0,16,0,24,0,24,0,12,0,12,
0,6,0,6,0,6,0,3,0,3,0,1,128,1,128,1,128,0,192,0,192,0,96

Table_93: ;]

DB

248,0,248,0,24,0,24,0,24,0,24,0,24,0,24,0,24,0,24,0,24,0,
24,0,24,0,24,0,24,0,24,0,24,0,24,0,24,0,24,0,24,0,248,0

Table_94: ; ^

DB

12,0,14,0,30,0,27,0,51,0,49,128,97,128,224,192,192,192,128,96,12
8,96,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0

Table_95: ; _

DB

0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,
0,0,0,0,0,0,255,240,255,240,0,0

Table_96: ; `

DB

192,0,224,0,96,0,112,0,56,0,24,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0

Table_97: ; a

DB

0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,63,128,127,192,96,192,0,96,0,96,0,96,0,96,31,22
4,127,224,112,224,192,96,192,96,128,96,128,96,128,224,193,224,2
27,240,127,112,62,48

Table_98: ; b

DB

224,0,224,0,96,0,96,0,96,0,96,0,99,0,111,192,127,192,120,96,112,1
12,112,48,96,48,96,16,96,16,96,16,96,16,96,16,112,48,112,4
8,120,96,252,224,239,192

Table_99: ; c

DB

0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,31,208,63,240,112,112,96,48,192,48,192,48,192,
16,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,192,0,192,16,192,16,96,48,112,2
40,63,192,15,128

Table_100: ; d

DB

0,224,0,224,0,96,0,96,0,96,0,96,12,96,31,96,63,224,97,224,96,224,
192,224,192,96,128,96,128,96,128,96,128,96,128,96,192,96,192,96

,64,224,97,224,115,240,63,112

Table_101: ; e

DB

0,0,0,0,0,0,0,0,0,31,128,63,192,112,224,96,96,192,48,192,48,192,
48,128,16,255,240,255,240,128,0,128,0,192,0,192,0,96,16,96,48,56
,240,31,224,15,128

Table_102: ; f

DB

7,240,15,240,12,0,24,0,24,0,24,0,24,0,255,224,255,224,24,0,24,0,2
4,0,24,0,24,0,24,0,24,0,24,0,24,0,24,0,24,0,24,0,24,0,255,224

Table_103: ; g

DB

31,112,63,240,97,224,96,224,192,224,192,96,128,96,128,96,128,96
,128,96,128,96,192,96,192,224,96,224,97,224,63,224,31,96,12,96,0
,96,0,96,0,96,0,192,1,192,63,128

Table_104: ; h

DB

224,0,224,0,96,0,96,0,96,0,96,0,96,0,111,128,127,192,120,192,112,
96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96
,96,96,96,249,240

Table_105: ; i

DB

14,0,14,0,14,0,14,0,4,0,0,0,0,0,0,124,0,126,0,6,0,6,0,6,0,6,0,6,0,6,
0,6,0,6,0,6,0,6,0,6,0,6,0,6,0,255,240

Table_106: ; j

DB

3,0,7,0,7,0,2,0,0,0,0,0,255,128,255,128,1,128,1,128,1,128,1,128,1,1
28,1,128,1,128,1,128,1,128,1,128,1,128,1,128,1,128,1,128,3,0,254,
0

Table_107: ; k

DB

224,0,224,0,96,0,96,0,96,0,96,0,96,0,97,240,97,240,97,128,99,128,
99,0,102,0,108,0,124,0,124,0,126,0,102,0,99,0,99,0,97,128,97,192,
96,192,227,240

Table_108: ; l

DB

126,0,126,0,6,0,6,0,6,0,6,0,6,0,6,0,6,0,6,0,6,0,6,0,6,0,6,0,6,0,6,0
,6,0,6,0,6,0,6,0,6,0,6,0,255,240

Table_109: ; m

DB

0,0,0,0,0,0,0,0,0,253,192,255,224,103,96,102,32,102,32,70,32,70,
32,70,32,70,32,70,32,70,32,70,32,70,32,70,32,70,32,70,32,70,32,231,48,2
47,48,227,48

Table_110: ; n

DB

0,0,0,0,0,0,0,0,0,239,128,255,192,120,192,112,96,96,96,96,96,96,
96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,240,240,

249,240,240,240

Table_111: ; o

DB

0,0,0,0,0,0,0,0,0,31,128,63,192,112,224,96,112,192,48,192,16,19
2,16,128,16,128,16,128,16,128,16,192,16,192,48,96,48,96,9
6,56,224,31,192,15,0

Table_112: ; p

DB

239,192,255,192,120,96,112,112,112,48,96,16,96,16,96,16,96,16,9
6,16,96,16,96,16,112,48,112,112,120,96,127,192,111,192,99,0,96,0
,96,0,96,0,96,0,96,0,252,0

Table_113: ; q

DB

31,112,63,240,97,224,96,224,192,224,192,96,128,96,128,96,128,96
,128,96,128,96,192,96,192,224,96,224,97,224,63,224,31,96,14,96,0
,96,0,96,0,96,0,96,0,96,3,240

Table_114: ; r

DB

0,0,0,0,0,0,0,0,0,249,240,251,240,27,16,30,16,30,0,28,0,24,0,24,0
,24,0,24,0,24,0,24,0,24,0,24,0,24,0,255,192,255,224,255,192

Table_115: ; s

DB

0,0,0,0,0,0,0,0,0,63,224,127,224,96,224,192,96,192,96,192,96,11
2,0,127,0,63,128,7,192,0,224,0,96,128,96,128,96,128,96,192,96,22
5,192,255,128,191,0

Table_116: ; t

DB

48,0,48,0,48,0,48,0,48,0,48,0,255,224,255,224,48,0,48,0,48,0,48,0
48,0,48,0,48,0,48,0,48,0,48,0,48,0,24,16,24,112,15,240

Table_117: ; u

DB

0,0,0,0,0,0,0,0,0,227,224,225,224,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96
96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,32,224,49,224,63,240,3
1,112,12,0

Table_118: ; v

DB

0,0,0,0,0,0,0,0,0,249,240,249,240,32,96,48,64,48,64,48,192,16,19
2,16,192,24,128,25,128,9,128,9,128,13,0,13,0,15,0,7,0,7,0,6,0,0,0

Table_119: ; w

DB

0,0,0,0,0,0,0,0,0,240,240,224,112,64,48,96,32,98,32,102,32,103,9
6,103,96,111,96,109,96,41,96,41,224,57,192,57,192,56,192,48,192,
48,192,48,192,0,0

Table_120: ; x

DB

0,0,0,0,0,0,0,0,0,249,240,112,240,48,96,48,192,25,192,25,128,15,
0,15,0,6,0,15,0,15,0,25,128,25,192,48,192,48,96,96,96,249,240,249

,240,0,0

Table_121: ; y

DB

240,240,240,112,96,32,96,96,32,96,48,64,48,64,16,192,16,192,24,1
28,25,128,9,128,13,0,13,0,7,0,7,0,6,0,6,0,6,0,4,0,12,0,12,0,12,0,254
,0

Table_122: ; z

DB

0,0,0,0,0,0,0,0,0,255,224,255,192,192,192,193,128,131,128,3,0,6,
0,6,0,12,0,28,0,24,0,48,0,48,0,96,96,224,96,192,96,255,224,255,22
4,0,0

Table_123: ; {

DB

28,0,56,0,48,0,48,0,48,0,48,0,48,0,48,0,48,0,96,0,224,0,224,0,
96,0,48,0,48,0,48,0,48,0,48,0,48,0,48,0,48,0,60,0

Table_124: ; |

DB

128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,
,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,
0,128,0,128,0

Table_125: ; }

DB

224,0,224,0,32,0,48,0,48,0,48,0,48,0,48,0,48,0,48,0,60,0,28,0,
56,0,48,0,48,0,48,0,48,0,48,0,48,0,48,0,48,0,96,0,224,0

Table_126: ; ~

DB

120,0,252,48,206,112,199,96,131,224,1,128,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0

Table_127: ; □

DB

255,240,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,12
8,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,1
28,0,128,0,255,240

Table_128: ; □

DB

255,240,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,12
8,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,1
28,0,128,0,255,240

Table_199: ; Ç

DB

31,144,63,240,48,112,96,48,192,16,192,16,128,0,128,0,128,0,128,0,
,128,0,128,0,128,0,192,0,192,0,64,16,96,48,48,96,31,224,7,128,3,0,
1,0,1,128,7,128

Table_208: ; Ğ

DB

16,64,24,192,24,192,15,128,2,0,6,0,31,224,56,240,96,96,96,48,192,
32,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,131,240,129,240,128,48,192,48,1

56,192,57,192,56,192,16,128,0,0,0,0,225,224,225,224,96,96,96,96,

96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,96,32,22
4,32,224,51,240,63,240

```
;<<<***** END OF HARF_TABLE
*****>>>
```

```
;<<<*****
*;>>>
;,<<<      EXT_INT0      >>>
;,<<<*****
*;>>>
```

```
EXT_INT0: PUSH PSW
          PUSH ACC
          PUSH B
```

```
EXT0_1: ;Islemeler
```

```
;
```

```
EXT0_SON: POP B
          POP ACC
          POP PSW
          RETI
```

```
;<<<***** END OF
EXT_INT0*****>>>
```

```
;<<<*****
*;>>>
;,<<<      TIMER 1 INTERRUPT      >>>
;,<<<*****
*;>>>
```

```
TIMER1_0: ;NOP
          RETI
```

```
;<<<***** END OF TIMER1
*****>>>
```

```
;<<<*****
*;>>>
;,<<<      DELAY 1      >>>
;,<<<*****
*;>>>
```

```
DELAY: MOV DELAYCOUNT,#250D
```

```

DELAY_1:  NOP
          NOP
          NOP
          DJNZ DELAYCOUNT,DELAY_1
          RET
; <<<***** END OF DELAY1
*****>>>

; <<<*****
***>>>

; <<<          DELAY 2          >>>
; <<<*****
***>>>
DELAY2:  PUSH  AR5
          MOV   R5,#100D
DELAY2_2: CALL  DELAY
          DJNZ  R5,DELAY2_2
          POP   AR5
          RET
; <<<***** END OF DELAY2
*****>>>

; <<<*****
***>>>

; <<<          DISPLAY & KEYBOARD          >>>
; <<<*****
***>>>
TIMER0_0: MOV   TL0,#00H
          MOV   TH0,#0FDH
          ;PUSH DPH
          ;PUSH DPL
          ;PUSH PSW
          ;PUSH ACC
          ;PUSH B
          ;PUSH AR1

TIMER0_1: ;Islemler

TIMER0_SON:
          ;POP  AR1
          ;POP  B
          ;POP  ACC
          ;POP  PSW
          ;POP  DPL
          ;POP  DPH
          RETI
; <<<***** END OF TIMER0 *****>>>

```

; <<< SERI HABERLESME >>>

CLR	TI
SETB	UYGUNDURF
RETI	

```
MOV R0,QR_PTR
MOV @R0,SBUF
MOV A,QR_PTR
CJNE A,#PCBUF_SON,RECEIVE_4
MOV QR_PTR,#PCBUF_BAS
JMP RECEIVE 5
```

;<<< DTR CHECK >>>

```
DTR_CHECK:  SETB DATAVARF
            MOV  A,QR PTR
```

```

CJNE A,QF_PTR,DTR_CHECK1
CLR  DATAVARF
MOV  QF_PTR,#PCBUF_BAS
MOV  QR_PTR,#PCBUF_BAS
JMP  DTR_CHECK5

```

```

DTR_CHECK1: JC    DTR_CHECK2
            CLR  C           ;QR_PTR>QF_PTR
            SUBB A,QF_PTR
            CPL  A
            INC  A
            ADD  A,#128d
            JMP  DTR_CHECK3

```

```

DTR_CHECK2: MOV  A,QF_PTR   ;QR_PTR<QF_PTR
            CLR  C
            SUBB A,QR_PTR

```

```

DTR_CHECK3: CJNE A,#9d,DTR_CHECK4
DTR_CHECK4: JNC  DTR_CHECK5
            SETB DTRP
            JMP  DTR_CHECK6

```

```

DTR_CHECK5: CLR  DTRP
DTR_CHECK6:

```

```

DTR_CHECK_SON: RET
; <<<***** END OF DTR_CHECK *****>>>

```

```

; <<<*****>>>
; <<<   CONVERT_CHAR   >>>
; <<<*****>>>

```

```

CONVERT_CHAR:  MOV  A,CH
               CJNE A,#32d,CONVERT_CHAR1
CONVERT_CHAR1: JNC  CONVERT_CHAR2
               MOV  CH,#32d           ;if CH<32 then 32
               JMP  CONVERT_CHAR_SON

```

```

CONVERT_CHAR2: CJNE A,#129d,CONVERT_CHAR3
CONVERT_CHAR3: JNC  CONVERT_CHAR4
               JMP  CONVERT_CHAR_SON   ;if 32<=CH<=128

```

then ayni

```
CONVERT_CHAR4:    CJNE A,#199,CONVERT_CHAR5
                  MOV  CH,#HARF_B_C
                  JMP  CONVERT_CHAR_SON
```

```
CONVERT_CHAR5:    CJNE A,#208,CONVERT_CHAR6
                  MOV  CH,#HARF_B_G
                  JMP  CONVERT_CHAR_SON
```

```
CONVERT_CHAR6:    CJNE A,#221,CONVERT_CHAR7
                  MOV  CH,#HARF_B_I
                  JMP  CONVERT_CHAR_SON
```

```
CONVERT_CHAR7:    CJNE A,#214,CONVERT_CHAR8
                  MOV  CH,#HARF_B_O
                  JMP  CONVERT_CHAR_SON
```

```
CONVERT_CHAR8:    CJNE A,#222,CONVERT_CHAR9
                  MOV  CH,#HARF_B_S
                  JMP  CONVERT_CHAR_SON
```

```
CONVERT_CHAR9:    CJNE A,#220,CONVERT_CHAR10
                  MOV  CH,#HARF_B_U
                  JMP  CONVERT_CHAR_SON
```

```
CONVERT_CHAR10:   CJNE A,#231,CONVERT_CHAR11
                  MOV  CH,#HARF_K_c
                  JMP  CONVERT_CHAR_SON
```

```
CONVERT_CHAR11:   CJNE A,#240,CONVERT_CHAR12
                  MOV  CH,#HARF_K_g
                  JMP  CONVERT_CHAR_SON
```

```
CONVERT_CHAR12:   CJNE A,#253,CONVERT_CHAR13
                  MOV  CH,#HARF_K_i
                  JMP  CONVERT_CHAR_SON
```

```
CONVERT_CHAR13:   CJNE A,#246,CONVERT_CHAR14
                  MOV  CH,#HARF_K_o
                  JMP  CONVERT_CHAR_SON
```

```
CONVERT_CHAR14:   CJNE A,#254,CONVERT_CHAR15
                  MOV  CH,#HARF_K_s
                  JMP  CONVERT_CHAR_SON
```

```
CONVERT_CHAR15:   CJNE A,#252,CONVERT_CHAR16
                  MOV  CH,#HARF_K_u
                  JMP  CONVERT_CHAR_SON
```

```

CONVERT_CHAR16:  MOV CH,#32d
                  ;Turkce degilse bosluk yaz.

```

```

CONVERT_CHAR_SON: RET
; <<<***** END OF CONVERT_CHAR
*****>>>

```

```

; <<<*****>>>
; <<<      BIT_YAZ      >>>
; <<<*****>>>

```

```

BIT_YAZ:
          SETB HEADEN          ;** DAHA
ASAGIYA ALINIZ
          SETB MOTOREN
          CALL DELAY2

```

```

BIT_YAZ1:  MOV R0,#LINEBUF+0

```

```

BIT_YAZ2:  mov  a,@r0
          CALL TERMAL_SEND
          CALL DELAY
          INC  R0

```

```

BIT_YAZ3:  CJNE R0,#LINEBUF+28,BIT_YAZ3A

```

```

BIT_YAZ3A: JC   BIT_YAZ2

```

```

          CPL  ILK28F
          JNB  ILK28F,BIT_YAZ5
          MOV  B,PAR1

```

```

BIT_YAZ4:  CALL TERMAL_ZAMAN
          CALL DELAY
          CALL STEP_AT
          CALL DELAY
          CALL DELAY
          CALL DELAY
          CALL DELAY
          CALL DELAY
          DJNZ B,BIT_YAZ4

```

```

BIT_YAZ5:

```

```

BIT_YAZ_SON: CALL  DELAY2
          CLR  HEADEN
          CLR  MOTOREN
          RET

```

```

; <<<***** END OF BIT_YAZ *****>>>

```

```

; <<<*****>>>
; <<<      PCBUF_2_LINEBUF      >>>
; <<<*****>>>
PC2LINE:
        JB    DATAVARF,PC2LINE_0
        JMP   PC2LINE_SON

PC2LINE_0:      MOV  R0,QF_PTR
                MOV  CH,@R0

PC2LINE_1:      JNB  ESCF,PC2LINE_2
                CLR  ESCF
                CLR  BITMAPF
                CLR  UZUNF
                CLR  DEVF
                CLR  PARAMF
                MOV  LINE_PTR,#0d                ;Güvenlik
                MOV  A,CH
                CJNE A,#'S',PC2LINE_1A
                SETB BITMAPF
                SETB PARAMF
                SETB ILK28F
                JMP  PC2LINE_7
PC2LINE_1A:     CJNE A,#'V',PC2LINE_1B
                SETB UZUNF
                JMP  PC2LINE_7
PC2LINE_1B:     CJNE A,#'D',PC2LINE_1C
                SETB DEVF
                SETB PARAMF
PC2LINE_1C:     JMP  PC2LINE_7

PC2LINE_2:      JNB  PARAMF,PC2LINE_3
                CLR  PARAMF
                MOV  PAR1,CH
                JMP  PC2LINE_7

PC2LINE_3:      MOV  A,CH
                CJNE A,#1Bh,PC2LINE_4      ;ESC
                SETB ESCF

                ; LINE_PTR=0 DEĞİLSE, FOR LOOPTA #0
YAZ
                ; Burayı biraz düşün

```

```

MOV A,LINE_PTR
JZ PC2LINE_7

MOV A,#LINEBUF
ADD A,LINE_PTR
MOV R0,A
PC2LINE_3A: MOV @R0,#0d
INC R0
CJNE R0,#LINEBUF+28,PC2LINE_3B
PC2LINE_3B: JC PC2LINE_3A

JMP PC2LINE_6B

PC2LINE_4: JB BITMAPF,PC2LINE_6
MOV A,CH
CJNE A,#CRETURN,PC2LINE_5
;ENTER
; FOR LOOPTA #32 (SPACE) YAZ
MOV A,#LINEBUF
ADD A,LINE_PTR
MOV R0,A
PC2LINE_4A: MOV @R0,#32d ;SPACE
INC R0
CJNE R0,#LINEBUF+28,PC2LINE_4B
PC2LINE_4B: JC PC2LINE_4A

JMP PC2LINE_6B

PC2LINE_5: CALL CONVERT_CHAR

PC2LINE_6: ; BITMAP veya CHı yazma
MOV A,#LINEBUF
ADD A,LINE_PTR
MOV R0,A
MOV @R0,CH

INC LINE_PTR

JNB DEVF,PC2LINE_6A0
MOV A,LINE_PTR
CJNE A,#3d,PC2LINE_9A
PC2LINE_9A: JC PC2LINE_7
PC2LINE_9B: MOV LINE_PTR,#0d
CALL DEV_YAZ
JMP PC2LINE_7

PC2LINE_6A0: MOV A,LINE_PTR

```

```

                CJNE A,#28d,PC2LINE_6A
PC2LINE_6A:      JC    PC2LINE_7
PC2LINE_6B:      MOV  LINE_PTR,#0d
                JB    BITMAPF,PC2LINE_6C
                CALL  LINEBUF_YAZ
                JMP   PC2LINE_7
PC2LINE_6C:      CALL BIT_YAZ
                ;JMP  PC2LINE_7

PC2LINE_7:       MOV  A,QF_PTR
                CJNE  A,#PCBUF_SON,PC2LINE_7A
                MOV   QF_PTR,#PCBUF_BAS
                JMP   PC2LINE_8
PC2LINE_7A:      INC   QF_PTR

PC2LINE_8:       CALL DTR_CHECK

PC2LINE_SON:     RET
; <<<***** END OF PCBUF2LINEBUF
*****>>>

```

```

*****
,
; -----STEP BASLANGICI-----
STEP_AT:

```

```

    JB    HEADUP_P,$

```

```

; ** FULL STEP MODE
INC    STEPCOUNT
MOV    A,STEPCOUNT

```

```

CJNE   A,#1d,STEP_AT1
MOV    A,P0
ANL    A,#1d
ORL    A,#0CCh
MOV    P0,A
JMP    STEP_AT_SON

```

```
STEP_AT1: CJNE A,#2d,STEP_AT2
```

```
    MOV A,P0
    ANL A,#1d
    ORL A,#9Ch
    MOV P0,A
    JMP STEP_AT_SON
```

```
STEP_AT2: CJNE A,#3d,STEP_AT3
```

```
    MOV A,P0
    ANL A,#1d
    ORL A,#0B4h
    MOV P0,A
    JMP STEP_AT_SON
```

```
STEP_AT3:
```

```
    MOV A,P0
    ANL A,#1d
    ORL A,#0E4h
    MOV P0,A
    MOV STEPCOUNT,#0d
```

```
STEP_AT_SON: CALL DELAY
```

```
    CALL DELAY
    CALL DELAY
    CALL DELAY
    CALL DELAY
    CALL DELAY
    CALL DELAY
    RET
```

```
*****END OF STEP *****
```

```
;<<<*****
***>>>
```

```
;<<<    Bu program parcasi A'da verilen veriyi    >>>
```

```
;<<<    Termal kafaya Gonderir    >>>
```

```
;<<<*****
***>>>
```

```
TERMAL_SEND: PUSH B
```

```
    setb SCLK      ;
    mov  B,#8
```

```
TERMAL_SEND1:
```

```
    clr  SCLK
    NOP
    rlc  a
    mov  DOUT,c      ; Veriyi cikisa yaz
    setb SCLK
```

```

    djnz  b,TERMAL_SEND1
    setb  DOUT      ; Veri hattini bosalt

```

```

TERMAL_SEND_SON: POP  B
                 ret

```

```

; <<<***** END OF TERMAL_SEND
*****>>>

```

```

; <<<*****>>>
>
; <<<      TERMAL_ZAMAN      >>>
; <<<*****>>>
>

```

```

TERMAL_ZAMAN:
    JB    HEADUP_P,$

```

```

    CLR   LATCHP
    NOP
    NOP
    NOP
    SETB  LATCHP

```

```

    SETB  STRB15P
    CLR   CLR123P
    NOP
    NOP
    SETB  CLR123P
    NOP
    NOP
    NOP
    NOP
    NOP
    NOP
    JB    Q123P,$
    CLR   STRB15P

```

```

    NOP
    NOP
    SETB  STRB234P
    CLR   CLR123P
    NOP
    NOP
    SETB  CLR123P
    NOP

```

```

NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
JB    Q123P,$
CLR   STRB234P

```

```

TERMAL_ZAMAN_SON:    RET
,*****END OF TERMAL_ZAMAN *****

```

```

; <<<*****>>>
>
; <<<          LINEBUF_YAZ          >>>
; <<<*****>>>
>

```

```

LINEBUF_YAZ:
    SETB HEADEN          ; ** DAHA
ASAGIYA ALINIZ
    SETB MOTOREN
    CALL DELAY2
    MOV  COLPTR,#0d

```

```

LINEBUF_YAZ1: MOV  R0,#LINEBUF+0

```

```

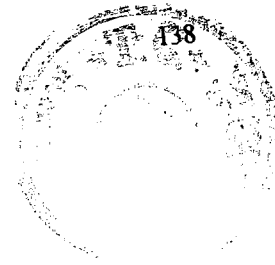
LINEBUF_YAZ2: MOV  DPTR,#HARF_TABLE
    MOV  A,@R0
    CLR  C
    SUBB A,#32d
    MOV  B,#48d
    MUL  AB
    ADD  A,DPL
    MOV  DPL,A
    MOV  A,DPH
    ADDC A,B
    MOV  DPH,A

```

```

    MOV  A,COLPTR
    MOVC A,@A+DPTR
    CALL TERMAL_SEND
    MOV  A,COLPTR
    INC  A
    MOVC A,@A+DPTR
    CALL TERMAL_SEND
    NOP

```



```
INC R0
LINEBUF_YAZ3: CJNE R0,#LINEBUF+28,LINEBUF_YAZ3A
```

```
LINEBUF_YAZ3A: JC LINEBUF_YAZ2
```

```
CALL TERMAL_ZAMAN
CALL STEP_AT
```

```
LINEBUF_YAZ3B: JNB UZUNF,LINEBUF_YAZ3C
CALL TERMAL_ZAMAN
CALL STEP_AT
```

```
LINEBUF_YAZ3C:
INC COLPTR
INC COLPTR
MOV A,COLPTR
CJNE A,#48,LINEBUF_YAZ4
LINEBUF_YAZ4: JC LINEBUF_YAZ1
```

```
CALL STEP_AT
CALL STEP_AT
CALL STEP_AT
CALL STEP_AT
```

```
CALL STEP_AT
CALL STEP_AT
CALL STEP_AT
CALL STEP_AT
```

```
CALL DELAY2
CLR MOTOREN
CLR HEADEN ;Daha Yukarı al
```

```
LINEBUF_YAZ_SON: RET
.*****END OF LINEBUF_YAZ *****
,
```

```
;<<<*****>>>
;
>
;<<< BIR2SEKIZ >>>
;<<<*****>>>
;
>
```

```
BIR2SEKIZ:
```

```

        MOV R7,#8d
        PUSH ACC
BIR2SEKIZ1:  POP  ACC

BIR2SEKIZ2:  RLC  A
        PUSH ACC

BIR2SEKIZ3:  JC   BIR2SEKIZ4
        MOV  A,#0d
        JMP  BIR2SEKIZ5

BIR2SEKIZ4:  MOV  A,#0FFh
BIR2SEKIZ5:  CALL TERMAL_SEND
        NOP
        ;CALL DELAY
        DJNZ R7,BIR2SEKIZ1
BIR2SEKIZ_SON: POP  ACC
        RET
,*****END OF BIR2SEKIZ *****

```

```

; <<<*****>>>
>
; <<<          DEV_YAZ          >>>
; <<<*****>>>
>
DEV_YAZ:
        SETB HEADEN          ;** DAHA
ASAGIYA ALINIZ
        SETB MOTOREN
        CALL DELAY2

```

```

        MOV COLPTR,#0d

DEV_YAZ1:  MOV  R0,#LINEBUF+0
        MOV  A,#0d
        CALL TERMAL_SEND
        MOV  A,#0d
        CALL TERMAL_SEND
        MOV  A,#0d
        CALL TERMAL_SEND
        MOV  A,#0d
        CALL TERMAL_SEND

DEV_YAZ2:

```

```

MOV DPTR,#HARF_TABLE
MOV A,@R0
CLR C
SUBB A,#32d
MOV B,#48d
MUL AB
ADD A,DPL
MOV DPL,A
MOV A,DPH
ADDC A,B
MOV DPH,A

MOV A,COLPTR
MOVC A,@A+DPTR
CALL BIR2SEKIZ
;CALL TERMAL_SEND
MOV A,COLPTR
INC A
MOVC A,@A+DPTR
;CALL TERMAL_SEND
CALL BIR2SEKIZ
NOP

INC R0
DEV_YAZ3: CJNE R0,#LINEBUF+3,DEV_YAZ3A
DEV_YAZ3A: JC DEV_YAZ2

MOV A,#0d
CALL TERMAL_SEND
MOV A,#0d
CALL TERMAL_SEND
MOV A,#0d
CALL TERMAL_SEND
MOV A,#0d
CALL TERMAL_SEND

MOV R6,PAR1
DEV_YAZ9: CALL TERMAL_ZAMAN
CALL DELAY
CALL STEP_AT
CALL DELAY
DJNZ R6,DEV_YAZ9

DEV_YAZ3C:
INC COLPTR
INC COLPTR

```

```

        MOV A,COLPTR
        CJNE A,#48,DEV_YAZ4
DEV_YAZ4:    JNC  DEV_YAZ5
            JMP  DEV_YAZ1
DEV_YAZ5:
        CALL STEP_AT
        CALL STEP_AT
        CALL STEP_AT
        CALL STEP_AT

        CALL STEP_AT
        CALL STEP_AT
        CALL STEP_AT
        CALL STEP_AT

        CALL DELAY2
        CLR  MOTOREN
        CLR  HEADEN           ;Daha Yukarı al

```

```

DEV_YAZ_SON: RET
;*****END OF DEV_YAZ *****

```

```

; <<<*****>>>
>
; <<<      INIT      >>>
; <<<*****>>>
>

```

```

INIT:
        MOV  FLAG1,#0H

```

```

        mov  p2,#0FFh

```

```

        CLR  TI
        CLR  RI

```

```

;MOV  STEP,0CCH
CLR  STRB15P
CLR  STRB234P
CLR  HEADEN

```

```

MOV  STEPCOUNT,#0d

```

```

CLR  DATAVARF
CLR  ESCF
CLR  PARAMF
CLR  BITMAPF
CLR  UZUNF
CLR  DEVF
SETB ILK28F
MOV  LINE_PTR,#0d
MOV  QF_PTR,#PCBUF_BAS
MOV  QR_PTR,#PCBUF_BAS
CLR  DTRP
INIT_SON:  RET
; <<<***** END OF INIT
*****>>>

```

```

; <<<*****
***>>>
; <<<      MICRO ISLEMCI SETUP      >>>
; <<<*****
***>>>

```

```

MP_SETUP: CLR RS0      ; PSW bank_0 is selected
          CLR RS1      ; " "
          ;***TIMERS
          MOV  TL0,#33H
          MOV  TH0,#0F5H
          MOV  87h,#0H   ;PCON
          MOV  TMOD,#21H ;Timer/Counter Mode Control

```

Register

```

SETB TCON.0 ;Timer/Counter Control Register
SETB TCON.4 ;
SETB TCON.6 ;
MOV  TL1,#0
MOV  TH1,#0FDH ; 9600BAUD

```

```

MOV  0B9h,#0FFh ;SADEN
;MOV  0A9h,#0FFh ;SADDR=Terazi Numarasi

```

```

MOV  SCON,#0C0H ;Serial Port Control
CLR  SCON.5     ;SM2'yi set ederek adres
baslangici yap
SETB SCON.4     ;Enable Serial Reception

MOV  IE,#90H   ; EA EC ET2 ES ET1 EX1 ET0

```

EX0

; 1 0 0 1 0 0 0 0
; sonra duzelt

;MOV IP,#10
MOV IP,#10H

MP_SETUP_SON: RET
; <<<***** END OF MICRO ISLEMCİ
SETUP*****>>>

; <<<*****
***>>>
; <<< MAIN >>>
; <<<*****
***>>>

ILK_ACILIS:

CLR STRB15P
CLR STRB234P
CLR HEADEN

MOV P0,#0d
CLR MOTOREN

MOV SP,#STACK
CALL MP_SETUP

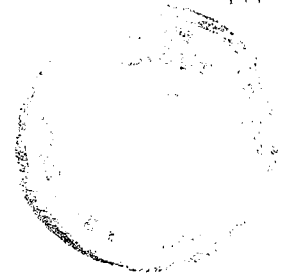
CALL INIT

SETB MOTOREN
MOV P0,#0FCh
CALL DELAY2
CALL DELAY2
MOV P0,0h

CALL STEP_AT
CALL STEP_AT
CALL STEP_AT
CALL STEP_AT
CALL DELAY2

CLR MOTOREN

LOOP: CPL P1.0
CPL P3.6



```
LOOP1:      CALL PC2LINE
           ;CALLDELAY2
```

```
LOOP_SON:  JMP LOOP
```

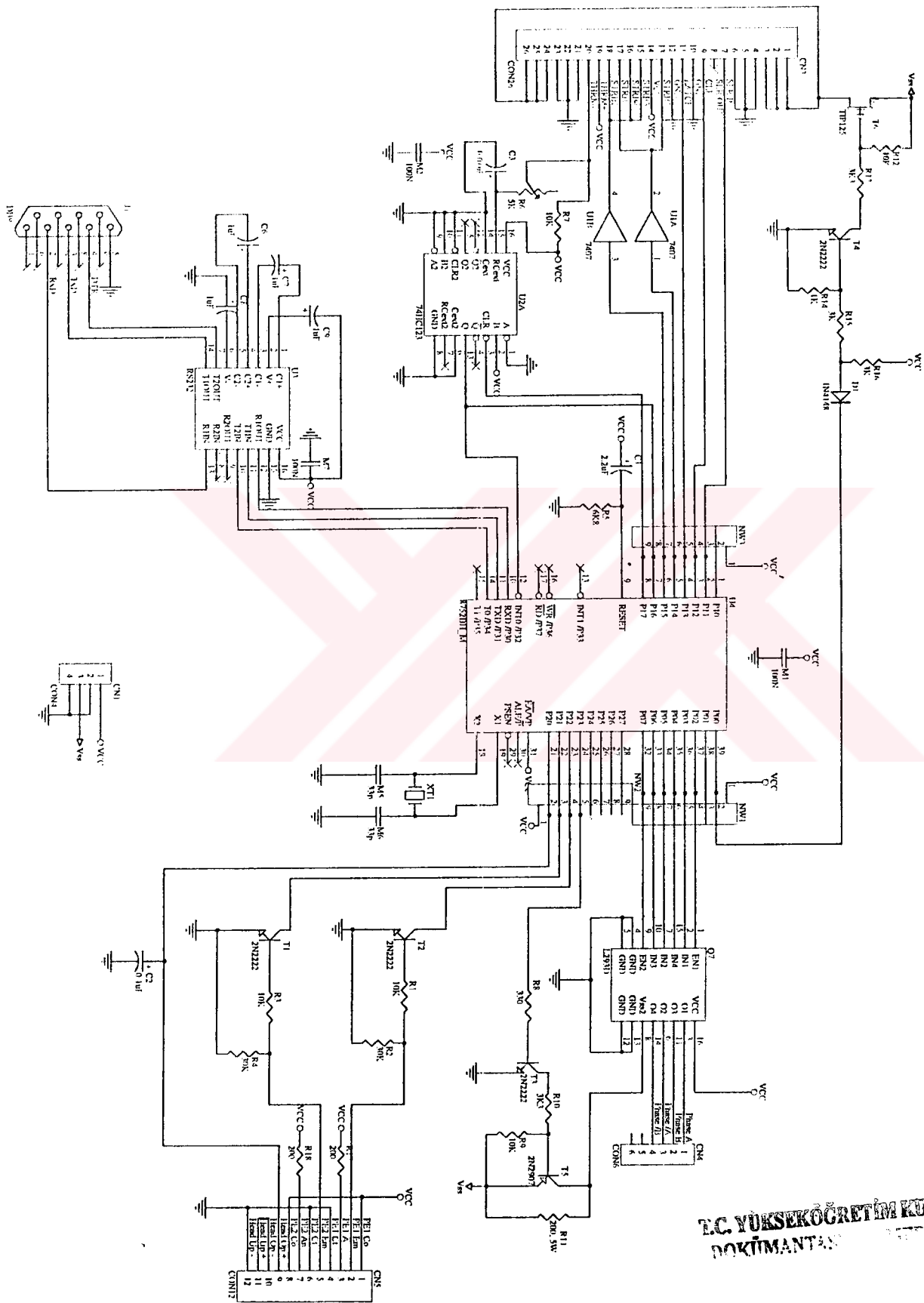
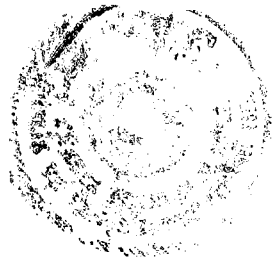
```
;~~~~~*****~>>>
```

```
;~~~<      END      >>>
```

```
;~~~~~*****~>>>
```

```
end
```





T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMAN TAN