

YILDIZ TEKNİK UNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Yakın Mes. Elek. Ula. Sist. Elek. Mot.
Tahrik Düz. Oto. Kont. Inc.

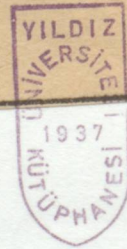
Yüksek Lisans Tezi

Feriha Erfan

1987

YILDIZ UNİVERSİTESİ
GENEL KİTAPLIĞI

Kot : R. 152
Alındığı Yer : .. Fen. Bil. Ens. 51
Tarih : .. 6.12.1988
Fatura :
Fiatı : .. 4500 TL.
Ayniyat No : .. 1/21
Kayıt No : .. 45735
UDC : .. 378.242
Ek : .. 621.3



152/102, 193, 134, 146.

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

-5-

İÇİNDEKİLER



BÖLÜM 1 - GİRİŞ ----- 1

BÖLÜM 2 - ULAŞIM SİSTEMLERİNİN TAHRİK DÜZENLERİNDE
KULLANILAN DOĞRU AKIM İNVERTERLERİ ----- 5

YAKIN MESAFE ELEKTRİKLİ ULAŞIM SİSTEMLERİNDE
ELEKTRİK MOTORLU TAHRİK DÜZENLERİNİN OTOMATİK
OLARAK KONTROLUNUN İNCELENMESİ ----- 11

2.1.1. DOĞRU AKIM TAHRİK ÜNİTESİNİN MOTORUNUN
KONTROL SİSTEMİNİN İÇERİŞİMİ ----- 11

2.1.2. MOTORUN DOĞRU AKIM ÜNİTESİNİN KONTROLÜ ----- 18

2.1.3. KOMBİNE ENERJİ VE ALAN KONTROLÜ ----- 23

2.1.4. DİA. KONTROL SİSTEMİ ----- 25

Yüksek Lisans Tezi

BÖLÜM 3 - YAKIN MESAFE ELEKTRİKLİ ULAŞIM SİSTEMLERİNİN
ELEKTRİK MOTORLU TAHRİK DÜZENLERİNİN OTOMATİK
OLARAK KONTROLUNUN İNCELENMESİ ----- 30

Elk. Müh. Feriha ERFAN

3.1.1. YAKIN MESAFE ELEKTRİKLİ ULAŞIM SİSTEMLERİNİN TAHRİKİ ----- 30

3.1.2. YAKIN MESAFE ELEKTRİKLİ ULAŞIM SİSTEMLERİNİN KONTROLÜ ----- 31

BÖLÜM 4 - MOTOR KONTROL DEVRELERİNİN İNCELENMESİ
KONTROL SİSTEMİNİN İÇERİŞİMİ ----- 38

Tez Yöneticisi : Prof. Dr.-Müh. Atıf URAL

YAKIN MESAFE ELEKTRİKLİ ULAŞIM SİSTEMLERİNİN TAHRİKİ ----- 38

4.1.1. MOTOR KONTROL DEVRELERİNİN İÇERİŞİMİ ----- 38

4.1.2. MOTOR KONTROL DEVRELERİNİN KONTROLÜ ----- 40

4.1.3. MOTOR KONTROL DEVRELERİNİN KONTROLÜ ----- 40

4.1.4. MOTOR KONTROL DEVRELERİNİN KONTROLÜ ----- 40

4.1.5. MOTOR KONTROL DEVRELERİNİN KONTROLÜ ----- 40

4.1.6. MOTOR KONTROL DEVRELERİNİN KONTROLÜ ----- 41

	İÇİNDEKİLER	42
	ÖZET	44
BÖLÜM 1 -	GİRİŞ	1
BÖLÜM 2 -	ULAŞIM SİSTEMLERİNİN TAHRİK DÜZENLERİNDE KULLANILAN DOĞRU AKIM MAKİNALARI	5
2.1.	TANITIM	5
2.2.	DOĞRU AKIM MOTORUNUN KONTROL OPTİMİZASYONU	6
2.3.	DOĞRU AKIM MAKİNALARINDA KULLANILAN DEĞİŞKEN HIZLI TAHRİK EDİCİLER	11
2.3.1.	DOĞRU AKIM SERBEST UYARMALI MOTORUNUN ROTOR GERİLİMİ İLE HIZ KONTROLU	11
2.3.2.	KONTROL GERİ BESLEME ÇEVİRİMLERİ	18
2.3.3.	KOMBİNE ENDÜVİ VE ALAN KONTROLU	23
2.4.	D.A. KIYICI TAHRİĞİ	25
BÖLÜM 3-	TRİSTÖRLÜ MOTOR KONTROL EDİCİLER İÇİN SAYISAL ATEŞLEME DEVRESİ	30
3.1.	SAYISAL ATEŞLEME DEVRESİNİN TANITIMI	30
3.2.	KAPI ATEŞLEME AÇISININ KONTROLU	31
BÖLÜM 4-	MOTOR KONTROL DEVRELERİNDE MİKROPROSESSÖR KULLANIMININ TANITILMASI	38
4.1.	MOTOR KONTROL DEVRELERİNDE MİKROPROSESSÖR KULLANILMASININ AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI	38
4.2.	MOTOR KONTROL DEVRELERİ İÇİN MİKROPROSESSÖRÜN UYGULAMA ÖRNEKLERİ	40
4.2.1.	ADIM MOTORUNUN TEK CHİP'LI MİKROPROSESSÖR İLE KONTROLU	40
4.2.1.1.	ADIM MOTORUNU HIZLANDIRMA VE YAVAŞLATMA	40
4.2.2.	D.A. MOTORUNUN KONTROLU	41

4.2.3. A.A. MOTORUNUN KONTROLU -----	42
4.2.4. SAPMA SAYICISI İÇİN UYGULAMA-----	42
4.3. MOTOR KONTROL ÖRNEKLERİ -----	44
BÖLÜM 5- ELEKTRİKLİ ULAŞIM SİSTEMLERİNDE KULLANILAN	76
D.A. MOTORUNUN MİKROPROSESSÖR İLE KONTROLUNUN	
İNCELENMESİ -----	46
5.1. D.A. MOTOR TAHRİĞİ İÇİN MİKROPROSESSÖR İLE	
GERÇEKLEŞTİRİLEN AKIM KONTROL YÖNTEMİNİN	
TANIMLANMASI -----	46
5.1.1. GERİ BESLEMELİ SİSTEMLER İÇİN MOTOR	
KONTROL EDİCİLER -----	47
5.1.2. SİSTEMİN DONANIMININ (HARDWARE)	
TANIMLANMASI-----	48
5.1.3. SİSTEMİN YAZINIMININ (SOFTWARE) DİZAYNI--	52
5.2. KÜÇÜK GÜÇLÜ BİR D.A. MOTORUNDA DOĞRUDAN SAYISAL	
HIZ KONTROLUNUN TEK CHİP'LI BİR MİKROPROSESSÖR	
İLE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ-----	54
5.2.1. 6801 MİKROPROSESSÖRÜNDE İŞLETME MODLARI--	54
5.2.2. DAHİLİ SİSTEM ZAMANLAYICISI -----	55
5.2.3. DİJİTAL HIZ KONTROL SİSTEMİNİN TANITIMI-	57
5.2.4. ZAMAN YÖNETİM PROGRAMI -----	60
5.2.5. HIZ KONTROL ALT PROGRAMI -----	61
5.3. SERBEST UYARMALI D.A. MOTOR TAHRİK SİSTEMİNİN	
HIZ VE AKIM ÇEVİRİMLERİNİN MİKROPROSESSÖR ESASLI	
KONTROLU -----	64
5.3.1. BLOK ŞEMASININ OLUŞTURULMASI -----	64
5.3.2. AKIM KONTROLÖRLERİ -----	66
5.3.3. HIZ KONTROLÖRLERİ -----	68
5.3.4. SİSTEMİ GERÇEKLEŞTİRME -----	69
BÖLÜM 6- YAKIN MESAFE ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA MİKROPROSESSÖR	
İLE SÜRÜŞ KONTROL SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ----	72
6.1. SÜRÜŞ KONTROL SİSTEMİNDE DONANIM DİZAYNI-----	74

6.2. ARIZA BULMA İÇERİKLİ SÜRÜŞ KONTROL SİSTEMİ-----	75
6.2.1. SÜRÜŞ KONTROL SİSTEMİNDE KULLANILAN MİKROPROSESSÖR SİSTEMİNİN ÖZEL AVANTAJLARI-----	76
6.3. ELEKTRİK ARAÇLARINDA MOTOR GÜCÜNÜN KONTROLU İÇİN KULLANILAN GTO TİPİ TRİSTÖRLÜ PWM İNVERTERİNİN MİKROPROSESSÖR İLE KONTROLU -----	78
ÖZET	
BÖLÜM 7- SONUÇ -----	80

KAYNAKLAR -----	81
-----------------	----

Doğru akım makineleri ulaşım sistemlerinin tahrik düzen-
KAYNAKLAR ----- 81
mada doğru akım motorlarının otomatik kontrolünde göz önüne
alınması gereken kontrol parametreleri özellikle belirlenmiştir.
Genellikle elektrikli araçlarda hız kontrolü doğru akım kıyıcılar
kullanılarak yapılmaktadır. Doğru akım kıyıcıların atama
açısının dijital olarak kontrolü kısaca ele alındıktan
sonra doğru akım makinelerinde akım ve hız kontrolünün mikro-
prosesörlerle gerçekleştirilmesi açıklanmıştır. Motor ve
tüm kontrol sistemlerinin bir arada kullanılmasıyla gerçekleştiril-
mesi durumunda mikroprosesörler ile bütün sistemde kontrol
edilebileceği çalışmalar sonucu gözlemlenmiştir.

ABSTRACT

Ö Z E T

Doğru akım makinaları ulaşım sistemlerinin tahrik düzenlerinde çok yaygın bir kullanım alanı bulmaktadır. Bu çalışmada doğru akım motorlarının otomatik kontrolunda göz önüne alınması gereken kontrol parametreleri öncelikle belirlendi. Genellikle elektrikli araçlarda hız kontrolu doğru akım kıyıcılar kullanılarak yapılmaktadır. Doğru akım kıyıcıların ateşleme açısının dijital olarak kontrolu kısaca ele alındıktan sonra doğru akım makinalarında akım ve hız kontrolunun mikroprosessörlerle gerçekleştirilmesi açıklanmaktadır. Motor ve tüm kontrol sistemlerinin bir arada kullanılmasının gerçekleşmesi durumunda mikroprosessörler ile bütün sisteminde kontrol edilebileceği çalışmalar sonucu gözlemlenmiştir.

ABSTRACT

Direct current machines find wide usage areas on driving arrangements of transport systems. In this work first, the control parameters have been determined which have to be considered on automatic control of D.C. motors. Generally the speed controls are made by D.C. choppers on electric vehicles. Following the digital inspection of firing angles of D.C. choppers, execution of current and speed control by microprocessors on D.C. machines is explained. As the result of works it was observed that entire system can be controlled by microprocessors in case the motor and whole control systems works performed together.

vagonun içindeki akım, gerilim hız ve vagon ağırlığının o andaki değerleri ile karşılaştırılır. Üzerinde işlem yapılır ve kuvvetli akım devreleri için gerekli başlama kumandaları oluşturulur ve gönderilir. Böylece yarı otomatik bir yol alma ve frenleme gerçekleştirilmiş olur. Bu aşamada bu görevlerin yanısıra Orneğin, taşıtın güvenliğine sağlanmak üzere patinaja karşı da koruyucu önlemler alır.

I. G İ R İ Ş

Elektrikli yakın mesafe ulaşım araçlarına özgü tahrik sistemlerinde en önemli teknik sorunlar hızla kumanda etme, yol alma ve frenlemedir. Bir taşıtın hızına kumanda edilmesi, genellikle taşıtın tahrik motorlarının gerilimine kumanda edilmesi anlamına gelir. Yakın mesafe elektrikli ulaşım sistemlerinde kullanılan gerilim, çoğunlukla doğru gerilimdir. Doğru gerilimle beslenen bu tip sistemlerde gerilime kumanda bilinen klasik yöntemlerle gerçekleştirilir. Ancak teknolojik gelişmeler sayesinde mikroprosesörlerin geniş kullanımı ile kontrol yapılması ekonomik bir kullanım sağlamanın yanısıra yüksek verimli bir çıkış sağlar.

Doğru gerilimle beslenen bu tip sistemlerde kullanılan elektrik motoru genellikle bir doğru akım seri motordur. Bu motorun kullanılmasının en önemli nedeni, taşıtın yol almasında kendisine gereken momenti küçük devir sayılarında sağlayabilen bir devir sayısı-moment $n=f(M)$ karakteristiğine sahip oluşudur.

Bir elektronik vagon donanımı, katar kumanda ve vagon kumanda aygıtlarından oluşur. Her iki aygıtta birbirinden ayrı yerleştirilmiştir ve kendilerine özgü akım kaynakları vardır. Enerjilerini taşıtın gövdesindeki alçak gerilim şebekesinden alırlar. Katar kumanda aygıtı katar işletmesi istendiğinde bulundurulur. Vagon kumanda aygıtı, kumanda ve ayarların merkezidir. Burada kumandalar ve başlangıç değerleri,

Yarı iletken teknolojiler. Daha yüksek gerilim vagonun içindeki akım, gerilim hız ve vagon ağırlığının o andaki değerleri ile karşılaştırılır, üzerinde işlem yapılır ve kuvvetli akım devreleri için gerekli bağlama kumandaları oluşturulur ve gönderilir. Böylece yarı otomatik bir yol alma ve frenleme gerçekleştirilmiş olur. Bu aygıt bu görevlerin yanısıra örneğin, taşıtın güvenliğini sağlamak üzere patinaja karşı da koruyucu önlemler alır.

Yük altında açıp kapama yapan güç anahtarı yerine bir tristörlü akım doğrultmacı ile cer motorlarının sürekli gerilim ayar kumandası sağlanır. Seyr iletkeninden akım alıcısı yardımı ile beslenen doğru akımlı yakın mesafe ulaşım sistemlerinde kumanda şekli olarak, genellikle "darbe genişliği kumandası" kullanılır. Bu yöntem, değişken darbe genişliği ve sabit bir bağlama frekansıyla çalışır.

Elektrikli ulaşım sistemlerinde D.A. makinalarının yanı sıra ulaşım motoru olarak sincap kafesli kısa devre asenkron makinalarda kullanılmaktadır. Bu tekniğin kullanılmasının nedeni ise devamlı yol alma ve frenlemenin gerektirdiği motor kollektörlerinin bakımını ortadan kaldırmaktadır. Böyle bir tahrik düzeninin de aynı doğru akım şekil değiştiricili sistemde olduğu gibi sürekli olmalı, az kayıplı ve aşınma olmayan bir kumanda düzeninde bulunması ve aynı şekilde bir faydalı ve direnimsiz frenlemeye olanak sağlaması gerekir.

Yarı iletken tekniğinin yarattığı bu olanakların yanısıra elektrikli ulaşım sistemlerinde kullanılan doğru akım makina ve düzenlerinin otomatik olarak kontrolü, günümüzde oldukça önem kazanmaktadır.

Motor kontrol elemanları, mikroprosessorların kullanılması ile oldukça küçülmüştür, ayrıca fonksiyonları farklı ünitelerin oluşturulması da mümkün olmuştur. Bu durumda mikroprosessor kullanılması ile kullanıcılar, basit birkaç ara birimler kullanarak değişik motor kontrol metodları arasından

seçim yapabilme yeteneğine sahiptirler. Daha yüksek performanslı motor kontrol elemanı elde etmek için; motor kontrolünde kullanılmak üzere bir mikroprosesör geliştirilmesi gerekmektedir. Dijital veya analog motor sistemlerinde olumsuz yönde etki yapacak etkenler ortadan kaldırılmıştır. Günümüz teknolojisinde çok hızlı gelişmekte olan mikroprosesörler kontrol devrelerinde kullanılması bakımından da bir çok yeniliklere açıktır.

Geri besleme kontrol sistemleri için D.A. motor tahriğinde D.A. motor çalışması için olabildiği kadar iyi bir şekilde endüvi akımı önceden tamamlanmış bir değere ayar edilmelidir. Ancak akımın artması sonucu motorda aşırı ısınma ve bundan dolayı bozulmalara neden olmaktadır. Bilhassa ulaşım sistemlerindeki uygulamalarda kullanıldığı gibi (hafif raylı ulaşım sistemlerinde 750 V. D.A. trolleybüslerde de 600 V. D.A.) büyük güçteki motorlar için akım başlangıçta sınırlandırılmalıdır. Bu yüksüz durumlarda da akımı sınırlandırmak gerekmektedir. Bu durumda, son gelişmelere dayanarak, akımın limit kontrolü, bir mikroprosesör ile bir kıyıcının kontrolü yapılarak gerçekleştirilir.

D.A. motorlarda akım kontrolü mikroprosesörle yapılabildiği gibi hız kontrolünde da benzer yönden kullanılabilir. Dijital sistemlerin kullanılması ile en iyi doğruluk ve stabilite elde edilmektedir. D.A. motorun her besleme periyodunda akım sıfıra geldikten sonra motorun endüvisi üzerinde zıt elektromotor kuvveti görürür. Ψ açısının maksimum değerinin bilinmesi ile periyodik olarak motorun hızı ölçülebilir. Motor üzerindeki EMK köprü devresi tarafından potansiyometre üzerinde görünen hız referans gerilim ile karşılaştırılır. D.A. motorunun direkt dijital hız kontrolünün ölçülmesi için tesis edilen sistemde çok az sayıda bileşen gerekir.

Mikroprosesör kullanarak bir D.A. motor tahriğinde hem akım hem de hız kontrolü PI veya PID (oran-integral-türev) kontrol edicileri kullanılabilir. Daha kusursuz, kararlı ve

kolay muhafaza edilen D.A. motor tahrik sistemlerine sahip olabilmek için mikro-prosessörlere dayanan kontrolörler kullanılmaktadır. Kontrol sistemlerinde hızlı cevaba sahip olabilmek için, hız ve akım kontrolörlerinin örnekleme hızları yeterli derecede yüksek seçilmiş olmalıdır. Bu da mikroprosessörlerin kullanılması ile mümkün olabilmektedir.

Mikroprosessörler, birçok kullanım kolaylığı ve üstünlüklerinden dolayı elektrik araçlarındaki kontrol sistemleri için geniş uygulama alanları bulurlar ve genellikle iki bölgeyi kısıyıcı ve serbest uyarlamalı D.A. motorları ile birlikte kullanılırlar. Bunların kontrol modlarının her ikisinde endüvi akımı (I_a) kontrol edilir. Mikroprosessör esaslı bir kontrol edici elektrikli sürüş sisteminin kalbidir. Bundan dolayı günümüz teknolojisinde ulaşım sistemlerinde çok yaygın kullanım alanı bulmaktadır.

Bir takım özellikleri nedeni ile, doğru gerilim olduğundan, tahrik motoru olarak doğru akım makineleri kullanılmaktadır (1). Doğru akım makineleri kullanılmasının sebeplerine kısaca değinecek olursak bunları; en uygun hız moment karakteristiği, iyi bir paralel çalışma özelliği, gerilim düşümüne karşı hassasiyet, güçlü bir kendi kendine ayarlı frenleme, basit yapı ve ağırlı yüklenbilme özellikleridir.

Elektrikli ulaşım sistemlerinde, işletmedeki karakteristikleri bildiği takdirde, tahrik motorunun tipinin seçimi için, motorların dinamik karakteristiklerinin incelenmesi gereklidir.

Doğru akım makinelerinde uyarma bobinleri değişik şekillerde beslenebilir. Bunlar yabancılardan akım çekebilecekleri gibi, uyarımda oldukları endüvi sarjından da beslenebilirler. Uyarma sarjının endüvi sarjıyla olan değişik bağlanma şekillerine göre uyarma devresine özel isimler verilir (2) Bunlar;

- a) Seri uyarma,
- b) Şönt sarjlı uyarma,

2. ULAŞIM SİSTEMLERİNİN TAHRİK DÜZENLERİNDE KULLANILAN DOĞRU AKIM MAKİNALARI

2.1. TANITIM

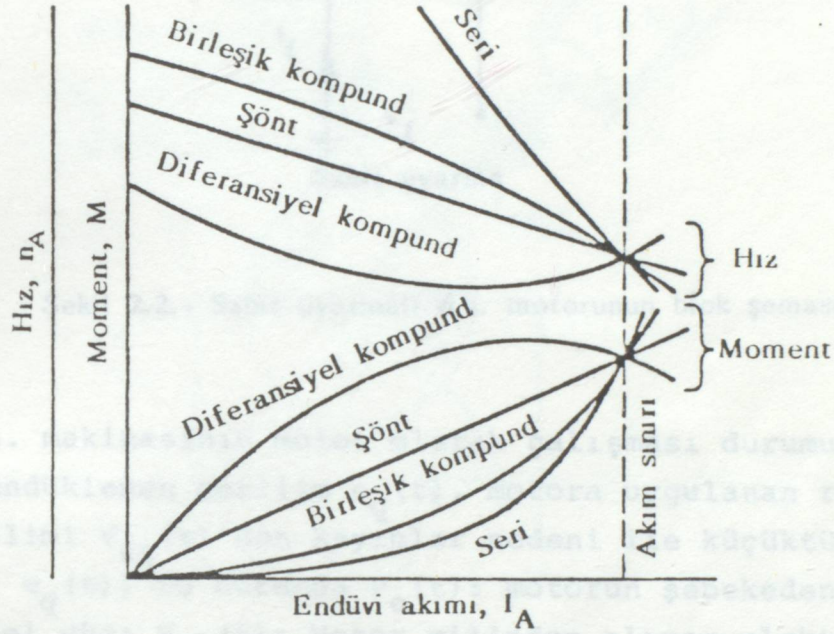
Yakın mesafe ulaşım sistemlerinde seyir iletken gerilimi, bir takım üstünlükleri nedeni ile, doğru gerilim olduğundan, tahrik motoru olarak doğru akım makinası kullanılmaktadır (1). Doğru akım makinası kullanılmasının sebeplerine kısaca değinecek olursak bunlar; en uygun hız moment karakteristiği, iyi bir paralel çalışma özelliği, gerilim düşümlerine karşı hassasiyet, güçlü bir kendi kendine uyarımlı frenleme, basit yapı ve aşırı yüklenebilme özellikleridir.

Elektrikli ulaşım sistemlerinde, işletmedeki karakteristikleri bilindiği takdirde, tahrik motorunun tipinin seçimi için, motorların dinamik karakteristiklerinin incelenmesi gereklidir.

Doğru akım makinalarında uyarma bobinleri değişik şekillerde beslenebilir. Bunlar yabancı kaynaktan akım çekebileceği gibi, uyarmakta oldukları endüvi sargısından da beslenebilirler. Uyarma sargısının endüvi sargısı ile olan değişik bağlanma şekillerine göre uyarma devresine özel isimler verilir (2) Bunlar,

- a) Seri uyarma,
- b) Şönt sargılı uyarma,

- c) Seri ve paralel (şönt) sargıları aynı zamanda bulunan kompund uyarma,
 d) Uyarma sargısı dışarıdan beslenen serbest uyarma.

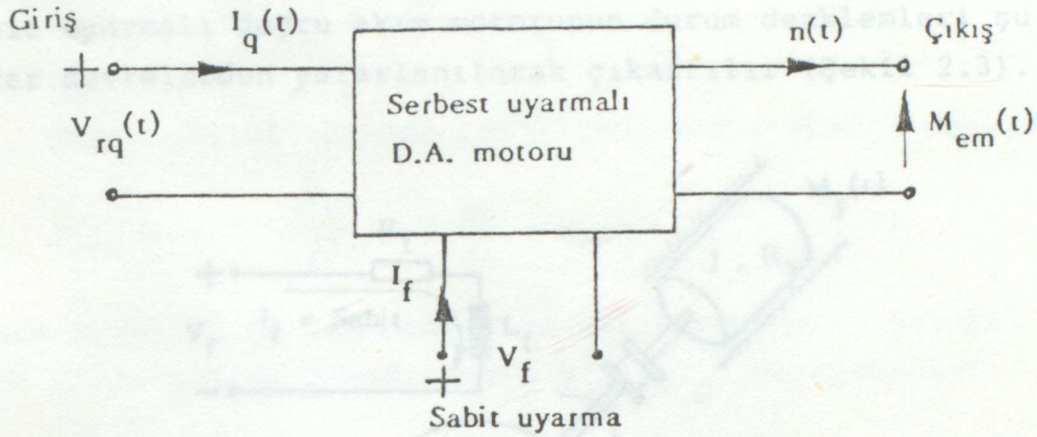


Şekil 2.1.- Kompund, seri ve şönt motorlar için karakteristik eğriler (3)

Bir elektrik motorunun doğal karakteristiği o motoru, devir sayısı ile momentini arasındaki bağıntıyı belirten karakteristik eğridir.

2.2. DOĞRU AKIM MOTORUNUN KONTROL OPTİMİZASYONU

Enerji dönüşümü yönünden sabit uyarmalı bir D.A. motorunun blok diyagramı oluşturulacak olursa; sistemin giriş büyüklüğü olarak motorun endüvisine uygulanan gerilim ve çıkış büyüklüğü olarak da motorun açıl dönmesi alınabilir. Bilindiği gibi blok diyagramlarında giriş büyüklüğü sisteme uygulanan büyüklük, çıkış büyüklüğü ise sistemin cevabı olarak alınır.



Şekil 2.2.- Sabit uyarmalı d.a. motorunun blok şeması

D.A. makinasının motor olarak çalışması durumunda; motorunda endüklenen gerilim $e_q(t)$, motora uygulanan rotor besleme gerilimi $V_{rq}(t)$ 'den kayıplar nedeni ile küçüktür. ($V_{rq}(t) > e_q(t)$) Bu durumda $P_e(t)$: motorun şebekeden çektiği elektriksel güç; $P_{em}(t)$: Motor milinden alınan elektromekanik güç ve $\Sigma P_k(t)$: motordaki toplam kayıp güç olmak üzere aşağıdaki eşitlikler yazılabilir.

$$P_e(t) = P_{em}(t) + \Sigma P_k(t) \quad (2.1)$$

$$P_{em}(t) = W(t) \cdot M_{em}(t) = e_q(t) \cdot i_q(t) \quad (2.2)$$

$$e_q(t) = k_e \phi(if) \cdot n(t) \quad (2.3)$$

$$M_{em}(t) = k_m \phi(if) \cdot i_q(t) \quad (2.4)$$

Burada; $W(t)$: Motorun açısal hızı (rad/sn)

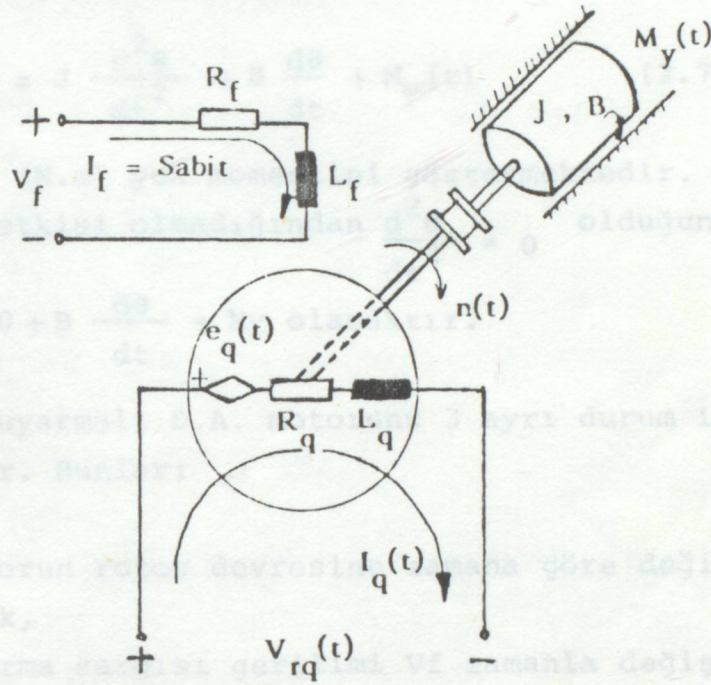
k_e, k_m : Motor sabitleri

$\phi(if)$: Uyarma akımının oluşturduğu magnetik akı

($W_b = v.s$).

$n(t)$: Motorun devir sayısı (dev/dak)

Sabit uyarmalı doğru akım motorunun durum denklemleri şu eşdeğer devrelerden yararlanılarak çıkartılır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3.- Sabit uyarmalı d.a. motorunun eşdeğer devresi (5)

J : $GD^2/4g$ (Joule .Sn²) atalet momenti, B (Joule.Sn) devir sayısı ile orantılı sürtünme katsayısı, M_y (Nm) yük momenti R_q (Ω) ve L_q (mH) motorun toplam sargı direnç ve selfidir.

Sürekli rejimde,

$$V_{rq}(t) = e_q(t) + R_q \cdot i_q(t) \quad (2.5)$$

$$V_f = R_f \cdot i_f = \text{sabit}$$

Denklem (2.3)'den;

$$e_q(t) = k_e \phi(i_f) \cdot n(t)$$

(i_f : sabit)

$$n(t) = \frac{e_q(t)}{k_e \phi(if)} = \frac{V_{rq}(t) - P_q \cdot i_q(t)}{k_e \psi} \quad (2.6)$$

Motor geçici rejimde çalışırken motor moment denklemi

$$M_{em}(t) = J \frac{d^2\theta}{dt^2} + B \frac{d\theta}{dt} + M_Y(t) \quad (2.7)$$

Burada $M_Y(t)$ (N.m) yük momentini göstermektedir. Sürekli rejimde J 'nin etkisi olmadığından $\frac{d^2\theta}{dt^2} = 0$ olduğundan:

$$M_{em} = 0 + B \frac{d\theta}{dt} + M_Y \text{ olacaktır.}$$

Sabit uyarımalı D.A. motorunu 3 ayrı durum için incelemek mümkündür. Bunlar;

- Motorun rotor devresine zamana göre değişken gerilim uygulamak,
- Uyarı sargısı gerilimi V_f zamanla değişken ve motorun kutuplarına uygulanan V_{rq} gerilimi sabit,
- Motorun miline uygulanan dış moment M_Y değişken, V_{rq} ve if sabit.

Bu durumda motorun rotoruna zamanla değişen bir gerilim uygulandığında; motorun rotor akımı (i_q) ve hızı (n) değişecektir. Özellikle büyük güçlerdeki uygulamalarda $V_{rq} = V_{rq}(t)$ durumunda sistem açısından önemli olan iki değişken $i_q = i_q(t) = ?$ ve $n = n(t) = ?$ dir.

Eşdeğer devreden rotor devresi için Kirchhoff'un gerilim denklemi,

$$V_{rq}(t) = R_q \cdot i_q(t) + L_q \frac{di_q}{dt} + e_q(t) \quad (2.8.a)$$

$$e_q(t) = k_e \phi(if) \cdot n(t) \quad if = I_f: \text{ sabit}$$

$$= k_e \psi \cdot n(t) \quad (2.8.b.)$$

Buradan:

$$\frac{di_q}{dt} = -\frac{R_q}{L_q} \cdot i_q(t) - \frac{k_{e\psi}}{L_q} n(t) + \frac{1}{L_q} V_{rq}(t) \quad (2.8)$$

(2.4) ve (2.7) bağıntısından;

$$\frac{dw}{dt} = \frac{k_{m\psi}}{J} \cdot i_q(t) - \frac{B}{J} w(t) - \frac{1}{J} M_y(t) \quad (2.9)$$

$$W \approx \frac{d\theta}{dt} = \frac{2\pi n}{60} \quad n = \frac{60}{2\pi} \cdot W$$

$$P_{em} = e_q \cdot i_q = (K_{e\psi} \cdot n) i_q \quad \Rightarrow \quad K_{e\psi} \cdot n = K_{m\psi} \cdot W$$

$$P_{em} = W \cdot M_{em} = W(K_{em} \cdot i_q)$$

$$\text{Dolayısı ile } K_{m\psi} = \frac{n}{W} K_{e\psi} = \frac{60}{2\pi} \cdot K_{e\psi}$$

Bu durumda devir sayısı n değerinden,

$$\frac{dn}{dt} = \left(\frac{60}{2\pi}\right)^2 \frac{K_{e\psi}}{J} i_q(t) - \frac{B}{J} n(t) - \left(\frac{60}{2\pi}\right) \frac{1}{J} M_y(t) \quad (2.10)$$

Sistemin blok diyagramını görebilmemiz için çeşitliklerin Laplace dönüşümünü alarak 5 domenine geçebiliriz.

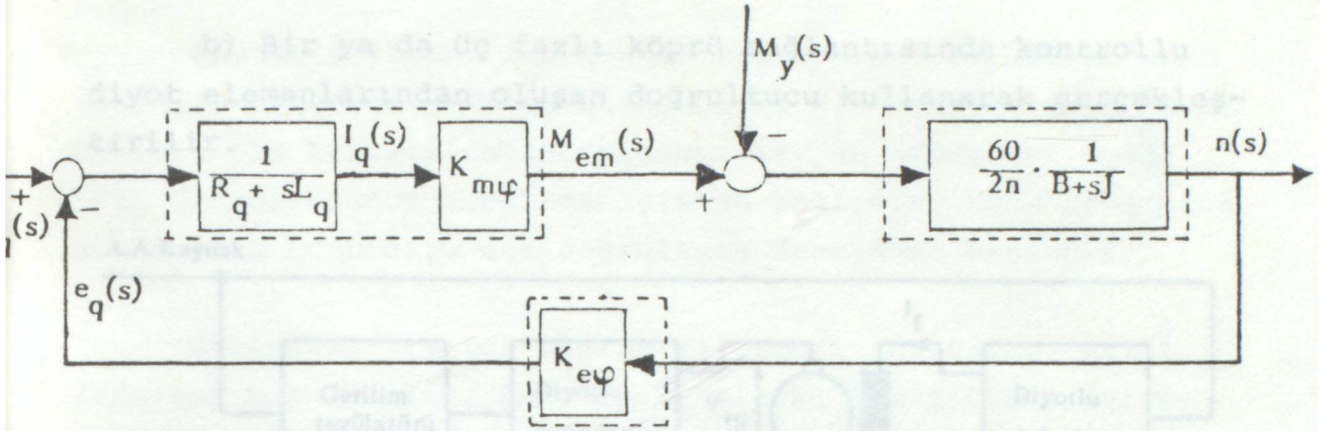
$$V_{rq}(s) = R_q \cdot i_q(s) + sL_q i_q(s) + e_q(s)$$

$$e_q(s) = K_{e\psi} \cdot n(s)$$

$$M_{em}(s) = sJ \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot n(s) + B \frac{2\pi}{60} \cdot n(s) + M_y(s)$$

$$M_{em}(s) = K_{m\psi} \cdot i_q(s)$$

En son bağıntılardan sistemin blok diyagramını oluşturursak, geniş bir şekilde, kullanılacak doğru akım motorunun kontrol edeceğimiz büyüklükleri belirlenmiş olur.



Şekil 2.4.- Sabit uyarmalı d.a. motorunun blok diyagramı

2.3. DOĞRU AKIM MAKİNALARINDA KULLANILAN DEĞİŞKEN HIZLI TAHRİK EDİCİLER

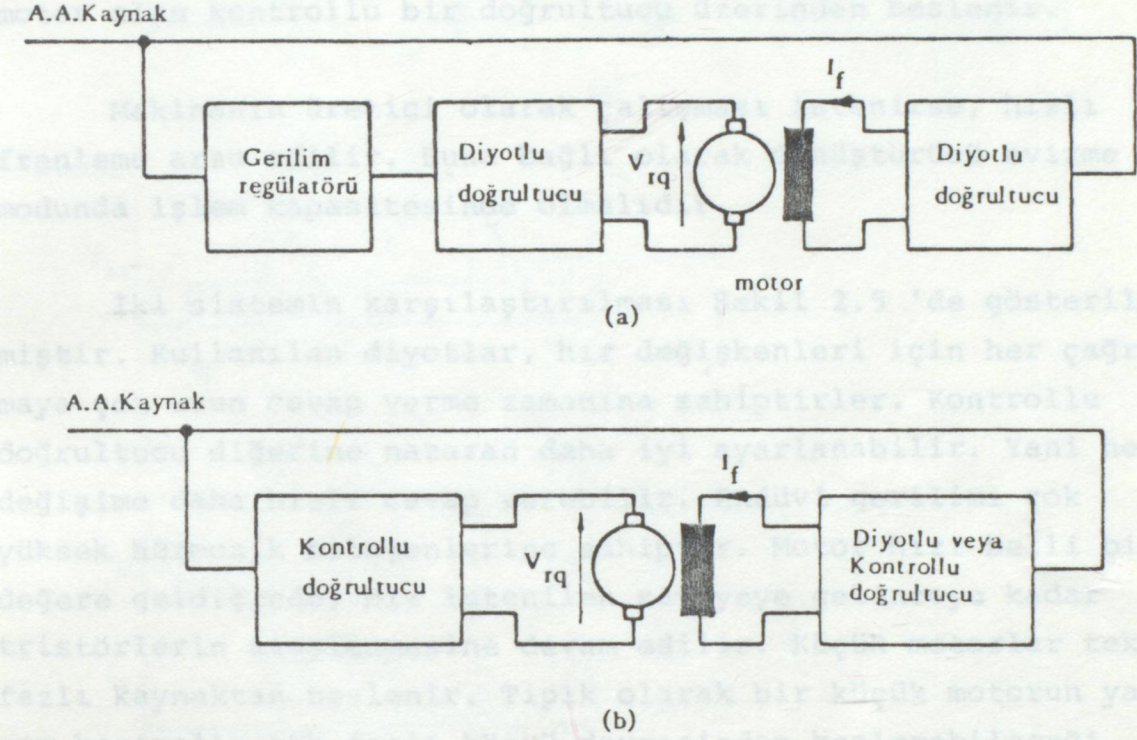
Yarı iletken elemanların belirlenen yük, gerilim ve akımlar için imal edilebilme olanağının doğması, güvenilir ve daha da önemlisi küçük boyutlu ve hafif olmaları, bunların doğru akım makinalarında yaygın bir uygulama alanı bulmasına neden olmuştur (6).

2.3.1. DOĞRU AKIM SERBEST UYARMALI MOTORUNUN ROTOR GERİLİMİ İLE HIZ KONTROLU

Serbest uyarmalı bir doğru akım motorunun hızı, rotor uçlarına uygulanan gerilimin sürekli olarak değiştirilmesi yöntemi ile yapılabilir. Motorun rotor gerilimi başlıca iki yöntemle ayarlanabilir.

a) Çıkış gerilimi ayarlanabilen bir transformatör ya da manyetik kuvvetlendirici ve doğrultucu kullanarak; doğrultucu bir ve üç fazlı köprü bağlantısında diyotlardan oluşabilir.

b) Bir ya da üç fazlı köprü bağlantısında kontrollu diyot elemanlarından oluşan doğrultucu kullanarak gerçekleştirilir.



Şekil 2.5.- Değişken hızlı tahrik ediciler

- (a) Diyotlu doğrultuculu regülatör ile gerilim ayarı
 (b) Kontrollü doğrultucular ile gerilimin ayarlanması

Şekil 2.5.(a)'da gerilim regülatörü ile bağlanarak kullanılabilen diyotlu doğrultucunun bulunduğu şekli gösterir. Gerilim regülatörü değişken oranlı dönüştürücü veya indüksiyon regülatörü olabilir. Gerilim regülatörü burada, endüvi gerilimini ve dolayısı ile hızı kontrol eder. Alan diyot doğrultucu üzerinden gerilime orantılı olarak elde edilir, böylece akı değeri daima optimum seviyelerdedir. Şekil 2.5. (b)'de değişik doğrultucu çeşitlerinin bazılarının kullanılması tanımlanmıştır.

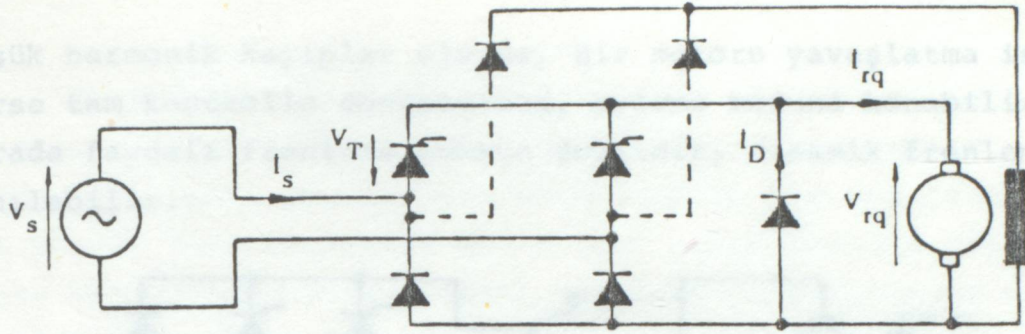
Endüvi gerilimi ile tanımlanan motor hızı her salınım momenti, harmonik gerilim bileşenleri ile üretilmiş ve motor ataleti ile kuvvetlice sönmülenebilir. Bu sebepten, motor hızı doğrultucunun ateşleme açısına bağlıdır. Eğer istenirse, motor alan kontrollu bir doğrultucu üzerinden beslenir.

Makinanın üretici olarak çalışması istenirse, hızlı frenleme arzu edilir. Buna bağlı olarak dönüştürücü evirme modunda işlem kapasitesinde olmalıdır.

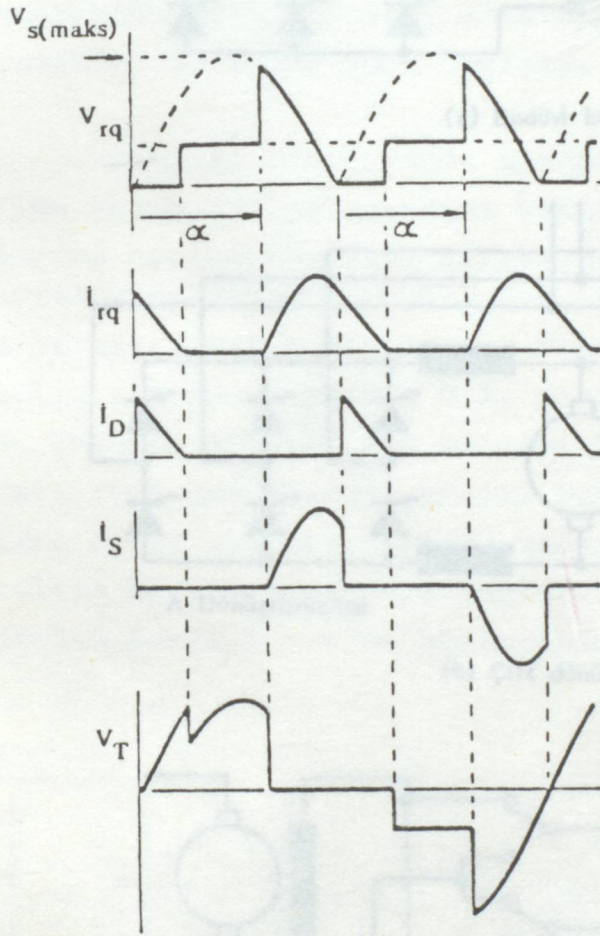
İki sistemin karşılaştırılması Şekil 2.5 'de gösterilmişmiştir. Kullanılan diyotlar, hız değişkenleri için her çağrılmaya çok uzun cevap verme zamanına sahiptirler. Kontrollu doğrultucu diğerine nazaran daha iyi ayarlanabilir. Yani her değişime daha hızlı cevap verebilir. Endüvi gerilimi çok yüksek harmonik bileşenlerine sahiptir. Motor hızı belli bir değere geldiğinde, hız istenilen seviyeye gelinceye kadar tristörlerin ateşlenmesine devam edilir. Küçük motorlar tek fazlı kaynaktan beslenir. Tipik olarak bir küçük motorun yarım kontrollu tek fazlı köprü devresinden beslenebileceği şekil 2.6.a'da görülmektedir. Enerji kaynağının her çevriminde sabit değerdeki motor hızı, motor ataletini karşılayabilmeli ve hızın değeri oranında alanda endüklenen akım, motorda üretilen e.m.k.ya karşılık bir değerdedir.

Şekil 2.6(b)'de dalga şekilleri referans olarak alınır. Kaynak gerilimi yaklaşık olarak ters (EMK) E'nin seviyesine düşene kadar ani akım artacaktır. Daha sonraki zaman içinde ani akım bozulacaktır.

Şebeke gerilimi sıfır olduğunda komitasyon diyodu endüvi akımını akım sıfır olarak bozulduğu zamana kadar üzerine alacaktır. Motor endüvi geriliminin dalga şekli üç kesite sahiptir, tristör ateşlendikten sonra, komitasyon diyot bağlantıları sıfır olduğunda ve motorun iç gerilimi sıfır akım periyodu esnasındaki durumlar Şekil 2.6.b'de gösterilmektedir (7).



(a)



(b)

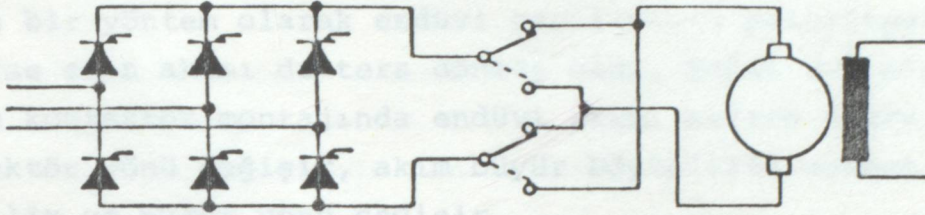
Şekil 2.6.- Küçük motor ile süreksiz akım

(a) Tek fazlı yarım kontrollü devre şeması

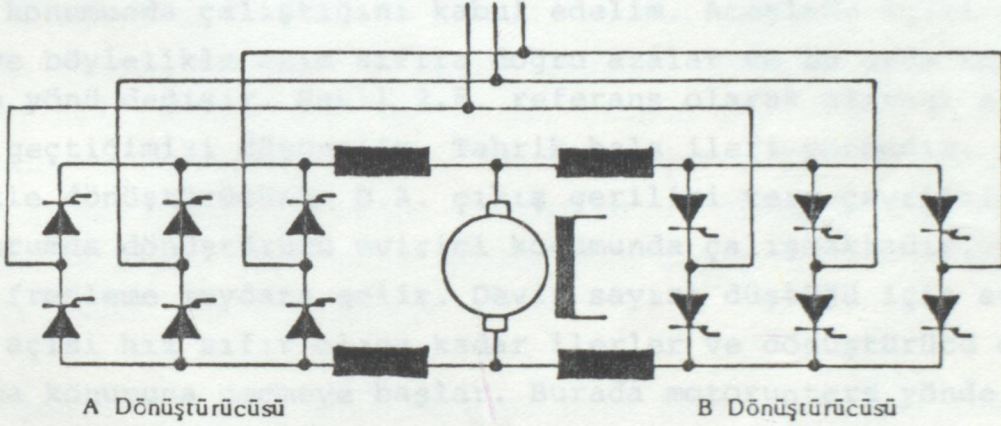
(b) Dalga şekli

Ortalama endüvi akımı ortalama motor momenti ile orantılıdır. Harmonikler sadece harmonik momentler oluşturur. Büyük motorlarda oluşan akım süreklidir ve çok yüksek indüktanslıdır. Akımın harmonik bileşeni küçüktür. Bu nedenden daha

düşük harmonik kayıplar oluşur. Bir motoru yavaşlatma iste-
nirse tam kontrollü dönüştürücü, evirme moduna konabilir. Bu-
Burada faydalı frenleme mümkün değildir, dinamik frenleme kul-
lanılabilir.



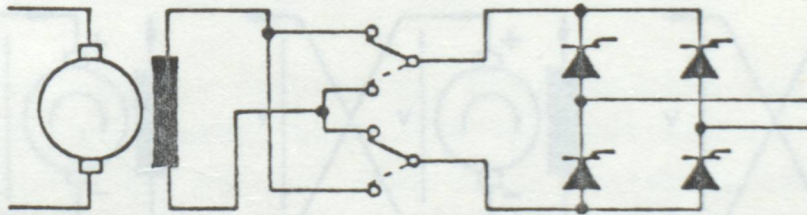
(a) Endüvi kontaktörü



A Dönüştürücüsü

B Dönüştürücüsü

(b) Çift dönüştürücü



(c) Alan kontaktörü

Şekil 2.7.- Fersine çalışma tahriği

(a) İleri dönme, motorun çalışması, durdurma

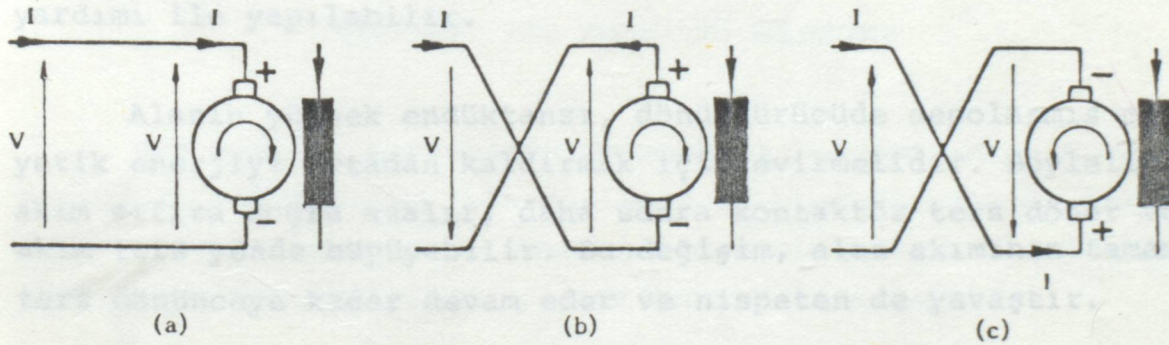
(b) İleri dönme, generatör olarak çalışma, edinc

olarak çalışma

(c) Tercih dönme, motorun çalışması, durdurma

Ters doğru akım motor tahriğinde, çeşitli yöntemler bulunmasına rağmen daha çok üç önemli yöntem kullanılır. Aynı yönde alan akımı uygulanırsa motor endüvisine uygulanan gerilim yönünü ters çevirerek motor ters yönde dönmeye başlar. Başka bir yöntem olarak endüvi geriliminin polaritesi değiştirilirse alan akımı da ters dönmüş olur. Şekil 2.7.a'da gösterilen kontaktör montajında endüvi akımı sıfıra doğru azalınca kontaktör yönü değişir, akım büyür böylelikle moment ters çevrilir ve motor yönü değişir.

Motorun ileri yönde döndüğünü ve dönüştürücünün doğrultucu konumunda çalıştığını kabul edelim. Ateşleme açısı geçikir ve böylelikle akım sıfıra doğru azalar ve bu anda kontaktörün yönü değişir. Şekil 2.8. referans olarak alırsak a'dan b'ye geçtiğimizi düşünelim. Tahrik hala ileri yöndedir. Böylelikle dönüştürücünün D.A. çıkış gerilimi ters çevrilmiştir. Bu durumda dönüştürücü evirici konumunda çalışmaktadır. Faydalı frenleme meydana gelir. Devir sayısı düştüğü için ateşleme açısı hız sıfır olana kadar ilerler ve dönüştürücü doğrultma konumuna geçmeye başlar. Burada motorun ters yönde dönüşü Şekil 2.8.c'de gösterildiği gibidir.



Şekil 2.8.- Ters çalışma durumu modları

- (a) İleri dönme, motorun çalışması, doğrultma
- (b) İleri dönme, generatör olarak çalışma, evirici olarak çalışma
- (c) Ters dönme, motorun çalışması, doğrultma

Ters dönme işlemi sırasında maksimum akımı korumak için ateşleme açısı kontrol edilir ve böylelikle ters dönme işleminin minimum zamanda olması garanti edilir. Şimdi de geri besleme döngülerininin yardımı ile bu işlemin nasıl yapıldığına bakalım.

Kontaktörün ters dönmesi ile kontaktörün çalışması sırasında tahrik tipik olarak 0.2 sn. ile 0.8 sn. içinde ters dönmüş olur. Bu kontaktör zamanı Şekil 2.7.b'de gösterildiği gibi çift dönüştürücü (ters paralel) düzeni kullanılarak yok edilir. Buradaki A dönüştürücüsü hızla sifıra doğru azalan akıma sahiptir. Bu durumda B dönüştürücüsü ilettime geçebilir. Şekilde gösterilen endükleyicilerin, gruplarından her ikisi eş zamanlı olarak ateşlendiği zaman gruplar arasındaki sirkülasyon akımını sınırlayacaktır. Ancak bir grubun ateşlemesi diğeri iletimdeyken durdurulur. Daha önceden açıklandığı gibi faydalı frenleme periyodu süresince ilettime giren dönüştürücü, evirici modunda çalışır. Daha sonra dönme yönü değiştiğinde dönüştürücü doğrultucu olarak çalışır.

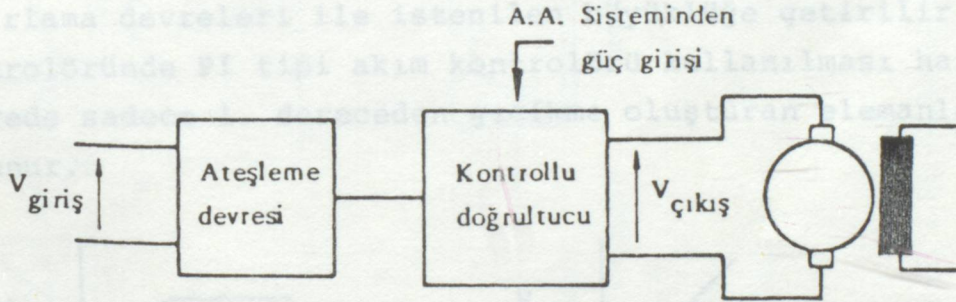
Şekil 2.7.c'de gösterildiği gibi ters çevirme işlemi kontaktör tarafından ters çevrilen alan akımı yardımı ile ya da ters paralel bağlantıya ilave olarak bağlanan dönüştürücü yardımı ile yapılabilir.

Alanın yüksek endüktansı, dönüştürücüde depolanmış manyetik enerjiyi ortadan kaldırmak için evirmelidir. Böylelikle akım sifıra doğru azalır, daha sonra kontaktör ters döner ve akım ters yönde büyüyebilir. Bu değişim, alan akımının tamamı ters dönünceye kadar devam eder ve nispeten de yavaştır.

Endüvisi beslenmiş D.A. motor tahriğinde besleme kaynağından çekilen akımın güç faktörü direkt olarak hıza bağlıdır. Diyotta, tam hızın yarısında ortalama gerilim yarıya düşecektir. Böylece ateşleme açısı 60° olur. $\cos 60^{\circ} = 0.5$ olduğundan, akımın temel bileşenin güç faktörü = 0.5'tir.

2.3.2. KONTROL GERİ BESLEME ÇEVİRİMLERİ

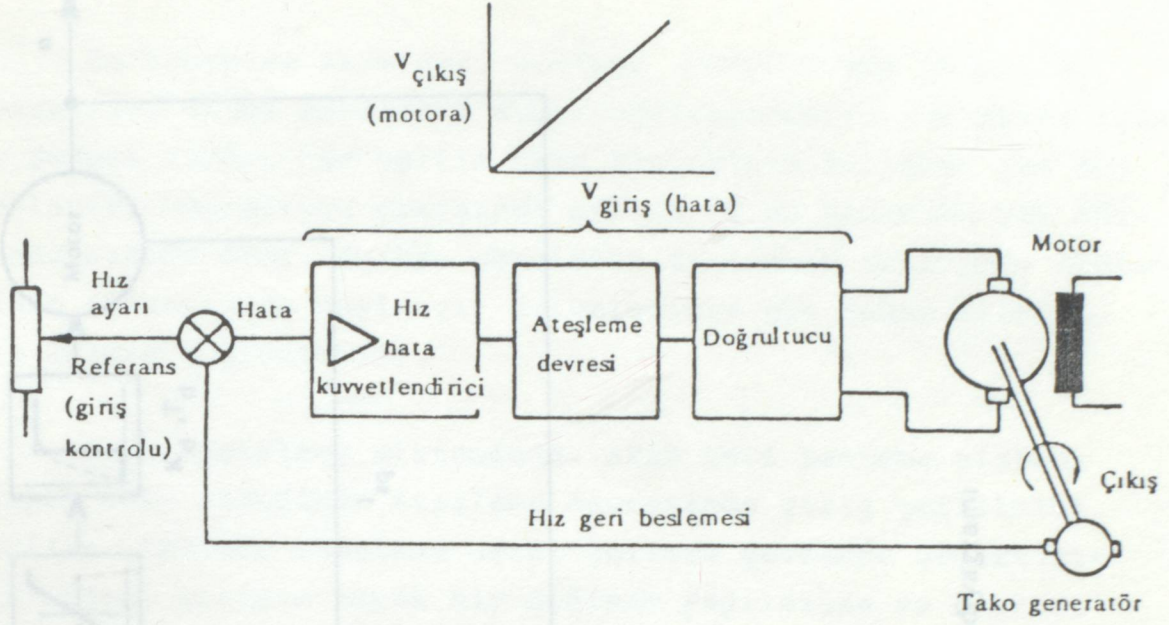
Bir motorun hızı doğrultucudan elde edilen ortalama çıkış geriliminin seviyesi ile kontrol edilebilir. Doğrultucuyu bir güç yükseltici olarak düşünebiliriz (Şekil 2.9). Çıkış gerilimi ateşleme açısı ile saptanır. Bu açı, ateşleme devresine giriş gerilimi seviyesi olarak hazırlanabilir. Giriş sinyali ile birleştirilen güç sadece miliwatt'lar mertebesinde olabilir. Halbuki doğrultucu çıkışı megawatt mertebesinde olabilir. Bir geri besleme sinyali ve bir yükselteç ilavesi ile Şekil 2.9'daki açık çevrim sistemi Şekil 2.10'daki kapalı çevrim hız kontrol sistemine dönüştürülebilir. Gerilimle orantılı olan hız, tako-generatör vasıtasıyla ölçülebilir. Geri besleme seviyesi ile giriş arasındaki farklılık hata sinyalini verir.



Şekil 2.9.- Güç yükselticili doğrultucu

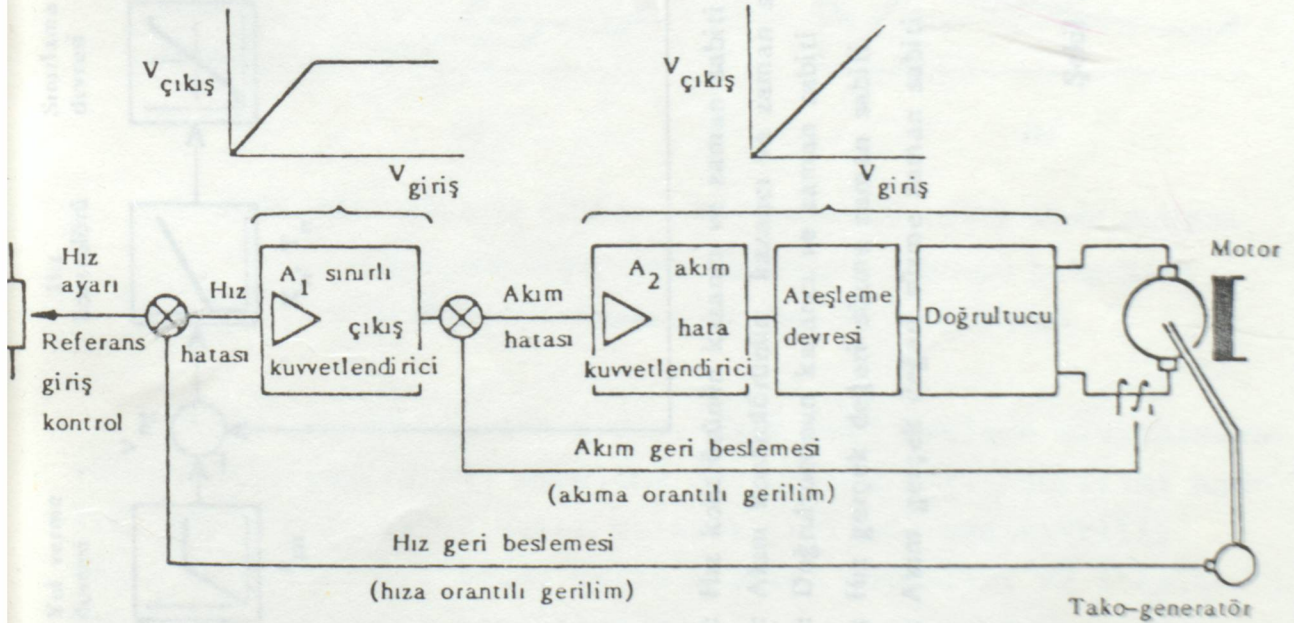
Hız kontrol sisteminde daima hata bulunmalıdır. Motor hızındaki her değişim izin verilmeyen motor ve tristör akımlarının aşırı derecede artmasına neden olacaktır. Bu nedenden limit akım seviyelerinin kullanılmasına izin verilir.

Akımın limit değerler arasında ayarlanması ikinci bir geri beslemenin yapılması ile mümkündür. D.A. motor akımı akım dönüştürücüsü ile ölçülebilir. Hız kontrolü sırasında akımın yüksek değerlere çıkmasını önlemek amacı ile devrede Pİ tipi akım kontrolörü kullanılabilir. Hız kontrolörünün çıkışı akım kontrolörü için referans değer olacaktır. Bu değer

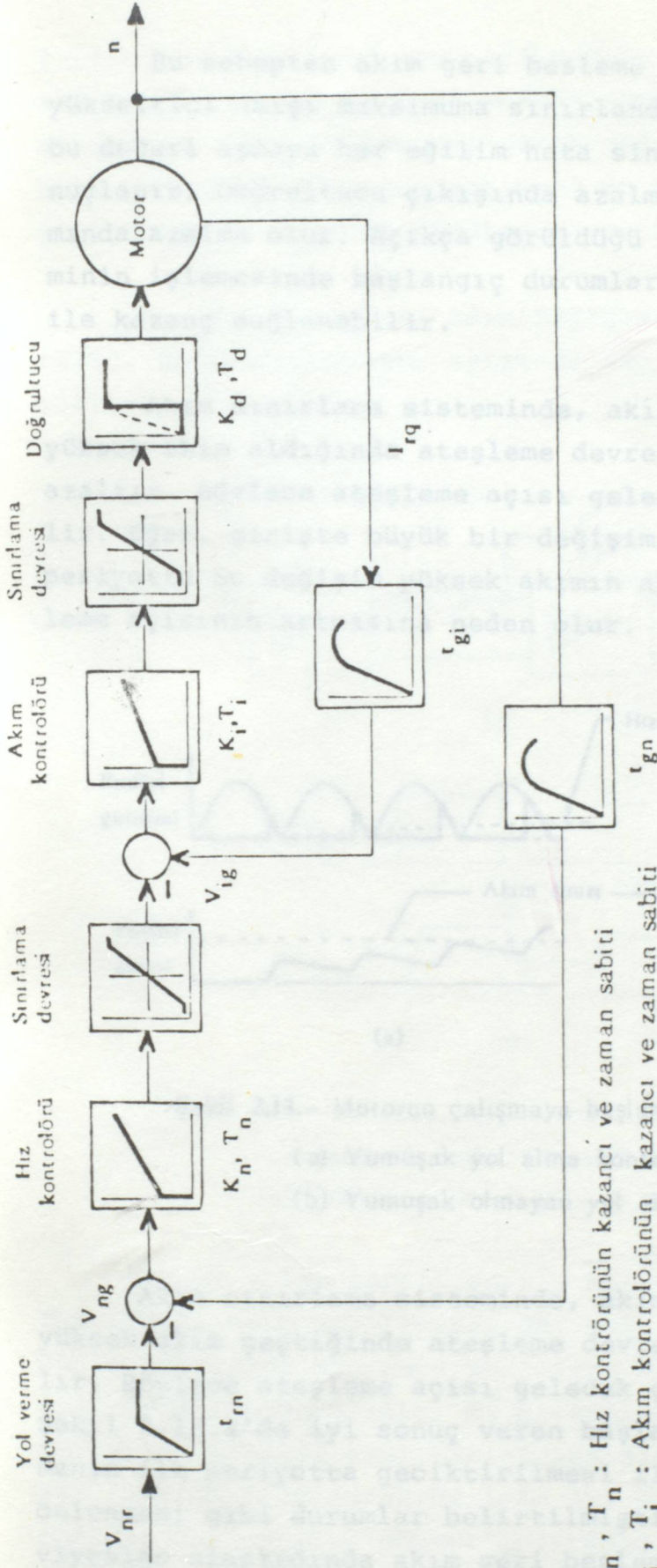


Şekil 2.10.- Kapalı çevrim hız kontrolü

sınırlama devreleri ile istenilen büyüklüğe getirilir. Akım kontrolöründe Pİ tipi akım kontrolörü kullanılması halinde devrede sadece 1. dereceden gecikme oluşturan elemanlar bulunur.



Şekil 2.11.- Akım sınırlayıcı sistem



K_n, T_n : Hız kontrolörünün kazancı ve zaman sabiti

K_i, T_i : Akım kontrolörünün kazancı ve zaman sabiti

K_d, T_d : Doğrultucunun kazancı ve zaman sabiti

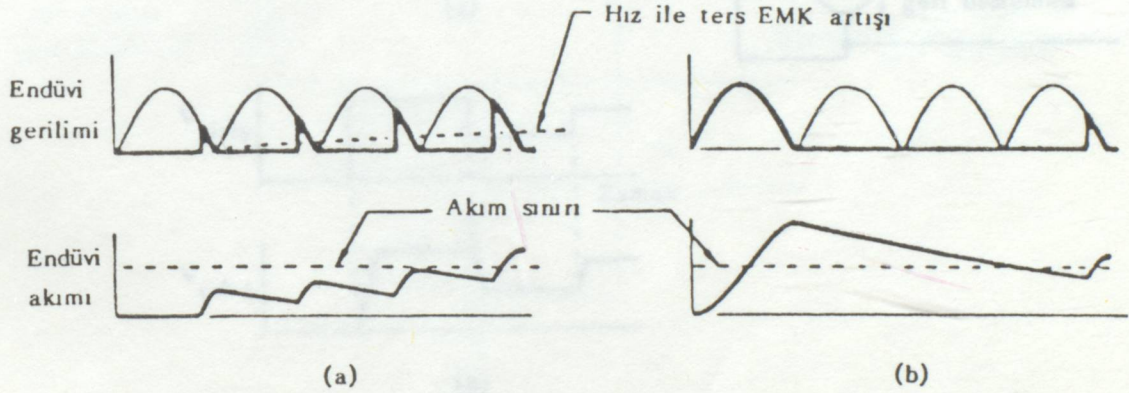
τ_{gn} : Hız gerçek değeri süzme zaman sabiti

τ_{gi} : Akım gerçek değeri süzme zaman sabiti

Şekil 2.12.- Kontrol devresi blok diyagramı

2.13. Bu sebepten akım geri besleme sinyali yük akımı, A_1 yükseltici çıkışı maksimuma sınırlandırılmıştır, yük akımı için bu değeri aşmaya her eğilim hata sinyalinin azalması ile sonuçlanır. Doğrultucu çıkışında azalma ve bu nedenden yük akımında azalma olur. Açıkça görüldüğü gibi akım sınırlama sisteminin işleminde başlangıç durumlarının göz önüne alınması ile kazanç sağlanabilir.

edilir. Akım sınırlama sisteminde, akım geri besleme sistemi yüksek akım aldığı anda ateşleme devresinde giriş gerilimini azaltır. Böylece ateşleme açısı gelecek çevrimde geçiktirilir. Eğer, girişte büyük bir değişim yapılmışsa ve birinci periyotta bu değişim yüksek akımın akmasına neden olursa ateşleme açısının artmasına neden olur.

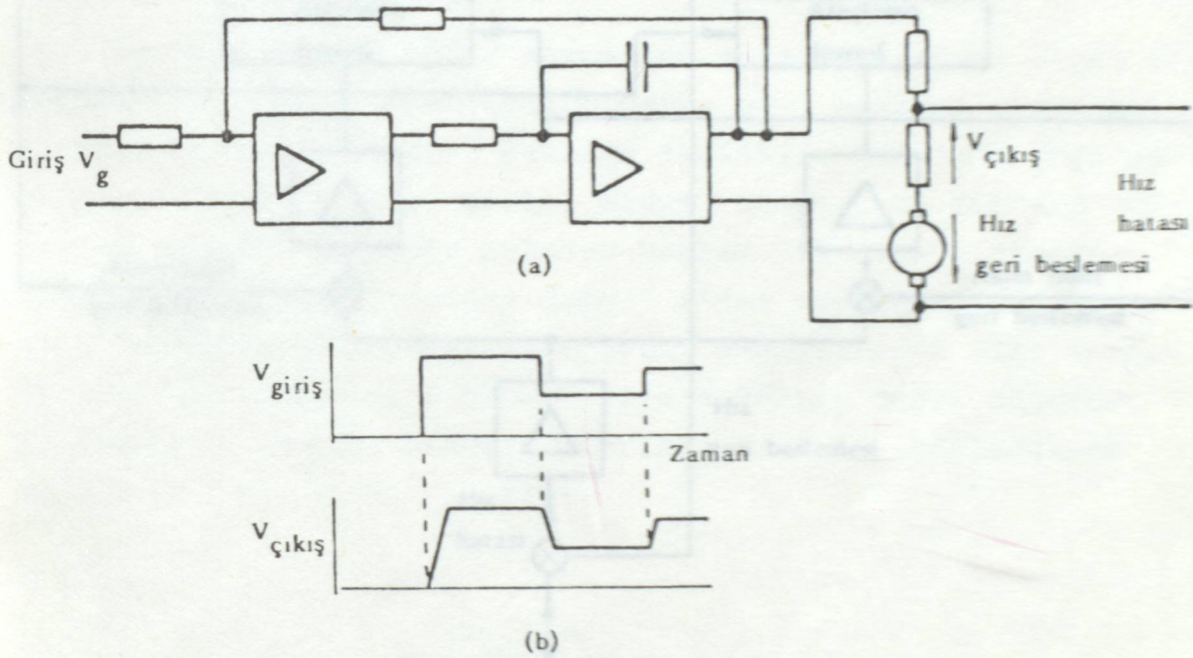


Şekil 2.13.- Motorun çalışmaya başlamasındaki endüvi akımı değişimi
 (a) Yumuşak yol alma kontrolüyle, kontrollü hızlandırma
 (b) Yumuşak olmayan yol alma ile kontrol şekli

Akım sınırlama sisteminde, akım geri besleme sisteminden yüksek akım geçtiğinde ateşleme devresinde giriş gerilimi azalır. Böylece ateşleme açısı gelecek çevrimde geciktirilir. Şekil 2.13.a'da iyi sonuç veren başlama durumları ve ateşlemenin ilk periyotta geciktirilmesi ile aşırı akım yapısının önlenmesi gibi durumlar belirtilmiştir. Akım ayar limit seviyesine ulaştığında akım geri besleme çevrimi seçilen ateşleme açısının düzeltilmesini otomatik olarak sağlar. Şekil

2.13.b.'de başlangıç tam periyodunun sonucu olan aşırı akımın motor şaftına verdiği moment darbesi mekanik hasara neden olacaktır. Elde edilen ani giriş değişimi doğrudan doğruya hata yükselticisine gönderilmesi bu işlemin gerçekleştirilmesi için Şekil 2.14'de görülen devre kullanılır.

Burada; girişteki adım değişimi hafif meyile dönüştürülür. Böylece ateşleme açısında geçici bir değişim elde edilir.

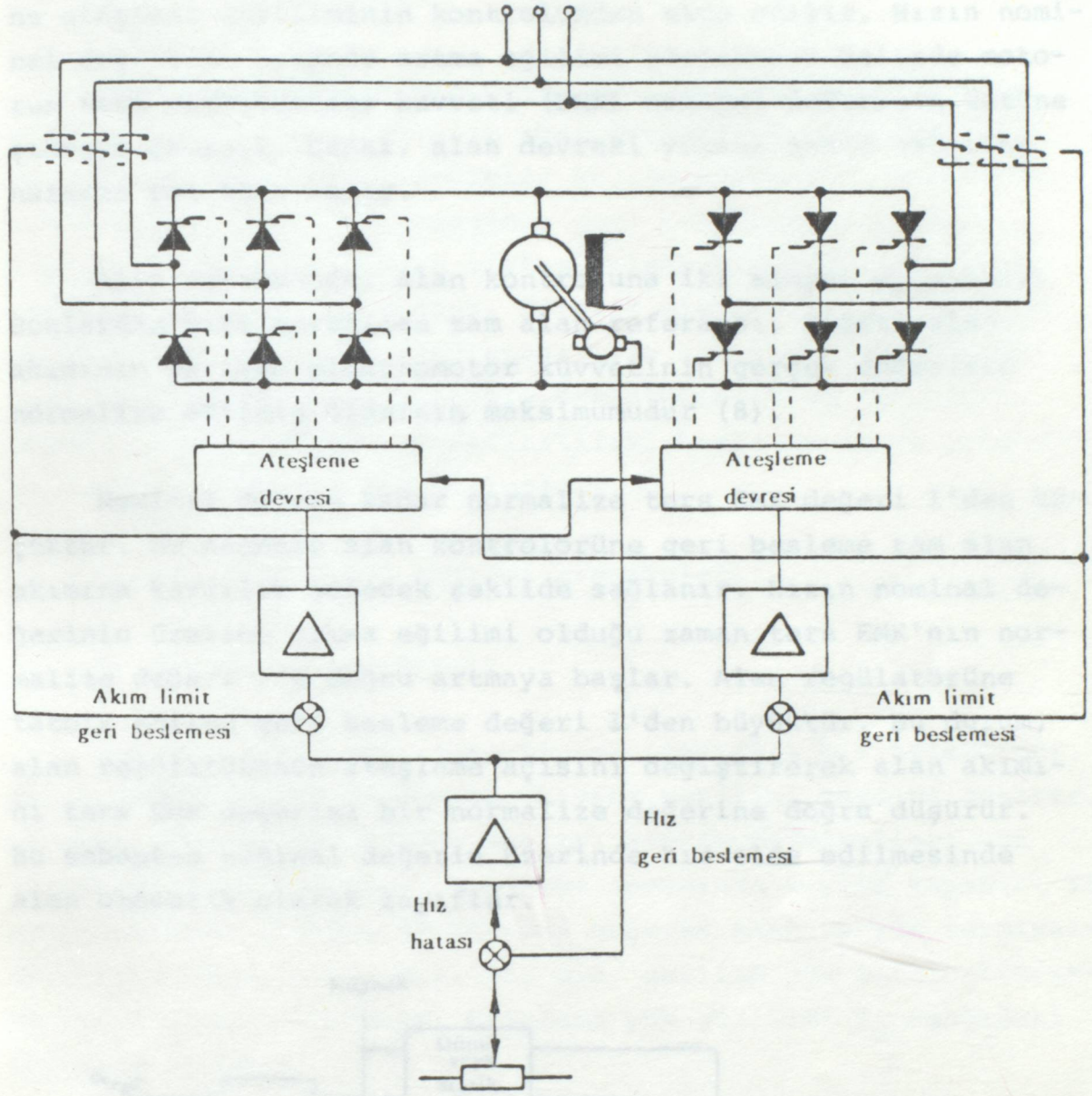


Şekil 2.14.- Ani giriş değişimlerinin yumuşatılan etkisi

(a) Basamak fonksiyon generatörü

(b) Çıkış geriliminin giriş gerilimine göre değişimi

Her ne kadar kapalı çevrim kontrolu uygulamasında, kontrol etmeye önem veriliyorsa da, geri besleme sinyallerine bağlı, değişmez güç veya momentten biri tahrik dönüşümünde aynı derecede önemlidir. Bu sistemler çok karmaşık olmakla birlikte, kontrol sınırlarını genişletir. Örnek olarak Şekil 2.15'de tersine sürüş için iki dönüştürücülü paralel olmayan bağlantılar gösterilmektedir. Akım ve hız geri beslemesine ek olarak, diğer dönüştürücü devreye alındığında



Şekil 2.15.-Paralel olmayan dönüştürücüler

ateşleme devresinin tutulması gerekmektedir. Sayısal elektronik kullanılması, şebekedeki saptmaların neden olduğu problemlerin daha kolay çözülmesine olanak sağlayacaktır.

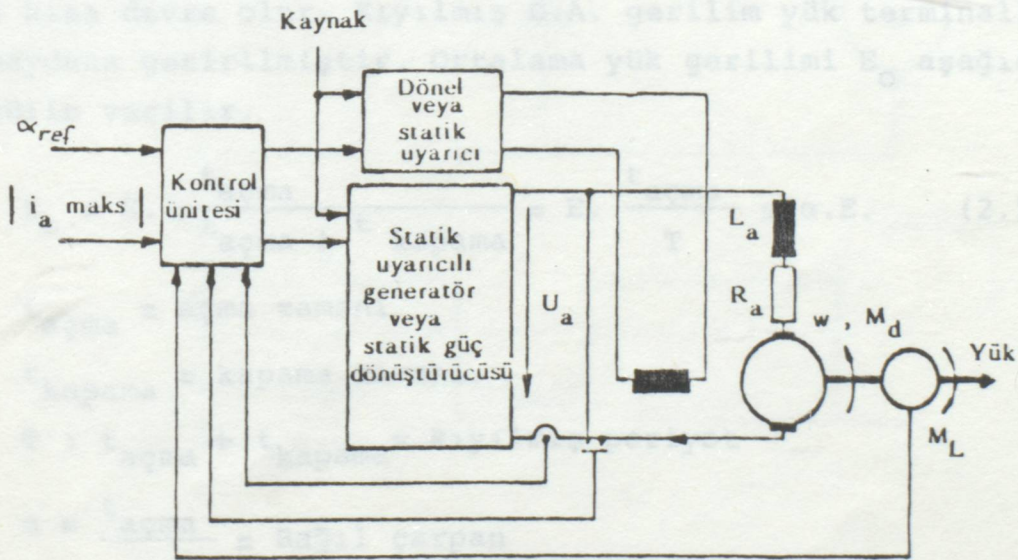
2.3.3. KOMBİNE ENDÜVİ VE ALAN KONTROLÜ

Burada hız sıfırdan maksimum değere endüvi kontrolünden alan kontrolüne veya alan kontrolünden endüvi kontrolüne olmak üzere kontrol edilebilir. Hızın sıfırdan nominal değeri-

ne ulaşması geriliminin kontrolundan elde edilir. Hızın nominal değerinin üstünde artma eğilimi göstermesi halinde motorun ters elektromotor kuvveti (EMK) nominal değerinin üstüne çıkmaya çalışır. Çünkü, alan devresi yüksek zaman sabitine nazaran çok ağır kalır.

Alan devresinde, alan kontroluna iki sinyal uygulanır. Bunlardan biri normalize tam alan referansı, diğeri alan akımının ve ters elektromotor kuvvetinin gerçek değerinin normalize edilmiş olanının maksimumudur (8).

Nominal değere kadar normalize ters EMK değeri 1'den küçüktür. Bu nedenle alan kontrolörüne geri besleme tam alan akımına karşılık gelecek şekilde sağlanır. Hızın nominal değerinin üzerine çıkma eğilimi olduğu zaman ters EMK'nın normalize değeri 1'e doğru artmaya başlar. Alan regülatörüne tatbik edilen geri besleme değeri 1'den büyüktür. Bu durum, alan regülatörünün ateşleme açısını değiştirerek alan akımını ters EMK değerini bir normalize değerine doğru düşürür. Bu sebepten nominal değer üzerinde hız elde edilmesinde alan otomatik olarak zayıflar.



Şekil 2.16.- D.A. sürüş kontrolünün genel şeması

2.4. D.A. KIYICI TAHRIĞİ

Elektrikli ulaşım sistemlerinde kullanılan doğru akım motorlarının sürekli gerilim ayar kumandasını sağlamak için, en uygun yöntem kıyıcı devreler kullanılmaktadır. Kıyıcılar, motor frenlemesini ve enerjinin geri kazanılmasını sağlar. Kıyıcı sistemleri, ulaşım sistemlerinde bütün dünyada geniş uygulama alanları bulmuştur, üstelik elektrikli otomobillerde de hız kontrolü ve frenlemesi için kullanılmaktadır. Kıyıcı tahriğinin güzel kullanım üstünlüklerinden bir kaç; düzgün kontrol yüksek güvenilirlik, hızlı cevap ve şebekeye enerji verebilme özellikleridir.

Kıyıcı sisteminin çalışma prensipleri:

A) Birinci Bölge Kıyıcı

Kıyıcı, yüke bağlı açma kapama anahtarlı bir tristördür, sabit kaynak geriliminden bir kıyıcı gerilimi meydana getirir.

t açma periyodunda kıyıcı açılır. Kaynak terminalleri yük terminallerine bağlanır. t kapama zamanında kıyıcı kapanır. Yük akımı serbest dolaşma diyotundan geçerek akar ve yük terminaleri kısa devre olur. Kıyılmış D.A. gerilim yük terminallerinde meydana getirilmiştir. Ortalama yük gerilimi E_0 aşağıdaki formülle verilir.

$$E_0 = E \cdot \frac{t_{\text{açma}}}{t_{\text{açma}} + t_{\text{kapama}}} = E \cdot \frac{t_{\text{açma}}}{T} = \alpha \cdot E. \quad (2.11)$$

$$t_{\text{açma}} = \text{açma zamanı}$$

$$t_{\text{kapama}} = \text{kapama zamanı}$$

$$T : t_{\text{açma}} + t_{\text{kapama}} = \text{kıyılmış periyot}$$

$$\alpha = \frac{t_{\text{açma}}}{T} = \text{Bağıl çarpan}$$

Bununla birlikte her iki yük gerilimi E_0 ve I_0 akımı pozitifdir ve bundan dolayı kaynaktan yüke doğru güç akışı

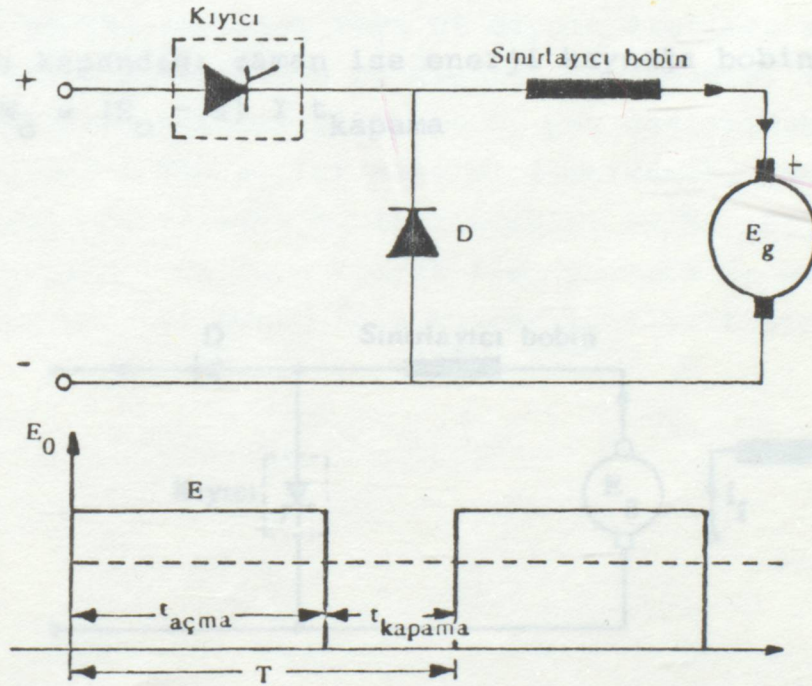
vardır. Bu dönüşüm D.A. motorun çalışması için kullanılır. Yük gerilimi kıyıcının bağıl çarpanı ile kontrol edilir. Yük gerilimi aşağıda izlenen yollardan biri ile değiştirilir.

a) Sabit Frekans Sistemi: $f = 1/T$ kıyılmış frekans değeri (T ; kıyılma periyodu) sabit tutulur ve en üst açma zamanında değiştirilir. Buna da darbe genişlik modülasyonu denir.

b) Değişken frekans sistemi: Kıyılmış T aşağıdaki iki şekilde birisi ile değiştirilir. Bunlar;

i) açma zamanı sabit tutulur,

ii) kapama zamanı sabit tutulur, bunada frekans modülasyonu denir.



Şekil 2.17.- Basit kıyıcı devresi şeması

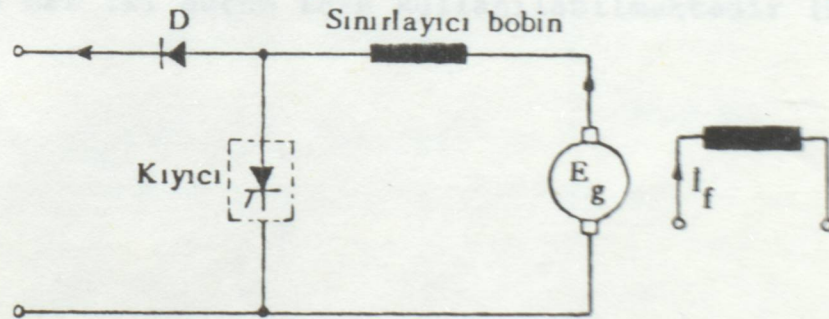
B. İkinci Bölgede Çalışma Veya Kıyıcının Şebekeye Tekrar Enerji Vermesi

Birinci bölge kıyıcı, giriş geriliminden daha düşük çıkış gerilimleri oluşturur. Bununla birlikte aşağıdaki şekilde kıyıcı yapısındaki değişim ile yüksek yük gerilimleri elde edilir.

Kıyıcı açıldığı zaman, sınırlayıcı bobin motora bağlanır ve motor enerjisi orada depolanır. Kıyıcı kapandığında sınırlayıcı bobin akımı, kaynak ve diyot üzerinden kuvvetlice akar. Bobinin karşı karşıya kaldığı endüklenen gerilim negatiftir. Bobin akım kuvveti, endüklenen E motor gerilimi ile toplanır, bu kaynak akımı; dalgalı olduğunda ihmal edilebilir. Motordan bobine enerji girişi ile kıyıcı açılması sırasında,

$$W_i = E \cdot I \cdot t_{\text{açma}} \text{ olur.}$$

Kıyıcı kapandığı zaman ise enerji kaynağa bobinden boşalırsa, $W_o = (E_o - E) I t_{\text{kapama}}$ (2.12)



Şekil 2.18.- Yükseltici kıyıcı devresi

Bunun yanısıra kayıpsız bir sistemde sürekli durumda bu iki enerji birbirine eşit olacaktır.

$$E \cdot I \cdot t_{açma} = (E_0 - E) I t_{kapama}$$

$$E_0 = E \cdot \frac{t_{açma} + t_{kapama}}{t_{kapama}}$$

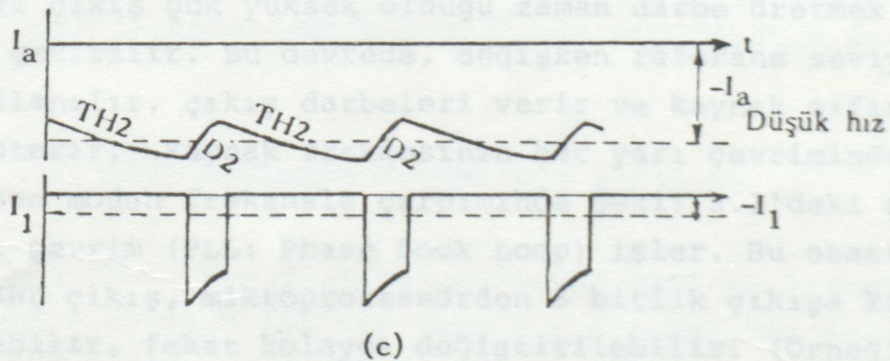
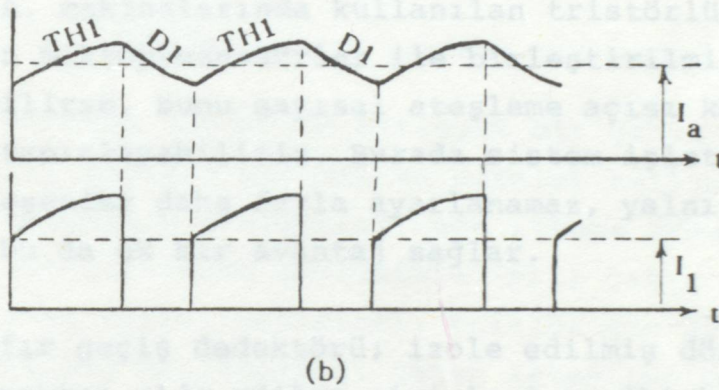
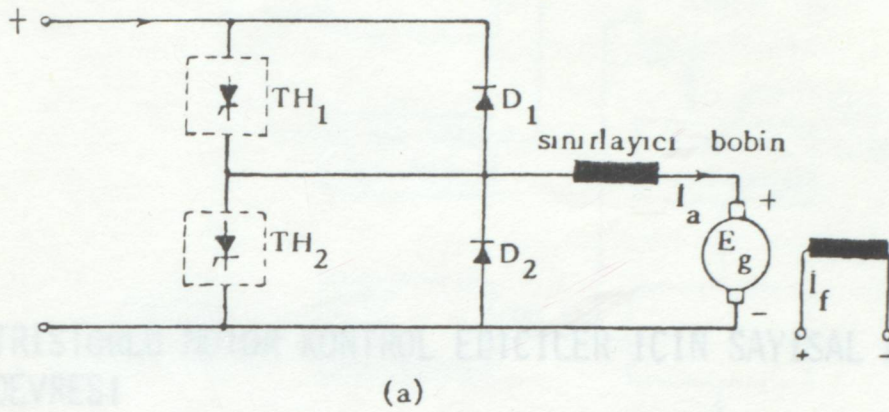
$$E_0 = E \cdot \frac{T}{T - t_{açma}} = \frac{E}{1 - \alpha} \quad (2.13)$$

α 'nın değişim aralığı $0 < \alpha < 1$ arasındadır. Gerilim E_0 ise $E < E_0 < \infty$ aralığında değişecektir. Bu işlem prensipte D.A. motorunu tekrar devreye alarak frenlemede kullanılır.

C. İki Bölgele Kıyıcı

Her iki şekildeki devreler iki bölgele kıyıcıda kombine edilmiştir.

$e_0 = 0$ 'da TH2 kıyıcısı veya D1 diyotu iletimde ve $E = e_0$ 'da TH1 kıyıcısı veya D2 diyotu iletimdedir. (R_0 burada pozitifdir). Bununla birlikte i_0 yön değiştirebilir. Pozitif olduğunda TH1 açılır veya D1 iletimdedir. Negatif olduğunda TH2 açılır veya D2 iletimdedir. Bu kıyıcı yapısı D.A. motoru tekrar devreye alarak fren yapmada ve motoru çalıştırmada her iki durum için kullanılabilir (9).



Şekil 2.19.- Tekrar devreye alarak frenlemede ve motorda, iki düzlemli kıyıcı tahriğinin kullanılması

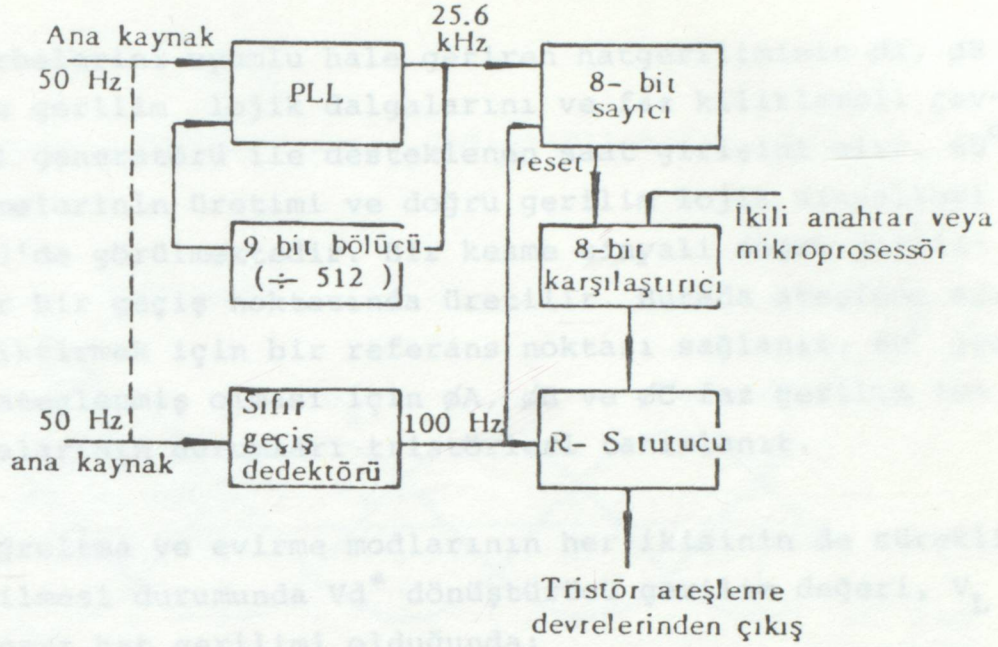
- (a) Devre şeması
- (b) Motorun çalışması
- (c) Faydalı frenleme çalışması

3. TRİSTÖRLÜ MOTOR KONTROL EDİCİLER İÇİN SAYISAL ATEŞLEME DEVRESİ

3.1. SAYISAL ATEŞLEME DEVRESİNİN TANITIMI

D.A. makinalarında kullanılan tristörlü kontrol ediciler için mikroprosesörler ile birleştirilmiş olarak işleme sokulabilirse, bunu sayısal ateşleme açısı kontrol edicisi olarak tanımlayabiliriz. Burada sistem işletme esnasında iken bileşenler daha fazla ayarlanamaz, yalnız bir kez ayarlanır, bu da ek bir avantaj sağlar.

Sıfır geçiş dedektörü; izole edilmiş dönüştürücü yolu ile kaynaktan elde edilen girişleri ve iki karşılaştırıcıyı içerir. Bu iki karşılaştırıcının çıkışları, AND kapısında her iki çıkış çok yüksek olduğu zaman darbe üretmek için bir araya getirilir. Bu devrede, değişken referans seviyelerinde kullanılır, çıkış darbeleri verir ve kaynak sıfır geçişini gösterir. Kaynak frekansının her yarı çevriminde 256 darbe veren modun frekansla çarpımında Şekil 3.1'deki faz kilitlemeli çevrim (PLL: Phase Lock Loop) işler. Bu esastan dolayı 2.56 KHZ çıkış, mikroprosesörden 8 bitlik çıkışa karşılık seçilebilir, fakat kolayca değiştirilebilir. (Örneğin 9 bit kontrol kelimesi için 51.2 KHZ gibi). Sayıcı sıfır geçiş dedektörü ile sıfırda resetler ve sonra faz kilitlemeli çevriminden çıkış artar. Sayı ayarına gelindiğinde karşılaştırıcı Şekil 3.1'in tutma devresine bir darbe uygular ki o sıfır geçiş dedektörü ile resetlenene kadar çıkış artarak gider (10).



Şekil 3.1.- Sayısal ateşleme açısı kontrol devresi

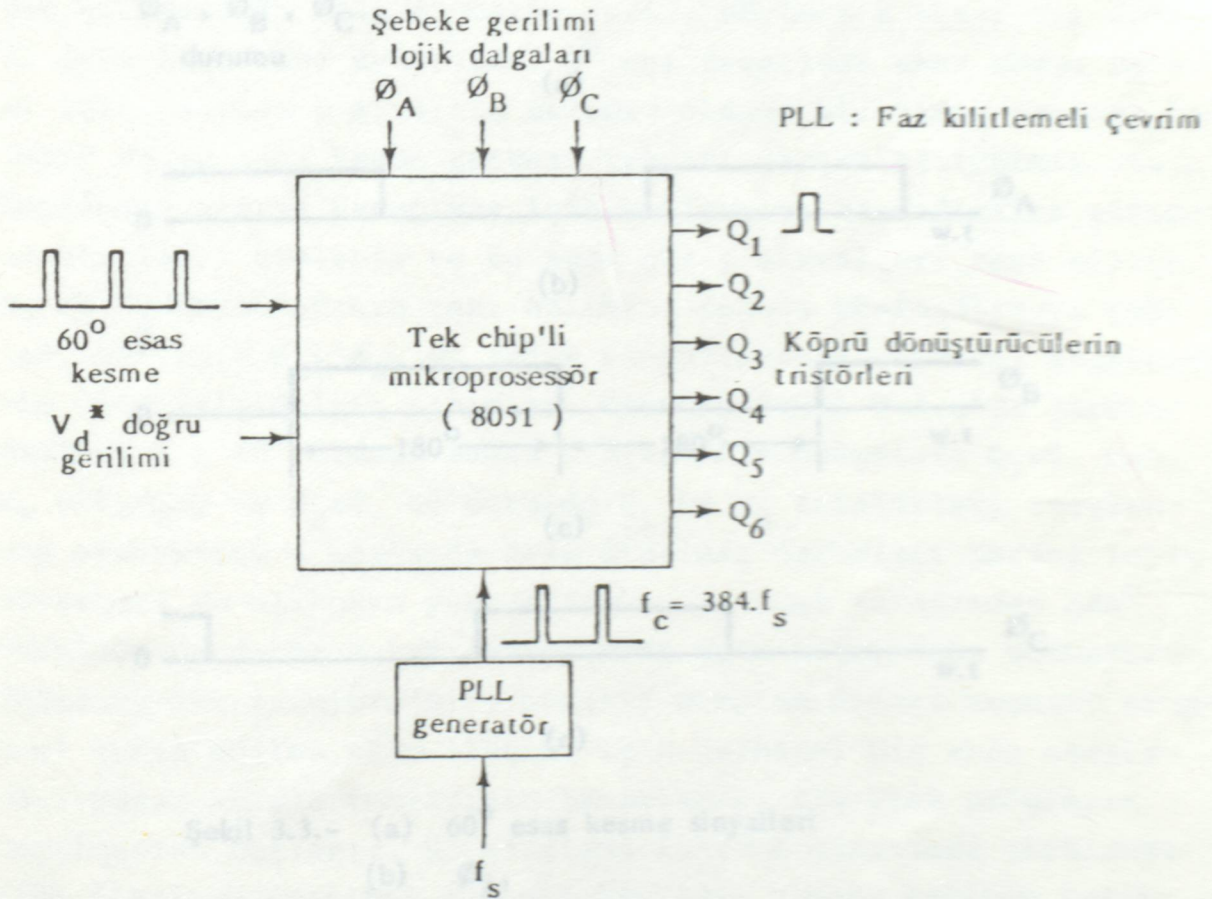
Bu devre 300 HZ'de birleşik bir çıkış bulunması ile 3 adet sıfır geçiş dedektörünün paralel kullanılması ve 3-fazlı kaynak sistemine birleştirilmeye uygun hale getirilebilir. Faz kilitleme çevriminin (PLL) çıkış frekansı ve basitleştirilmiş sayıcı devreleri, tristör güç dönüştürücüsüne 3 fazlı girişle kullanıldığı zaman istenilen doğruluğu verecek şekilde değiştirilebilmelidir. Yukarıdaki Şekil 3.1'de verilen frekanslar için doğru değer ± 1 bit'tir. Tristörün ateşleme açısının kontrolünde $\pm 0.7^\circ$ 'nin doğruluğuna karşılık gelir.

3.2. KAPI ATEŞLEME DEVRESİNİN KONTROLU

Kapı ateşleme açısının kontrolü başlığı altında mikroprosesöre dayanan iki tip şema tanımlanabilir. Şekil 3.2. 3-faz köprü dönüştürücü kapı ateşleme kontrolü için tek chip'li mikroprosesörünün blok diyagramını gösterir. Mikroprosesör geri besleme kontrol çevriminden V_d^* dönüştürücü gerilim komutunu alır ve Q_1 'den Q_6 'ya 6 tristör için ateşleme açısı kontrol tahriklerindeki komutunu çevirir. Mikroprosesör aynı zamanda Şekil 3.2'de gösterildiği gibi, 60° esas

kesme darbelerini uyumlu hale getiren hatgeriliminin ϕ_A , ϕ_B ve ϕ_C faz gerilim lojik dalgalarını ve faz kilitlemeli çevrim (PLL) generatörü ile desteklenen saat girişini alır. 60° esas kesmelerinin üretimi ve doğru gerilim lojik sinyalleri Şekil 3.3'de görülmektedir. Bir kesme sinyali doğru geriliminin her bir geçiş noktasında üretilir. Burada ateşleme açısını geciktirmek için bir referans noktası sağlanır. 60° aralığında ateşlenmiş olması için ϕ_A , ϕ_B ve ϕ_C faz gerilim lojik dalgalarının durumları tristörleri tanımlanır.

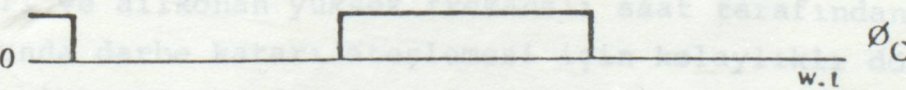
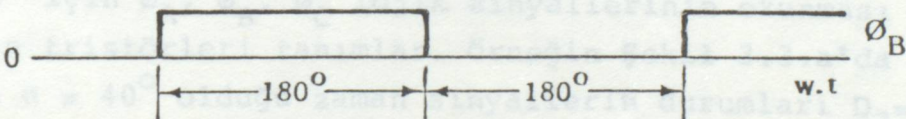
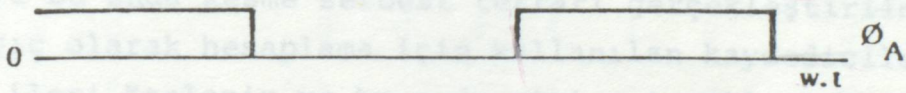
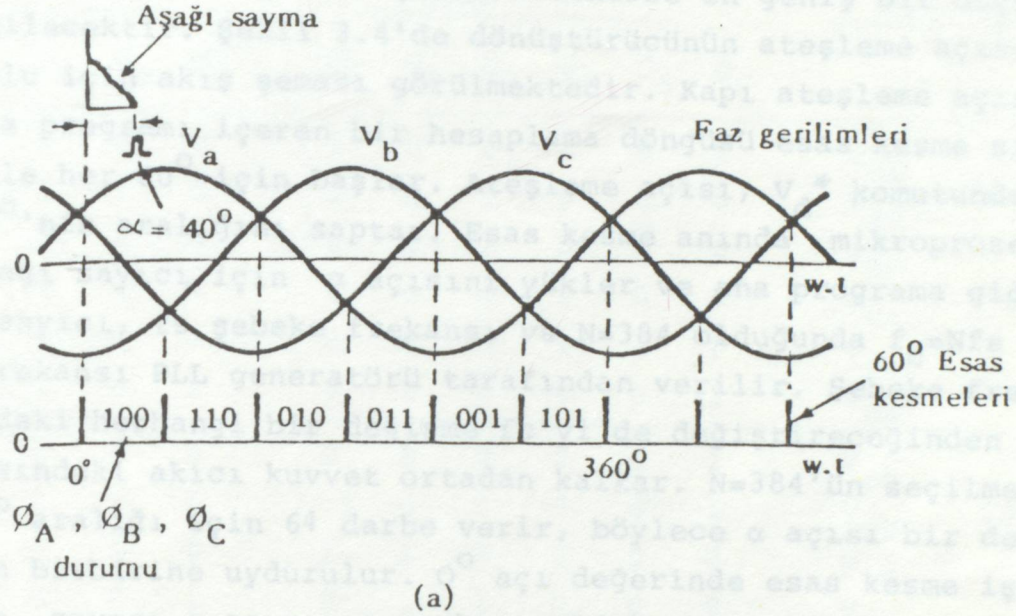
Doğrultma ve evirme modlarının her ikisinin de sürekli kabul edilmesi durumunda V_d^* dönüştürücü gerilim değeri, V_L ise remenans hat gerilimi olduğunda;



Şekil 3.2.- Kapi ateşleme kontrolü için 8051 mikroprosesörün blok diyagramı

$$\alpha = \cos^{-1} \frac{V_d^*}{1,35 V_L} \quad (3.1)$$

olur, burada α ateşleme açısı değiştirilebilir (11).



Şekil 3.3.- (a) 60° esas kesme sinyalleri

(b) ϕ_A ,

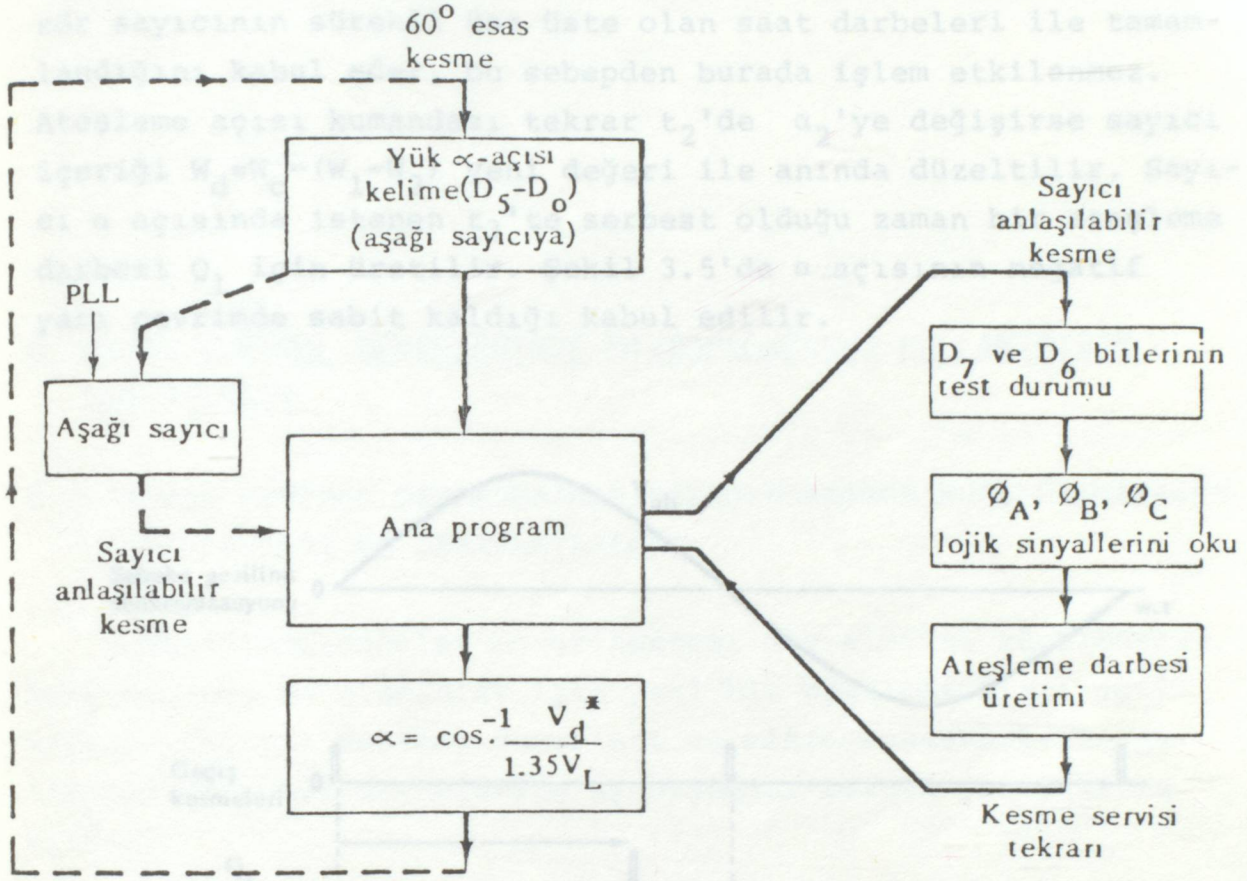
(c) ϕ_B ,

(d) ϕ_C dalgalarının meydana gelmesi

α açısı, D_6 ve D_7 bitleri 60° açı değerini gösterdiğinde bir 8 byte kelimesine karşılık gelir (D_7-D_0). En düşük 6 bit (D_5-D_0) ise 60° 'nin maksimumu için α açısının büyüklüğünü verir (Yani çözüm olarak her bit'e $60^\circ/(2^6-1) = 0.95^\circ$ α açısı için çok iyi bir çözüm istenirse en geniş bit ölçüsü seçilecektir. Şekil 3.4'de dönüştürücünün ateşleme açısı kontrolü için akış şeması görülmektedir. Kapı ateşleme açısı ve esas programı içeren bir hesaplama döngüsü esas kesme sinyali ile her 60° için başlar. Ateşleme açısı, V_d^* komutundan her 60° 'nin aralığını saptar. Esas kesme anında mikroprosesör aşağı sayıcı için α açısını yükler ve ana programa gider. Aşağı sayıcı, f_s şebeke frekansı ve $N=384$ olduğunda $f_c=Nf_s$ saat frekansı PLL generatörü tarafından verilir. Şebeke frekansındaki herhangi bir değişme f_c 'yi de değiştireceğinden α açısındaki akıcı kuvvet ortadan kalkar. $N=384$ 'ün seçilmesi her 60° aralığı için 64 darbe verir, böylece α açısı bir değeri için birbirine uydurulur. 0° açı değerinde esas kesme işlemi için, sayıcı α açısının serbest olduğu bir zaman aralığı üretir ve bu anda kesme serbest tekrarı gerçekleştirilmiş olur. Başlangıç olarak hesaplama için kullanılan kaydediciler yığında bir ileri ötelenir ve bu anda giriş sinyalleri test edilir. D_7 ve D_6 durumlarının test edilmesi sonucu yönlendirmeyi sağlar. 60° için ϕ_A , ϕ_B , ϕ_C lojik sinyallerinin okunması ateşlenmiş olan tristörleri tanımlar. Örneğin Şekil 3.3.a'da görülen kısımda $\alpha = 40^\circ$ olduğu zaman sinyallerin durumları $D_7=0$, $D_6=0$. $\phi_A = 1$, $\phi_B=0$ ve $\phi_C=0$ bu durumda Q_1 ve Q_6 tristörleri ateşlenmiş olacaktır. α açısında kısa ateşleme darbeleri harici lojik devreleri ve alıkonan yüksek frekanslı saat tarafından 120° uzunluğunda darbe katarı ateşlemesi için kolaylıkla dönüştürülebilir. İki tristör (biri pozitif gruptan diğeri negatif gruptan) temin edilen akım iletimi için herhangi bir anda ateşlenir. Kesme servis tekrarının tamamlaması ile esas programın yapılmasına başlanır. Bu ateşleme kontrol şemasında görüldüğü gibi ateşleme açısının 60° 'nin üzerinde olması halinde gecikme maksimumdadır. Aşağı sayıcı bir kez yüklendiğinde ateşleme açısı kontrol edilemez (11).

Girişler					Çıkışlar						Kaynak	Açı dizisi
D_1	D_6	ϕ_A	ϕ_B	ϕ_C	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Q_6		
0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	V_{ab}	
0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	V_{ac}	
0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	V_{bc}	
0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	V_{ca}	0-60°
0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	V_{ca}	
0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	V_{cb}	
0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	V_{cb}	
0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	V_{ab}	60-120°
0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	V_{ac}	
0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	V_{bc}	
0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	V_{ba}	
0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	V_{ca}	
1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	V_{ca}	
1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	V_{cb}	
1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	V_{ab}	120-180°
1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	V_{ac}	
1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	V_{bc}	
1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	V_{ba}	

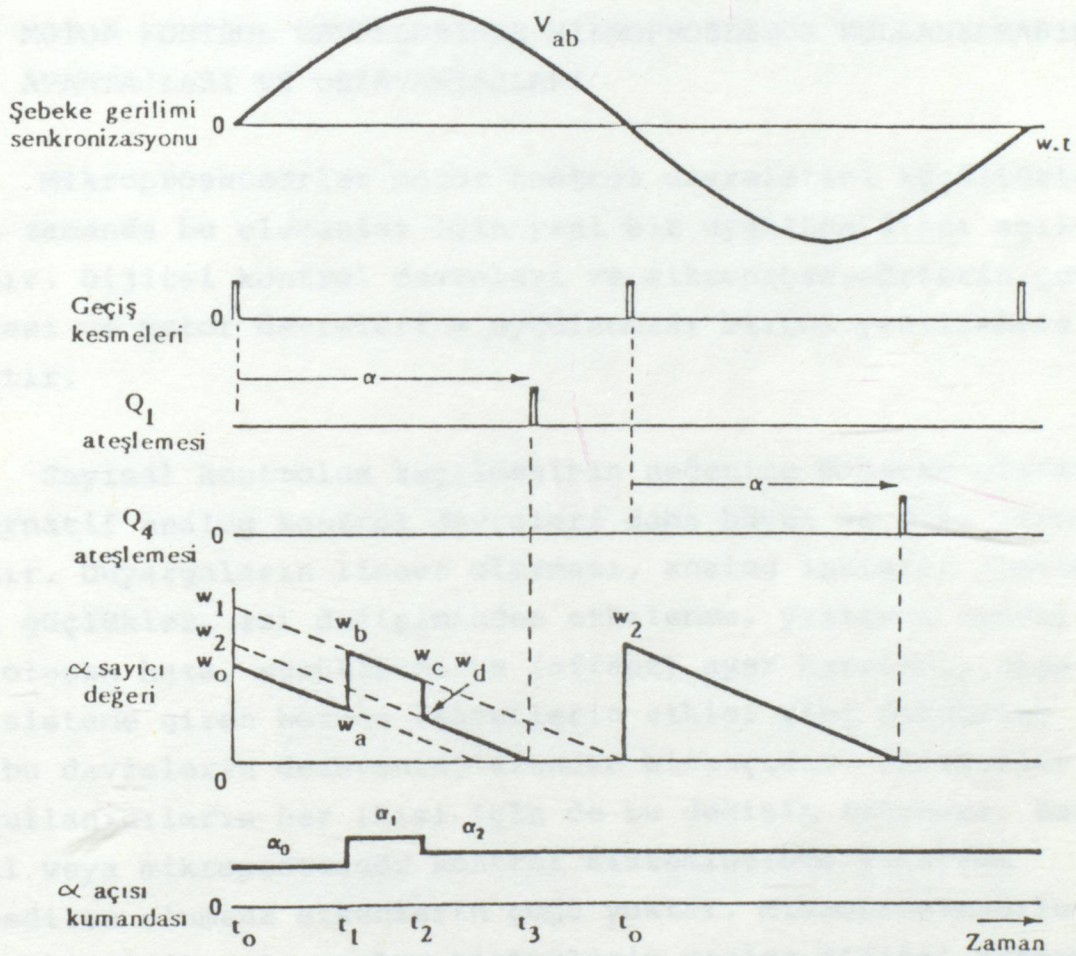
Tablo 3.1. Ateşleme Açısı Kontrolü İçin Araştırma Tablosu



Şekil 3.4.- Ateşleme açısı kontrolü için akış şeması

α açısının anında düzeltilebildiği, bir kapı darbe üretim şeması Şekil 3.5'de görülmektedir. Sistemin esası sadece üç faz köprü dönüştürücüsünde bir faz için açıklanır (Q_1 ve Q_4 tristörlerini içeren). Kesme darbeleri V_{ab} gerilimi sıfırı geçtiğinde üretilir. Bu noktada mikroprosesör aşağı sayıcılar için α açısına uyan W_0 ateşleme açısı bilgisini gönderir. Ateşleme açısı kumandası t_1 anında α_0 'dan α_1 'e değişirse mikro-

prosessör sayıcıdan W_a değerini okur ve $W_b = W_a + (W_1 - W_0)$ yeni değerini hesaplar, sonra sayıcı tekrar yüklenir. Mikroprosesör sayıcının sürekli üst üste olan saat darbeleri ile tamamlandığını kabul eder, bu sebepten burada işlem etkilenmez. Ateşleme açısı kumandası tekrar t_2 'de α_2 'ye değişirse sayıcı içeriği $W_d = W_c - (W_1 - W_2)$ yeni değeri ile anında düzeltilir. Sayıcı α açısında istenen t_3 'te serbest olduğu zaman bir ateşleme darbesi Q_1 için üretilir. Şekil 3.5'de α açısının negatif yarı çevrimde sabit kaldığı kabul edilir.



Şekil 3.5.- Açıyı anında düzeltebilecek kapı darbe üretim şeması

Kontrol devresi bir mikroprosessor ile mikroprosessorlerin avantaj ve dezavantajları

Avantajları:

4. MOTOR KONTROL DEVRELERİNDE MİKROPROSESSÖR KULLANIMININ TANITILMASI

4.1. MOTOR KONTROL DEVRELERİNDE MİKROPROSESSÖR KULLANILMASININ AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

Mikroprosessorler motor kontrol devrelerini küçültürler. Aynı zamanda bu elemanlar için yeni bir uygulama alanı açılmıştır. Dijital kontrol devreleri ve mikroprosessorlerin gelişmesi ve motor devrelerine uygulanması birçok yeniliklere açıktır.

Sayısal kontrolün seçilmesinin nedenine bakacak olursak alternatif analog kontrol devreleri daha büyük ve daha karmaşıktır. Duyargaların lineer olmaması, analog işaretin iletimindeki güçlükler, ısı değişiminden etkilenme, yaşlanma nedeni ile oluşan hata, sürüklenme ve (offset) ayar hataları, dışardan sisteme giren bozucu işaretlerin etkisi gibi faktörler ise bu devrelerin dezavantajlarından birkaçıdır. Üreticiler ve kullanıcıların her ikisi için de bu değişim istenmez. Sayısal veya mikroprosessor kontrol sistemlerinde yukarıda bahsedilen olumsuz etkenlerin çoğu yoktur. Mikroprosessorlerin geliştirilmesi, analog sistemlerin yerine dijital sistemlerin kullanımını arttırmıştır. Sayısal sistemlerde çeşitli kapılar, karşılaştırıcılar, sayıcılar, tek ve çift kararlı devreler ve aritmetik işlem birimi kullanılmaktadır. Çıkıştan direkt sayısal işaret elde edilemiyorsa, analog-sayısal dönüştürücüler (A/D Converter), çıkışta analog işaret isteniyorsa sayısal-analog (D/A Converter) dönüştürücüler kullanılmaktadır.

Kontrol devresi bir mikroprosesöre dayanabilir veya tamamı ile mikroprocessörü de içerebilir. Bu tür kontrol devrelerinin avantaj ve dezavantajlarını toparlarsak;

Avantajları:

a) Bir mikroprocessörün alışlagelmiş dijital devrelerin yerine konması devreyi daha da basitleştirir, dolayısı ile de küçültür.

b) Kontrol fonksiyonları, uyarlamalı ve tahmini kontrol; örneğin analog devrelerde maliyet ve büyüklüğünden dolayı mümkün değildir, ancak bir mikroprocessörle yapılabilir.

c) Program kontrollu devre işlemleri tanımlamalardaki değişimleri için kolay uyarlanabilmeye izin verir.

d) İşlem yapma hataları önlenabilir. Kullanıcı yanlış komut verirse bunu bir hata gibi okur ve buna göre işlem yapar.

e) Sistemle ilgili bir problem varsa, tanımlanmış prosedüre göre tereddüt eder veya yeniden başlar.

Dezavantajları:

a) Konuda çalışacak mühendisler (hardware ve software) yazılım ve donanımın her ikisinde uzman olmalıdır, zira bu çok önemlidir.

b) Programı geliştirme, gelişim destekli sistemi ister.

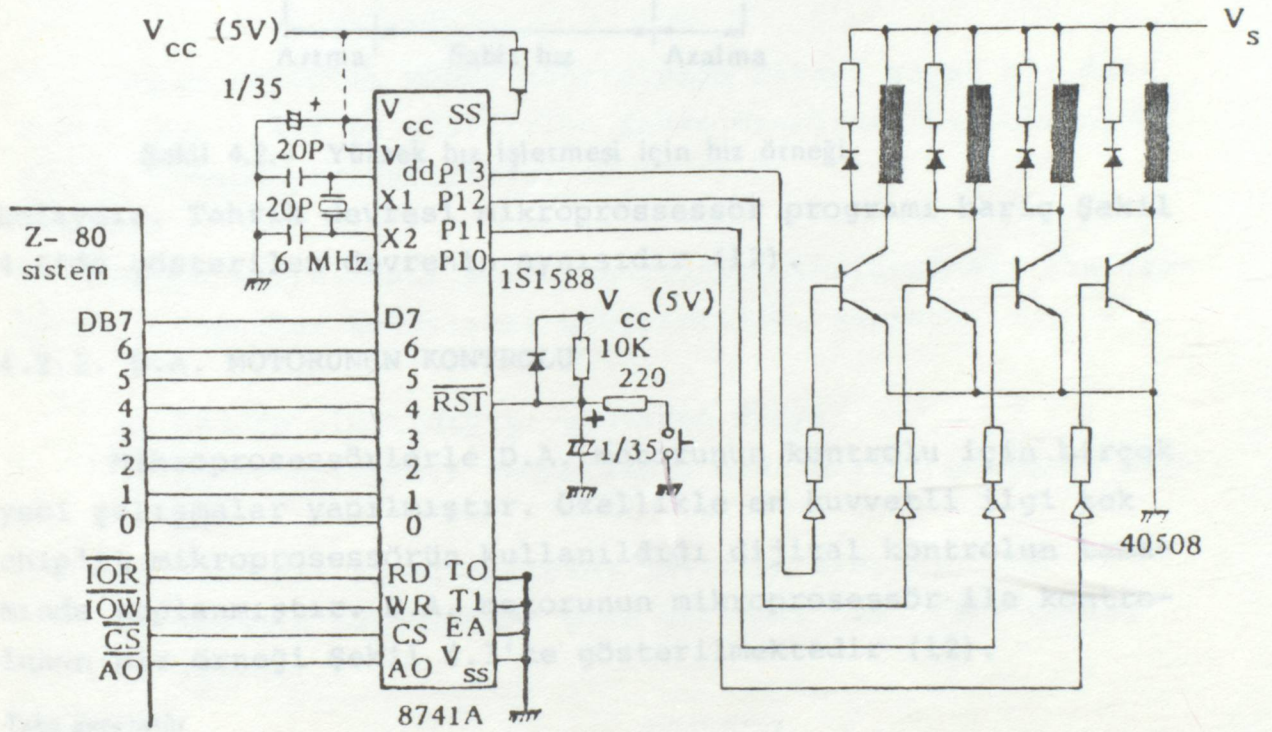
c) Yazılımın yönetimi gerekir.

d) Şayet, işlemde bir hata varsa bütün sistemi çökertmemelidir.

4.2. MOTOR KONTROL DEVRELERİ İÇİN MİKROPROSESSÖRÜN UYGULAMA ÖRNEKLERİ

4.2.1. ADIM MOTORUNUN TEK CHIP'LI MİKROPROSESSÖR İLE KONTROLU

Şekil 4.1'de tek chip'li mikroprosesör kullanan adım motor kontrol devresi görülmektedir. Devrede gösterilen mikroprosesörler Z-80A'dan işlem komutlarını ve tahrik motoru için bir uyarı sinyali üretir.



Şekil 4.1.- Adım motoru kontrol devresinde kullanılan tek chip'li mikroprosesör

4.2.1.1. ADIM MOTORUNU HIZLANDIRMA VE YAVAŞLATMA

Adım motorunun yüksek hız işlemi için Şekil 4.2'de gösterilen hız örneği motoru işletmek için gereklidir. Bu işleme metodu ayarlanabilir hız sürüşü (trapez biçimindeki sürüş) olarak adlandırılır ve mikroprosesör ile kullanım için nispeten

4.2.3. A.D.A. MOTORUN KONTROLÜ

Motor hız kontrolü için işlenmiş frekansını değiştirilen bir eviricinin kullanılması işleminde çok elverişli olur. Eviricinin devresi bu işi yapar. Bu devreler ise onları kontrol edenler içerir. Motor terminal geriliminde dalga şekli kontrol eden anahtarlar bu sinyallerle değişir. Bu basit kontrol için bir dalga, bu işlemin içinde dalga. Bu işlemin frekansı bir bir anahtarı ile, ve geçerken değişen çıkış dalga şekli trafoların bir program ile kontrol edilebilir.

4.2.4. SAPMA SAYICISI İÇİN UYGULAMA

Sapma sayıcısı hız kontrolü için bir devre.

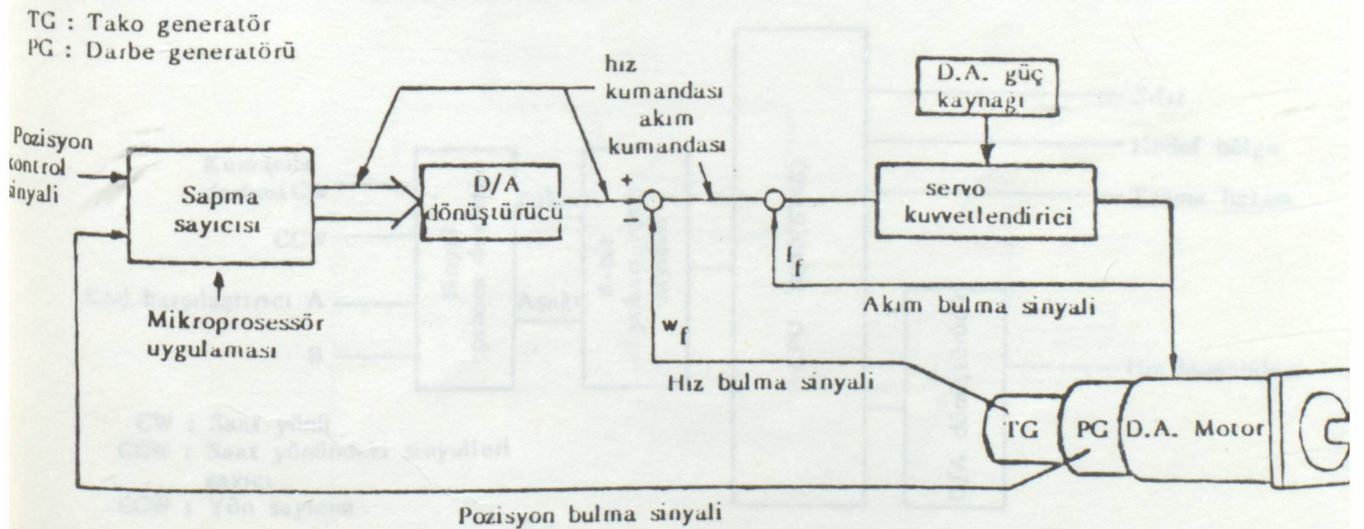
Şekil 4.2.- Yüksek hız işletmesi için hız örneği

kolaydır. Tahrik devresi mikroprocessör programı hariç Şekil 4.1'de gösterilen devrenin aynısıdır (12).

4.2.2. D.A. MOTORUNUN KONTROLÜ

1) Hedefe Ulaşıldığına Gösteren Sinyal.

Mikroprocessörlerle D.A. motorunun kontrolü için birçok yeni çalışmalar yapılmıştır. Özellikle en kuvvetli ilgi tek chip'li mikroprocessörün kullanıldığı dijital kontrolün tamamında toplanmıştır. D.A. motorunun mikroprocessör ile kontrolünün bir örneği Şekil 4.3'te gösterilmektedir (12).



Şekil 4.3.- Mikroprocessör ile d.a. motor kontrolünün örneği

4.2.3. A.A. MOTORUN KONTROLU

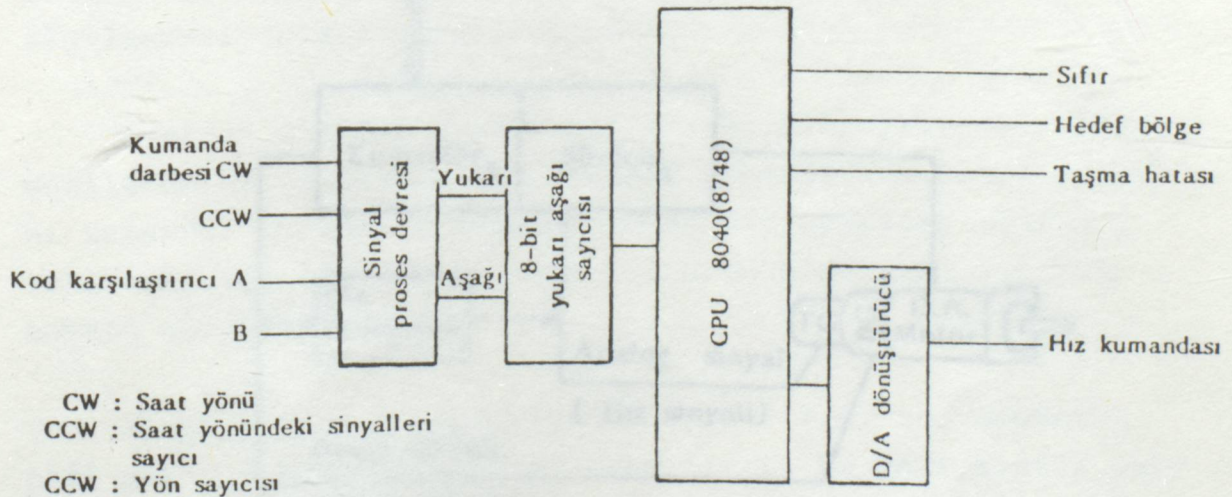
Motor hız kontrolü için işlem frekansını değiştiren bir eviricinin kullanılması işlemde çok elverişli olur. Evirici devresi altı yarı iletken anahtar ve onların kontrolörlerini içerir. Motor terminal geriliminin dalga şekli kontrolörden anahtarlama sinyali ile değişir (daha basit kontrol için kare dalga, PWM işlemi için sinüs dalga). Çıkış frekansı bir DIP anahtarı ile, ve gelecekte değişen çıkış dalga şekli tasarlanan bir program ile kontrol edilebilir.

4.2.4. SAPMA SAYICISI İÇİN UYGULAMA

Sapma sayıcısı konum kontrolunda hatayı sayan bir devredir. Şekil 4.4'te gösterilen devre örneğinde bir mikroprosesör ortaya yerleştirilir.

Sapma sayısındaki mikrosesörün oluşturulması ile aşağıdaki sinyaller kolaylıkla üretilebilir. Bunlar;

- Hedefe ulaşıldığını gösteren sinyal,
- Hedef bölgedeki tamamlanmış olan girişi gösteren sinyal,
- Taşmanın sonuçlandığını gösteren sinyal,
- Hatanın büyüklüğüne göre bir emir hızı (bir analog işaret),

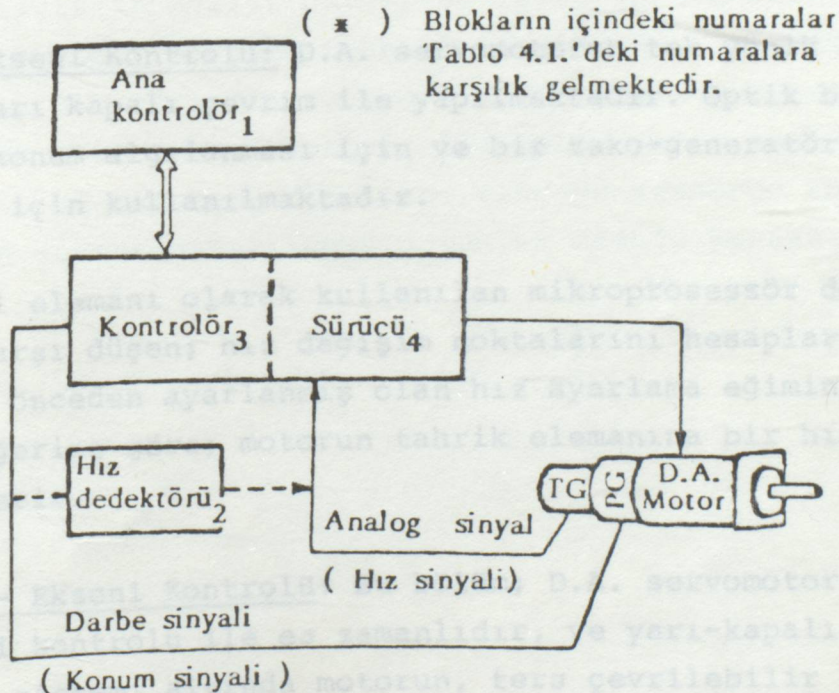


Şekil 4.4.- Sapma sayıcısında tek chip'li mikroprosesör 8048'in kullanılması

4.3. Tablo 4.1. motor kontrol devreleri için mikrosesör uygulamalarını listelemektedir. Şekil 4.5 ise bir D.A. motor konum kontrol sisteminin şeklinin bir örneğini verir. Şekildeki sayılar Tablo 4.1'dekilere karşılık gelmektedir ve mikrosesör kullanma şekillerini gösterir.

Kontrol edilen	Kontrol türü
Toplam motor kontrol sistemi	Motor sisteminin ve çalışma şartlarının kontrolu sistemde işlem sonucu (1)
Adım motoru	Hız dedektörü için hesaplama (2) Konum kontrolu ve hesaplama (3)
D.A. motor	Hızlandırma ve yavaşlatma için darbe sinyal generatörü (3) sinyal generatörü tahriği
Sapma sayıcı	PWM sinyal generatörü, toplam dijital kontrol (4) Vektör kontrolu için hesaplama (4) Sapma değerinin hesaplaması Hız kumandası için sinyal generatörü (3).

Tablo 4.1. Mikroprosesörün uygulamaları (*)



Şekil 4.5.- D.A. motor konum kontrol sisteminin görünüşü

4.3. MOTOR KONTROL ÖRNEKLERİ *estirilmiş kodlayıcı, motor konumu ve konumunu algılar ve belirlenmiş olan hız ve konumdan hareketli* Kontrol bloklarının her biri birer merkezi işlem ünitesi (CPU) kullanmaktadır. Kontrol işlemleri aşağıdaki şekilde açıklanmıştır. *leri yardımıyla gerçekleştirilir.*

a) Ana Kontrol Elemanı: Bu, tüm sistemi kontrol eder. Her bir motor milinin durumunu izleyerek; uzaklık ayarlama sinyalleri gönderir ve motor kontrol elemanına kumanda eder. *algılayıcı kodlayıcının basıncıyla ile oluşturulmuş olarak.*

b) CRT: Haberleşme için gerekli bir birimdir. Bilgi girişine ve bilginin gözlenmesine olanak sağlar. *yalnız bir kontrol*

c) Sıra Kontrol Edici Eleman: Bu kontrol elemanı; sistemin, silindirlerin ve diğer tahrik elemanlarının ardışıl sırasını izler ve kontrol eder. Buna ek olarak, her bir motorun yol alma zamanını, ana kontrol elemanına bildirir. Sıralama tablosunun dönme açısını kumanda eder. Bu tablonun kontrolü frenleme veya kavrama yoluyla başarılabilir. Örneğin; konum algılaması (konum saptaması) için; bir sınırlama anahtarı kullanılabilir. *işlem biriminde dolayı bir mikro işlemcinin kullanılmadığı*

d) Z-Ekseni Kontrolü: D.A. servomotorun tek yönlü konum kontrolü, yarı kapalı çevrim ile yapılmaktadır. Optik bir kodlayıcı; konum algılanması için ve bir tako-generatör hız algılanması için kullanılmaktadır. *mikroprosesörde kontrolü altında halde gerçekleştirilerek durumlar olduğu konumuna*

Kontrol elemanı olarak kullanılan mikroprosesör dönme genliğine karşı düşen; hız değişim noktalarını hesaplar. Aynı zamanda; önceden ayarlanmış olan hız ayarlama eğiminin referans değerine göre; motorun tahrik elemanına bir hız komutu gönderir.

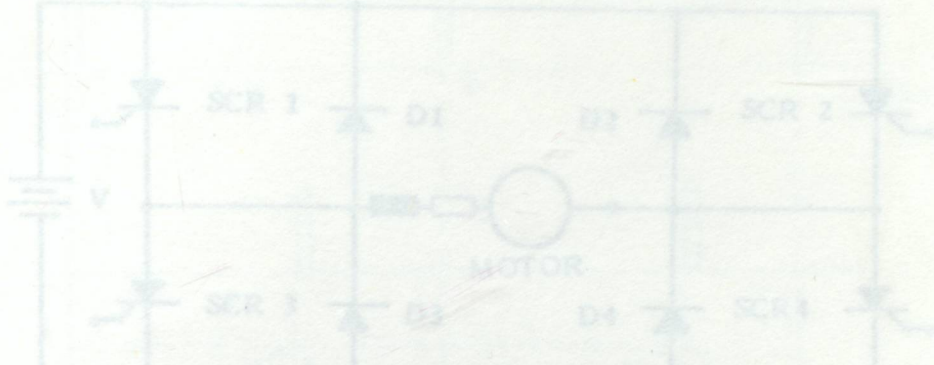
e) XY - Ekseni Kontrolü: Bu bölüm; D.A. servomotorun çift eksenli kontrolü ile eş zamanlıdır, ve yarı-kapalı çevrim kontrol sistemi altında motorun, ters çevrilebilir konum kontrolünü gerçekleştirir.

Motor mili üzerine yerleştirilmiş kodlayıcı, motor hızını ve konunumu algılar ve belirlenmiş olan hız ve konumundan türetilmiş parametreleri tahrik elemanına çıkış olarak gönderir. Tahrik elemanına hızın geri beslemesi işlemi takogeneratörün analog sinyalleri yardımıyla gerçekleştirilir.

Bu türev sayıcı metodu; kapalı çevrim konum kontrol sistemlerinde sık sık kullanılır. Bu metodda; yüksek bir durma kesinliği elde edilir (± 1 darbe sınırları içinde ve konum algılayıcı kodlayıcının hassasiyeti ile orantılı olarak).Çünkü, belirlenmiş olan konumun türevi, belirlenmiş konuma dönmeye neden olan amaca dayalıdır. Ek olarak; sayısal hız komutları; mikroprosesör tarafından en uygun kontroldür.

Tek bir mikroprosesör ile bu işlemleri yapmak oldukça zordur. Çünkü; 3000 dev/dak. motor mili hızı için 50 kpps değerinde, yüksek hızlı darbe işlenmesi istenir. Ayrıca; bir tek chip'li mikroprosesör ile birlikte saniyede 5000 K bitlik darbeleri işlemek için; çevre birimlerine ek olarak; uyarılmış bir türev sayıcı devresi gerekmektedir.

İşlem hızından dolayı bir mikro işlemcinin kullanılmadığı durumlarda; bazı donanım teknikleri yardımı ile giriş bilgisini mikroprosesörlerin işleyebileceği şekle çevirmek uygundur. Bu da, bir mikroprosesör ile işlem yapma zorluğu, ek bir çevre birimi ile desteklenirse, mikroprosesörün kontrolü altında halâ gerçekleştirilecek durumlar olduğu kanaatine varılır.

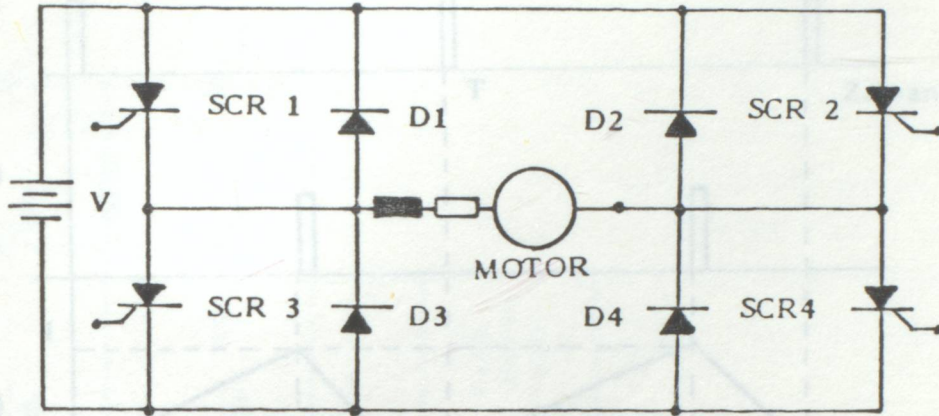


5. ELEKTRİKLİ ULAŞIM SİSTEMLERİNDE KULLANILAN D.A. MOTORUNUN MİKROPROSESSÖR İLE KONTROLUNUN İNCELENMESİ

Büyük güçlü motorlar için, endüvi akımının önceden belirlenen bir değere ayar edilmesi ile akım sınırlandırılmış olmayacaktır. Fakat büyük güçlü motorlar için akımı sınırlandırmak gerekmektedir. Akım limit kontrolü ise, bir mikroprosessör yardımı ile bir kıyıcının kontrolü esasına dayandırılır.

5.1. D.A. MOTOR TAHRİĞİ İÇİN MİKROPROSESSÖR İLE GERÇEKLEŞTİRİLEN AKIM KONTROL YÖNTEMİNİN TANIMLANMASI

D.A. motorları, haddelme makinalarında ve çekiciler kullanıldığı gibi ulaşım sistemlerinin tahrik uygulamalarında da kullanım alanı bulmaktadır. Bu motorların kullanılması halinde endüvi akımının uygun değerlerde tutulması gerekmektedir. Bu değerler normal akımın % 125-%150'sinden daha fazla olmamalıdır. Kontrol uygulamalarında motor başlangıç modunda olmayabilir. Bununla birlikte yük momentini karşılayabilmeli, daha çok akım isteğine cevap verebilmeli ve emniyet sağlayabilmelidir. Akım başlangıç durumundaki gibi limite tutulabilmelidir. Akım limit kontrolü ise, kontrol uygulamalarında çok kullanılır. Akım kontrolü bir kıyıcıdan güç sağlanması ile hemen yapılabilir (13).

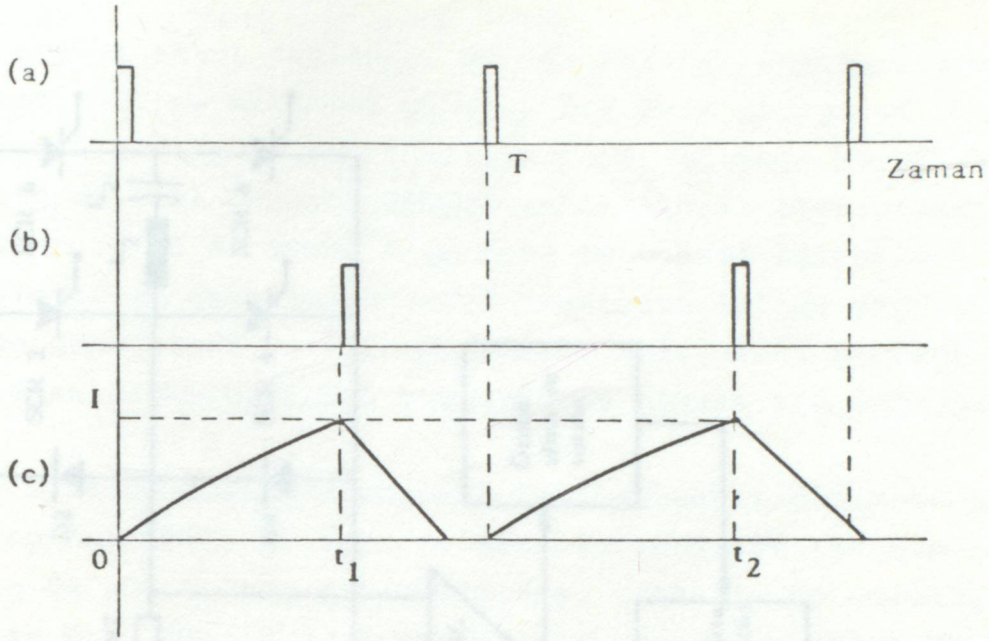


Şekil 5.1.-D.A. motor kontrol edici

5.1.1. GERİ BESLEMELİ SİSTEMLER İÇİN MOTOR KONTROL EDİCİLER

Bir geri beslemeli sistem için motor kontrol edicinin şeması Şekil 5.1'de görülmektedir. SCR1 ve SCR4 kapılarına bir pozitif darbe uygulanması ile motoru enerji akışı sağlanır. Gerilimin bu uygulamaları ile R-L devresinde akım üstel olarak yükselir. Akımının maksimumu izin verilen değere vardığı zaman SCR1 ve SCR4 tristörleri akım limitinin kontrolü için kapatılmalıdır (Bu oran % 150 gibi en çok kullanılabilen bir orandır). Bu işlem için ilave bir devreye gerek vardır. SCR2 ve SCR3 motordan geçen akımın tersine dönüş işlemine izin verir. Akım kontrolü, limitlendirilmiş bir kontroldür, kısaca yukarıda bahsedilen fikirler kısıtıcı kullanılması gerekliliğini belirler bu da bir D.A. kaynaktan D.A. motora güç temini modülasyonunu sağlar. Buradaki durum için SCR1 ve SCR4 tristörleri periyodik olarak açılır (Şekil 5.1). Görev çevrimi (periyoda açma zamanın oranı) motor endüvisi akımının ortalama ve tepe değerini tanımlar. Şekil 5.2'de tipik akım dalga şekilleri gösterilmiştir.

Rotor akımı, durma durumundan, motor çalışma durumuna geçişte R-L devresindeki gibi üstel durumda artar. t_1 zamanının yeri SCR'nin komutundadır ve akım sifıra doğru bozulur.



Şekil 5.2.- (a) Açma darbesi, (b) Kapama darbesi, (c) Endüvi akımı

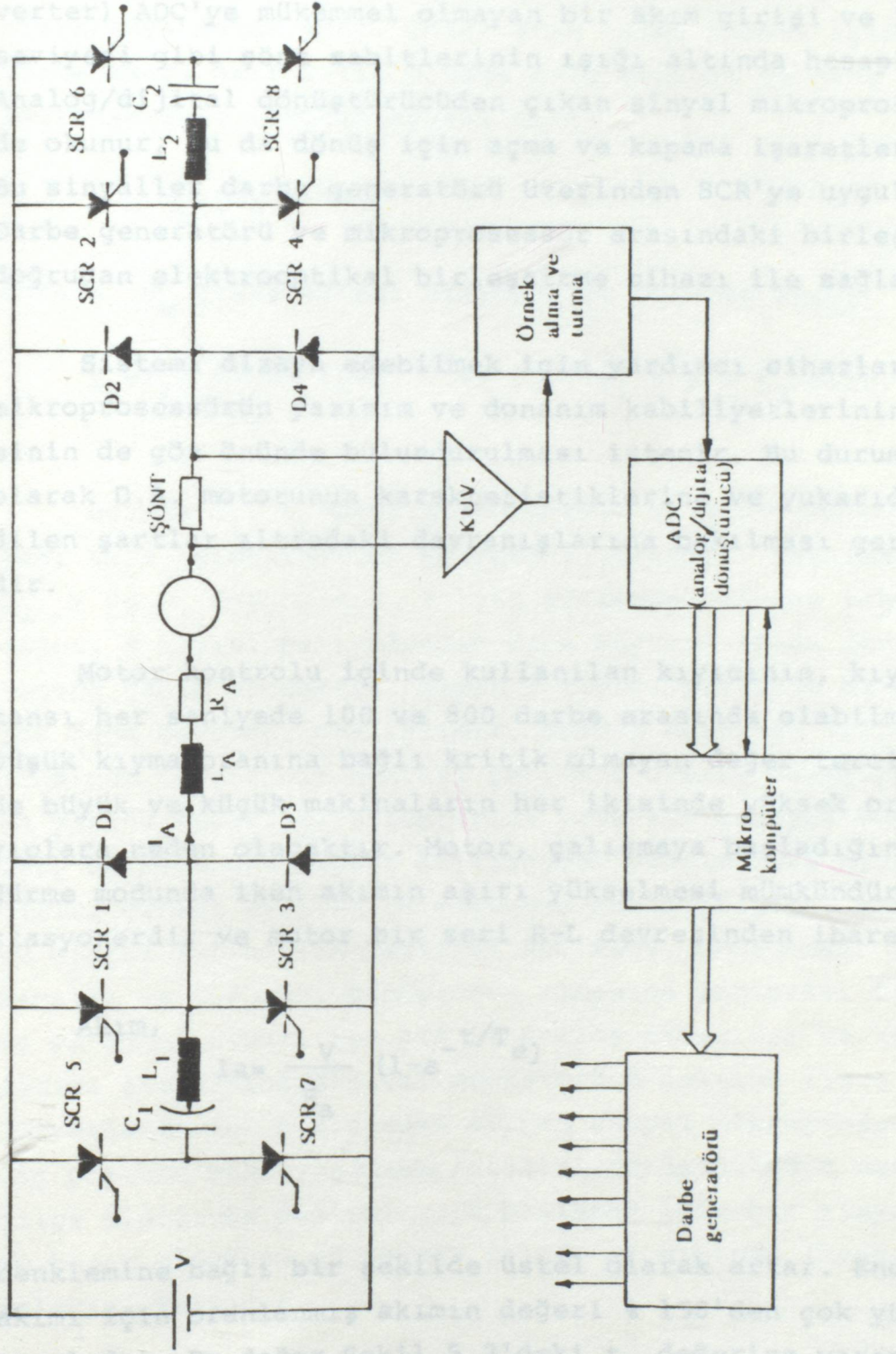
Normalde motor, yük durumları altında akım devamlı olabilmelidir. Başlangıç periyodunda motorun hızı artacaktır ve süreksiz bir akım değerinde bile akım durumunu koruyacaktır.

5.1.2. SİSTEMİN DONANIMININ (HARDWARE) TANIMLANMASI

Sistem örneğinin verildiği bu kontrol uygulamaları için kullanılan mikroprosesör sistemi 6502 mikroprosesör esaslıdır. Kontrol sistemi Şekil 5.3'de gösterildiği gibi daha komple bir şekildedir. Devrede görülen komitasyon devresi C_2-L_2 ve C_1-L_1 devrelerini içermektedir. SCR7 ve SCR6 tristörleri C_1 ve C_2 değişimleri için kullanılmaktadır.

SCR7, SCR5, SCR6 ve SCR8 tristörlerinin rolleri motorun tersine dönüşü için değişir.

Motor kontrolü devresi, sürekli manyetik alan motoru bobinine şönt ile seri bağlanmıştır. Şöntün bağlanmasının amacı mikroprosesöre bilgi gönderme ve motor akımının ölçülmesidir. Kuvvetlendiricinin çıkışı giriş mutlak değerine orantılıdır. Analog/dijital dönüştürücüyü, kuvvetlendirici çıkışı da dönüşümlü olarak beslenir. Analog/dijital dönüştürücüye giriş için gerekli 5V geriliminin oluşturulmasında maks-



Şekil 5.3.- Akım limit kontrol sistemi

mum endüvi akımı sağlanır. Burada kazanç, (analog/dijital converter) ADC'ye mükemmel olmayan bir akım girişi ve limit akım seviyesi gibi şönt sabitlerinin ışığı altında hesaplanabilir. Analog/dijital dönüştürücüden çıkan sinyal mikroprosesör içinde okunur, bu da dönüş için açma ve kapama işaretleri üretir. Bu sinyaller darbe generatörü üzerinden SCR'ye uygulanır. Darbe generatörü ve mikroprosesör arasındaki birleştirme doğrudan elektrooptikal birleştirme cihazı ile sağlanır.

Sistemi dizayn edebilmek için yardımcı cihazlar gibi mikroprosesörün yazılım ve donanım kabiliyetlerinin her ikisinin de göz önünde bulundurulması istenir. Bu durumda ilk olarak D.A. motorunun karakteristiklerine ve yukarıda bahsedilen şartlar altındaki davranışlarına bakılması gerekmektedir.

Motor kontrolü içinde kullanılan kıyıcının, kıyıcı frekansı her saniyede 100 ve 800 darbe arasında olabilmelidir. Düşük kıyım oranına bağlı kritik olmayan değer tercih edilse de büyük ve küçük makinaların her ikisinde yüksek oranda kayıplara neden olacaktır. Motor, çalışmaya başladığında döndürme modunda iken akımın aşırı yükselmesi mümkündür. Endüvi stasyonerdır ve motor bir seri R-L devresinden ibarettir.

Akım,

$$I_a = \frac{V}{R_a} (1 - e^{-t/T_e}) \quad (5.1)$$

denkleminde T_e zaman sabiti olarak artar. Endüvi akımı için oranlanmış akımın değeri % 150'den çok yüksek olmamalıdır. Bu değer Şekil 5.2'deki t_1 değerine varır. Daha sonra endüvi SCR1 ve SCR4 için kontrol işaretlerinin uygulanması ile enerjilenir. SCR1 ve SCR4 t_1 zamanında kapanmalıdır.

SCR1 ve SCR4 ile endüvi akımı V kaynağı için geridöner ve akım bozulmaya başlar. $t_1 \leq t \leq T$ arasındaki zamanda motor hızlanmaya devam eder. Çünkü akım halen endüvi için pozitif yönde akar. Akım sıfır olduğu anda bulunan tahmini değeri sağlamak için motorun açılma hızı;

$$W = \Omega_0 (1 - e^{-t/T_m}) \quad (5.2)$$

Burada Ω_0 çıkış açılma hızıdır. Bu durumda akım;

$$I_a = I_1 - \frac{V + e}{R_a} (1 - e^{-t/T_e}), \dots t_1 \leq t \leq t_2 \text{ olur.} \quad (5.3)$$

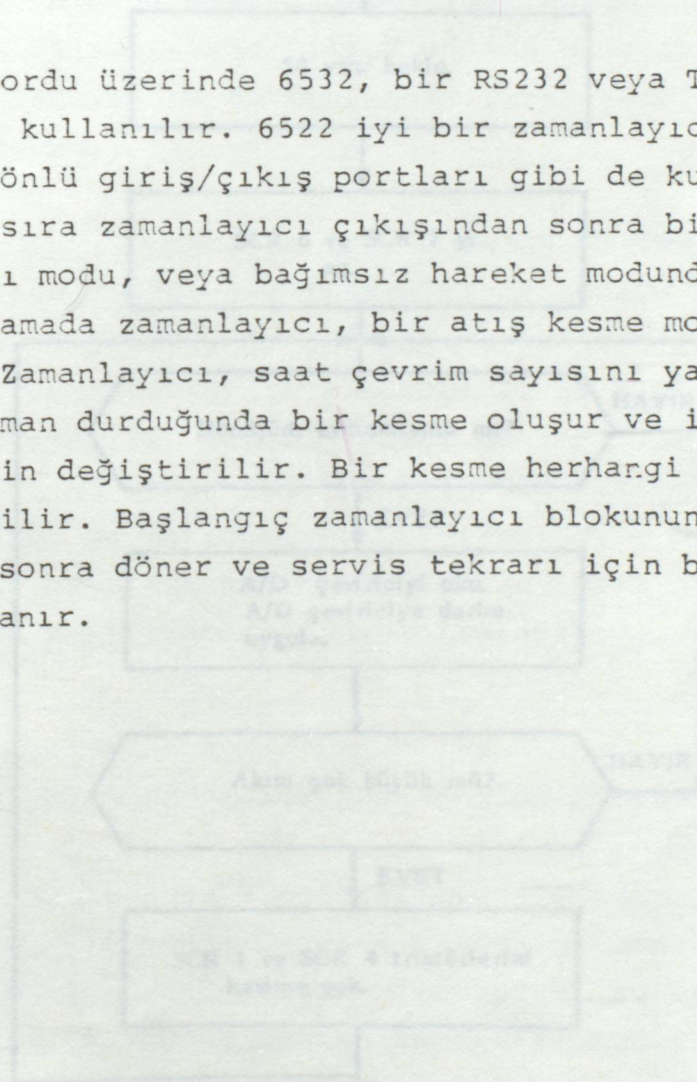
Burada I_1 , t_1 'deki akım değerini, V; kaynak gerilimini e ise; ters elektromotor kuvvetini gösterir. Boşalma yolu D_2 , V ve D_3 boyuncadır. t için sistemde bulunan tahmini değer, T kıyıcı periyodundan daha büyükse işlem devamlı akım moduna sahip olacaktır. Şayet T kıyıcı periyodu bu sayıdan çok daha büyükse, aralıklıdır. Endüvi akımının izin verilen maksimum değeri bir sonraki çevrimde özenle oluşturulur. En yüksek değer, karşılaştırıcı yolu ile kolayca bulunabilir. Bu nedenden endüvi komitasyonu problemlere neden olabilir. Örneği verilen bu sistemde analog/dijital dönüştürücü olarak kullanılan National ADC 8809, CMOS cihazı 8 analog kanallı ve $100 \mu\text{sn}$. dönüştürme zamanına sahiptir. Örnek alma ve tutma cihazı ise AD5 82 Analog cihazıdır ve kuvvetlendirici ile analog/dijital dönüştürücü arasına ilave edilir. Kuvvetlendirici çıkışından alınan sinyal mikroprosesörün giriş portunu besleyen analog/dijital dönüştürücüyü besler. Port, bilgi aldığı anda değiştirmeye başlamak için bir sinyal gönderir ve hazır olduğunu göstermek içinde el sıkışma (hand shake) işlemini kullanır.

Mikroprosesörden çıkış diğer porttan alınır. Bununla birlikte el sıkışma işlemi gerekli değildir. Bu çıkış 7407 açık kollektör 16 bitlik tamponlayıcının (hex buffers) kullanılması ile tamponlanır.

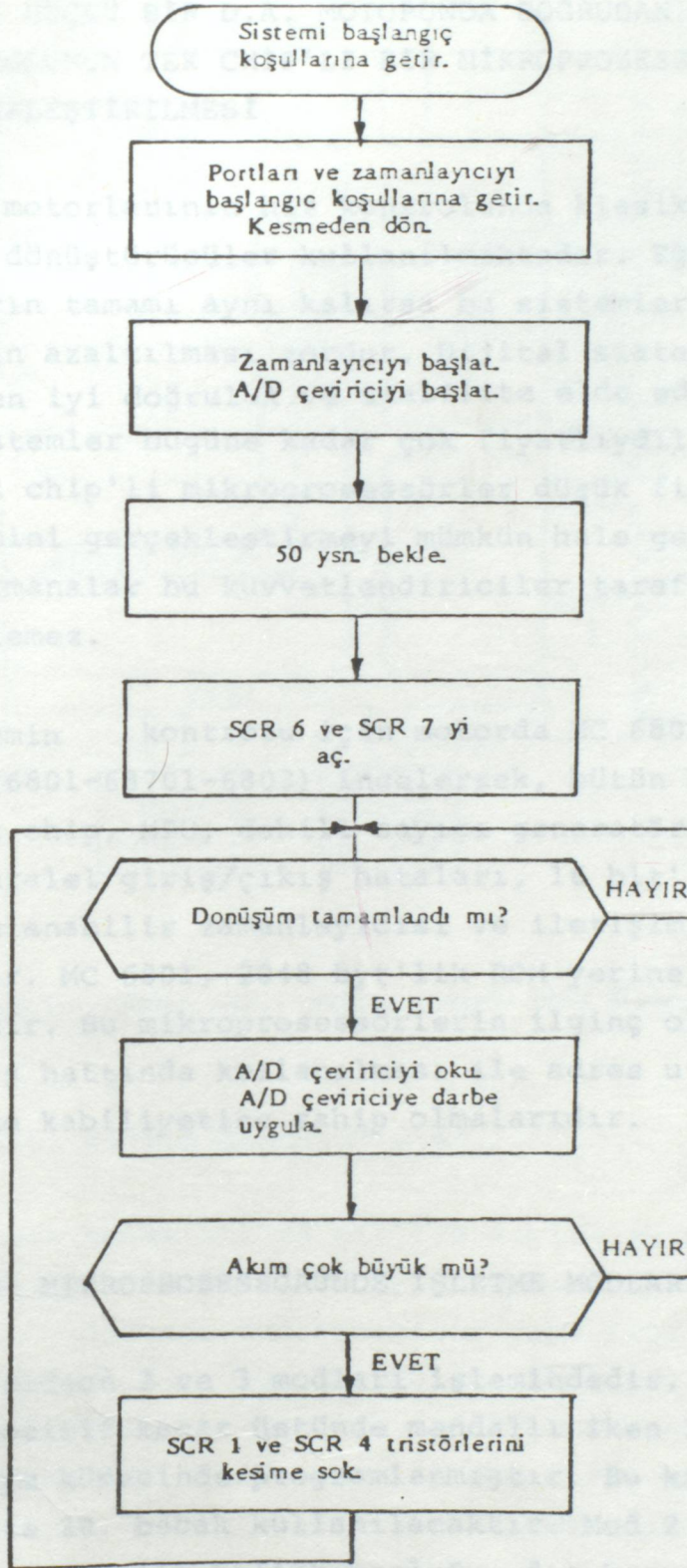
5.1.3. SİSTEMİN YAZINIMININ (SOFTWARE) DİZAYNI

Sistemin gelişimindeki bir sonraki adım yazılımının meydana getirilmesidir. Bu akış şeması SYM tipi özel bir mikroprosesör için hazırlanmıştır. Ve örnek alınan motorun kontrolunda kullanılmaktadır. SYM tipi mikroprosesör giriş/çıkış (I/O) için iki tip chip kullanılır. Bunlar 6532 ve 6522 chip'leridir. 6532; bir RAM giriş/çıkış zamanlayıcı düzeni olup 6522 ise değişken ara yüzey adaptörüdür (Versatile Interfoce Adapter- VIA).

SYM bordu üzerinde 6532, bir RS232 veya TTY giriş/çıkış portu gibi kullanılır. 6522 iyi bir zamanlayıcı olabildiği gibi çok yönlü giriş/çıkış portları gibi de kullanılabilir. Bunun yanısıra zamanlayıcı çıkışından sonra bir ara verici veya sayıcı modu, veya bağımsız hareket modunda kullanılabilir. Uygulamada zamanlayıcı, bir atış kesme modunda kullanılmaktadır. Zamanlayıcı, saat çevrim sayısını yazarak işleme başlar. Zaman durduğunda bir kesme oluşur ve işlemler servis tekrarı için değiştirilir. Bir kesme herhangi bir zaman meydana çıkabilir. Başlangıç zamanlayıcı bloğunun içinde kesme yaptıktan sonra döner ve servis tekrarı için basit olarak yığın sıfırlanır.



Şekil 3.4- YAZINIM (Software) akış şeması.



Şekil 5.4.- YAZINIM (Software) akış şeması

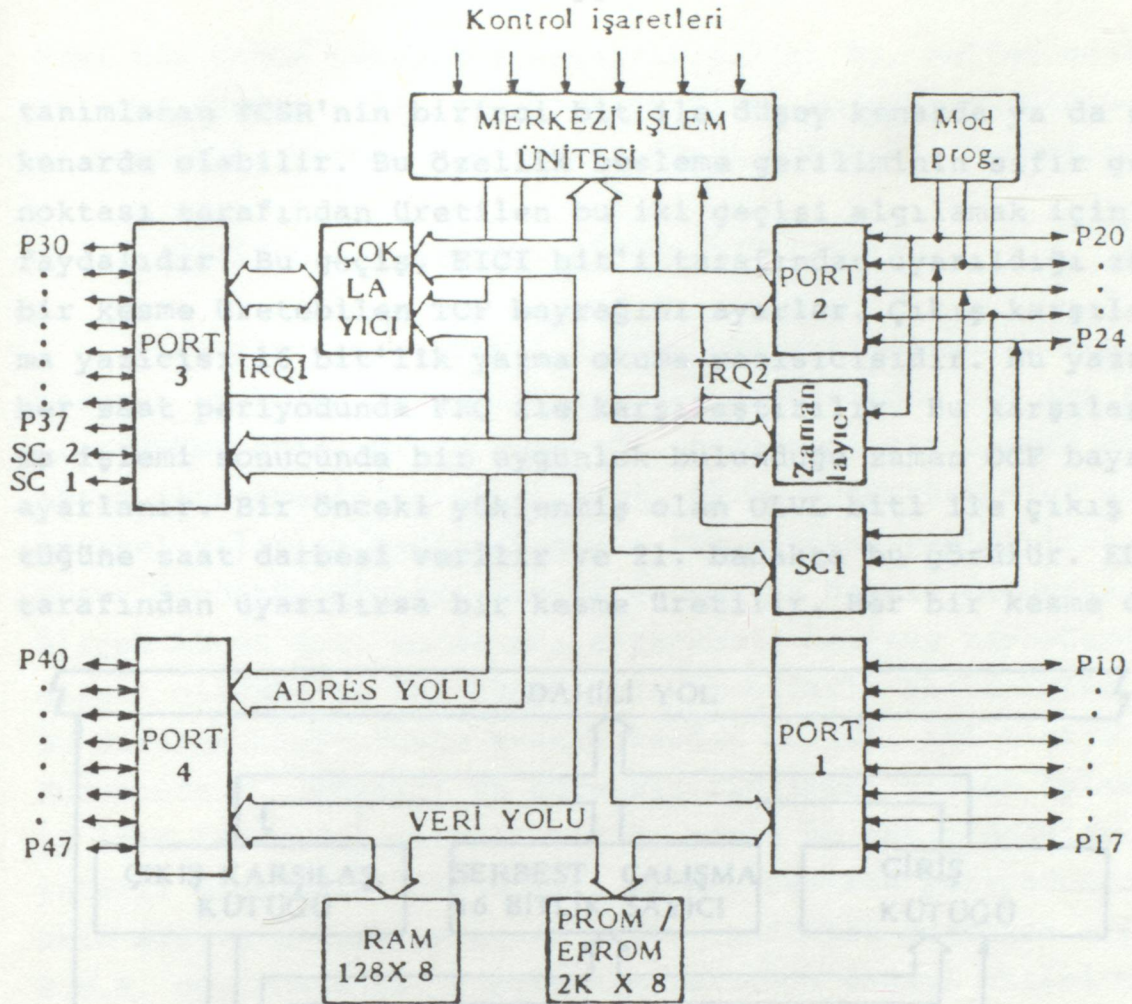
5.2. KÜÇÜK GÜÇLÜ BİR D.A. MOTORUNDA DOĞRUDAN SAYISAL HIZ KONTROLUNUN TEK CHIP'LI BİR MİKROPROSESSÖR İLE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

D.A. motorlarının hız kontrolunda klasik yöntemlerde tristörlü dönüştürücüler kullanılmaktadır. Eğer dinamik performansların tamamı aynı kalırsa bu sistemler için yapılan masrafların azaltılması zordur. Dijital sistemlerin kullanılması ile en iyi doğruluk ve stabilite elde edilmektedir. Ancak bu sistemler bugüne kadar çok fiyatlıydılar. Günümüzde ise bu tek chip'li mikroprosesörler düşük fiyatlı hız kontrol sistemini gerçekleştirmeyi mümkün hale getirirler. Dinamik performanslar bu kuvvetlendiriciler tarafından çok fazla değiştirilemez.

Sistemin kontrolu için motorda MC 6801 mikrokonpüter serisini (6801-68701-6803) incelersek, bütün bu mikroprosesörler tek chip, MPU, dahili sayıcı generatörü, 128 by'te RAM, 29 paralel giriş/çıkış hataları, 16 bit'li üç fonksiyonlu programlanabilir zamanlayıcısı ve iletişim ara yüzey serisini içerir. MC 6801, 2048 byt'lik ROM yerine, EPROM 68701'i içermektedir. Bu mikroprosesörlerin ilginç olan yanı da 16 giriş/çıkış hattında kullanılması ile adres uzayının genişletilebilme kabiliyetine sahip olmalarıdır.

5.2.1. 6801 MİKROPROSESSÖRÜNDE İŞLETME MODLARI

6803 sadece 2 ve 3 modları işlemindedir. İşletme modu reset'te pozitif kenar üstünde mandallı iken 20,21,ve 22 nci bacak seviye kümesinde programlanmıştır. Bu kısımda, zamanlayıcı girişte 20. bacak kullanılacaktır. Mod 2 ise (iç RAM, dış çoğullayıcı yolu ile bellek boşluğu, dış kesmevektörleri gelişimleri için kullanılır.

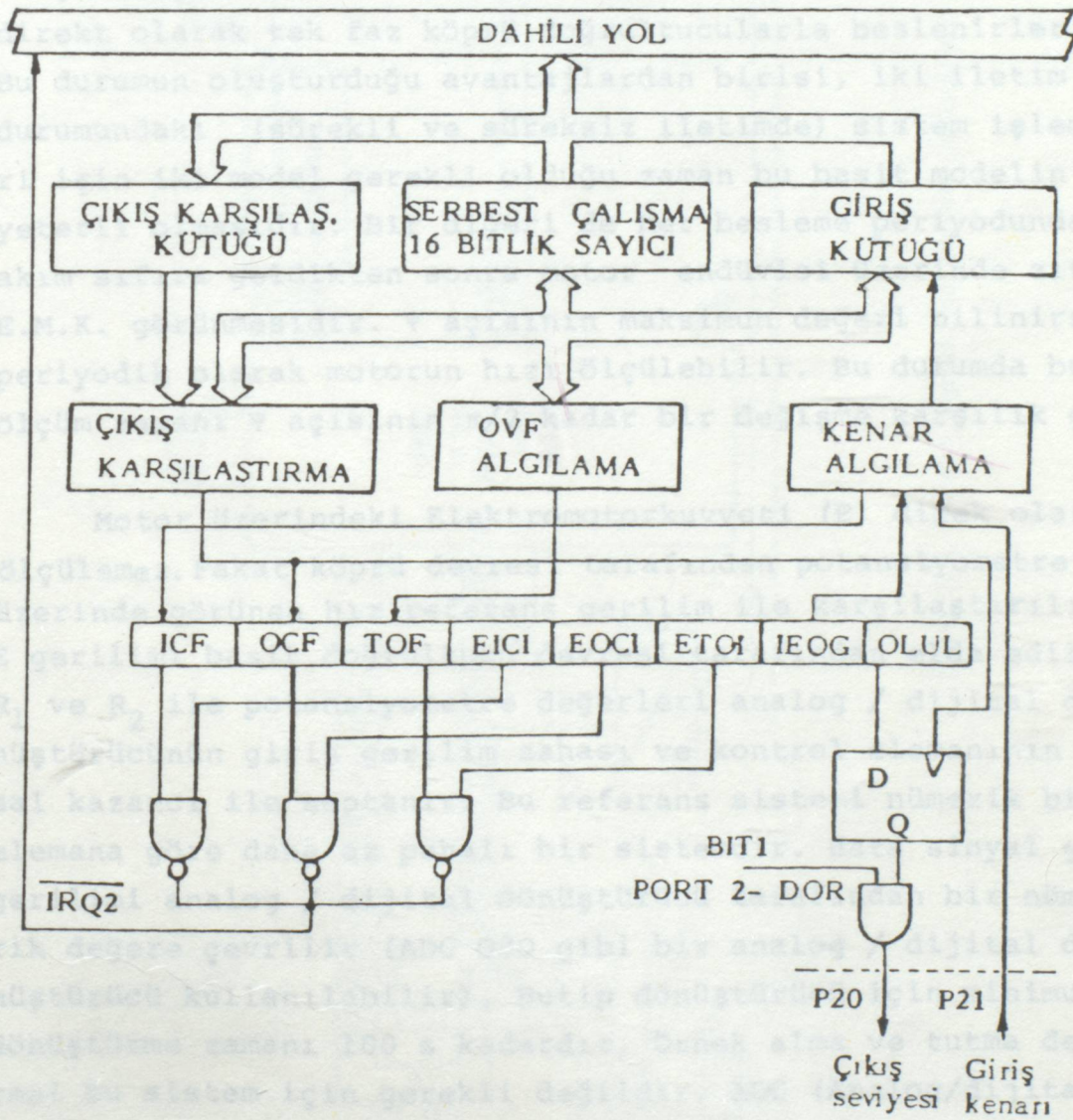


Şekil 5.5.- 6801/ 68701 mikroprozessör blok diyagramı

5.2.2. DAHİLİ SİSTEM ZAMANLAYICISI

Bağımsız hareketli 16 bit'lik sayıcı sürekli dahili sayıcı ile değiştirilebilir ve sadece okunabilir. DOF bayrağı sayıcı dolu olduğunda ayarlanabilir veya ETOI kesmede uyarılıp darbe üretebilir. TOF bayrağı ve ETOI zaman kontrolü durum kütüğü TCSR (timer control and status register) b_5 ve b_2 bitlerindedir. FRC (free running counter); bağımsız hareketli sayıcının içeriği herhangi bir zamanda ICR (input capture register) giriş kütüğüne yüklenebilir (20 bacakta bir giriş geçici olarak geldiği zaman). Bu geçiş IEDG tarafından

Özel bir kesme yöntemiyle karşılaşıp gelirdir. Bu, belirli kesme noktaları tanımlanan TCSR'nin birinci bit ile düşey kenarda ya da çıkan kenarda olabilir. Bu özellik besleme geriliminin sıfır geçiş noktası tarafından üretilen bu iki geçişi algılamak için çok faydalıdır. Bu geçiş, EICI bit'i tarafından uyarıldığı zaman bir kesme üretebilen TCF bayrağını ayarlar. Çıkış karşılaştırma yazıcısı 16 bit'lik yazma okuma yazıcısıdır. Bu yazıcı her saat periyodunda FRC ile karşılaştırılır. Bu karşılaştırma işlemi sonucunda bir uygunluk bulunduğu zaman OCF bayrağı ayarlanır. Bir önceki yüklenmiş olan OLVL biti ile çıkış kütüğüne saat darbesi verilir ve 21. bacakta bu görülür. EDCI tarafından uyarılırsa bir kesme üretilir. Her bir kesme durumu



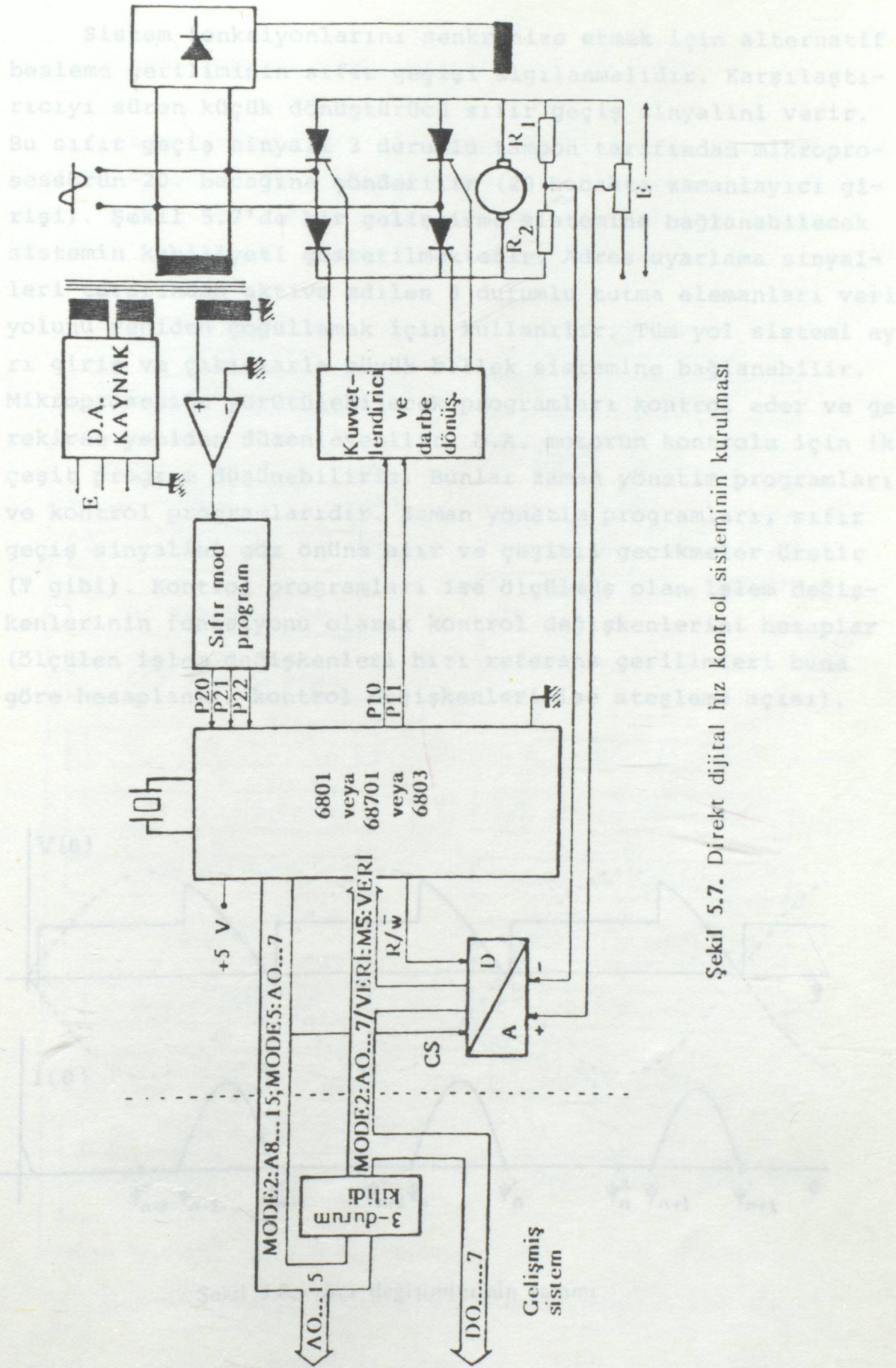
Şekil 5.6.- Programlanabilir zamanlayıcının blok diyagramı

Özel bir kesme vektörüne karşılık gelir. Bu, bellek gözlerinde bulunur. Kesme işlemleri öncelik sırasına göre yürütülür (ICF en öncelikli kesme, OCF ise en düşük öncelikli kesmedir).

5.2.3. DİJİTAL HIZ KONTROL SİSTEMİNİN TANITIMI

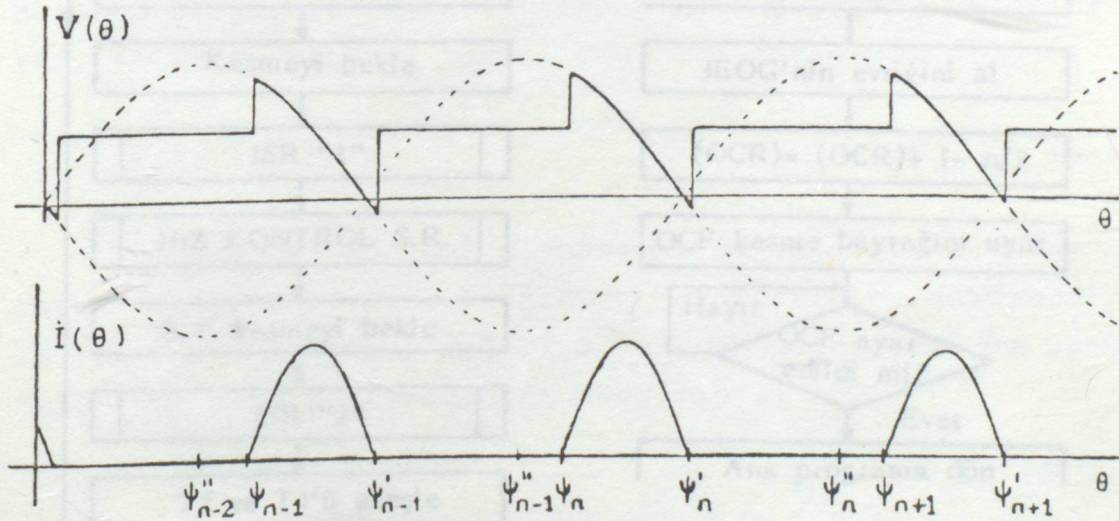
Sistemin tamamı Şekil 5.7'de gösterilmektedir. D.A.motorunun endüvisi tek yönlü tristör dönüştürücü ile tek fazlı olarak beslenir. Mikroprosesör, burada direkt olarak tristörün ateşlemesini kontrol eder. Darbe dönüştürücüler elektriksel yalıtımı sağlamak amacı ile sisteme yerleştirilir. Motor dönüştürücüsünün iletim durumu en önemli durumdur. Birçok küçük d.a. motorları alternatif besleme kaynağından direkt olarak tek faz köprü doğrultucularla beslenirler. Bu durumun oluşturduğu avantajlardan birisi, iki iletim durumundaki (sürekli ve süreksiz iletimde) sistem işlemleri için iki model gerekli olduğu zaman bu basit modelin yeterli olmasıdır. Bir diğeri de her besleme periyodunda akım sifıra geldikten sonra motor endüvisi üzerinde zıt E.M.K. görünmesidir. Ψ açısının maksimum değeri bilinirse periyodik olarak motorun hızı ölçülebilir. Bu durumda bu ölçüm zamanı Ψ açısının $\pi/2$ kadar bir değişme karşılık gelir.

Motor üzerindeki Elektromotorkuvveti (E) direk olarak ölçülemez. Fakat köprü devresi tarafından potansiyometre üzerinde görünen hız referans gerilim ile karşılaştırılır. E gerilimi basit doğrultucu devresi tarafından elde edilir. R_1 ve R_2 ile potansiyometre değerleri analog / dijital dönüştürücünün giriş gerilim sahası ve kontrol elemanının oran- sal kazancı ile saptanır. Bu referans sistemi nümerik bir elemana göre daha az pahalı bir sistemdir. Hata sinyal gerilimi analog / dijital dönüştürücü tarafından bir nümerik değere çevrilir (ADC 080 gibi bir analog / dijital dönüştürücü kullanılabilir). Butip dönüştürücü için minimum dönüştürme zamanı 100 s kadardır. Örnek alma ve tutma devresi bu sistem için gerekli değildir. ADC (Analog/dijital dönüştürücünün) chip seçme bacağı uygun adres hatları tarafından üretilir.



Şekil 5.7. Direkt dijital hız kontrol sisteminin kurulması

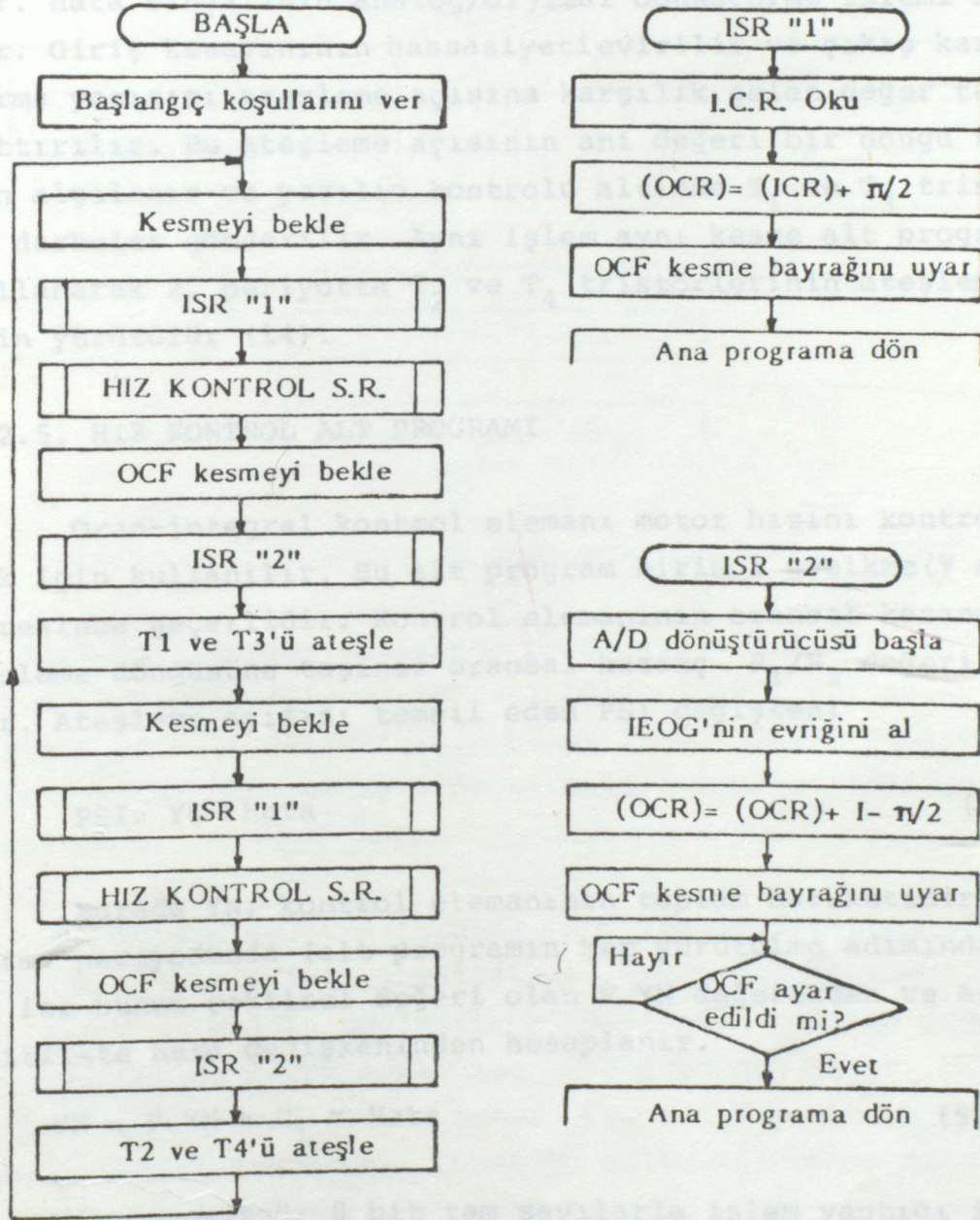
Sistem fonksiyonlarını senkronize etmek için alternatif besleme geriliminin sıfır geçişi algılanmalıdır. Karşılaştırıcıyı süren küçük dönüştürücü sıfır geçiş sinyalini verir. Bu sıfır geçiş sinyali 3 durumlu tampon tarafından mikroprocessörün 20. bacağına gönderilir (20 bacakta zamanlayıcı girişi). Şekil 5.7'de bir geliştirme sistemine bağlanabilecek sistemin kabiliyeti gösterilmektedir. Adres uyarlama sinyalleri tarafından aktive edilen 3 durumlu tutma elemanları veri yolunu yeniden çoğullamak için kullanılır. Tüm yol sistemi ayrı giriş ve çıkışlarla büyük bellek sistemine bağlanabilir. Mikroprocessör yürütülebilecek programları kontrol eder ve gerekirse yeniden düzenleyebilir. D.A. motorun kontrolü için iki çeşit program düşünebiliriz. Bunlar zaman yönetim programları ve kontrol programlarıdır. Zaman yönetim programları, sıfır geçiş sinyalini göz önüne alır ve çeşitli gecikmeler üretir (Ψ gibi). Kontrol programları ise ölçülmüş olan işlem değişkenlerinin fonksiyonu olarak kontrol değişkenlerini hesaplar (ölçülen işlem değişkenleri hızı referans gerilimleri buna göre hesaplanır, kontrol değişkenleri ise ateşleme açısı).



Şekil 5.8.- Açı değişimlerinin tanımı

5.2.4. ZAMAN YÖNETİM PROGRAMI

Ana programın akış diyagramı Şekil 5.9'da görülmektedir. Başlama sırası uygun çalışma konumu için mikroprosessörün çeşitli elemanlarını programlar. Örneğin zamanlayıcı kontrolü ve durum kütüğü 20. bacakta bir pozitif kenar meydana geldiği



Şekil 5.9.- Zaman işletim programı ve alt programı akış şeması

zaman bir kesme üretmek için uygun şekilde yüklenir. Birinci portun 2 biti tristör kapılarının darbe yükselteçlerini sürmek için çıkış olarak programlanır. Bir kesme beklenir ve buna karşı gelen alt programı ilk gecikmeyi Ψ " $\pi/2$ katı kadar" elde etmek için yüklenir. Bu zaman hız kontrol alt programını yürütmek için kullanılan diğer kesme bu ilk gecikmenin sonunda meydana gelir. Ve ikinci alt program ISR "2" tarafından işlem görür. Hata sinyalinin analog/dijital dönüştürme işlemi başlatılır. Giriş kenarının hassasiyeti evirilir ve çıkış karşılaştırma yazıcısı ateşleme açısına karşılık gelen değer tarafından arttırılır. Bu ateşleme açısının ani değeri bir döngü tarafından algılanır ve yazılım kontrolü altında T_1 ve T_3 tristörlerine darbeler gönderilir. Aynı işlem aynı kesme alt programını kullanarak 2. periyotta T_2 ve T_4 tristörlerinin ateşlemesi için yürütülür (14).

5.2.5. HIZ KONTROL ALT PROGRAMI

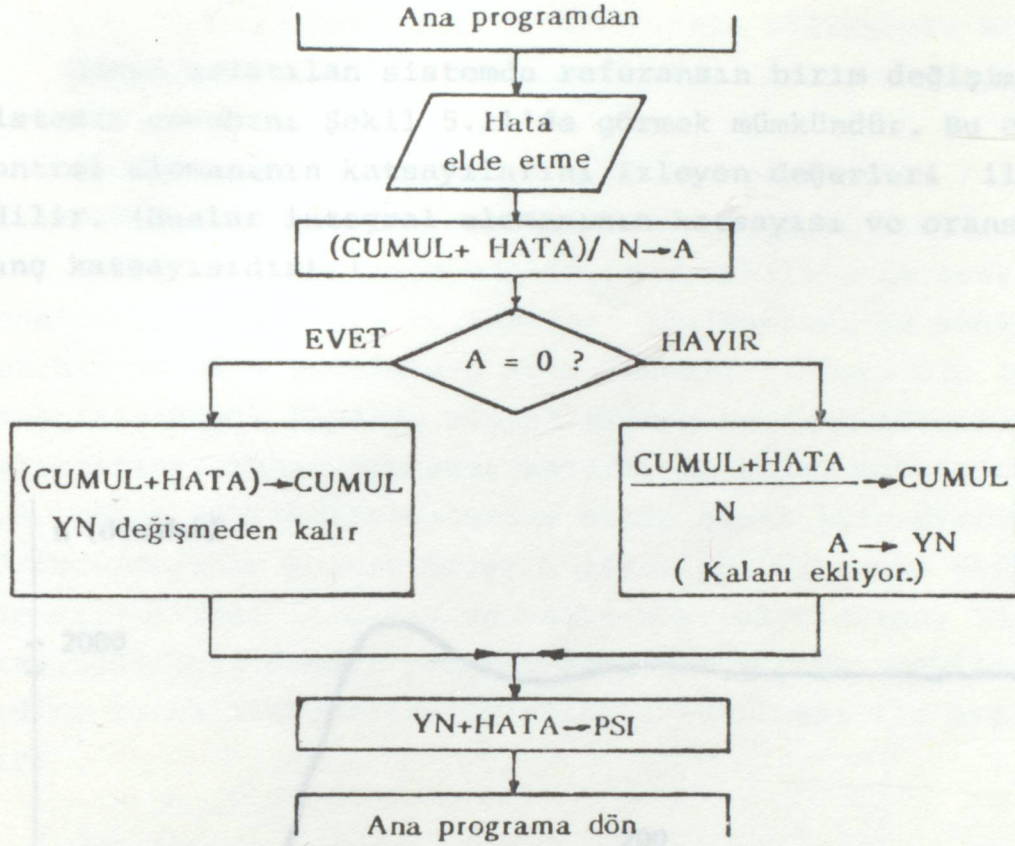
Oran-integral kontrol elemanı motor hızını kontrol etmek için kullanılır. Bu alt program birinci gecikme (Ψ açısı) süresince geçerlidir. Kontrol elemanının oransal kazanç geri besleme döngüsüne taşınır oransal kazanç R_1/R_2 değerini içerir. Ateşleme açısını temsil eden PSI değişkeni

$$PSI = YN + Hata \quad (5.4)$$

Burada YN; kontrol elemanının toplam hareketidir. Her tutma periyodunda (alt programın her yürütülme adımında), YN ise bunun şekilsel değeri olan F.YN değerinden ve aşağıdaki eşitlikte hata değişkeninden hesaplanır.

$$YN = F.YN + C_1 * Hata \quad (5.5)$$

Mikroprosesör 8 bit tam sayılarla işlem yaptığı için (7 bit + işaret biti) bazı özellikler kompütere verilmelidir. $N = 1/C_1$ bölüm işlemi hesaplanabilir. Bu bölüm işleminin sonucu bir tam sayı olabilir. Integral hareketinin bölümleri



Şekil 5.10.- Hız kontrol alt programının akış şeması

en azından diğerine eşit olana kadar sıfırda kalır. Eşik de -
ğerden kaçınmak için bu tamsayı bölme işlemi gerçekleştiril-
miştir. Bu hata değişkeninin bölme işlemi sıfır olmayan sonuç
verene kadar bunu ardışıl değerlerinin toplamı tarafından de-
ğiştirilir.

Bu hata elde etme işlemi, (ADC) analog/dijital dönüştü-
rücünün içeriklerinin okunmasıdır. Bunun değeri CUMUL'a ekle-
nir (Hata işleminin toplamı). N tarafından bölünen değer so -
nuçtur. Harici değer sıfır ise YN değişmeden kalır. CUMUL (Ha-
tanın toplamı) değeri ile artar. YN, tam sayı bölme işleminin
harici değeri ile artar. CUMUL bu bölüm işleminin kalan kısmı
ile değiştirilir. Her aritmetik işlemde taşma tarafından üreti-
len kötü sonuçları göz önüne almalıyız. Böyle bir olay meydana
geldiği zaman işlem sonucu bunun en büyük mümkün değeri ile
değiştirilir.

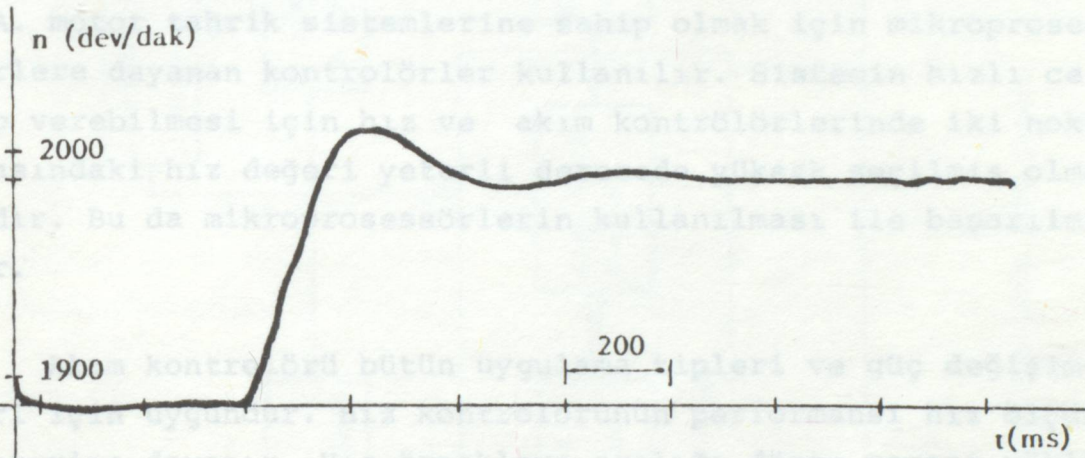
5.3. SERBEST UYARMA LI D.A. MOTOR TAHRIK SİSTEMİNİN HIZ VE

Bütün anlatılan sistemde referansın birim değişimine göre sistemin cevabını Şekil 5.11'de görmek mümkündür. Bu cevap kontrol elemanının katsayılarını izleyen değerleri ile elde edilir. (Bunlar integral elemanının katsayısı ve oransal kazanç katsayısıdır).

İzaya edilir. Bir dahili akım çevrimi ve genellikle benzer hız kontrolleri kullanılır. Bu kontrollerler hız ve akım çevrimleri için sürekli PI veya PID (oran-integral-türev) tipinde sinyal üretken kontrol edicileri kullanılır. Daha kusursuz, kararlı ve kolay muhafaza edilen

D.A. tahrik sistemlerine sahip olmak için mikroprosessorlara dayanan kontroller kullanılır. Sistemin hızlı cevap verebilmesi için hız ve akım kontrollerinde iki nokta arasındaki hız değeri yeterli derecede ayarlanmalıdır. Bu da mikroprosessorların kullanılması ile başarılmıştır.

kontrolörü bütün uygulamaları ve güç değişiklikleri için uygundur. Hız kontrolünde periyodik hız sistemine dayanır. Hız örneklemesi aralığı dönme moment hız tahrik sistemleri için çok küçük olmalıdır.



Şekil 5.11.- Referans adım değişiminin sistem cevabı

5.3.1. BLOK ŞEMASININ OLUŞTURULMASI

Şekil 5.12, 3 fazlı köprü dönüştürücüsünden beslenen küçük D.A. motorun direkt sayısal hız kontrolünün tesis edilmesi için çok az sayıda bileşen istenmektedir. Belirtilen sistem yalnız küçük D.A. motorlar için değil diğer D.A. motorlarının otomatik kontrolü için de uygulanabilir.

hız ve gerçek hız, gerçek endüvi akımı ve motor sistemin parametreleridir. Ayarın ve ölçülen hızların temelinde dijital hız kontrolörü, gerekli hızlandırma ve yavaşlatmanın sağlanması için istenen endüvi akımını hesaplar. Aynı şekilde, sayısal akım kontrolörü istenen ve gerçek endüvi akım değerlerinden endüvi gerilimini hesaplar. Ateşleme açısı \cos^{-1} tablosunda saptanır. Mikroprosessor sistemi akım kontrolörleri ile verilen ateşleme açısında uygun tristörler için kapı darbeleri üretir.

5.3. SERBEST UYARMALI D.A. MOTOR TAHRIK SİSTEMİNİN HIZ VE AKIM ÇEVİRİMLERİNİN MİKROPROSESSÖR ESASLI KONTROLU

Endüstriyel tahrik edici cihazlar genellikle 3 fazlı köprü dönüştürücülerden beslenen ve ayrı ayrı tahrik edilen D.A. motorlar ile dizayn edilir. Bir dahili akım çevrimi ve genellikle benzer hız kontrolleri kullanılır. Bu kontrolörler hız ve akım çevrimleri için sürekli PI veya PID (oran-integral-türev) tipinde sinyal üreten kontrol edicileri kullanırlar. Daha kusursuz, kararlı ve kolay muhafaza edilen D.A. motor tahrik sistemlerine sahip olmak için mikroprosesörlere dayanan kontrolörler kullanılır. Sistemin hızlı cevap verebilmesi için hız ve akım kontrolörlerinde iki nokta arasındaki hız değeri yeterli derecede yüksek seçilmiş olmalıdır. Bu da mikroprosesörlerin kullanılması ile başarılmıştır.

Akım kontrolörü bütün uygulama tipleri ve güç değişimleri için uygundur. Hız kontrolörünün performansı hız ölçüm sistemine dayanır. Hız örnekleme aralığı dönme moment yüklü tahrik sistemleri için çok küçük olmalıdır.

5.3.1. BLOK ŞEMASININ OLUŞTURULMASI

Şekil 5.12, 3 fazlı köprü dönüştürücüsünden beslenen serbest uyarmalı D.A. motoru için bir mikroprosesör destekli hız kontrol sisteminin blok şemasını göstermektedir. Bu örnekte kontrolör kısmı bir intel 8086 mikroprosesör ile yapılır. Mikroprosesör için dijital giriş bilgisi referans hız ve gerçek hız, gerçek endüvi akımı ve motor sistem parametreleridir. Ayarın ve ölçülen hızların temelinde dijital hız kontrolörü, gerekli hızlandırma ve yavaşlatmanın saptanması için istenen endüvi akımını hesaplar. Aynı şekilde, sayısal akım kontrolörü istenen ve gerçek endüvi akım değerlerinden endüvi gerilimini hesaplar. Ateşleme açısı \cos^{-1} tablosundan saptanır. Mikroprosesör sistemi akım kontrolörleri ile verilen ateşleme açısında uygun tristörler için kapı darbesi üretir.

5.3.2. AKIM KONTROLÖRLERİ

Akım kontrolör işlemi için V dönüştürücü çıkış gerilimi, I endüvi akımı, R endüvi direnci, L endüvi selfi ve E ters elektromotor kuvveti ile Şekil 5.13 a,b,c,'de gösterilir. Akım kontrolör işlemi için ters elektromotor kuvveti sabit kabul edilir. O' dan T'ye kadar olan aralıkla V_1 ve I_1 'in sürekli durum değerleri olarak alınır. I_1 'den IR'ye değişen referans akımı 5.12.b'de gösterilmektedir.

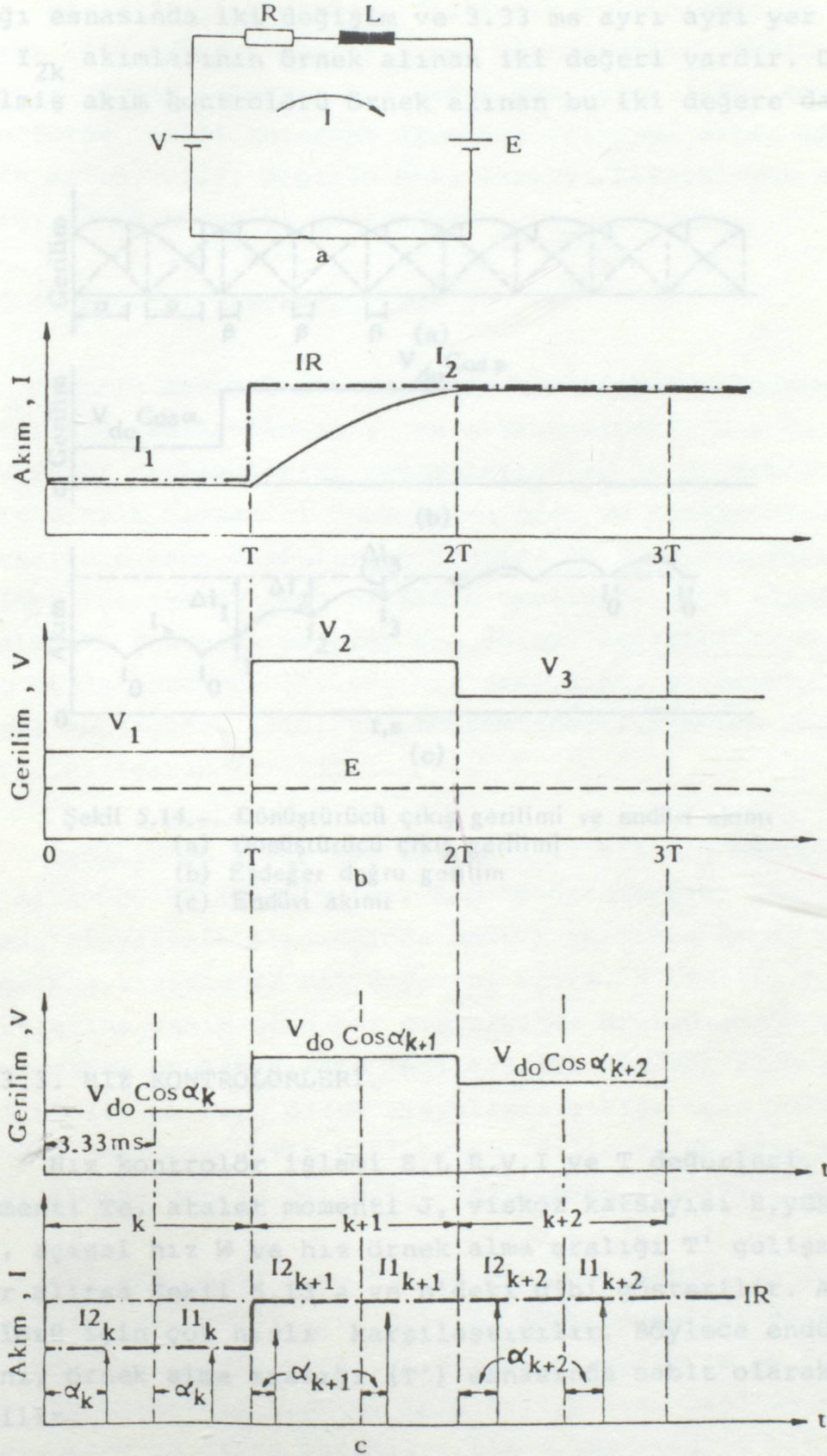
Dönüştürücü çıkış gerilimi V_1 'den V_2 'ye değişen endüvi akımı $t=2T$ anında $I_2=IR$ değerine ulaşır. $t > 2T$ için dönüştürücü çıkış gerilimi, I_2 endüvi akımı değerinde sabit kalan V_3 endüvi akımına azalır.

Şekil 5.14.a dönüştürücünün çıkış gerilimi dalga şeklini verir. k. ve (k+1)'inci doğal komitasyon noktaları arasındaki dönüştürücü çıkış gerilimi doğru gerilimin $V_d \cos. \alpha$ 'ya eşit olduğunu gösterilmektedir (V_d ; kontrol edilemeyen dönüştürücü çıkış gerilimini gösterir). Bu, şekil 5.14.b.de gösterilir. Şekil 5.14.c ise endüvi akımı dalga şeklini göstermektedir. α ateşleme açısı ile endüvi devresi için:

$$L \frac{di}{dt} + R.i + E = V_m \cdot \sin(Wt + \frac{\pi}{3} \alpha) \quad (5.6)$$

V_m ; hat gerilimi, W_i açısal kaynak frekansı, i endüvi akımını verir. i endüvi akımı $Wt = 0$ ve $Wt = \frac{\pi}{3}$ olduğunda I_0 'a eşit olarak alınır. Ateşleme açısı α 'dan β 'ya değişirse, geçiş endüvi akımı dalga şekli Şekil 5.14.c'deki gibi gösterilir. Başarılı değişim noktaları I_1 , I_2 , I_0 akım değerleri olarak alınır. I_0 burada sürekli durum değerini gösterir. Endüvi akım değişim noktasında örnek alınır ve ortalama akımın ölçümü gibi alınır. Her bir değişimden sonra, sabit durumu değerine göre I hatası L/R zaman sabiti ile üstel olarak azalır. Şu halde endüvi akım değişim noktasında örnek alınır ve ortalama akımın ölçümü gibi alınır. Endüvi gerilim seviyeleri Şekil 5.13.c'de gösterildiği gibi sadece iki başarılı değişimden sonra değiştiğinden az değişir. 6.67 ms'nin k ara-

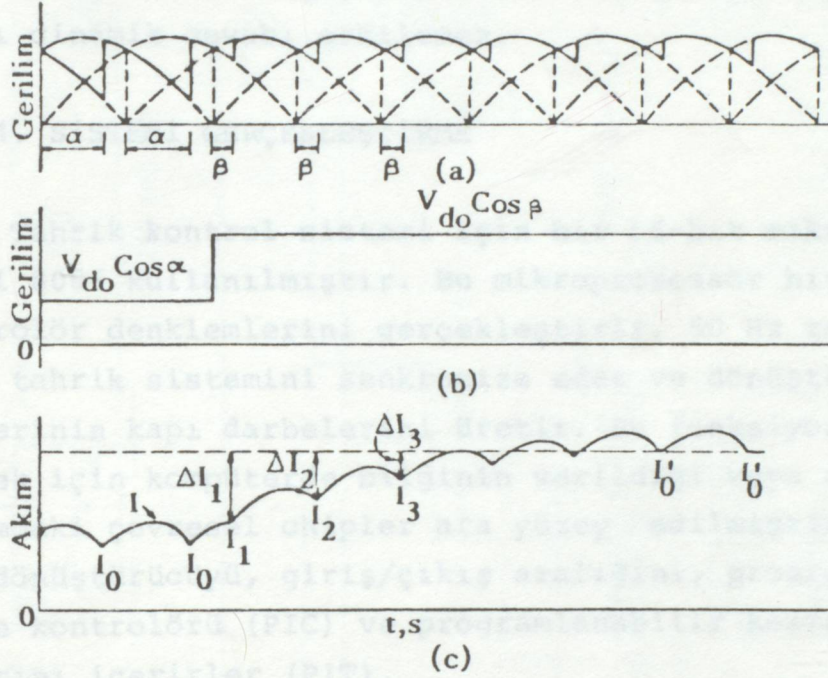
lığı esasında I_{1k} ve I_{2k} akımların örnek alınması için iki değeri vardır. Değiştirilmiş akım kontrol edicisi için bu iki değere dayanır.



Şekil 5.13.- Akım kontrol edicinin işlemleri

- (a) Basitleştirilmiş dönüştürücü/ endüvi devresi
- (b) Akım kontrol edicinin geçiş işlemi
- (c) Dönüştürülmüş akım kontrol edici işlemi

1191 esnasında iki değişim ve 3.33 ms ayrı ayrı yer alan I_{1k} ve I_{2k} akımlarının örnek alınan iki değeri vardır. Değiştirilmiş akım kontrolörü örnek alınan bu iki değere dayanır.



Şekil 5.14.- Dönüştürücü çıkış gerilimi ve endüvi akımı
 (a) Dönüştürücü çıkış gerilimi
 (b) Eşdeğer doğru gerilim
 (c) Endüvi akımı

5.3.3. HIZ KONTROLÖRLERİ

Hız kontrolör işlemi E, L, R, V, I ve T değerleri, burulma momenti T_e , atalet momenti J , viskoz katsayısı B , yük momenti T_L , açısız hız W ve hız örnek alma aralığı T' gelişmesiyle yer alırsa Şekil 5.13 a ve b'deki gibi gösterilir. Akım kontrolörü için çok hızlı karşılaştırılır. Böylece endüvi akımını, örnek alma aralığı (T') esnasında sabit olarak kabul edilir.

Bir dijital sistemde, filtreler kullanılmaz ve endüvi akımı için oransal olarak örnek alınan değeri temin etmek güçtür. Sabit referans hız değerinde işlenildiği zaman hız-kontrolör işlemleri referans akım değerlerinde artan değişimler için artış verir. Değişim noktalarında hassaslaşan endüvi akımı dinamik cevabı etkilemez.

5.3.4. SİSTEMİ GERÇEKLEŞTİRME

Tahrik kontrol sistemi için bir 16-bit mikroprosesörü Intel 8086 kullanılmıştır. Bu mikroprosesör hız ve akım kontrolör denklemlerini gerçekleştirir. 50 Hz temel frekans için tahrik sistemini senkronize eder ve dönüştürücü tristörlerinin kapı darbelerini üretir. Bu fonksiyonları yapabilmek için kompüterde bilginin verildiği veya alındığı kısımdaki çevresel chipler ara yüzey edilmiştir. Bunlar A/D dönüştürücüyü, giriş/çıkış aralığını, programlanabilir kesme kontrolörü (PIC) ve programlanabilir kesme zamanlayıcılarını içerirler (PIT).

Denetlenen 3 faz hat akımları 12 bit A/D dönüştürücüsü olan ODC 80'i beslerler. A/D dönüştürücüsü, dönüştürme komut sinyalinin alınmasında endüvi akımının örnek alınan değerini tanıtan 12 bit sayısını verir. 8 bit'lik A, B ve C portlarına sahip olan bir giriş/çıkış aralığı 8255 A mikroprosesöre bağlanır. A(A₀-A₇) aralığı tristör için çıkış kabul edilir ve kapı darbe sinyalleri çıkışı için kullanılır. B ve C portları giriş gibi kabul edilir ve onların 12 hatları ADC 80'den 12 bit bilgisini okumak için kullanılır (15).

İki adet 8253 A ve 8253 B programlanabilir aralık zamanlayıcıları (PIT) tristörlerin kapı darbeleri ve hız örnekleme sistemiyle ilgili aralıklı sinyallerin ve doğru zaman aralıklarının üretimi için kullanılır. 8253'ün her biri; kapı, saat ve çıkış bacakları ile 3 bağımsız 16 bit programlanabilir sayıcılara sahiptir.

Gerilim, senkronize etmek amacı ile bir 50 Hz kare dalgayı gerçekleştirmek için bir sıfır geçiş dedektörüne uygulanır. Sıfır geçiş dedektörü gerilimin her sıfırdan geçişinde bir darbe üretmektedir. Kare dalga; CA_0 sayıcısı için kapı darbesi gibi ve aynı zamanda IRQ_3 için kesme aralığı gibi davranır. Bir başlangıç sayısı ile CA_0 sayıcısı hız generatörü modunda programlanır. 60° 'nin sayı denklemi hesaplanırsa 180° 'nin sayı denklemini kolaylıkla verir. CA_2 sayıcısı aynı zamanda hız generatör modunda programlanır ve 60° sayı denklemi ile yüklenir. CA_2 de aynı şekilde 50 Hz kare dalgadan tetiklenir. CA_2 sayıcısı güç kaynağı ile ayarları birbirine uydurulan 60° aralıkla yer alan darbeleri verir. Bu darbeler IRQ_4 kesme aralığında kesmede kullanılır. Bu durumda mikroprosesör her bir darbe oluşumunu sayar. Programlanabilir kesme kontrolörüne gelen en öncelikli kesme IRQ_2 en son gelen kesme ise IRQ_5 'dir. Gelen darbeler 20 ms aralığı sırasında 6 doğal değişim noktadan tanıtır. Bir değişimi gösteren CA_1 sayıcısı yazılım tetikleme modunda programlanır. Çıkışları da IRQ_2 aralığını üretir. CA_1 'in sonucu aynı zamanda ODC 80 için dönüştürme komut sinyali gibi kullanılır. CA_0 , CA_1 ve CA_2 sayıcılarının saat frekansı $600/(2^{12})=0,0146^\circ$ nin ateşleme açısını sınırlaması için 1,2288 MHz kullanılır. (Örnekte kullanılan 8253(A) PIT'in saat girişi 1,22 MHz'de sınırlandırılmıştır) 12 bit Vd_0 gerilim ölçeğini tanıtmak için kullanılır. Kısaca $4096(2^{12})$ gerilim seviyeleri tanımlanabilir.

CB_0 ve CB_1 sayıcıları hız ölçümü için kullanılır. CB_0 in saat girişi ise 153.6 KHz'de sınırlandırılmıştır. Başlangıç periyodunda bütün çevresel cihazlar programlanır ve değişkenler başlatılmış olur. Gerilim ölçeği farklı seviyelere bölünür ve lineer interpolasyon ile orta değerlerin herhangi biri için ateşleme açısını saptamak için uyarlanır.

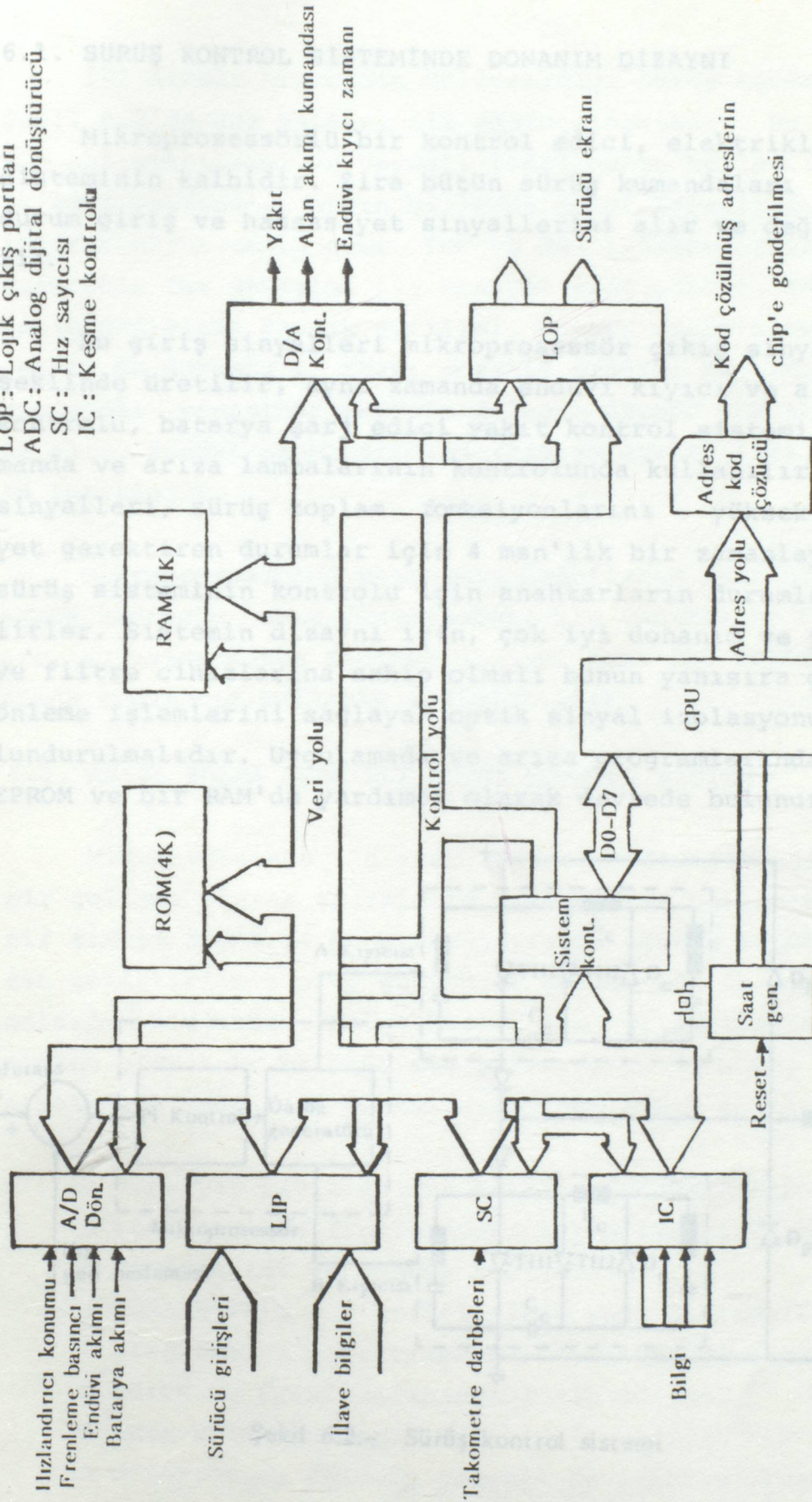
L1P : Lojik giriş portları
 L2 : Lojik çıkış portları
 A/D : Analog dijital dönüştürücü
 Hız sayacı
 Kesme kontrolü

6. YAKIN MESAFE ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA MİKROPROSESSÖR İLE SÜRÜŞ KONTROL SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ

Bir mikroprosessör esaslı kontrol sistemi elektrikli aracın hareketinin ve geri besleme kontrolünün sağlanması, sürüş sisteminin devamlılığının kontrolü, arızaların kontrolü gibi kolaylıklar sağlamaktadır. Araç performansı için güvenlik, fiyat ve kullanıcı istekleri önde gelebilecek üretim fonksiyonlarıdır. Şu halde elektrikli aracın kontrol sisteminin önemi aşikardır. Mikroprosessör kontrolünün en büyük kolaylığı benzer karmaşık sistemler için donanım kontrolünün hemen uygulanabilmesidir. Donanım sistemi kontrol algoritmasının esnekliğine izin vererek mikroprosessörün kontrol sahasının genişletilmesini sağlar (16,17). Dolayısı ile istenildiğinde, genişletilebilen ve değiştirilebilen algoritmalar kullanılabilir. Aynı zamanda daha güçlü arıza arama sistemleri bir arada tutulabilir. Yüksek seviyede dillerin kullanılması geniş bir donanım integrasyonu ile mümkündür.

Sürüş sisteminin güç katı iki saha tristör kıyıcı, serbest uyarımlı D.A. motor ve bataryadan elektrikli araçlarda kullanılmak üzere ibarettir. Geri beslemeli kontrol sistemi alan ve kıyıcı kontrol modlarının her ikisinde endüvi akımı (I_a)'yı kontrol eder. I_a endüvi akımı, kıyıcının sabit alan akımına bağlı zaman oranı (τ) nun değişimi ile motorun hızı sıfır ile esaslı hız arasında kontrol edilebilir. Kumanda, frenleme durumu için I_a 'nın kutuplanması tersine döner.

LIP : Lojik giriş portları
 LOP : Lojik çıkış portları
 ADC : Analog dijital dönüştürücü
 SC : Hız sayıcısı
 IC : Kesme kontrolü

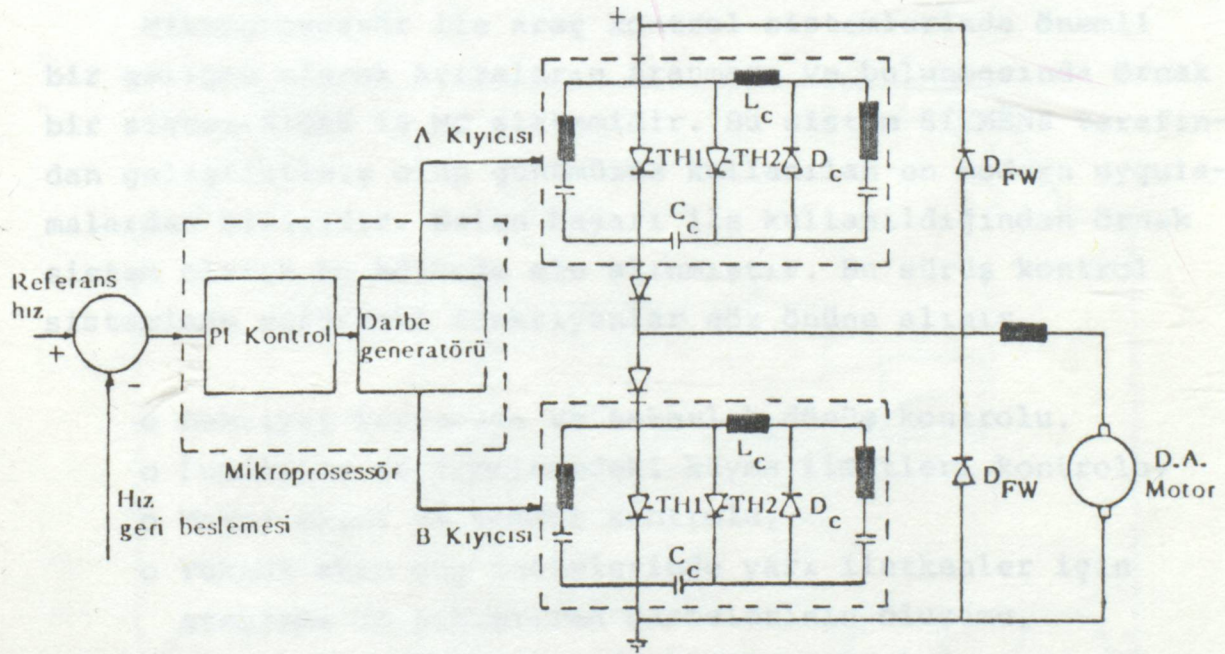


Sekil 6.1.- Mikroprosösör blok diyagramı

6.1. SÜRÜŞ KONTROL SİSTEMİNDE DONANIM DİZAYNI

Mikroprosesörlü bir kontrol edici, elektrikli sürüş sisteminin kalbidir. Zira bütün sürüş kumandaları sistemin durum giriş ve hassasiyet sinyallerini alır ve değerlendirir.

Bu giriş sinyalleri mikroprosesör çıkış sinyalleri şeklinde üretilir, aynı zamanda endüvi kıyıcı ve alankıyıcı kontrolü, batarya şarj edici yakıt kontrol sistemi ile kumanda ve arıza lambalarının kontrolunda kullanılır. Kesme sinyalleri, sürüş toplam fonksiyonlarını yüksek hassasiyet gerektiren durumlar için 4 msn'lik bir zamanlayıcı ile sürüş sisteminin kontrolü için anahtarların durumlarını belirler. Sistemin dizaynı için, çok iyi donanım ve yazılım ve filtre cihazlarına sahip olmalı bunun yanısıra gürültü önleme işlemlerini sağlayan optik sinyal izolasyonu da bulundurulmalıdır. Uygulamada ve arıza programlarında 4 tane EPROM ve bir RAM'da yardımcı olarak devrede bulunur.



Şekil 6.2.- Sürüş kontrol sistemi

6.2.1 İki alanlı kıyıcının kullanıldığı sürüş kontrol sistemi Şekil 6.2'de ana hatları ile gösterilmektedir. Bu şema motorun çalıştırılması ve faydalı frenlemenin kullanılabileceğini göstermektedir. Artan hızlarda motor kararlı durum güç ihtiyaçlarını temin eder. TH1 ve TH2 tristörlerinin bağlantılarının faz değişimi ile kontrol elde edilir. TH1 tristörü tetiklendiğinde kaynak gerilimi, motoru endüvisine karşılık gelir. Bu durumda I_a akımı pozitif değerde sağlanır. TH1'in kapanması esnasında serbest dolaşım diyodu DFW akımı üzerine alır. Endüvi akımı artarsa (kaynak etkisi ile) TH2 tristörü tetiklenir. İstemin tümü kontrol edilebilir.

Mikroprosessörün yazılımı, modüllerin ayarını sağlar. Sürüş kontrolü, akış diyagramları ile tanımlanır ve hesaplanır. Şu halde sürüş kontrol sistemi kent içi trafik örneklerinde uygun bir kullanım sağlamaktadır.

6.2. ARIZA BULMA İÇERİKLİ SÜRÜŞ KONTROL SİSTEMİ

Mikroprosessör ile araç kontrol sistemlerinde önemli bir gelişme olarak arızaların aranması ve bulunmasında örnek bir sistem SIBAS 16 MC sistemidir. Bu sistem SIEMENS tarafından geliştirilmiş olup günümüzde kullanılan en modern uygulamalardan birisidir. Halen başarı ile kullanıldığından örnek sistem olarak bu bölümde ele alınmıştır. Bu sürüş kontrol sisteminde aşağıdaki fonksiyonlar göz önüne alınır.

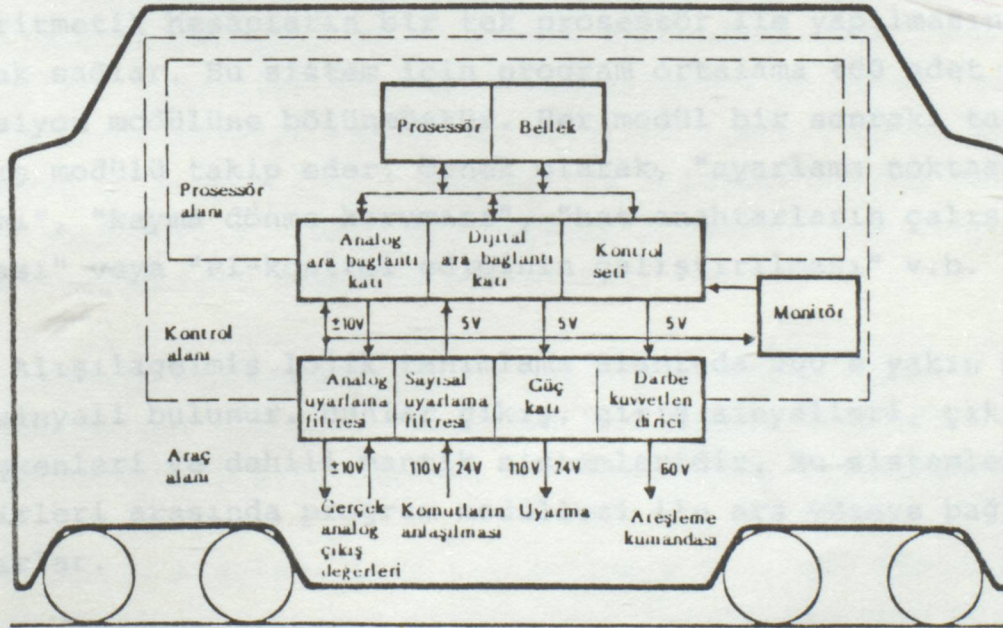
- o Debriyaj kavraması ve tekerlek dönüş kontrolü,
- o İmelenme ve frenlemedeki kayma limitleri kontrolü,
- o Motor akımı ve moment kontrolü,
- o Yüksek akım güç ünitelerinde yarı iletkenler için ateşleme ve sıkıştırma darbelerinin oluşumu,
- o Sürüş ve frenleme anında lojik kontrol,
- o Hata bulma ve dopalama,
- o Frenleme ve sürmede gerekli devrelerin oluşmasındaki kontaktör sargılarının yüklenmesi.

6.2.1. SÜRÜŞ KONTROL SİSTEMİNDE KULLANILAN MİKROPROSESSÖR SİSTEMİNİN ÖZEL AVANTAJLARI

Sürüş kontrol sistemlerinde kullanılan mikroprosessörler sistemin işleyişi açısından birçok özel birtakım avantajlara sahiptirler.

Bunlar;

- o Hareket kabiliyetinin bağımsızlığı,
- o Dijital parametrelerle ayarlama yapılabilmesinden dolayı sistemin tümü kontrol edilebilir.
- o Bilgisayar sisteminin kullanılması sayesinde karmaşık kontrol fonksiyonları kontrol edilebilir.
- o Standart yazıcı sayesinde işlem özellikleri kolayca ayarlanabilir.
- o Mikroprosessör kullanılması ile karmaşık olmayan ve daha ekonomik kullanım sağlanabilir.
- o Hata bulma ve depolama sistemi ile kolayca hata arama olanağı sağlanır.



Şekil 6.3.- Araç kontrol sisteminin şematik gösterilimi

Bu tanımlanan sistem için 8086 mikroprosessörü ve hafıza için 8K-RAM, ana hafıza için 32K-PROM vagonun merkezi işlem ünitesinde kontrolü sağlar.

Analog ve dijital sinyaller kompüter ve araç arasında değiş tokuş edilir veya ara yüzey modülü sayesinde yüksek akım donanımına gönderilir. Kontrol setinin ön ayarlamaları genelde yarı iletkenlerin tetikleme kumandası gibi kontrol değişkenlerinden oluşur.

Ulaşım sistemi modüller ve mikroprosessör arasında sinyal alışverişlerini sağlar. Araç sisteminin ara yüzeyinde bulunan giriş filtre modülleri ve çıkış katları çalışma esnasında hatasız bir çalışma sağlar.

Çevresel parçalar sinyallerin kumandalarını kontrol ederler. Yani 110 V veya 24 V D.A. araç batarya gerilimini ve yarı iletkenlerin ateşleme darbelerinin 60 V'a kadar olan sinyallerinin kontrolü bu araç sayesinde yapılabilmektedir. Kompüter programı sayesinde mikroprosessörden olabilecek maksimum kullanım sağlanır. Bu uzatılmış, karmaşık mantıklı ve aritmetik hesapların bir tek prosessör ile yapılmasına olanak sağlar. Bu sistem için program ortalama 400 adet alt fonksiyon modülüne bölünmüştür. Her modül bir sonraki tamamlanmış modülü takip eder. Örnek olarak, "ayarlama noktası işlemi", "kayma dönme koruması", "hat anahtarların çalıştırılması" veya "PI-kontrol edicinin çalıştırılması" v.b.

Alışıl gelmiş lojik tanımlama alanında 200'e yakın mantık sinyali bulunur. Bunlar çıkış, giriş sinyalleri, çıkış değişkenleri ve dahili mantık sistemleridir. Bu sistemler birbirleri arasında program modülleri ile ara yüzeye bağlanmışlardır.

Bütün modüller tanımlama alanına ve analog sinyali gerileme, akıma, hıza ulaştırırlar (18). Program çalışma zamanının büyük bir kısmını 1KHZ frekanslarındaki sinyal çabuk açma ve kapalı çevrim kontrol fonksiyonlarını yapar. İşlem her ms'de bir çabuk açma ve kapalı çevrim kontrol sistemi tarafından kesilir.

Bütün sistem spesifik veriler bir parametre listesinde toplanmıştır. Bu da performansı tayin etmekle ve hatta çok ileri düzeyde aracın davranışlarını işlemekte kullanılabilir. Sistem çalıştırılmaya başlandıktan sonra işlem için gerekli olan formatlara dönüştürülür ve kendi iç alt programlarına ulaştırılır. Bütün aritmetik işlemler mikrokomputer MC 8086 ya uyar fonksiyonlar şeklinde yapılır.

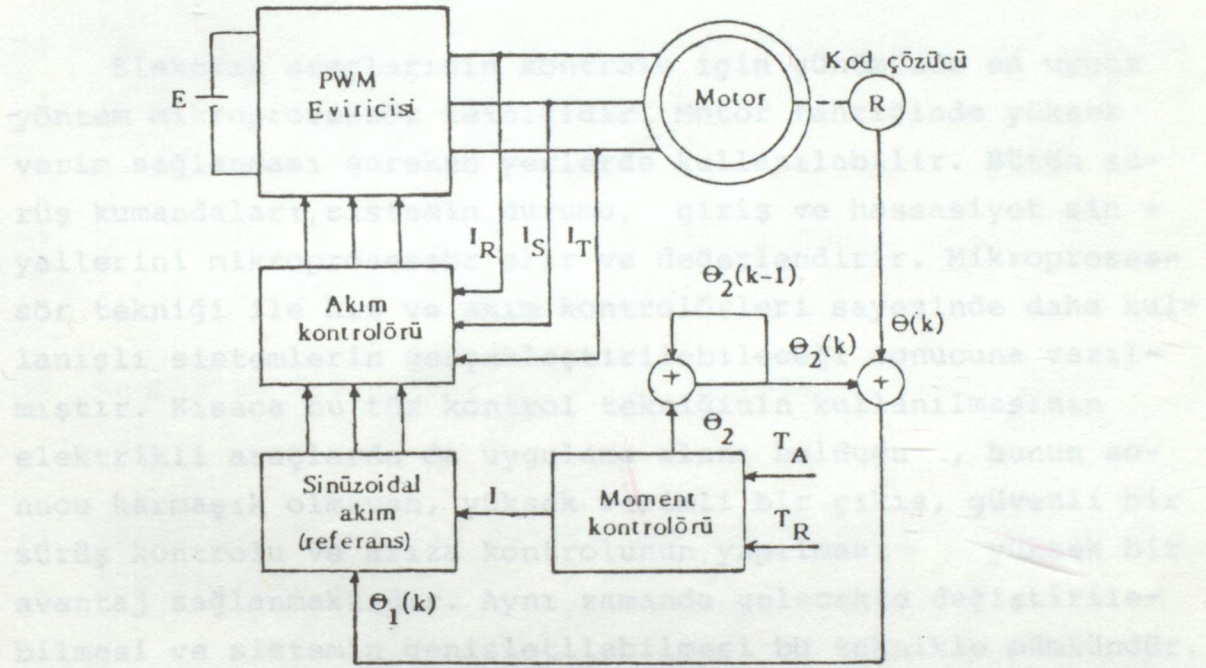
Ulaşım sistemlerinde hatalar mutlaka sürüş hatasından dolayı çıkmayabilir. Sistemde çeşitli normal hatalar olabilir. Önem derecelerine göre kontrol sisteminin reaksiyonlarına göre basit hatalara kadar her türlü hatalar kontrol altına alınabilir. Bütün durumlarda hata listeleri hata mesajlarına göre düzenlenir. Bu listeler hatanın olduğu andaki durumu anlatır. Bu da hatanın nedenini daha kolay ve çabuk anlaşılmasına yardımcı olur. Mantık blokundaki hata listesi bütün giriş sinyallerini, çıkış sinyallerini ve işlem için gerekli karakteristik mantık bilgilerini içerir. Bütün gerçek değerler önemli ayar noktaları ve bilgiler analog bölümde hafızalanmıştır. Şekil 6.3'de mikroprosesör ile araç kontrol uygulaması şematize edilmiştir.

6.3. ELEKTRİK ARAÇLARINDA MOTOR GÜCÜNÜN KONTROLU İÇİN KULLANILAN GTO TİPİ TRİSTÖRLÜ PWM (DARBE GENİŞLİK MODÜLASYONU) EVİRİCİSİNİN MİKROPROSESSÖR İLE KULLANIMI

Elektrik araçları için kullanılan D.A. sürüş sisteminin dışında bu araçlar için geliştirilmiş alternatif akım motorlarının kontrolunda kullanılan evirici darbe genişlik modü -

lasyonludur (PWM). Bu da aracın faydalı frenlemesi ve harmoniklerin elimine edilmesini sağlar. Evirici GTO tristörleri ile birlikte kullanılmıştır. 2-100 Hz frekansta 3 fazlı alternatif akım üretmektedir. Evirici burada da D.A. kıyıcı gibi mikroprosessör ile kontrol edilebilmektedir.

Akım kontrol edicinin evirici kıyırma frekans kontrol devresi Şekil 6.4'te görülmektedir. Şekildeki motor kontrol edici akım ayarını da sağlar.



Şekil 6.4.- Akımı kontrol edilmiş PWM motor tahriği
(frekans kontrollu)

Ancak bir dereceye kadar GTO tristörleri yüksek gerilim ve güç transistörünün kapama özellikleri ile tristörün aşırı akım kapasitesini bir araya getirir. Günümüzde modern araç teknolojisinde kullanılan GTO tristörünün başlıca dezavantajlarından bazıları düşük akım oranları ile çalışması ve yüksek fiyatlı oluşudur. Bunun yanısıra elektrik araçlarının kontrolü için günümüzde en uygun teknoloji mikroprosessör teknolojisidir ve motor sürüşünde yüksek verim sağlanmasının istendiği durumlarda kullanılmalıdır.

7. SONUÇ

Elektrik araçlarının kontrolü için günümüzde en uygun yöntem mikroprosessör tekniğidir. Motor tahriğinde yüksek verim sağlanması gereken yerlerde kullanılabilir. Bütün sürüş kumandaları, sistemin durumu, giriş ve hassasiyet sinyallerini mikroprosessör alır ve değerlendirir. Mikroprosessör tekniği ile hız ve akım kontrolörleri sayesinde daha kullanışlı sistemlerin gerçekleştirilebileceği sonucuna varılmıştır. Kısaca bu tür kontrol tekniğinin kullanılmasının elektrikli araçlarda da uygulama alanı bulduğu, bunun sonucu karmaşık olmayan, yüksek verimli bir çıkış, güvenli bir sürüş kontrolü ve arıza kontrolünün yapılması yüksek bir avantaj sağlanmaktadır. Aynı zamanda gelecekte değiştirilebilmesi ve sistemin genişletilebilmesi bu teknikle mümkündür.

- 5) SARIOĞLU, K.Y. "Devre Kısım Teknolojilerinin Geçici Teknolojileri", I.T.Ü. Elektrik Fakültesi, 1975.
- 6) Üral, A., Y.Ü. Yüksek Lisans "Modern Güç Sistemleri", Ders Notları, 1985.
- 7) Lander W.C., "Power Electronics", 1981.
- 8) Sugandhi, K.R. Thyristors, (Library of Congress Cataloging in Publication Data), 1984.
- 9) Sed P.C., Thyristor D.C. Drives, Wiley-Interscience, 1980.

10) Daniels, A.P., Lipozynski, R.P. "Digital Firing Angle Circuit for Thyristor Motor Controllers", *PROC IEE*, Vol. 125, No. 3, March, 1978, s. 315-346.

11) Bass, P.K., "Power Electronics and AC Drives", 1986.

12) Takahashi, H., "How Microprocessors are used in motor Control Circuits", *JEE*, July 1984, s. 60-63.

KAYNAKLAR

- 1) Ural, A. "Elektrikli Yakın Mesafe Ulaşım Araçlarına Özgü Tahrik Sistemlerindeki En Son Gelişmeler"
İ.T.Ü. D. Cilt 35, Sayı 2, 1977.
- 2) Boduroğlu, T., "Elektrik Makinaları Dersleri",
İ.T.Ü. Elektrik Fakültesi Yayını.
- 3) Humphries T.J., Sheets P.L., "Industrial Electronics",
1983.
- 4) Ural, A., "Elektrik Motoru ile Tahrik (Doğru Akım Motoru ile Tahrik)", 1985.
- 5) SARIOĞLU, K., "Doğru Akım Makinalarının Geçici Rejimleri",
İ.T.Ü. Elektrik Fakültesi, 1975.
- 6) Ural, A., Y.Ü. Yüksek Lisans "Modern Ulaşım Sistemleri",
ders Notları, 1986.
- 7) Lander W.C., "Power Electronics", 1981.
- 8) Sugandhi, K.R. Thyristors, (Library of Congress Cataloging
in Publication Data), 1984.
- 9) Sen P.C., Thyristor D.C. Drives, Wiley-Interscience, 1980.

- 10) Daniels, A.R., Lipczynski, R.T. "Digital Firing Angle Circuit for thyristor Motor Controllers", PRDC IEE, Vol. 125, No: 3. March, 1978, s.335-346.
- 11) Base, B.K., "Power Electronics and AC Drives", 1986.
- 12) Takahashi, H., "How Microprocessors are used in motor Control Circuits", JEE, July 1984, s.60-63.
- 13) Koepsel W.W. "A Microcomputer Based Current Control for a DC Motor drive", 26 Tl Midwest Symp. on circuits and Systems, Puebla, Mexico, 15-16 Aug. 1983, s.554-557.
- 14) Aubry J.F., Pfitscher, G.H., Louis J.P., El-Hefnawy A.A. "Minimal Microcomputer Hardware for direct digital Control of a DC Motor", Control and Computers, Vol 9, No: 3, 1981, s.41-44.
- 15) Gokhale, K.P., Tech M., Prof. Pevankar, C., "Microprocessor -Controlled Separately excited DC-motor Drive System", IEE Proc. Vol 129, Pt. B. No. 6, November, 1982, s.344-352.
- 16) Cerid Ö ve Denker A, "A microprocessor Controlled DC traction drive for Electric/Hybrid Vehicles" IFAC Control in Power Electronics and Electrical Drives, Lausanne, Switzerland, 1983, s.611-617.
- 17) Bose, K., Bimal, "A microprocessor-Based Control System For a Near-Term Electric Vehicle", IEEE Transactions on Industry Applications, Vo. IA-17, No. 6, November/December, 1981, s.626-631.
- 18) SIBAS-16 MC System for Propulsion Control With Integrated fault detection SIEMENS Aktiengesellschaft E41, 83/92.

19) Leonhard, W., "Control of Electrical Drives" "Verlag Berlin, Heidelberg, 1985.

20) Johansson H., Falt J. "Microprocessor Controlled PWM Inverter with GTO thyristors for motor power control in a electric vehicle" 7TH Intern. Symp. on electric vehicles 26-29 June, 1984, Versailles, France, s.141-147.

21) Halıcı, K. "Linear Kontrol Sistemleri" Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Ders Notları, 1986.

22) Gülgün, R., "Güç Elektronikğine Giriş", Yıldız Üniversitesi, 1983.

Şirine ERPAN
İstanbul, 1987

TEŐEKKÖR

Yirminci yűzyılın son çeyreğinde hızla gelişen teknoloji iş hayatının hızını arttırmış, insanoğlunun daha hızlı, konforlu ve güvenli ulaşım araçlarına gereksinimini gündeme getirmiştir. Ulaşım araçlarında kullanılan tahrik sistemlerinin elektrikli düzeneklere dönüşümü, mikroprosesörlerin kullanımı ile kontrol edici cihazların boyutlarının küçülmesi, kontrol hızının artması ulaşım sistemlerinde güven ve konforu getirmiştir. Güncel olabildiği kadar ileriye dönük, böyle zevkli bir çalışma konusunu veren, destekleyen sayın hocam Prof.Dr. Müh. Atıf URAL'a ve çalışmam esnasında yardımlarını esirgemeyen tüm endüstriyel kuruluşlara ve arkadaşlarıma teşekkür eder, saygılar sunarım.

Feriha ERFAN
İstanbul,1987

