

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YAKIN MESAFE ELEKTRİKLİ ULAŞIM
SİSTEMLERİ TESİSLERİNİN İNCELENMESİ**

Elk. Müh. Engin AKIN

**F.B.E. Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalında
hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Asım KASAPOĞLU

İSTANBUL, 1995

	<u>Sayfa</u>	
İÇİNDEKİLER	iii	
ÖZET	v	
SUMMARY	vii	
BÖLÜM 1	GİRİŞ-HAFİF METRO SİSTEMİNİN TARİHİ GELİŞME DURUMU VE TASARIM DEĞERLERİ	1
1.1	Araçların Ana Boyutları ve Elektriki Değerleri	2
BÖLÜM 2	BESLEME TRAFİ İSTASYONLARI HAKKINDA GENEL BİLGİ	4
2.1	Doğrultucu Ünitesi	6
2.2	Katener Hattı	9
BÖLÜM 3	TAHRİK SİSTEMİNİN ANA DETAYLARI	24
3.1	Genel Kapsamı	24
3.2	Pantograf	25
3.3	Ana İzolatör Sivici	25
3.4	Ana Devre Kesicisi	26
3.5	Hat Filtresi	26
3.6	DC Tahrik Motorları	27
3.7	DC Tahrik Motorunun Armatür Devresinin kıyıcı Ünitesi	27
3.8	DC Tahrik Motorunun Uyarma Alan Çevirici Ünitesi	28
3.9	Motor Modül Kontakları ve Motor Kontakları	28
3.10	Faz Endüktansı	29
3.11	Frenleme Direnci	29
3.12	Aşırı Akım Koruyucu Ünitesi	30
3.13	Aşırı Gerilime Karşı Koruyucu Ünitesi	30
BÖLÜM 4	YARDIMCI GÜÇ SİSTEMİ	31
4.1	Yardımcı Güç Sisteminin Genel Devresi	31
4.2	Evirici Ünitesi	33
4.3	Üç Fazlı Transformatör Ünitesi 3x380V,50 Hz ve Filtre Devresi	34
4.4	Batarya Şarj Ünitesi	35
BÖLÜM 5	TAHRİK DONANIM DEVRESİ	36
5.1	Genel Kapsamı	36
5.2	Bilgisayar Kontrol Ünitesi	37

5.3	Hata Gösterme Ünitesi	38
5.4	DC Motorlarının çalışması	38
5.5	Frenleme Modu	41
5.6	Frenlemede Yeniden Üretilen Enerji	42
BÖLÜM 6	TAHRİK SİSTEMİNİN İÇERİĞİ	43
6.1	DC Motorun Teorik olarak İncelenmesi	44
6.2	DC Motorun Armatür Kıyıcılarının incelenmesi	46
6.2.1	DC Motorun Armatür Devresini Besleyen Kıyıcıların Kontrol Prensipleri	50
6.2.1.1	Aracın İvmelendirme Konumundaki Kıyıcı Ünitesinin Çalışma Prensipleri	50
6.2.1.2	Frenleme Durumundaki Kıyıcıların Çalışma Prensipleri	55
6.3	Motor Kıyıcı Devresinin Çalışma Durumundayken Hattan Gelen ve Hatta Geri Dönen Akımlar	60
6.3.1	Doğru Akımlar	60
6.3.2	Alternatif Akımlar	61
6.3.3	Motor Kıyıcılarının Yüklerindeki Akım Dalgalanmaları	62
6.4	Armatör Kıyıcısının, Akım ve Gerilim Ölçüm Devreleri ve Bobinleri	63
6.4.1	Frenleme Devresinin İçeriği	65
6.5	Yüksek Gerilim Kıyıcısı	66
6.6	Uyarma Alan Çevirici	68
6.7	Doğru Akımlı Ulaşım Sistemlerinde Doğru Akım Kıyıcı Kullanılmasıyla Sağlanan Üstünlükler	70
BÖLÜM 7	KONTROL VE DENETLEME PRENSİPLERİ	72
7.1	Kontrol Prensipleri	72
7.1.1	İvmelendirme Kontrolü	72
7.1.2	Yavaşlatma İvme Kontrolü	73
7.1.3	Armatür Akım Kontrolü	74
7.1.4	DC Motor Gerilimi Kontrolü - Uyarma Alanı Kontrolü	75
7.1.4.1	İvmelendirme ve Frenleme Durumunda	75
7.1.5	Uyarma Alan Akımının Kontrolü	76
SONUÇLAR		77
KAYNAKLAR		78
ÖZGEÇMİŞ		

ÖZET

Tezin hazırlanması sırasında, hafif metro sisteminin besleme ünitelerinin içeriği ele alınarak aracın tahrik sistemi ve kontrol üniteleri anlatılmıştır.

Tezde ana amaç, hafif metro sisteminin genel elektriki yapısı hakkında bilgi vermektir. Aracın genel elektrik sistemi kısaca aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Serbest uyarmalı DC tahrik motorları,
GTO ile kontrol edilen kıyıcı ünitesi,
Bilgisayar kontrol Ünitesi,
Yüksek gerilim kıyıcısı,
İki adet birbirinden bağımsız motor modülü,
Dinamik frenleme.

Tahrik donanımı 4 adet serbest uyarmalı motor ve onların beslenmesi için gerekli elektrik ünitelerinden oluşur. Motorlar serbest uyarıldığı için iki adet elektrik devresine sahiptir. Bunlardan biri endüvi, diğeri alan devresidir.

Endüvi devresi bir DC / DC kıyıcı ünitesinden, alan devresi bir AC / DC redresör ünitesinden beslenmektedir.

Bu 4 tahrik motoru iki gruba veya motor modülüne ayrılır. Her bir motor modülü bir kıyıcı ve bir alan redresöründen beslenen iki motor içermektedir. Bir gruptaki iki motorun alan ve endüvi devreleri seri olarak bağlanmıştır. Kıyıcı tristörler, diyotlar ve indüktörler gibi sabit elemanları içeren bir elektrik aygıtıdır ve bir girişi, birde çıkışı vardır.

Giriş, 750 V DC gerilim taşıyan katener sisteminden beslenmektedir.

Çıkış, motorların endüvi devresini besleyen ayarlanabilen gerilimdir.

Çıkış gerilimi giriş geriliminin % 5 ile % 100 'ü arasında değiştirilebilmektedir. Çünkü kıyıcının çıkış geriliminin değişebilir olması, motorlara kontrollü bir gerilim uygulanmasını sağlamaktadır. Böylece motorların, dolayısıyla bütün aracın, hızını kontrol etmek mümkün olmaktadır.

Birinci bölümde, hafif metro sisteminin tarihi gelişme durumu ve araçlara ait tasarım değerleri verilmiştir.

İkinci bölümde, besleme istasyonları hakkında bilgi verilmiştir.

Üçüncü bölümde, aracın tahrik sisteminin ana detayları tanımlanmıştır.

Dördüncü bölümde, aracın yardımcı güç sistemi tanıtılmıştır.

Beşinci bölümde, aracın tahrik donanım devresi genel kapsamıyla incelenmiştir.

Altıncı bölümde, aracın tahrik sisteminin içeriği ele alınıp incelenmiştir

Yedinci bölümde, aracın tahrik sisteminin kontrol ve denetleme prensipleri verilmiştir.



SUMMARY

The general design concept for the traction equipment of the vehicle can briefly be characterized by the following points:

- Separately excited DC traction motors
- Chopper control with GTO thyristor
- Computer control
- Overvoltage chopper
- Two separated motor modules
- Regenerative braking

The traction equipment comprises mainly the four separated traction motors and the electric units necessary to supply power to them. Since the traction motors are separately excited they have two electric circuits; the armature and the field circuits.

The armature circuit is supplied with current from a chopper DC / DC unit and the field circuit is supplied with current from an AC / DC converter.

The four traction motors are divided into two groups or motor modules. Each motor module consists of two motors supplied from one chopper and one field converter. The armature circuits and the field circuits of the two motors in one group are connected in series. The chopper is an electric device consisting of static components such as thyristor, diodes and inductors. The chopper has an input and an output.

The input is supplied with power from the overhead catenary, which carries 750 V DC.

The output is a steplessly variable voltage, which is fed into the armature circuits of the traction motors.

The output voltage can be varied between 5 and close to 100 % of the input voltage. Because the output voltage from the chopper is steplessly variable it is possible to apply a controlled voltage to the motors and thus control current, torque and speed of the motors and the entire vehicle.

BÖLÜM 1

GİRİŞ

HAFİF METRO SİSTEMİNİN TARİHİ GELİŞME DURUMU VE TASARIM DEĞERLERİ

1986 yılında imzalanan sözleşmeden sonra, Asea Brown Boveri Consortium'u (İsveç) - Yapı Merkezi (Türkiye) tarafından, sistemin yapımına başlanmıştır. Metronun 1989'da, işletmeye giren Aksaray-Ferhatpaşa etabı 8.5 km. uzunluğundadır (Gunnarsson et al, 1989).

Bu kısım, 7 istasyondan oluşmuştur. Bu istasyonlardan üçü yer altında tüneller içindedir. Asea Brown Boveri; metronun elektrifikasyon, sinyalizasyon, radyo, iletişim, uzaktan kumanda sistemlerini ve metro araçlarını yapmıştır. Yapı Merkezi ise tüm inşaat işlerini ve sistemin altyapısını üstlenmiştir.

Ferhatpaşa'daki 60.000 m² lik alan üzerine kurulmuş olan atölye, araçların her türlü bakım ve onarımını yapacak ekipmanla donanmıştır. Bu alanın yanındaki açık garaj alanı 105 araç kapasitelidir. Metroda kullanılacak toplam araç sayısı 105 olup, bunların 70'i MD vagonu dediğimiz sürücü kabini olan araçlardan, 35'i de M vagonu dediğimiz sürücü kabini olmayan, araçlardan oluşmuştur. Araçlar, ikişerli MD-MD vagonlarının birbirine kuplajla bağlanmasıyla ya da MD-M-MD kombinasyonları şeklinde kullanılabilir.

Vagonlarda A ve B bölmeleri vardır. MD araçlarında sürücü kabini A kısmındadır. B kısmında da, kabinsiz sürücü ünitesi mevcuttur. M araçlarında, A-B kısımlarında da sürme ünitesi bulunmaktadır. Vagonlar her iki bölümden de sürülme imkanı sahiptir. Bir vagona üç bogi bulunur Her bir bogi, iki aksan oluşmuştur. Birinci ve üçüncü bogiler, ikişerli ikişerli DC motorlarla tahrik edilir. Orta bogi dediğimiz, ikinci bogi motor içermez. Altı aksın herbirinin üzerinde, disk freni monte edilmiştir ve pnömatik olarak kontrol edilir.

Bir vagona, 4 adet serbest uyarmalı DC motoru bulunmaktadır. Armatür devresi; GTO kıyıcı ünitesiyle, uyarma alanı ise, AC/DC doğrultucu ünitesiyle kontrol edilir.

Araçtaki sistemler, beslenmesini 750V' luk DC katener geriliminden sağlar. Bu gerilim yardımcı güç ünitesi dediğimiz statik evirici ünitesiyle, 3x300V AC, 50Hz'lik, besleme gerilimine çevrilerek, gerekli ünitelere besleme kaynağı sağlar.

1.1 Araçların Ana Boyutları ve Elektriki Değerleri

Araç Boyutları

Araçın boyu	23.5 m.
Araçın genişliği	2.65 m.
Araçın ray hizasından tavanına olan yüksekliği	3.36 m.
Araçın ray hizasından düşük pandograf seviyesine olan yüksekliği	3.74 m.
Yolcu zemininden tekerlek hizasına kadar olan mesafesi	920 mm.
Araçın Yolcu zemininden tavanına kadar olan mesafesi	2.10 m.
Araçın kapı yüksekliği	2.0 m.
Araçın kapı genişliği	1.4m
Vagon başına kapı sayısı	2x4 (8 adet)
Vagon başına pencere sayısı	2x6 (12 adet)
Öngörülen araç ömrü	30 yıl
Araçın Ağırlığı	29 ton
Yüklü durumdaki araç ağırlığı	40.6 ton
Max.yükte araç ağırlığı	49.2 ton

Bogi Boyutları :

Tahrik edilen bogi sayısı	2 adet
Tahrik edilmeyen bogi sayısı	1 adet
Bogi merkezleri arasındaki mesafe	8 m
Tekerlek çapı (yeni/aşınmış) değeri	680/600 mm
Dişli oranı (sabit)	1/6.92
Ray genişliği	1.485 m

Yolcu Kapasitesi :

Oturan yolcu sayısı	48 kişi
Ayaktaki yolcu sayısı (yüklü/max. yüklü)	4/8 kişi/m ²
MD-araçlarında yüklü/max. yüklü yolcu sayısı	124/248 kişi
M-araçlarında yüklü/max.yüklü yolcu sayısı	132/264 kişi
Toplam oturan ve ayakta duran yolcu sayısı :	
MD-aracında	296 kişi
M-aracında	312 kişi

Katener enerjisi :

Hattın normal gerilimi	750 V D.C.
Hattın maksimum gerilimi	825 V D.C.
Hattın minimum gerilimi	500 V D.C.
Hattın akımı	386 A D.C.
Elektrodinamik frenlemedeki hattın gerilimi	900 V D.C.

Tahrik Motoru verileri :

Araçtaki toplam motor gücü	4x75 kW
Armatür akımı min/max	252 A/460 A
Motor kontrol akımı	195 A
Motor gerilimi	320 V
Modül kontrol akımı	193 A
Frenleme diyod akımı	160 A
Uyarma alanı akımı	16.9 A
Motorun nominal devir sayısı / max.devir sayısı	2200/4580 d/d

Aracın Ulaştığı Değerler :

Max. Hız	80 km/h
Max. ivmelendirme oranı (0-35 km/h)	0.71 m/s ²
Max. durdurma ivmesi oranı	1.14 m/s ²

Ray seviyesinde harcanan enerji :

İvmelendirmede	3.86 kWh
Dinamik frenlemede	2.41 kWh

Kıyıcıdaki Enerji :

İvmelendirmedeki giriş enerjisi	4.78 kWh
Dinamik frenlemedeki çıkış enerjisi	1.96 kWh

Pantoğrafdaki Enerji :

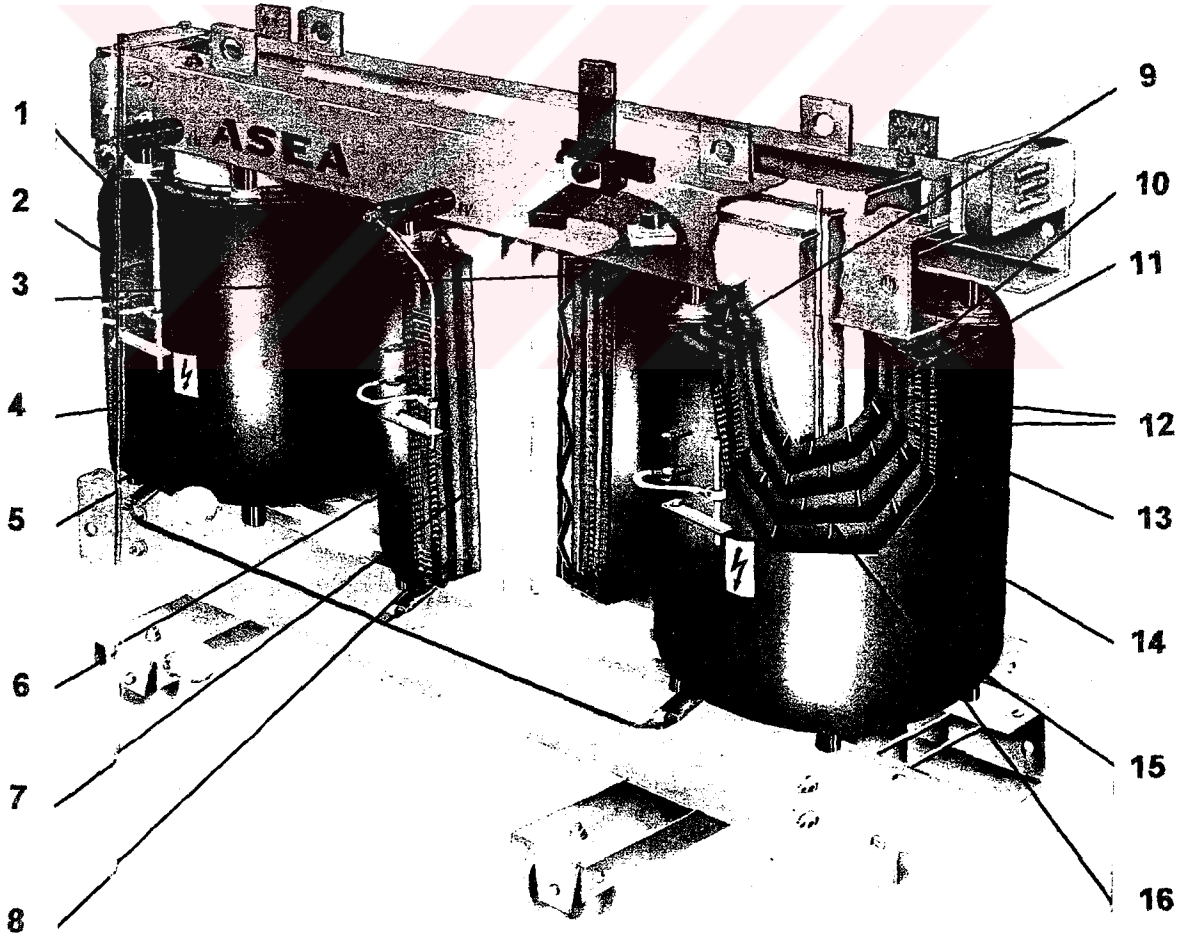
Harcanan enerji	5.21 kWh
Geri verilen enerji	1.71 kWh
Geri verilen enerji yüzdesi	% 32.78
İvmelendirme süresi	63.2 saniye
Frenleme süresi	19.9 saniye
Durma süresi	20.0 saniye
Toplam süre	103.2 saniye
İvmelendirme mesafesi	947 metre
Frenleme mesafesi	222 metre
Toplam mesafe	1169 metre

BÖLÜM 2

BESLEME TRAF0 İSTASYONLARI HAKKINDA GENEL BİLGİ

Beş adet trafo merkezi, 34,5 kV' luk besleme girişlerinden köprülenerek birbirine bağlanmıştır. Yani 34.5 kV' luk enerjiyi, kesiciler vasıtasıyla, diğer istasyonlara aktarmak mümkündür (Power, 1989).

Trafo merkezlerinden dört adedi, katener enerjisini ve istasyon aydınlatması için gerekli enerjiyi sağlar. Beşinci trafo merkezi, sadece workshop alanının aydınlatma ve yardımcı servislerinin elektrik enerjisini sağlamada kullanılır. (380/220V)



Şekil 2 ASEA' nm ürettiği kuru tip transformatör

Herbir trafo merkezinde, ikişer adet kuru tipli güç trafosu mevcuttur. Bu trafoların kullanımından sağlanan en büyük fayda, yangın tehlikesinin bulunduğu bölgelerde diğer trafolara nazaran daha güvenilir olması, nem ve değişken çevre şartlarına karşı dayanımının oldukça yüksek olmasıdır. Yukarıda bu trafonun şekli gösterilmiştir (Şekil 2).

Trafo merkezlerinin yerleri ve değerleri

AKSARAY	trafo merkezi	:	34.5/2x0.6 kV	S=2.4 MVA
ULUBATLI	trafo merkezi	:	34.5/2x0.6 kV	S=2.4 MVA
SAĞMALCILAR	trafo merkezi	:	34.5/2x0.6 kV	S=2.4 MVA
OTOGAR	trafo merkezi	:	34.5/2x0.6 kV	S=2.4 MVA
FERHATPAŞA	(merkez)	:	34.5/0.4 kV	S=1250 kVA

Teknik veriler:

- 1 - Fiber glass dayanımı çatlama riskini ortadan kaldırır,
- 2 - En yüksek ve en düşük sıcaklıklarda bile yalıtımı sağlar,
- 3 - Sargı,
- 4 - Pürüzsüz yüzey toz birikimini önler,
- 5- Fiber glass ve epoksi reçine rutubet girişini önler ve değişken çevre şartlarına karşı koruma görevi yapar,
- 6- Lineer bir gerilim dağılımı sağlayan tabaka sargısı vasıtasıyla ani aşırı gerilimlere dayanır,
- 7 - Alçak gerilim sargılarının dışındaki fiber glass vasıtasıyla kısa devrelere dayanabilir,
- 8 - Fiber glass yüksek gerilim sargılarında bakır iletken kullanımına izin verir,
- 9 - Kısa devrelere karşı gövde koruması vardır,
- 10- Eksenel soğutma kanalları 10 MVA' ya kadar doğal soğutma imkanı sağlar,
- 11- Alçak gerilim sargılarında bakır veya alüminyum metal plaka kullanılmıştır,
- 12- YG ve AG sargılarında fiber glass kullanımı ile yüksek mekanik ve kısa devrelere dayanım sağlar,
- 13- Alçak gerilim metal tabaka sargıları eksenel kısa devre zorlamalarını minimuma indirir,
- 14- Fiber glass kullanımı ile 15 MVA' ya kadar tek parça blok halinde sargıların kullanımı mümkündür,
- 15- Kullanılan tüm malzemeler kendinden söndürmelidir ve ark olaylarında zehirli gazlar ortaya çıkmaz,
- 16- Silindirik soğutma kanalları optimum soğutma avantajını sağlar.

Cihaz verileri:

1. PTC sensörlü aşırı yük koruması

Nominal çalışma gerilimi Uc

220 V (İsteğe göre değiştirilebilir)

Frekans	40 - 60 Hz
Müsaade edilen çevre sıcaklığı	-20 - +55°C
Çalışma bölgesi	0.8 - 1.1 U _c
Güç tüketimi	3.5 A
Sensör çevriminin toplam soğuk direnci	≤ 1.5 Ω
Koruma sınıfı	IP 20
Devamlı akım I _{th2}	4 A
Nominal çalışma akıma I _e	1.5 A (AC 11 VDE 0.660)
Nominal anahtarlama kapasitesi	15 A (max. 250 V, Cosφ = 0.7)
Kısa devre sigortası, yavaş cevap	2 A
Kısa devre sigortası, hızlı cevap	4 A
Hat kesiti	2.5 mm ²
PTC sensör verisi:	
25 °C soğuk direnç	3 x ≤ 250 Ω
Test gerilimi	2500 V

2. Kadranlı termometre verileri:

Ölçme alanı	0 - 160°C
Skala çapı	100 mm
Sıcaklık sensörü	çap 8 x 65 mm ²

3. Direnç termometre:

Direnç	platinyum, 100 Ω
Sıcaklık katsayısı	3.86 x 10 ⁽⁻³⁾ / °C
Sıcaklık sensörleri	2 x 8 x 250 mm

Bunlara ilaveten Ferhatpaşa trafo merkezi hariç, diğerlerinde birer adet yağlı tip yardımcı servis trafoları bulunmaktadır. Bu trafolar istasyonların, enerji sistemini beslemekte kullanılır. İstasyondaki yardımcı servis trafolarının değerleri :

AKSARAY	trafo merkezindeki	: 500 kVA	34.5 / 0.4 kV
ULUBATLI	trafo merkezindeki	: 315 kVA	34.5 / 0.4 kV
SAĞMALCILAR	trafo merkezindeki	: 100 kVA	34.5 / 0.4 kV
OTOGAR	trafo merkezindeki	: 315 kVA	34.5 / 0.4 kV

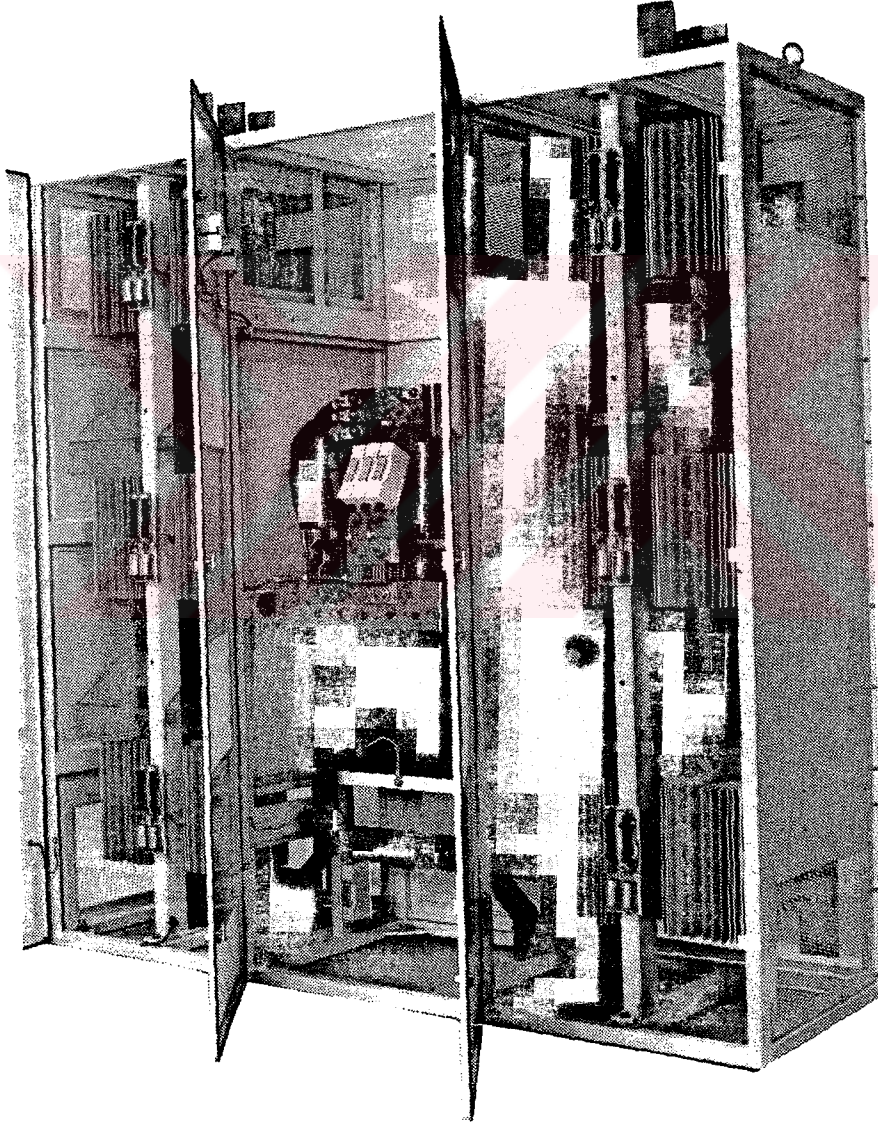
Bütün trafo merkezleri, TEK' ten enerji alabilecek şekilde düzenlenmiştir. Fakat yalnızca Ulubath ve Sağmalcılar istasyonları TEK'ten direk beslenirler.

2.1 Doğrultucu ünitesi

Burada kullanılan doğrultucu 12 darbeli paralel diyot doğrultucusudur ve üç kısımdan oluşmaktadır. Bu kısımlardan ikisi 6 şar darbeli diyot köprüsü içermektedir.

Merkezdeki kısım ise bir faz arası reaktör içermektedir. Bu reaktörün amacı 6 darbeli doğrultucunun çıkışındaki ani gerilim değişmelerine mani olmaktır. Bu kısımda aynı zamanda sigorta korunumuna sahip bir şönt ve doğru gerilim ve akım ölçen bir analog ölçü cihazı bulunmaktadır.

Doğrultucu, 6 darbeli köprü koruyucu sigortalara ihtiyacı olmayan DC baralarda meydana gelecek kısa devrelerden etkilenmeyecek şekilde dizayn edilmiştir Şekil (2. 1).

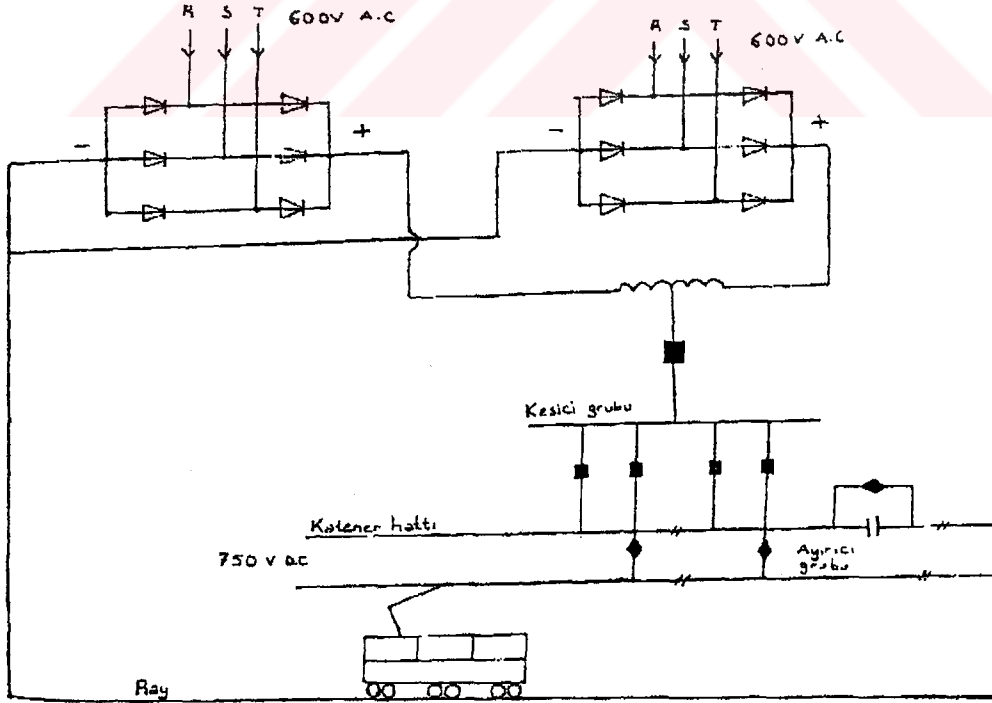


Şekil 2. 1 12 darbeli doğrultucu ünitesi

Veriler:

Nominal doğru gerilim	750 V
Nominal doğru akım	2500 A
Kısa süre yükü	4200 A, 2 saat, 5600 A, 1 dakika
Standart	IEC Publ. 146
Diyot sayısı	12, YSD 45
Soğutma	Kendi kendine
Max. ortam sıcaklığı	+40°C
Yalıtım	3.5 kV, 50 Hz, 1 dakika
Kısa devre	I _{rms} = 20 kA, 0.2 s
Güç kaybı	7.4 kW, % 100 akımda
Ağırlık	1500 kg

Doğrultucunun anma değerleri, 2.4 MVA, 2x0.58kV AC, 0.75 kV D.C' dir. Bu doğrultucu ünitesinden, her trafo merkezinde, iki adet bulunmaktadır. Doğrultucu trafosu 6 darbeli doğrultuculara bağlı olan biri Y, diğeri Δ sekonder sarmılarından oluşur. Bu doğrultucunun dizaynı, sigorta ve DC ayırıcıların doğrultucu diyotlarını koruması için kullanıldığı sıradan sistemlerden daha üstündür ve daha az bakım gerektirir. Bu ünitelerin her biri 45 cm² lik diyotlardan oluşmuştur. Trafo istasyonlarındaki doğrultucu ünitesinin devresi Şekil 2.2 ' de gösterilmiştir.



Şekil 2.2 Trafo istasyonlarındaki doğrultucu ünitesi

Kesici ve ayırıcılar 750 V DC uç gerilimine ve 4000 A açma akımına sahiptir. Kesicilerin kısa devre akımları 200 kA'dır. Çıkış kesicileri, kuru tip doğru kesicilerdir. Kesiciler, motorlu olarak, ayırıcılar elle kumandalı olarak kontrol edilirler.

Ayırıcılarda arkın söndürülmesi için tertibat yoktur. Sadece kesici tarafından akımı kesilmiş bir devrede gözle görülebilir bir ayırma yapmak amacı ile kullanılmaktadır. Yani ayırıcılar devreden akım geçmiyorken açılıp kapatılabilirler. Akım geçen bir yüksek gerilim devresinde, yanlışlıkla kesiciden evvel ayırıcının açılması, yani devrenin akımının ayırıcı ile kesilmesi, çok önemli ve tehlikeli bir manevra hatasıdır (Alperöz, 1987).

İstanbul Ulaşım A.Ş tarafından kullanılan ayırıcılar ve kesiciler birbirlerine elektrik ve pinomatik olarak kilitlidirler, böylece ancak kesici açıldıktan sonra ayırıcıya açma veya kapama kumandası iletelebilmektedir.

Kesici olarakta az yağlı kesiciler kullanılmaktadır. Bunların şalterlemeye hazır olduklarını yağ gösterme düzeyinden anlamak mümkündür. Her kesmede yağın çok azda olsa bir kısmı ayrışmadan dolayı azaldığından, yağ düzeyinden kesicinin daha kaç şalterleme yapabileceğini anlamak mümkündür. Az yağlı kesicilerin olumsuz başka bir yanı da çok sayıda kısa devre arızası olan fiderlerde sık bakıma ihtiyaç göstermeleridir.

Bununla birlikte az yağlı kesicilerin bakımı çok basittir. En fazla üç saat içerisinde yapılabilir. Bakımda sadece kontaklar ve ark söndürme hücresi gözden geçirilerek yağ değiştirilir. Bakım için personel kolayca eğitilebildiği gibi, özel cihaz ve önlemlere de gerek yoktur.

Her trafo istasyonuna ait güç devresi Şekil 2.3' te Aksaray Yenibosna arasında bulunan trafo istasyonlarının kombine devre şeması gösterilmiştir. Şekil 2.4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13' te ana merkezde bulunan trafo istasyonlarının kontrol bilgisayarından print edilerek alınan devre şemaları verilmiştir. Şekil 2.14' te herbir trafodan print işlemi yapıldığı anda çekilen akım ve baralardaki gerilim değerleri görülmektedir.

2.1 Katener

Elektrikleme için kullanılan bir sistemdir ve demiryolu üzerine asılmış bulunan bir temas hattı yol eksenini üzerinde hassas bir şekilde yatay olarak tutulan bir taşıyıcı kablo sisteminden teşekkül eder. Sistemde genelde şu kısımlar mevcuttur:

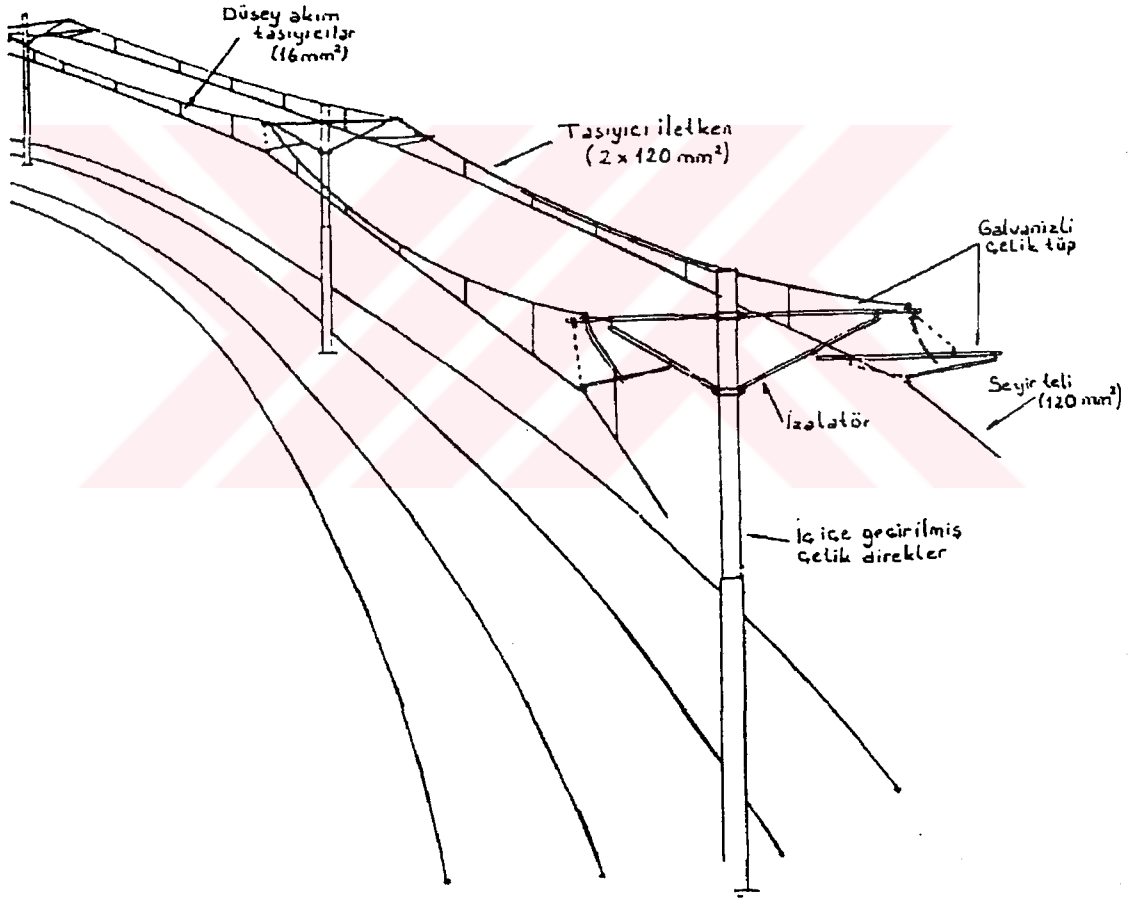
a) Konsollar veya pandüller ihtiva eden, direkler vasıtasıyla taşınan esas taşıyıcı kablo olup, çelik-alüminyumdan yapılmıştır.

b) Yardımcı taşıyıcı kablo denen bir kablo olup sabit düşey çubuklar vasıtası ile (pandüller) esas taşıyıcı kabloya asılmıştır ve alüminyum-çelikten yapılmıştır.

c) Yardımcı kabloya asılan temas hattı, kompond katenerlerde, bilhassa büyük hızlarda, lokomotif ve otomotrislerin pantografları ile iyi bir temas temin etmek ve ısıma tesirini yok etmek için çift yapılmıştır (Şenol, 1992).

Katener hattının genel boyutları:

3x120 mm² kesitli bakır iletkenden oluşan, iki taşıyıcı ve bir iletken oluşmuştur. Şekil 2.15' de gösterilmiştir (Overhead, 1989).



Şekil 2.15 Katener hattından bir kesit

Yaklaşık her 1000-1200 m aralıkta, katener hattına dengeleme balans üniteleri yerleştirilmiştir. Bu üniteler vasıtasıyla, temas telinin gergi düzeni ayarlanmaktadır.

Döşenen Katener Sistemi boyutları :

Taşıyıcı iletken bakır teli uzunluğu	40 km.
Seyir teli uzunluğu	26 km.
Kenar tip katener direği	220 adet (sadece tek hattı besler)
Orta tip katener direği	52 adet (iki hattı da besler)
Workshop alanındaki katener direkleri	191 adet

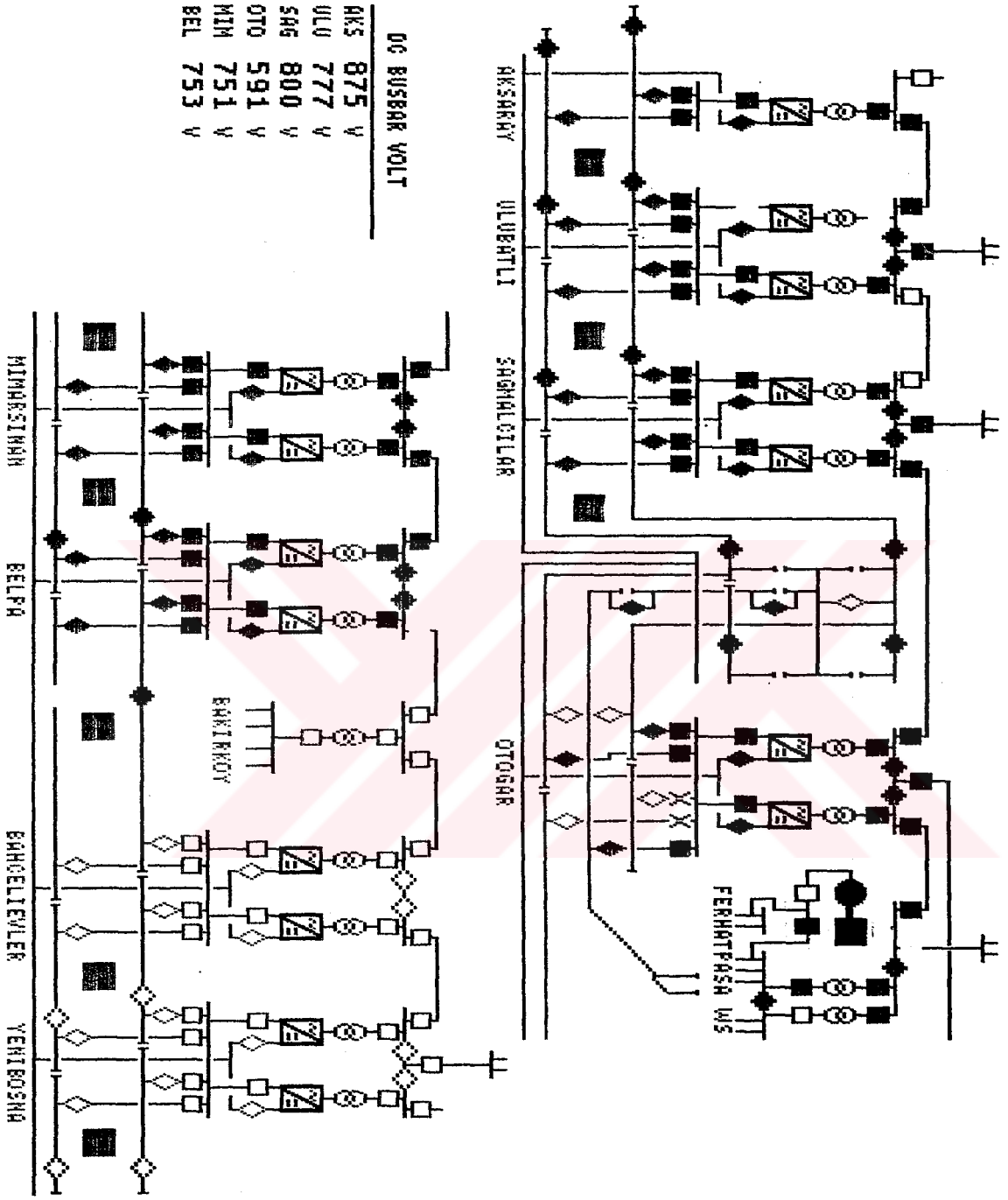
Tünel içinde boru tipli katener direkleri kullanılmıştır.



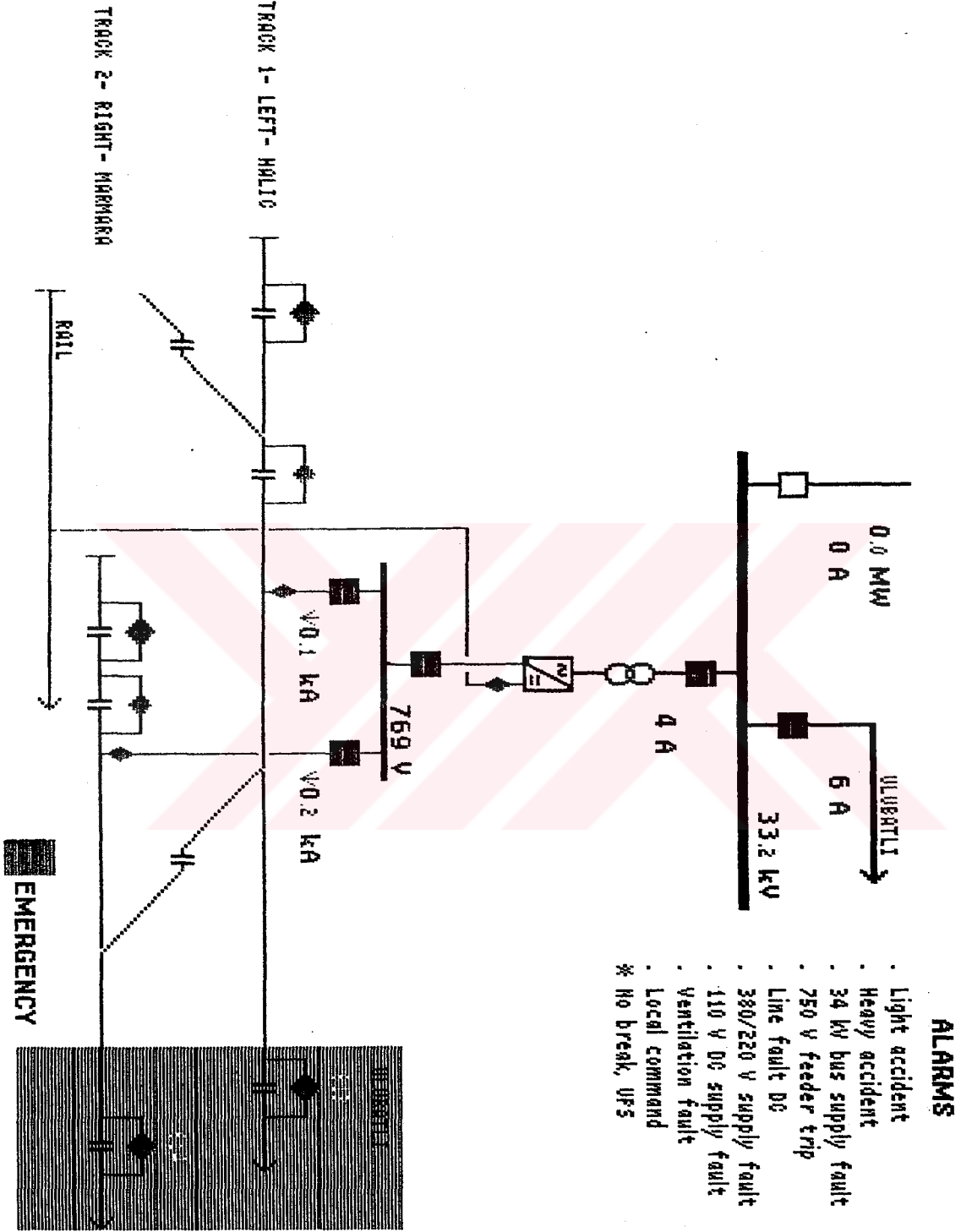
Overview display

1 (2) POWER OPER

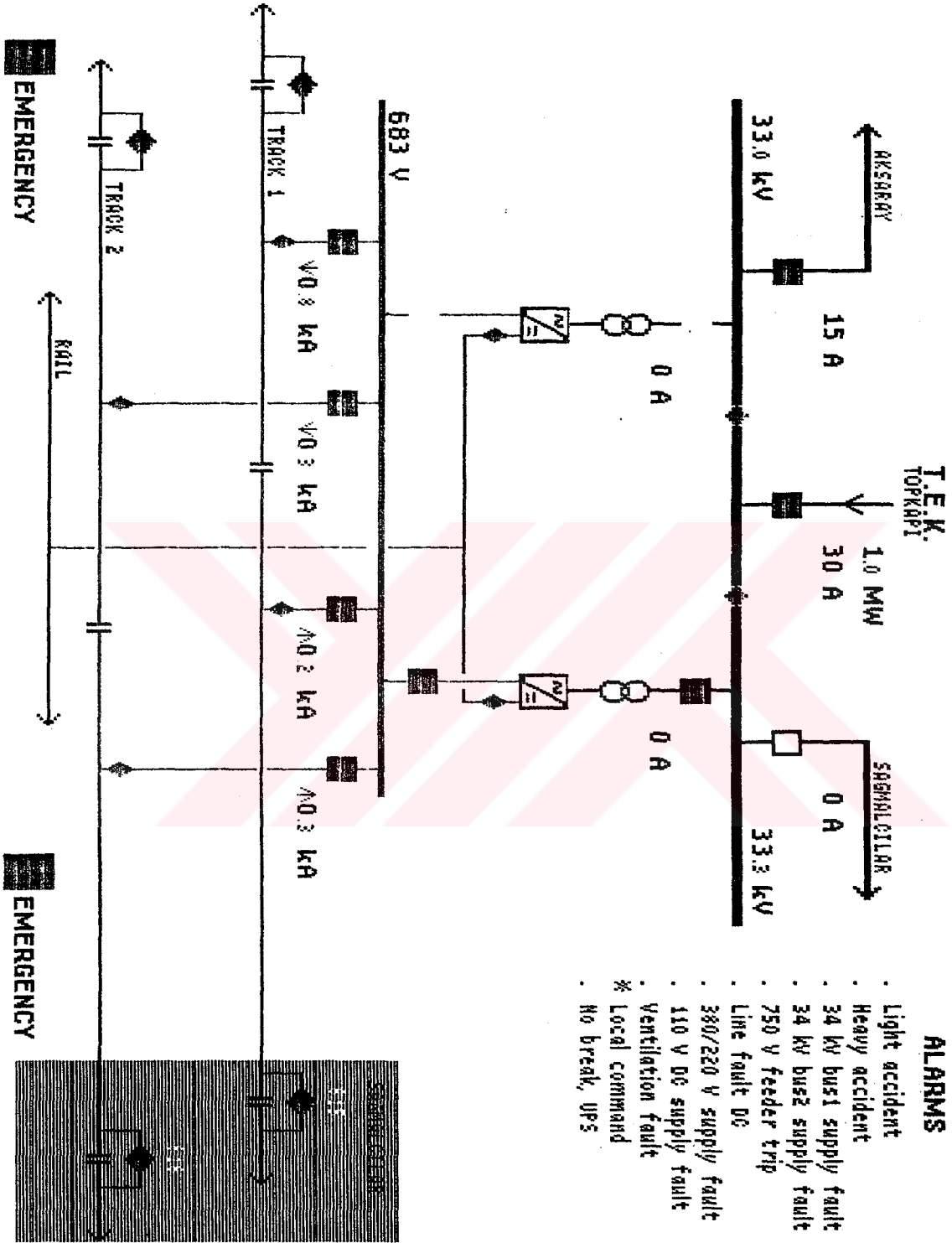
1994-12-15 13.55.33



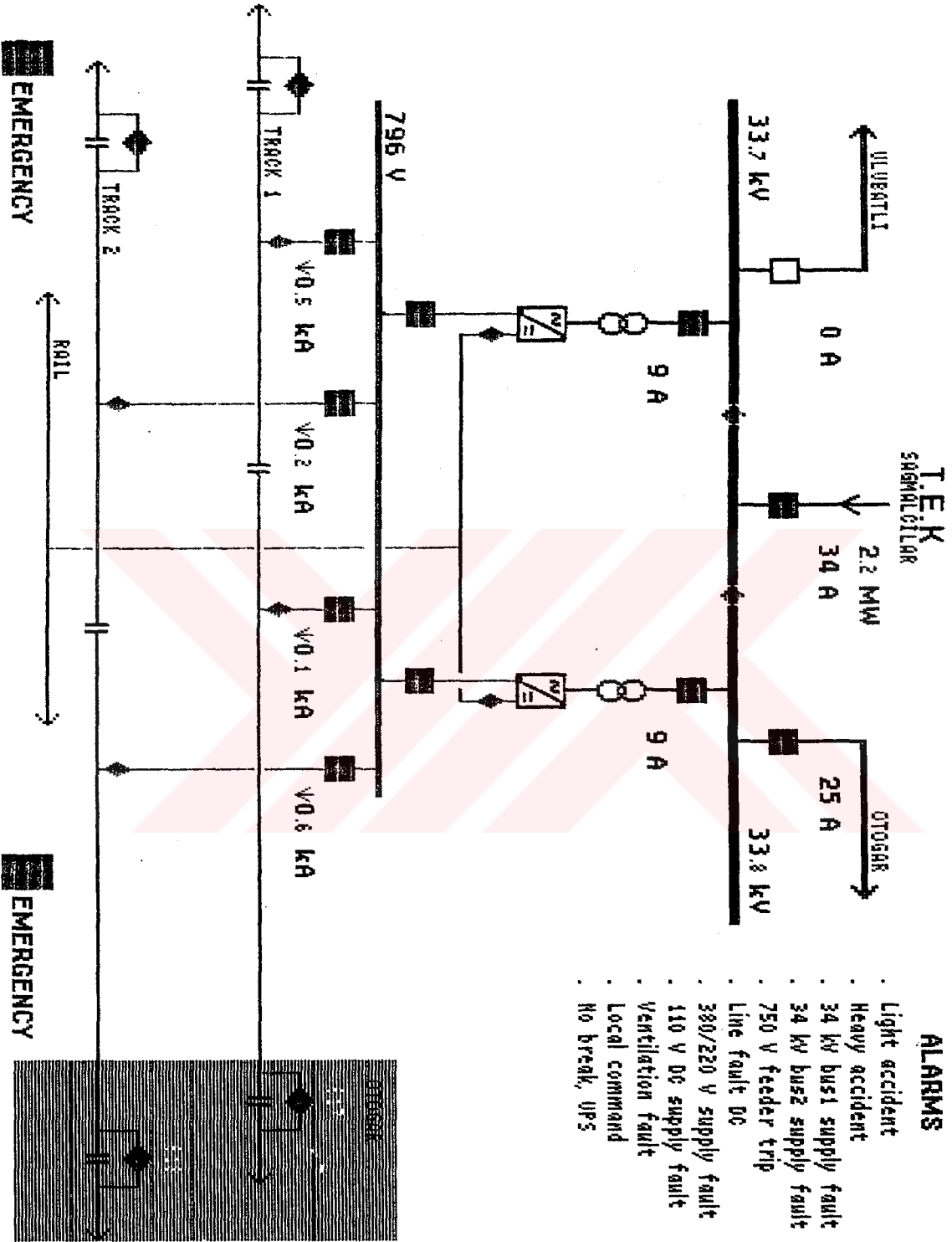
Şekil 2. 3 Aksaray-Yenibosna arasında bulunan trafo istasyonlarının kombine devre şeması



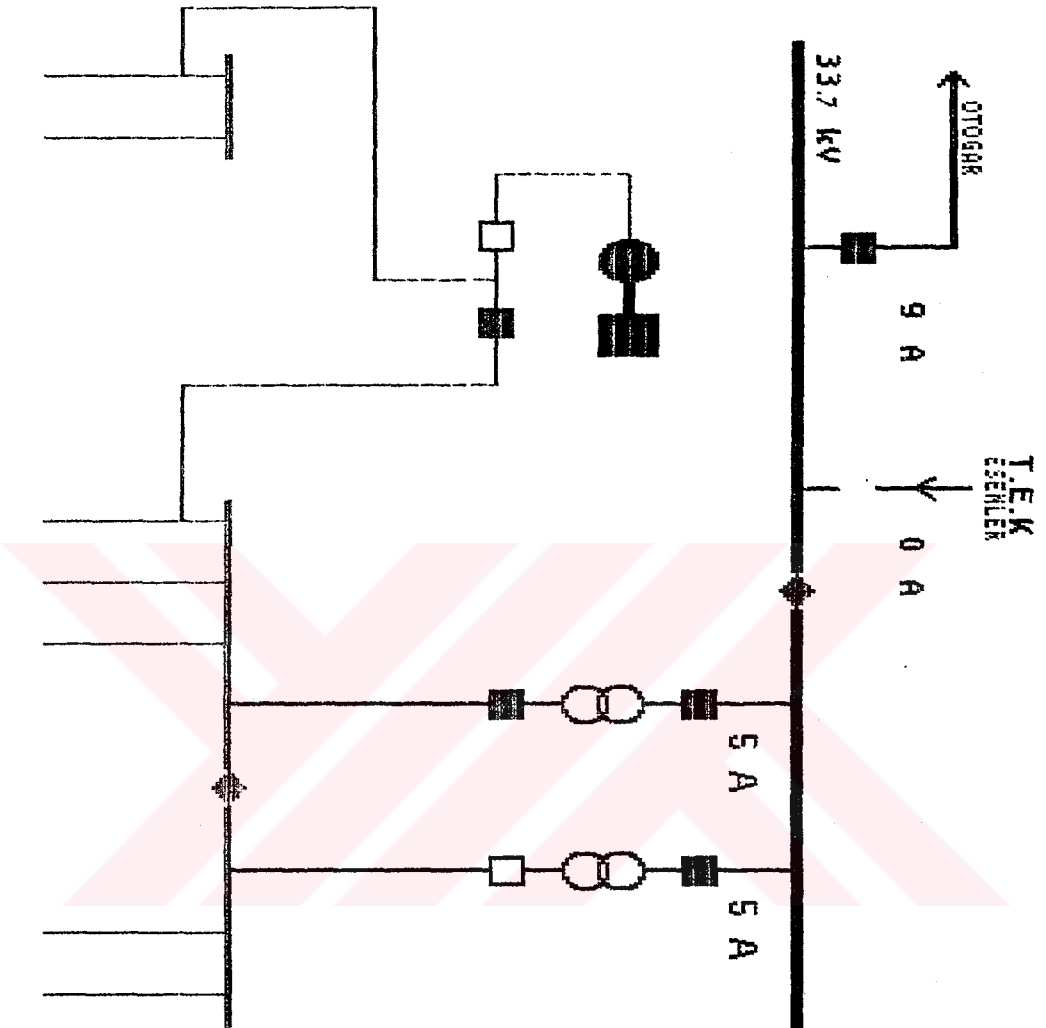
Şekil 2. 4 Aksaray trafo istasyonunun kombine devre şeması



Şekil 2. 5 Ulubatlı trafo istasyonunun kombine devre şeması



Şekil 2. 6 Sağmalcılar trafo istasyonunun kombine devre şeması

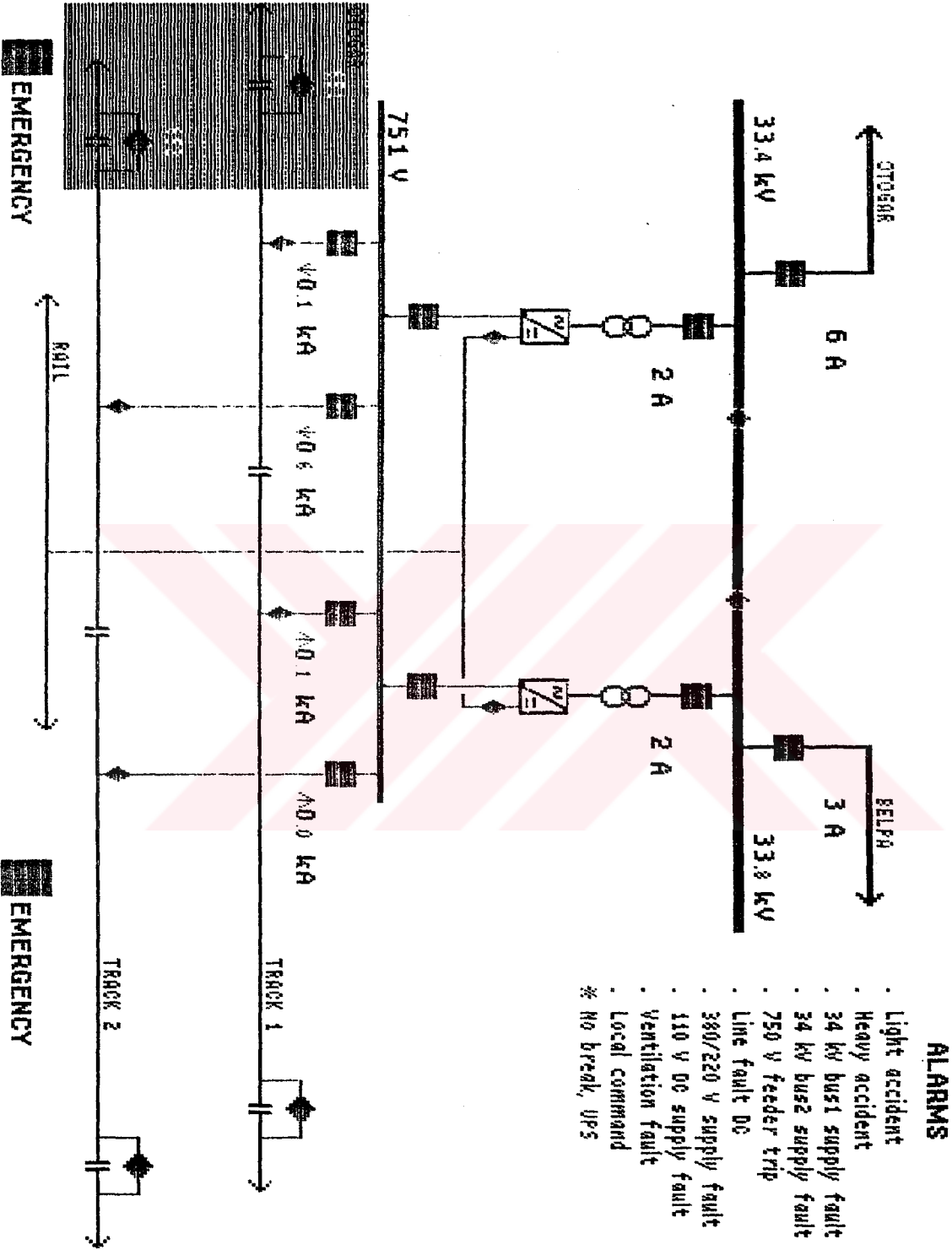
**ALARMS HV ROOM**

- . Light accident
- . Heavy accident
- . 34 kV bus fault
- . 380/220 V supply fault
- . 110 V DC supply fault
- . Ventilation fault
- . % Local command
- . No break, UPS

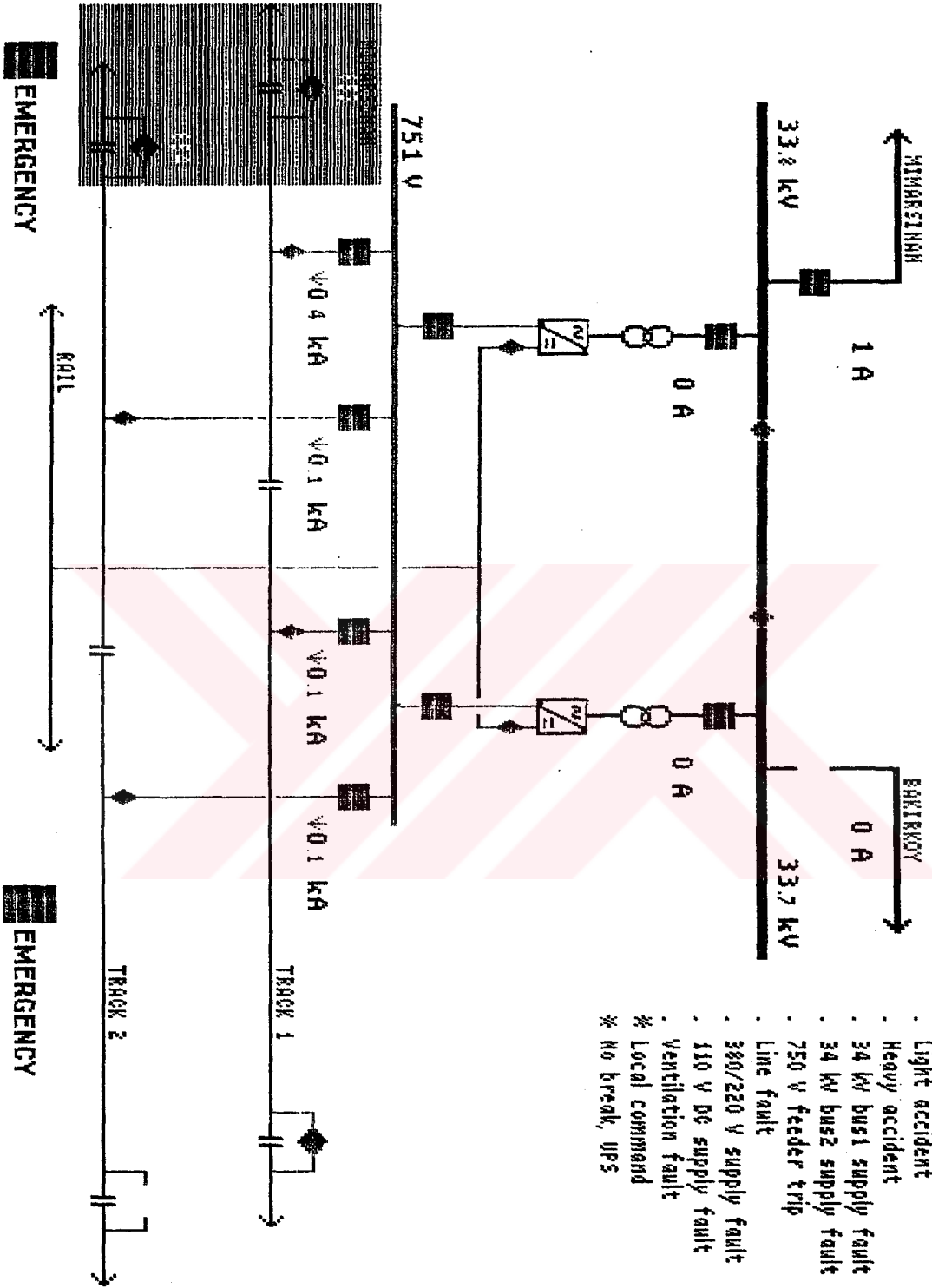
ALARMS WORKSHOP

- . Light accident in WS
- . Heavy accident in WS
- . Fault in WS
- . Sont Trf. sicaklik fault
- . Sont Trf. Buchholz fault

Şekil 2. 8 Ferhatpaşa trafo istasyonunun kombine devre şeması



Şekil 2. 9 Mimarsinan trafo istasyonunun kombine devre şeması

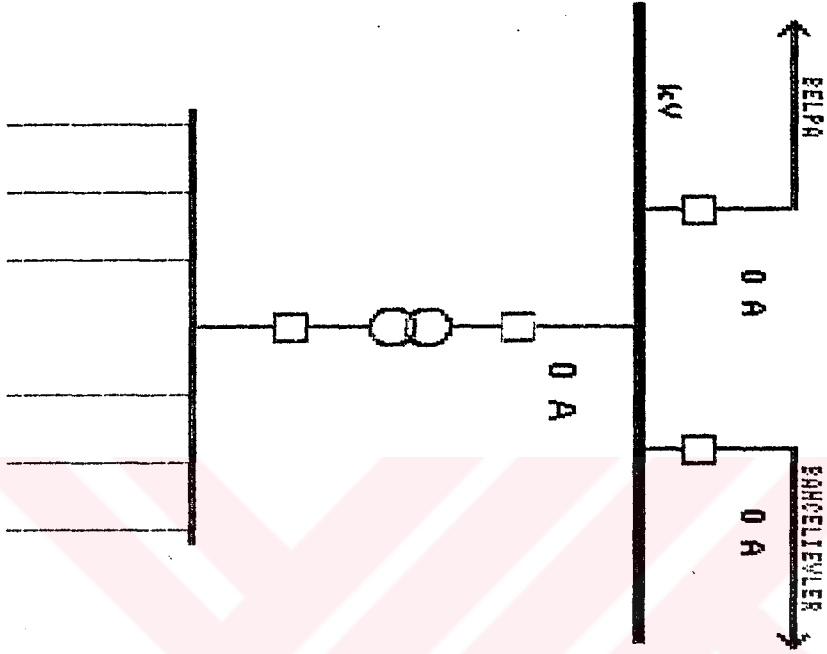


Şekil 2.10 Belpa trafo istasyonunun kombine devre şeması

BAKIRKÖY S/S

11 1) POWER OPER

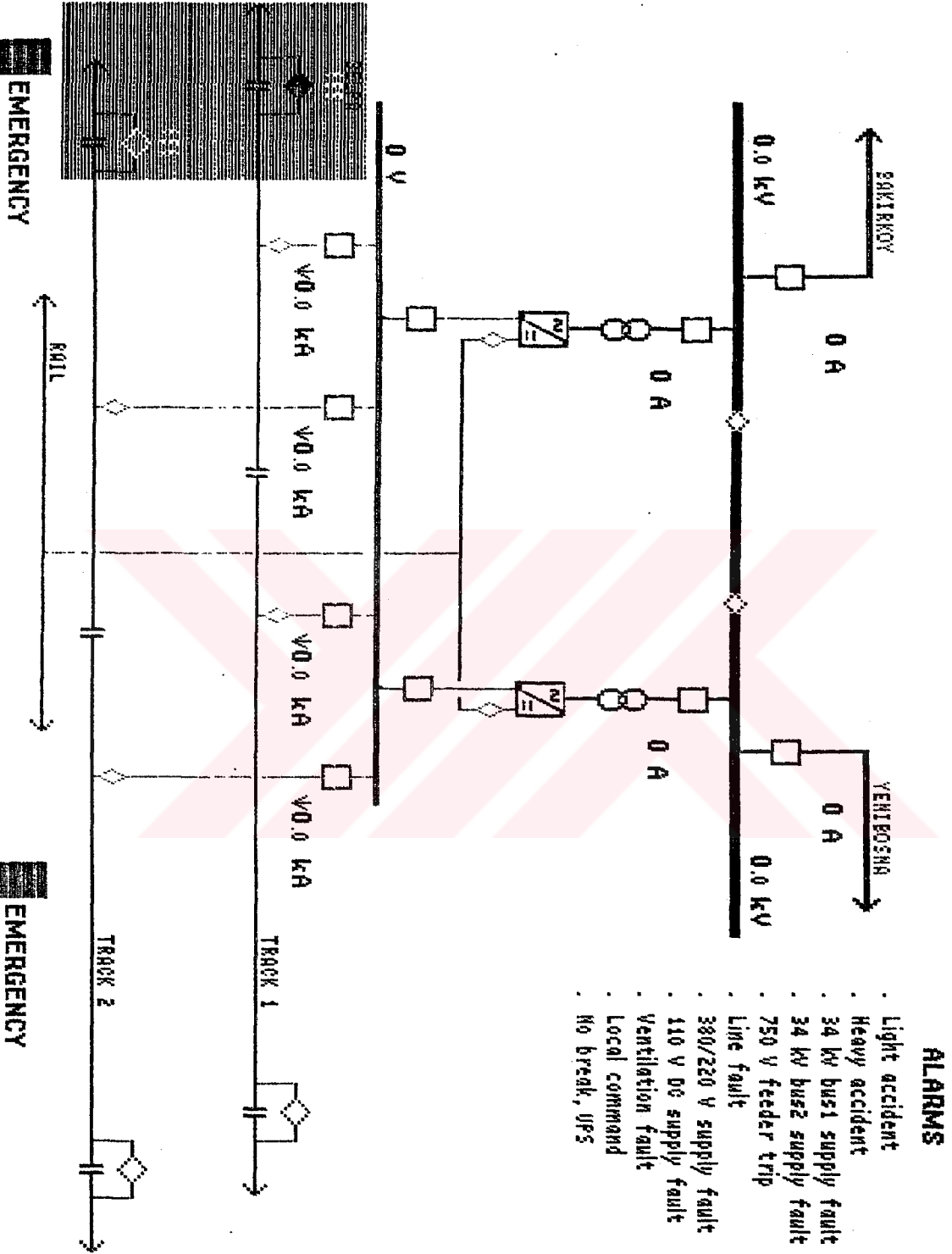
1994-12-15 14.23.31



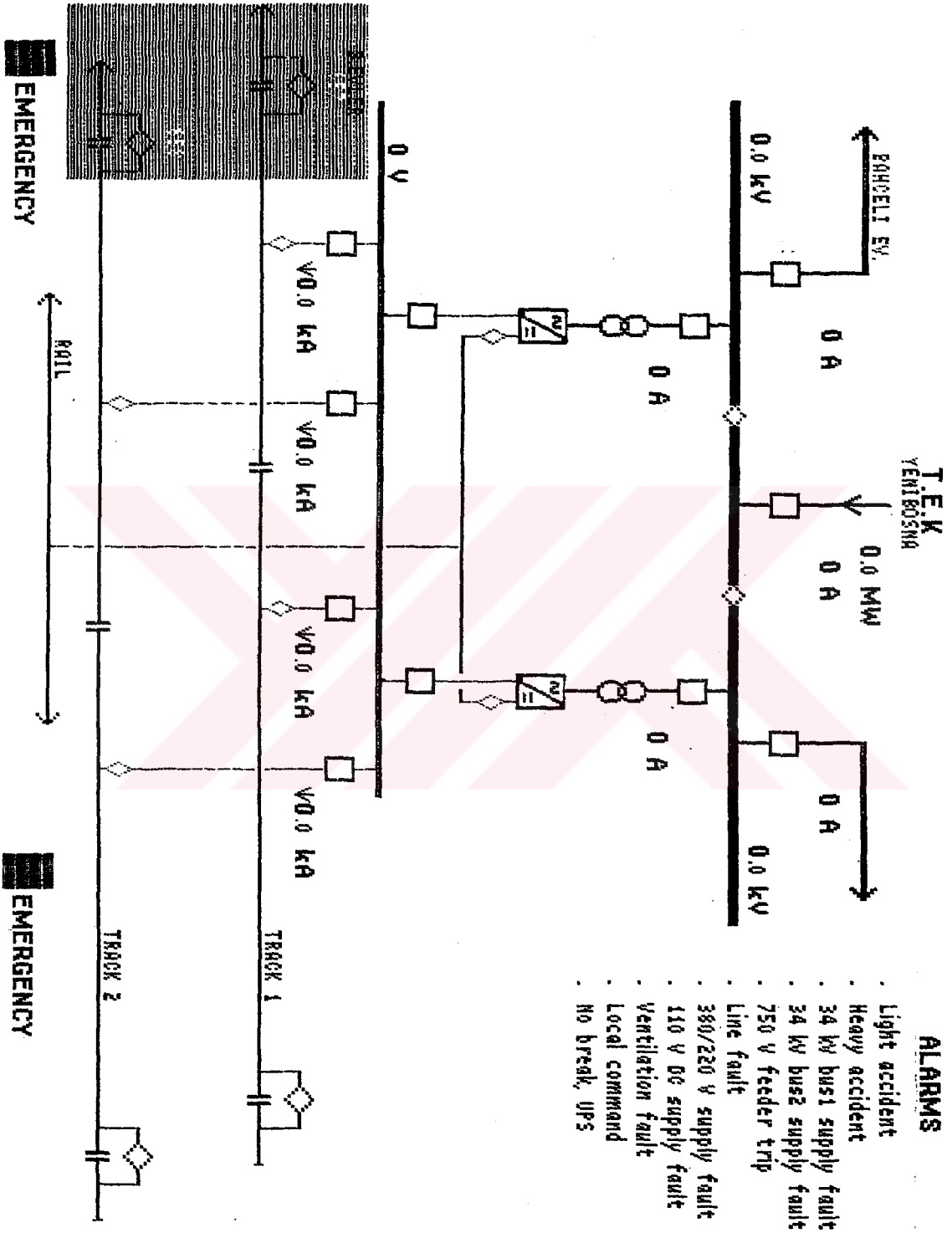
ALARMS

- . Light accident
- . Heavy accident
- . 380/220 V supply fault
- . 110 V DG supply fault
- . Local command
- . No break UPS

Şekil 2.11 Bakırköy trafo istasyonunun kombine devre şeması



Şekil 2.12 Bahçelievler trafo istasyonunun kombine devre şeması



Şekil 2.13 Yenibosna trafo istasyonunun kombine devre şeması

AKSARAY	ULUBATLI	SAGMALCILAR	OTOGAR	FERHATPAŞA
0.0 MW	0.9 MW	0.9 MW		
16 A	16 A	0 A	9 A	8 A
0 A	0 A	11 A	7 A	0 A
	14 A	10 A	6 A	
33.2 kV	33.0 kV	33.7 kV	33.7 kV	33.7 kV
	33.3 kV	33.8 kV	33.8 kV	
	0 A	2 A	1 A	4 A
7 A	1 A	2 A	0 A	5 A
762 V	701 V	801 V	602 V	
	v0.1 kA	v0.1 kA	v0.4 kA	
	v0.1 kA	v0.1 kA	v0.5 kA	
	v0.1 kA	v0.4 kA	v0.0 kA	
	v0.5 kA	v0.2 kA	v0.2 kA	
MIMARSINAN	BELPA	BAKIRKOY	BAHCELIEVLER	YENIBOSNA
4 A	1 A	0 A	0 A	0.0 MW
3 A	0 A	0 A	0 A	0 A
		0 A		0 A
33.8 kV	33.8 kV		0.0 kV	0.0 kV
33.8 kV	33.7 kV		0.0 kV	0.0 kV
1 A	1 A		0 A	0 A
0 A	1 A		0 A	0 A
756 V	756 V		0 V	0 V
v0.1 kA	v0.4 kA		v0.0 kA	v0.0 kA
v0.0 kA	v0.1 kA		v0.0 kA	v0.0 kA
v0.0 kA	v0.2 kA		v0.0 kA	v0.0 kA
v0.1 kA	v0.1 kA		v0.0 kA	v0.0 kA

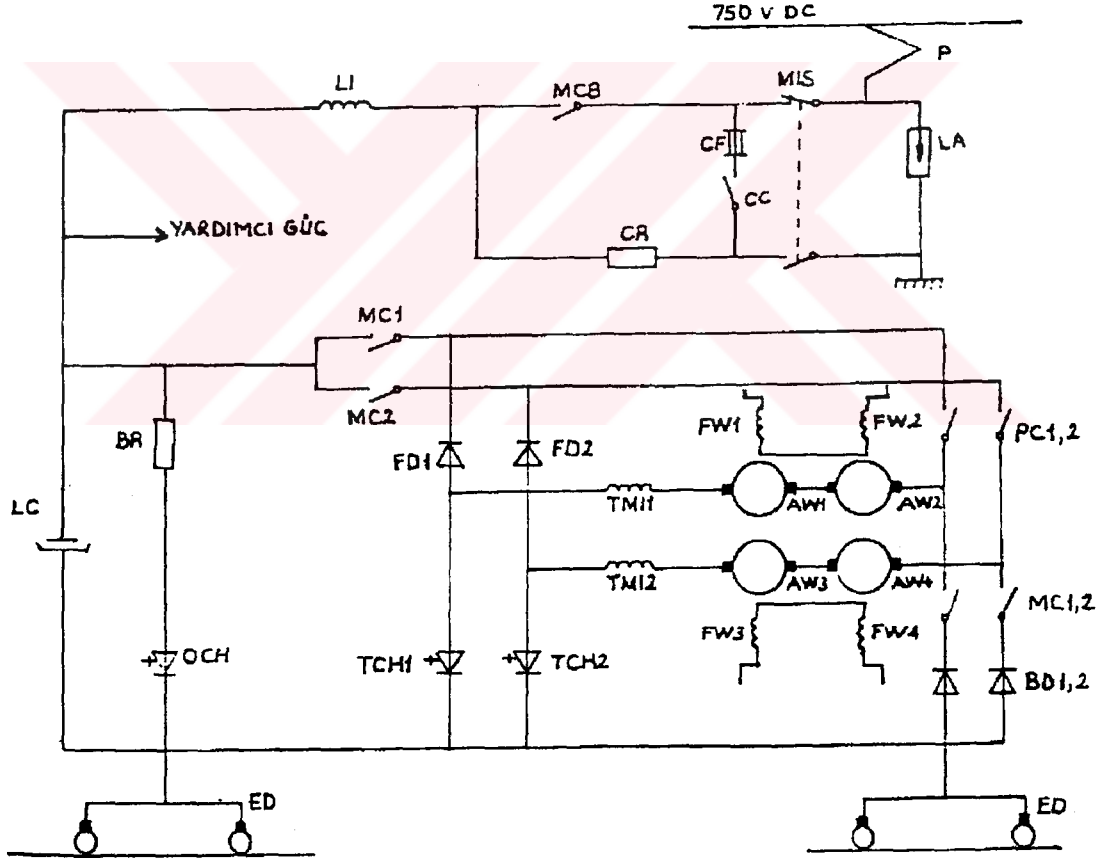
Şekil 2.14 Bütün istasyonlardaki herbir trafodan, kıyıcı ve ayırıcıdan çekilen akım - Bara gerilimleri

BÖLÜM 3

TAHRİK SİSTEMİNİN ANA DETAYLARI

3.1 Genel Kapsamı

Şekil 3.1’de dört adet serbest uyarımlı DC motorun, kırıcı üniteleriyle birlikte çalışma düzeni gösterilmiştir. İkişer adet, seri D.C motordan oluşmuş, motor modüllerinin, nasıl düzenlendiğini ve pantografla hat filtresinin devre ile bağlantısının nasıl sağlandığı gösterilmiştir (Friden, 1986).



Şekil 3.1 Ana devre şeması

Burada,

P	: Pantograf	OCH	: Yüksek gerilim kırıyıcısı
LA	: Yıldırıma karşı koruyucu	MC	: Motor modül kontaktörü
MIS	: Ana izolatör anahtarı	FD	: Serbest geçiş diyodu
CF	: Şarj ünitesi koruma sigortaları	TCH	: Ana kıyıcı
CC	: Şarj kontaktörü	TMI	: Tahrik motor endüktansı
CR	: Şarj rezistörü	AW	: Armatür sargıları
MCB	: Ana devre kesicisi	FW	: Uyarma sargıları
LI	: Hat endüktansı	PC	: Motor kontaktörü
LC	: Hat kapasitesi	BD	: Frenleme diyodları
BR	: Frenleme rezistansı	ED	: Topraklama ünitesi

dır.

3. 2 Pantograf

Pantograf, aracın üst kısmının, arka bogisinin üzerine monte edilmiştir. Pantografin, kaldırma ve indirme hareketleri, bir motor vasıtasıyla sağlanır. Bu motora sürücü kabindeki bir butonla kumanda etmek mümkündür. Pantograf, katener hattından 750 V luk enerjinin sisteme iletilmesini sağlar.

Verileri :

Nominal gerilim	: 750 V
Kontrol akımı	: 400 A
Max. akım	: 900 A
Max. hız	: 80 km/h
Nominal katenera yaptığı basıncı	: 80 N
Ağırlığı	: 120 kg .

3. 3 Ana İzolatör Sivici

Araç aktif hale alınmak istendiğinde, ana izolatör sivici, güç pozisyonuna getirilerek, pantografla ana devre kesicisinin birbirine bağlanmasını sağlar.

Eğer araçta bir çalışma yapılacaksa, pantograf indirilerek, güç sistemi kapatılır, sivici toprak konumuna alınır. Bu durum pantografla ana devreyi birbirinden ayırmakta ve hat kapasitesini boşaltmaktadır. Böylece, tehlikesiz bir durumda güç sisteminde çalışma yapılmaktadır.

3.4 Ana Devre Kesicisi

Ana devre kesicisi, araçtaki güç devresinin en önemli koruma düzenidir. Kesicinin en önemli özelliği, aşırı yüklenmelerde veya kısa devreye sebep olan aşırı akımlarda aracın güç sistemini besleme kaynağından ayırmasını mümkün kılmasıdır. Temel olarak siviç bir D.C. kontaktörden oluşmuştur. Arıza sebebiyle 5-9 ms mertebesinde açılma emrini alır. Açılma emri, akım seviyesinin belli bir seviyeye gelmesinden sonra verilir. Yeniden kesici kapanmadan, sürücü tarafından reset'lenerek kesicinin kapanabilmesi sağlanır. Reset sinyali ana devre kesicisindeki bir reset bobini ile sağlanır.

Verileri :

Gerilim	: 900 V D.C
Akım	: 600 A
Açma akımı	: 1300 A
Kesme kapasitesi	: 19,2 kA
Bobin gerilimi	: 24 V D.C

3.5 Hat Filtresi

Kıyıcı ünitesi çalışmaya başladığı zaman, hat akımı D.C akımdır. Fakat, değişik frekanslardaki alternatif akımlar, yani harmonikler, D.C bileşen üzerine binerler. Bu harmonikler, kıyıcılar tarafından oluşturulmakla birlikte, katener geriliminin A.C harmoniklerinden de etkilenirler. Bu A. C harmoniklerin mümkün olduğu kadar azaltılması gerekir ve bu da hat endüktansını kullanmakla gerçekleştirilir. Eğer harmonikler, yeterince büyük olursa, haberleşme işaretlerinde parazitler meydana getirebilir.

Hat filtresi, bir endüktans bobini ile bir hat kapasitesinden oluşmaktadır. Hem ivmelendirme hem de elektrodinamik frenleme modunda aktif duruma getirilmektedir.

Ana devreler, aktif hale geçmeden önce hat kapasitesi doldurulmaktadır. Kapasitenin büyük olması nedeniyle, kapasiteyi fazla akım çekmeden doldurmak mümkün olmamaktadır. Fazla akım geçtiği zaman, MCB'yi (ana devre kesicisi) açtırır. Bu akımı sınırlamak için kapasiteye seri olarak şarj direnci (CR) bağlanmıştır. Bu direnç sadece şarj süresince kullanılmakta olup, daha sonra devreden ayrılmaktadır. Kapasiteyi şarj etme, şarj kontaktörünü kapatmakla gerçekleşmektedir.

Tüm bu olaylar, otomatik olarak tahrik bilgisayarından kontrol edilmektedir. Şarj kontaktörü (CC) kapandıktan sonra, kapasitenin gerilimi yükselmeye başlayacak ve bir ölçme düzeneğiyle, bilgisayar, kapasitenin geriliminin 500 V'a eriştiği anda, ana devre kesicisine 1.5 sn sonra kapatma emri gönderecektir.

Şarj kontaktörü (CC), her şarj süresi boyunca 2sn' den fazla kapalı kalmamalıdır . Aksi halde şarj direnci (CR) , aşırı ısınarak kapasitenin şarj olmasını engeller.

Veriler :

Self	: 1 mH
Kontrol akımı	: 550 A
Ağırlığı	: 110 kg
Hat kapasitesi	: 1.8 mF

3.6 D.C Tahrik Motorları

Sistemdeki tahrik motorları, serbest uyarmalı D.C motorlardan oluşmuştur Her bir araçta , dört adet D.C. motor bulunmaktadır. Bu dört adet D.C motor iki motor modülünü meydana getirir. Her bir motor modülü, iki seri motor grubundan oluşmuştur. İki motorun armatür devreleri seri olup, bir DC/DC kıyıcı ünitesiyle beslenir. Bunların uyarma sargıları da seri olup, bir doğrultucu ünitesiyle uyarılır. İki motor modülü birbirinden bağımsız olup, bilgisayarla kontrol edilir.

D.C Motorun değerleri :

Güç	: 75 kW
Armatür akımı	: 260 A
Gerilim	: 320 V
Uyarma akımı	: 16.9 A
Nominal hız	: 2200 d/dk
Max. hız	: 4580 d/dk
Ağırlığı	: 368 kg

3.7 D.C Tahrik Motorunun Armatür Devresinin Kıyıcı Ünitesi

Motor kıyıcıları, temel olarak GTO tristörleri ve diyodlardan oluşan yarı iletkenlerden kurulu DC/DC çevirici temeline dayanır. Kıyıcının amacı , hattaki DC gerilimi, kontrol edilebilen daha düşük darbeler halinde tahrik motorlarına uygulayabilmektir.

Kıyıcı hat gerilimini, değişik periyotlarda kıyarak, motorun armatür devresine uygular. Bu darbeler motora uygulanmadan önce filtre edilir. Ana devre diyagramında, aracın iki kıyıcı ünitesiyle, dört adet D.C. tahrik motorunun nasıl beslendiği gösterilmiştir (Şekil 3.1). Herbir kıyıcı ünite, bir GTO tristörü ve bir serbest geçiş diyodundan oluşmuştur.

İki motor kıyıcı ünitesi, modüllerdeki armatür akımını kontrol eder. Bu kontrol işlemi, yüksek gerilim kıyıcılarının, hat kapasitesinin müsaade edilen gerilim seviyesine ulaştığında devreye girerek bir miktar gücün fren dirençlerinde harcanmasını kontrol edene kadar sürer.

Veriler:

Nominal besleme gerilimi	: 750 V dc
Max. besleme gerilimi	: 825 V dc
Min. besleme gerilimi	: 550 V dc
Armatür kıyıcı ünitesi fazları	: 2
Max. Faz akımı	: 4 60 A
Frekans	: 69/207 Hz
Max. çıkış gerilimi	: 825 V

3.8 D.C Motorunun Uyarma Alan Çevirici Ünitesi

Uyarma alan doğrultucu ünitesi, DC motorun uyarma alan akımını kontrol eder. Bu ünitenin girişi, 380 V' luk AC kaynaktan beslenir.

Doğrultucu, dört ana tristörü içeren köprü doğrultucu temeline dayanır. Bilgisayar, bir referans sinyalle doğrultucudan alınan akımı, her bir motor modülünün uyarma alanına uygulayarak, uyarma akımını kontrol eder.

Veriler:

Giriş gerilimi	: 380 V
Giriş frekansı	: 50 Hz
Çıkış akımı	: 20 A
Max. çıkış akımı	: 22 A

3.9 Motor Modül Kontakları ve Motor Kontakları

Motor kontakları, ana devrenin ivmelendirme modunda çalışmasını sağlar. Kontaklar ivmelendirme modunda kapatılır, elektrodinamik frenlemede ise açılır. Kontaklar, bilgisayardan aldığı emre göre kapanmakta ve içinden akım geçtiği sürece hiç açılmamaktadır. Bilgisayar, armatür akımını kontrol ederek armatür kıyıcı ünitesinin bloke edilmesi durumunda kontakları açtırmaktadır.

Motor modül kontaklarının ana amacı, motor modülünü herhangi bir arıza durumunda veya test durumunda elektriki olarak ana devreden ayırmaktır.

Motor Çalışma Kontakları verileri :

Nominal Gerilim	: 750 V D.C
Kontrol Akımı	: 225 A
Arıza Akımı	: 7 kA
Gerilim sargısının nominal gerilimi	: 24 V D.C

Motor modül kontakları verileri :

Nominal Gerilim	: 750 V D.C
Kontrol Akımı	: 250 A
Gerilim sargısının gerilimi	: 24 V D.C

3. 10 Faz Endüktansı

Ana devrede, her kıyıcı ünitesi fazında, bir adet faz endüktansı bulunmaktadır. Faz endüktansının amacı; motordaki akım dalgalanmasını sınırlandırarak, komütatörde ark oluşmasını önlemektir. Akım dalgalanması, motor çalışma modunda ve frenleme modunda ayarlanır. Maksimum akım dalgalanmaları, kıyıcı ünitesinin her peryotta düzenli bir şekilde devreye girmesiyle olur.

Veriler:

Kontrol akımı	: 328 A
Max. akımı	: 460 A
Endüktansı	: 3 mH
Ağırlığı	: 100 kg

3. 11 Frenleme Direnci

Frenleme dirençlerinin görevi, elektrodinamik frenleme olduğu sürece, hatta geri verilecek olan gücü, üzerinde ısıya dönüştürerek harcamaktır. Frenleme dirençleri, motor modüllerinin her frenlemede oluşturacakları güce dayanabilecek şekilde dizayn edilmiştir.

Frenleme direnç ünitesi iki bölüme ayrılmıştır. Her bir bölüm bir yüksek gerilim kıyıcısına bağlanmıştır.

Veriler:

Frenleme direnci	: 2x1,9 Ω
Ağırlığı	: 90 kg

3.12 Aşırı Akım Koruyucu Ünitesi

Ana devrede elektriki arıza olduğu zaman, bu arıza akımını çok kısa sürede kesmek gerekir. Akım seviyesi belli bir seviyenin üstüne ulaştığında, bu durumu farkedip anında devreyi kesmeyi sağlayan ünite ana devre kesicisidir (MCB).

Her motor ünitesinde aşırı akım rölesine bağlı bir şönt devre vardır. Bu koruma ünitesi üzerinden, normal ve anormal akım seviyelerini geçirerek, anormal akımlarda bilgisayarı uyararak anında ana devre kesicisini açtırır.

3.13 Aşırı Gerilime Karşı Koruyucu Ünitesi

Aşırı gerilim çeşitli sebeplerden dolayı oluşabilir. Örneğin yıldırımın katener hattına düşmesiyle, aşırı gerilim oluşabilir. Bu tip aşırı gerilime karşı korunma, yıldırım parafudrlarıyla gerçekleştirilir. Bu ünitenin koruma gerilim seviyesi yaklaşık 3 kV' tur.

Ana devrede aşırı gerilime karşı koruyucu ünite vardır. Bu ünite bir tristöre seri bağlı bir dirençten oluşmaktadır. Bu devre hat kapasitesine paralel bağlanmıştır. Belirli bir aşırı gerilimde tristör tetiklenerek direnç üzerinde bu durum koruma altına alınır.

BÖLÜM 4

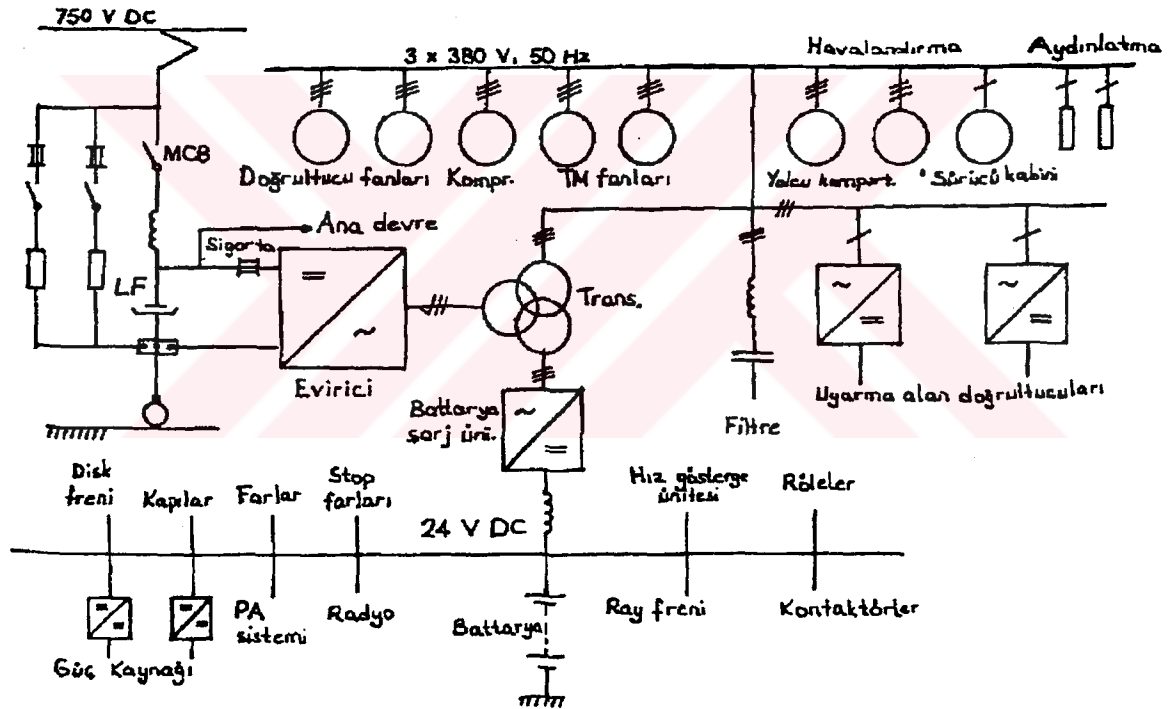
YARDIMCI GÜÇ SİSTEMİ

4.1 Yardımcı Güç Sisteminin Genel Devresi

Yardımcı güç sisteminin devresi Şekil 4.1'de verilmiştir. Bu sistemin amacı, araçtaki güç ünitelerine besleme kaynağı sağlamaktır.

Bu kaynaklar:

- 750 V D.C
 - 3 x 380 V, 50 Hz A.C
 - 24 V D.C
- dir.

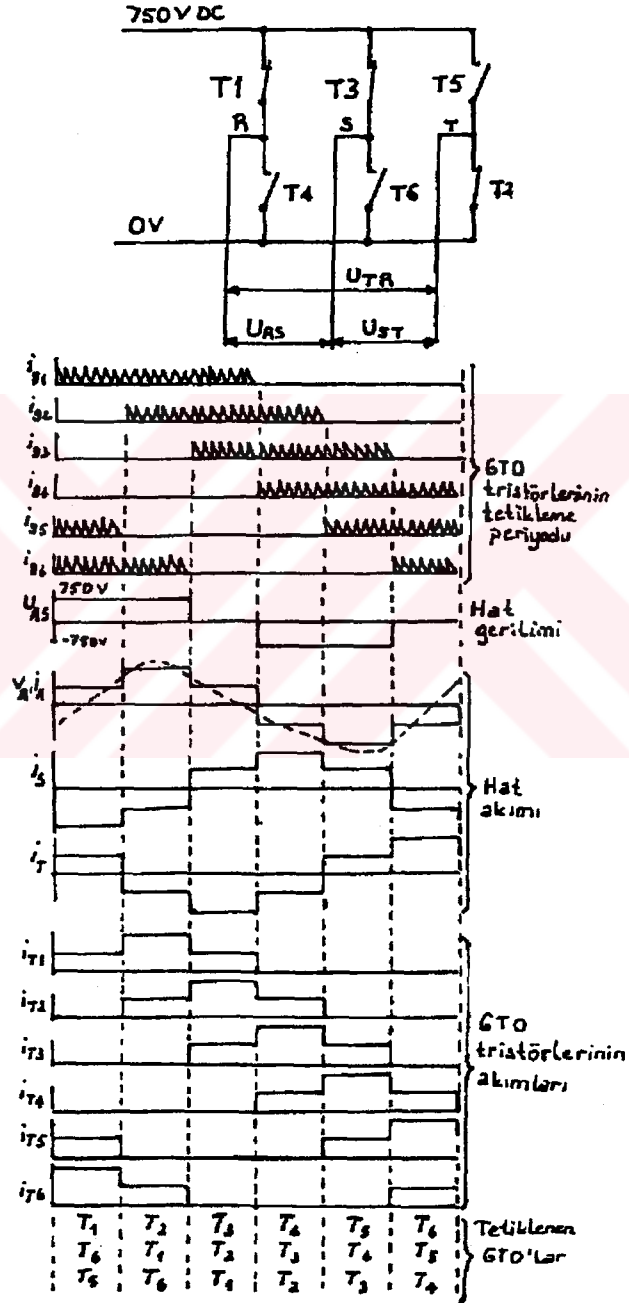


Şekil 4.1 Yardımcı güç sistemi devresi

750 V' luk katenerden alınan enerji, sürücü kabini ve yolcu kompartımanının ısıtıcı motorlarını beslemek için kullanılır.

750 V' luk gerilim bir eviriciyle, A.C gerilime çevrildikten sonra, üç fazlı trafodan 3x380 V, 50 Hz' lik gerilime çevrilir ve bu gerilimle aydınlatma sistemleri ve havalandırma motorları beslenir.

Yardımcı güç ünitesinde bulunan 24V' luk D.C gerilim ünitesi, trafonun düşük gerilim sargısından alınan beslemeyle, bir diyod doğrultucu ünitesiyle doğrultularak kurşun asid aküleri şarj etmekte kullanılır.



Şekil 4.2 Üç fazlı evirici köprü devresi. 180° lik tetikleme açılı T1, T2 ve T3 triacörlerine ait gerilim akım diyagramları.

4.2 Evirici Ünitesi:

Şekil 4.2' de eviricinin tetikleme devresi ve gerilim akım şemaları gösterilmiştir. Evirici devresi 6 GTO tristöründen oluşmuş, üç fazlı köprü devresidir (Lander, 1981).

GTO tristör devresi, darbe genişlik modülasyonu ile kontrol edilir. Değişim frekansı 450 Hz' dir. Darbelerin modülasyonu sırasında, 50 Hz' lik frekans elde edilir. Giriş D.C gerilimi, 500 V ile 900 V arasında ayarlanır. Buna rağmen, üç fazlı çıkış gerilimi küçük değişimler gösterir. Eviricinin çıkışı, 3x300 V' luk AC gerilime dönüştürülür

A.C çıkış gerilimi, sabit genlikli bir sinüs dalgasıdır. Sırasıyla üretilen gerilim ve sakılan yüksek frekanslı harmonikler çıkışta filtre edilir. Bu filtreleme, transformatörün ikincil sargısında yapılır.

Şekil 4.3' te gösterildiği gibi eviricinin her fazında iki GTO tristörü vardır ve diyodlar bunlara paralel bağlanmıştır. Bu diyodlar, gücü hatta geri vermek için kullanılır. GTO' ları geçici gerilim yükselmelerinden korumak için, smabbır devresi (kapasitör diyod Cs, Dc) bağlanmıştır ve aynı zamanda smabbır devresi, gerilim seviye belirleyici olarak kullanılır (Bassett et al, 1989).

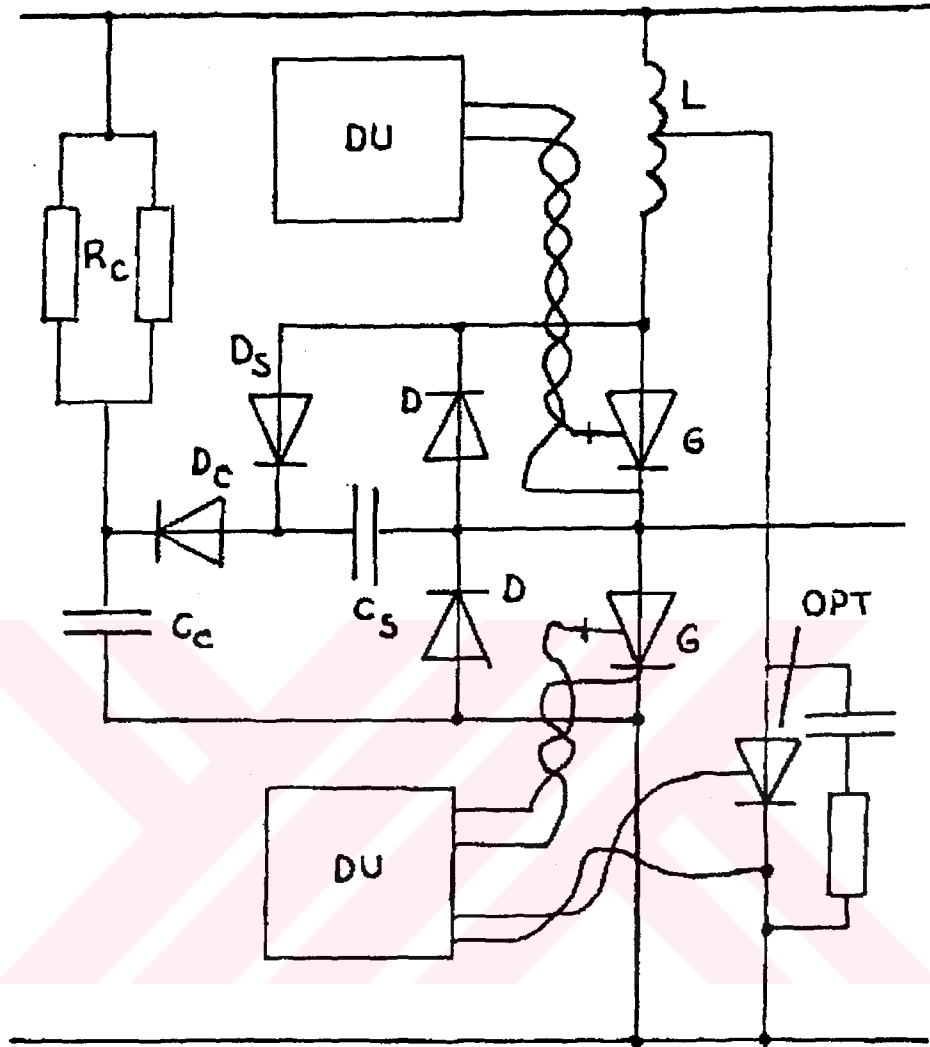
Devrede oluşacak fazla gerilim, seviye kaydırıcı CC kondansatörüne aktarılır. RC direnci bu gerilimi kaynağa geri gönderir. GTO' lardaki akım türevinin değişimlerini sınırlı tutmak için (L) bobini kullanılır. Böylece, açma-kapama kayıpları kabul edilebilir değerlerde sınırlanmış olur.

Herhangi bir fazdaki, hatalı bir değişme veya aşırı akım durumunda, yüksek gerilim koruma tristörü (OPT) tetiklenir. OPT tetiklendiğinde, yardımcı güç hattındaki sigorta atar ve GTO' lar korunmuş olur. GTO' ların ve koruma tristörlerinin, açıp kapaması bilgisayarla kontrol edilir ve iki sürücü devresi de DU tarafından tetiklenir.

Burada,

- Rc : seviye kaydırıcı direnç
- Cc : seviye kaydırıcı kondansatör
- Dc : seviye kaydırıcı diyod
- Cs : smabbır kondansatörü
- Ds : smabbır diyodu
- D : diyod
- G : GTO
- DU : tetikleme ünitesi
- L : bobin
- OPT : yüksek gerilime karşı koruyucu tristör

dir.

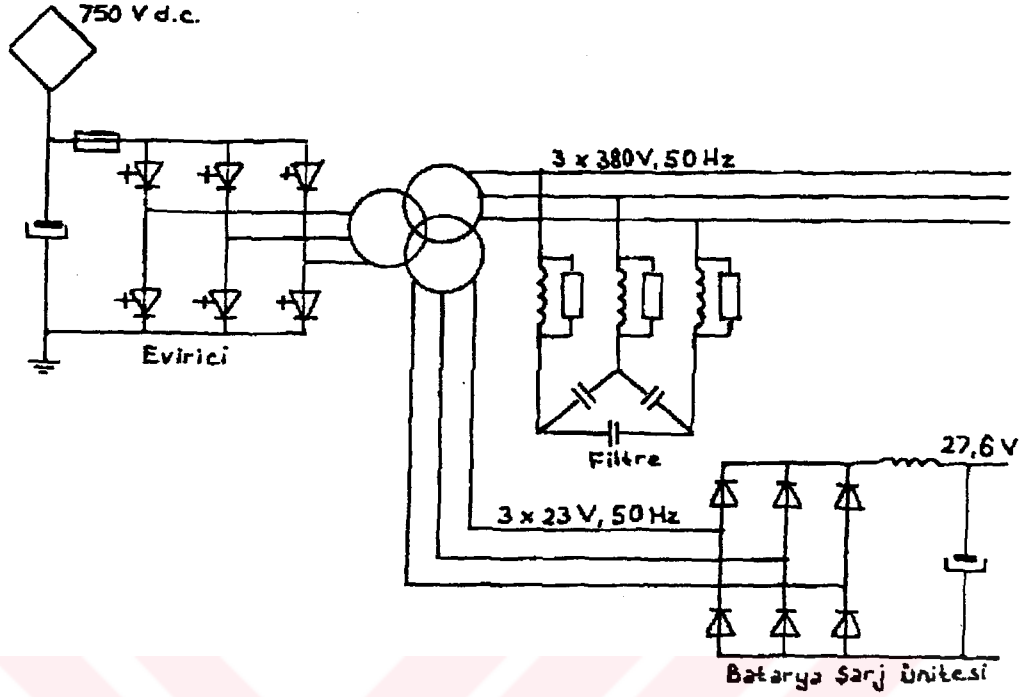


Şekil 4.3. Eviricinin bir fazına ait devresi

4.3 Üç Fazlı Transformatör Ünitesi 3x380 V, 50Hz ve Filtre Devresi

Statik eviriciden alınan çıkış gerilimi, 3x380V AC, 50 Hz' dir. Bu üç fazlı A.C gerilimi, yüke direk uygulanmaz. İlk önce, üç fazlı transformatörle dönüştürülür. Transformatörün iki sekonder sargısı vardır, bunlardan birinin çıkış gerilimi 3x380V, diğerinin gerilimi 3x23V'dur.

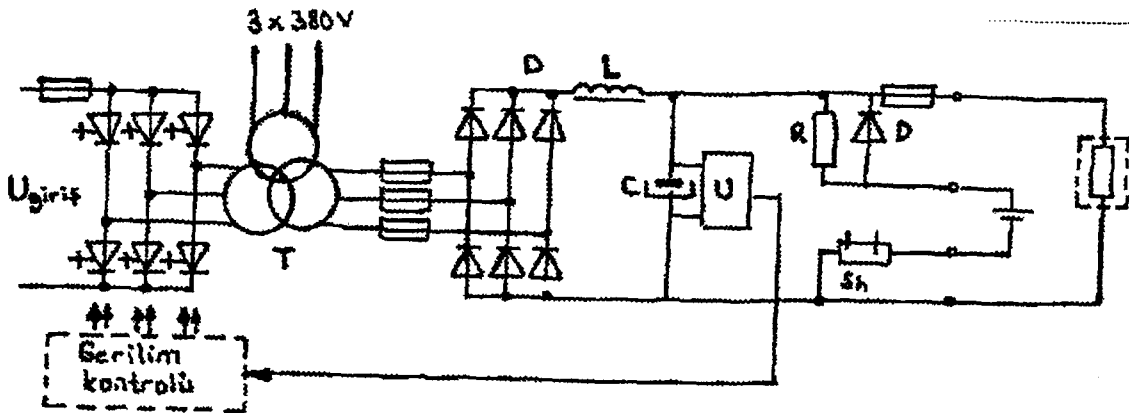
3x380 V' luk çıkış terminalinde, bir tane çift kombineli filtre vardır. Birinci filtre eviriciden gelen yüksek frekanslı harmonikleri filtre etmek için kullanılır. İkincisi reaktif güç üretmek için kullanılır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Yardımcı güç sisteminin açık devresi

4.4 Batarya Şarj Ünitesi

24 V' luk batarya şarj ünitesi, transformatörün ikincil sargısından sağlanan 3x23 V' luk A.C gerilimle bir batarya şarj ünitesi olan, 6 diyoddan oluşmuş doğrultucu köprüsüyle doğrultulur. Köprünün çıkışı 24 V' luk yükleri direk olarak besler. Batarya, doğrultucu köprü ile akım sınırlayıcı rezistörden geçerek bağlanmıştır. Ünitenin kontrol sistemi, doğrultucunun çıkış gerilimini 27.6V' ta sabit kılacak şekilde dizayn edilmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 Batarya şarj ünitesi

BÖLÜM 5

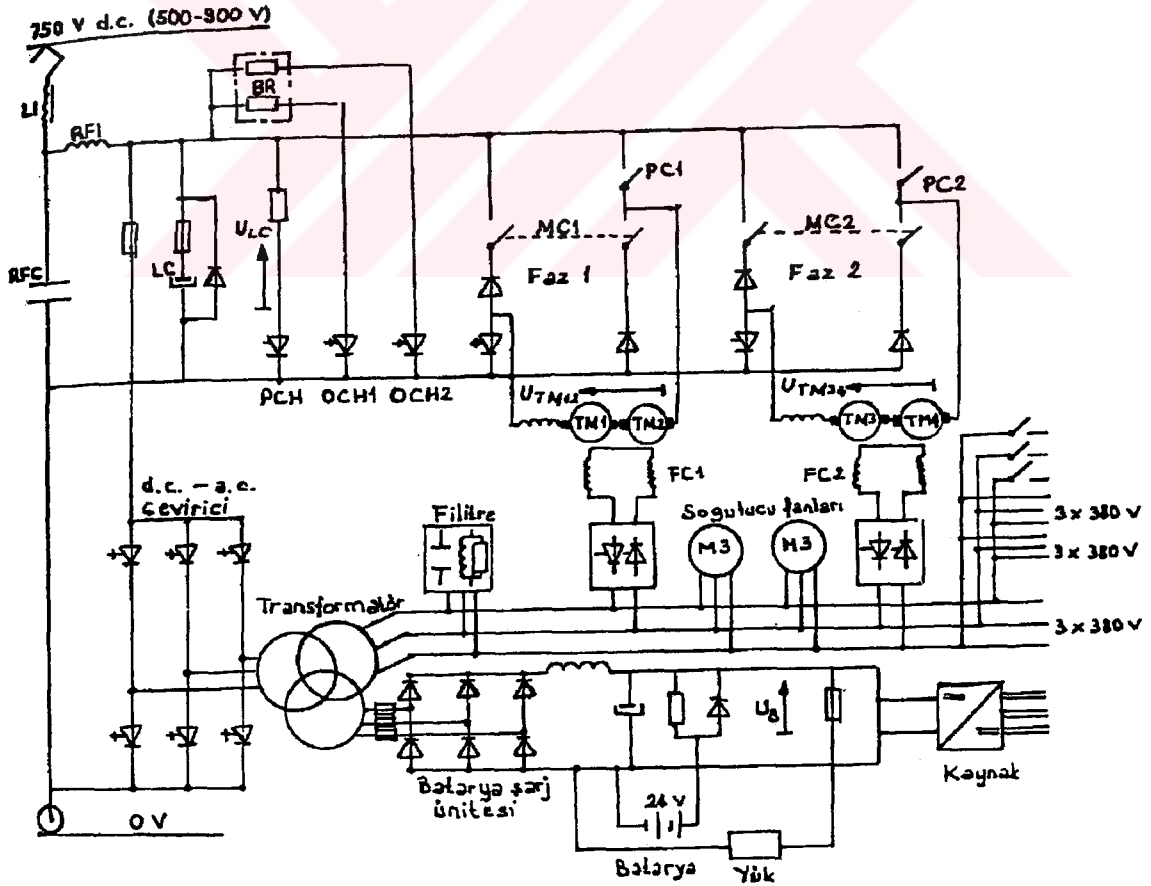
TAHRİK DONANIM DEVRESİ

5.1 Genel Kapsam

Aracın tahrik donanımı genel olarak aşağıdaki bölümlerden oluşmaktadır:

- Serbest uyarımalı D.C tahrik motorları,
- GTO güç elemanları ile kontrol edilen kıyıcı üniteleri,
- Bilgisayar kontrol ünitesi,
- Yüksek gerilim kıyıcısı,
- İki adet birbirinden bağımsız motor modülü,
- Geri kazanımlı frenleme sistemi.

Bu tahrik sisteminin ana kapsamı, dört adet birbirinden tam olarak bağımsız olan, serbest uyarımalı D.C motorlardan ve onlar için güç sağlayan ünitelerden oluşmuş olmasıdır. Şekil 5.1' de gösterilmiştir.



Şekil 5.1 Tahrik donanım devresi

Burada;

LI	Hat endüktansı
RFI	Radyo filtre endüktansı
LC	Hat kapasitesi
BR	Frenleme direnci
PCH	Yüksek gerilim koruyucu kıyıcısı
OCH1, OCH2	Yüksek gerilim kıyıcısı
MC1, MC2	Modül kontakları
PC1, PC2	Motor kontakları
TM1, TM2, TM3, TM4	Tahrik motorları
FC1, FC2	Uyarma alanı doğrultucusu

dır.

Motor modülleri, birbirinden tam olarak bağımsız beslenip, armatür ve uyarma devresi olmak üzere iki ana bölümden oluşmuştur. Bir modüldeki iki D.C motorun, uyarma alanı ve armatür devreleri seri olarak bağlanmıştır. Kıyıcının çıkış gerilimi, D.C motorunun armatür devresini besleyen kontrollü bir gerilimdir.

Kıyıcının çıkış gerilimi ile giriş gerilimini %5 ile %100 arasında değiştirmek mümkündür. Çünkü kıyıcının çıkış gerilimini adım adım değiştirmek mümkün olduğundan, motora kontrollü bir gerilim uygulamak ve akımını, momentini, hızını ve tüm aracı kontrol etmek mümkün olmaktadır.

5.2 Bilgisayar Kontrol Ünitesi

Araçlardaki bütün tahrik sistemi, frenleme sistemi güç sistemi mikrobilgisayar ünitesi tarafından kontrol edilmektedir. Sürücü, aracın ivmelendirilmesini ve frenlemesini, sürücü koluyla kontrol ederek, istediği ivmelendirmeyi yaptırabilir. Bu ivmelendirme, elektrikli olarak, bilgisayara aktarılarak, motor kontaktörlerine, kıyıcılara, alan çeviricilerine, mekanik frenlere, ivmelendirme veya durdurmaya sağlayacak sinyalleri, bilgisayardan gelen uyarılarla gerçekleştirir.

Bilgisayar programı kontrol sistemi, geri besleme düzeniyle çalıştırılır. Bilgisayar, birbirine bağlı olan araçların, güç üniteleri arasında iletişimi sağlar. Bu ünite, araçların aynı anda aktif hale veya frenleme durumuna girmesini gerçekleştirir.

Herhangi bir araçta arıza olduğu zaman, bilgisayar arıza sinyalini kontrol ederek, sürücü kolu vasıtasıyla, sürücü panelindeki arıza bildirim ünitesine ileterek sürücüyü uyarır.

Bütün araçların, her bir dingilinde hız sensörleri vardır. Sensörler, hız sinyallerini bilgisayara ileterek aracın hız konumunu kontrol etmek için, bilgisayarın vereceği komutlarla motorun armatür akımını kontrol edebilmesinde ve tahrik veya elektrodinamik frenlemenin uyarılmasında kullanılmaktadır.

Bu hız sinyalleri, aynı zamanda araçta kayma ve kızaklama kontrolünde de kullanılır.

Bilgisayarın yaptığı en önemli kontrol fonksiyonları şunlardır :

- Armatür akımı,
- Motor gerilimi,
- Yüksek gerilim kısıcısı,
- İvmelendirme ve yavaşlatma ivmesi,
- Frenleme,
- Kayma ve kızaklama,
- Yüksek hız.

5.3 Hata Gösterme Sistemi

Bu sistemin amacı, araçta meydana gelen hataları bozuklukları sürücüye haber vermektir. Sistemin mikrobilgisayarı içinde entegre edilmiştir ve sürücü, kontrol paneline yerleştirilmiş bir gösterge yoluyla uyarılmaktadır.

Hata gösterme ekranı, MD ve M vagonlarının A bölümünde yer almaktadır.

Hata tipleri sistemde önceden programlanmakta ve meydana gelen hatalar bilgisayara elektriksel sinyaller olarak gönderilmektedir. Bu durumda sinyaller bilgisayara bir sayısal giriş kanalı yoluyla girmekte ve sistem bu sinyali sürücü için, önündeki göstergede çıkacak bir mesaj şekline dönüştürmektedir.

Trendeki diğer araçlardan gelecek hata bilgileri, ilk araca ya da ana bilgisayara iletişim yoluyla gönderilmektedir. Bu sistem sürücüye yalnızca hangi hatanın meydana geldiğini değil, aynı zamanda aracın hangi ünitesinde olduğunu da bildirir.

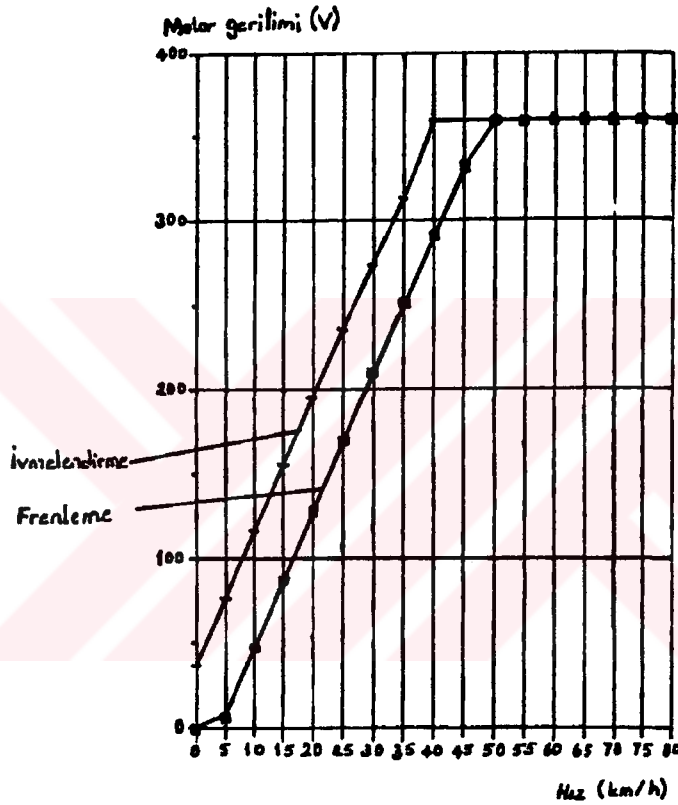
Önceden programlanan her hata tipi bir numara ile bağlantılıdır. Arıza olduğunda numara ile hatalar göstergede belirlenmektedir. Kapasitesi, oluşan arızaların yüz adedini hafızasında saklamasına imkan verir.

5.4 D.C. Motorların Çalışması

Motorun uyarma alan devreleri, sürücünün arzu ettiği hız seviyesine göre, bilgisayardan kontrol edilerek, istenilen maksimum akımla beslenir.

Alan akımı, motorda magnetik alan oluşturur. Bu alan, armatür akımı ile birlikte, motorda bir mekanik moment oluşturur. Bu moment dişliye ve oradan tekerlek dingiline iletilerek aracın hızlanmasına neden olur.

Hız arttığı zaman, motordaki gerilim hızla birlikte artar (Şekil 5.2). Kıryıcıların çıkış gerilimi de aynı oranda artar.



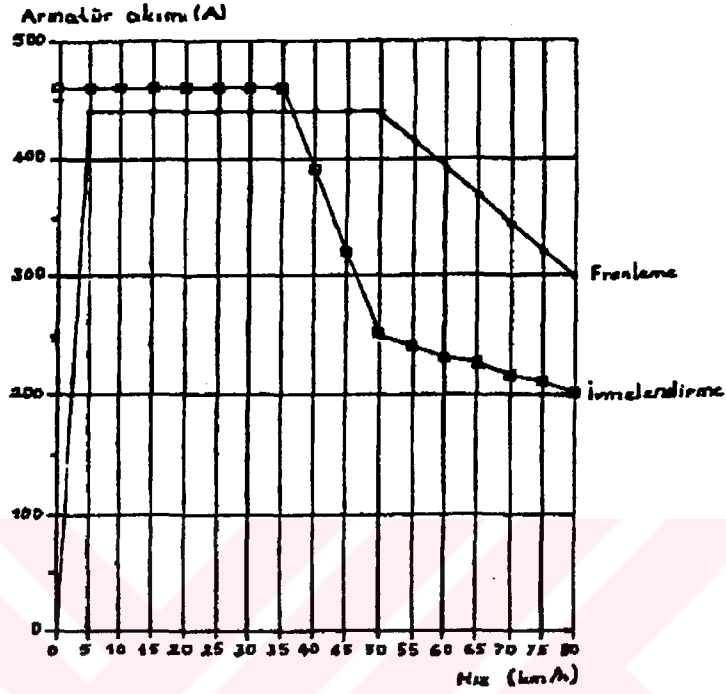
Şekil 5.2 Motor geriliminin ivmelenme ve frenlemedeki hıza bağlı grafiği

Temel hız olarak, yaklaşık 35 km/h kabul edilen hıza motor eriştiği zaman, motorun gerilim değeri hat geriliminin altında olacaktır.

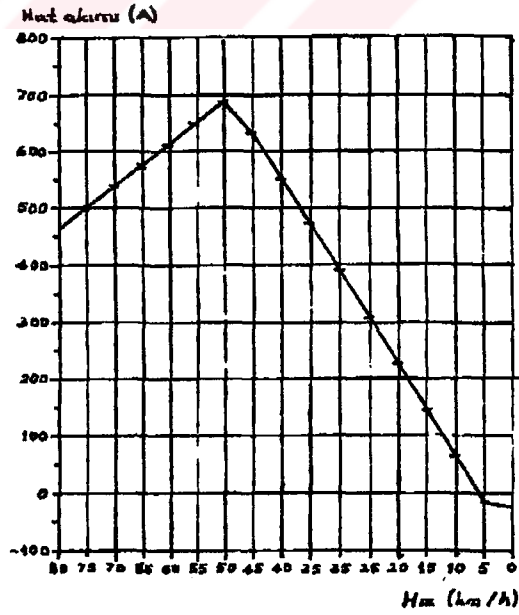
Motor gerilimi arttırılmadığı sürece, magnetik alan akımı adım adım düzenli bir şekilde azaltılarak, hızın 80 km/h'e erişmesine kadar devam edecektir.

Aynı zamanda armatür akımı, kademeli bir şekilde azaltılarak, hızın artması sağlanır (Şekil 5.3). Aracın çekme kabiliyeti, düşük alan hızında maksimumdur ve artan hızla düşer. Aracın çekme kabiliyeti, tren yükünün azalmasıyla artar.

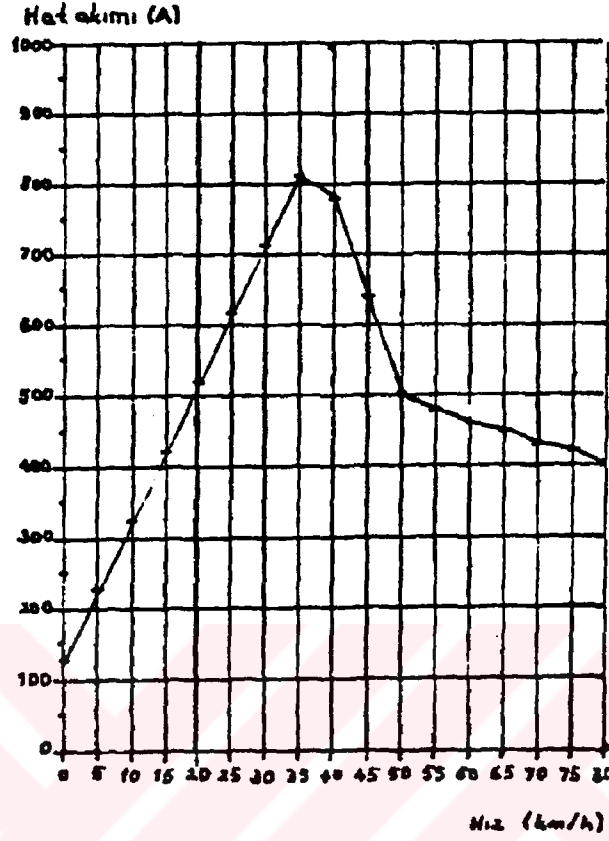
Aracın ivmelendirme ve frenleme konumları sırasında, hat akımının hıza bağı olarak değişim grafikleri Şekil 5.4 ve Şekil 5.5' de verilmiştir.



Şekil 5.3 Armatür akımının, ivmelendirme ve frenlemedeki hıza bağı grafiği



Şekil 5.4 Hat akımının frenlemedeki hıza bağı grafiği



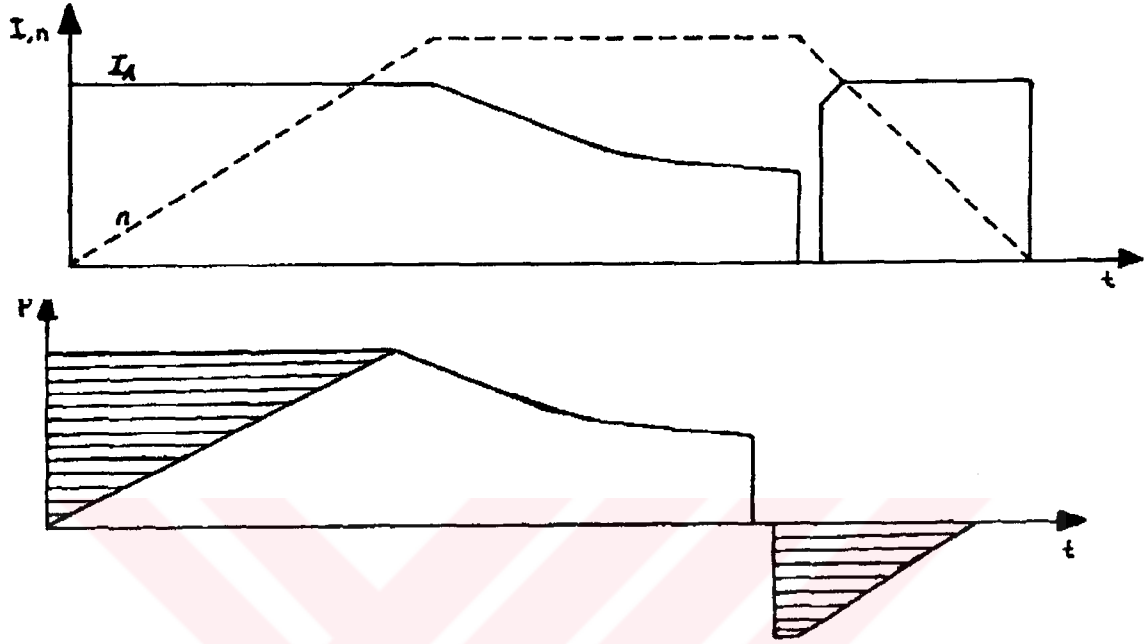
Şekil 5.5 Hat akımının ivmelendirmedeki hıza bağlı grafiği

5.5 Frenleme Modu

Normal frenleme durumu, sürücü tarafından, sürücü koluyla kontrol edilerek sağlanır. Frenlemede öncelikle, elektrodinamik frenleme devreye girer. Eğer dinamik frenleme kuvveti yetersiz kalırsa, bilgisayar vasıtasıyla, mekanik disk frenler otomatikman devreye sokulur. Frenleme ünitesi, normal olarak, aracın durma konumuna erişinceye kadar devrede kalır. Dinamik frenleme, otomatik olarak bilgisayar tarafından uygulanır. Bu sırada motor uyarma alanı ters döndürülerek, armatür akımı uygulanır ve frenleme sağlanır. Bu yolla motorlar, frenleme momenti oluştururlar ve motorlar generatör gibi çalışarak, hatta bir miktar enerji verirler (Şekil 5. 6).

Dinamik frenleme, aracın hızının 5-10 km/h olması durumuna kadar etkili olur. Disk frenleri, bilgisayardaki disk fren kontrol ünitesi vasıtasıyla kontrol edilir. Disk fren kontrol ünitesi, elektropinomatik devreden oluşmaktadır. Bu devreler, fren silindirlere için kontrollü hava basıncı oluştururlar. Ancak bu olay elektriki sinyallerin magnetik valflere uygulanması ile oluşur. Seçilen uygun elektriki sinyal kombinasyonları ile gerekli olan disk fren kuvveti uygulanır.

Dinamik fren, düşük hızlarda etkili olup disk fren mutlaka her zaman aracı durdurmak için uygulanır ve araç durana kadar uygulama devam eder.



Şekil 5. 6 Bir D.A kıyıcısının, hızlanma-yavaşlama çevrimi boyunca olan güç kazancı (taralı alan).

5. 6 Frenlemede Yeniden Üretilen Enerji

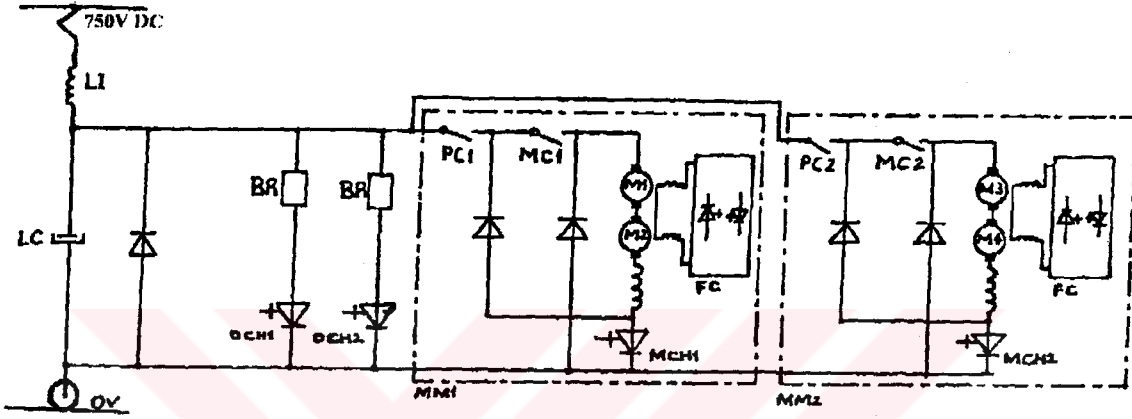
Elektrodinamik fren süresince, aracın kinetik enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülür ve eğer hat enerjisi alabilecek kapasitedeyse hatta verilir. Eğer hat gerilimi alacak kapasitede değilse, aşırı güç, frenleme rezistörlerinde harcanır.

Normalde frenleme olduğu sürece hat, geri üretilen enerjiyi, hatta başka bir araç varsa alır. Eğer hat daha fazla güç alamayacak durumdaysa, hat kapasitörlerinin gerilimi yükselecektir, bu durumda aşırı gerilim kıyıcılarının çalışmasıyla, aşırı güç fren rezistörlerinde harcanarak, hat kapasitelerinde gerilim yükselmesi sınırlanmış olacaktır.

BÖLÜM 6

TAHRİK SİSTEMİNİN İÇERİĞİ

Tahrik sisteminin ana devresi Şekil 6'daki gibi ifade edilebilir.



Şekil 6. Tahrik motorları, motor kıyıcıları, uyarma alanı doğrultucuları ve yüksek gerilim kıyıcılarından oluşan tahrik sistemi

Burada;

MM1	Motor modül I
MM2	Motor modül II
OCH1	Yüksek gerilim kıyıcı I. ünitesi
OCH2	Yüksek gerilim kıyıcı II. ünitesi
MCH1	MM1 in armatür devresini besleyen kıyıcı ünitesi
MCH2	MM2 nin armatür devresini besleyen kıyıcı ünitesi
PC1, PC2	Motor kontakları
MC1, MC2	Modül kontakları
M1	Tahrik motoru I
M2	Tahrik motoru II
M3	Tahrik motoru III
M4	Tahrik motoru IV
FC	Uyarma alanı çevirici ünitesi
BR	Fren rezistörleri
LI	Hat endüktansı
LC	Hat kapasitörü

dir.

Tahrik sisteminin içerdiği kısımlar :

- DC tahrik motorları,
- DC motorun armatür devresinin kıyıcı ünitesi,
- DC motorun uyarma alanı devresinin doğrultucu ünitesi ,
- Aşırı gerilim kıyıcı ünitesi.

Bilindiği gibi, aracın ana devresi, iki motor modülünden oluşmaktadır. Her bir modülde, iki tane seri serbest uyarmalı motor bulunur. Serbest uyarmalı AC motorların armatür ve uyarma akımları birbirinden bağımsız olarak kontrol edilirler. Bu nedenle, maksimum alan akımında, motorun armatür gerilimi, besleme gerilimine eşit olduğu anda, moment maksimum değerine ulaşır (Sarıoğlu, 1975).

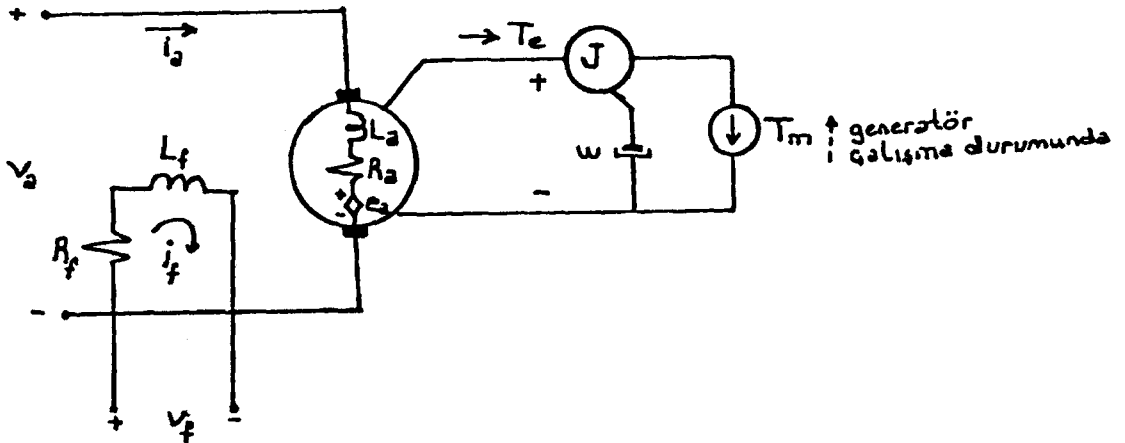
Elektriksel frenleme süresince, motorlar, generatör olarak çalışarak, hattı beslerler. Ancak hattın gerilim seviyesi yüksekse, yüksek gerilim kıyıcıları devreye girerek bu enerjiyi fren rezistörlerinde harcar.

6.1 D.C Tahrik Motorunun Teorik Olarak İncelenmesi

Uyarma sargıları ve armatür sargıları, birbirinden bağımsız olarak kontrol edilir. Şekil 6.1' de verilen bir serbest uyarmalı DC motorunun özelliklerini belirleyen eşitlikler, eşdeğer devreden kolaylıkla elde edilebilir (Sarıoğlu, 1981).

D.C. Motorun Dinamik Bağıntıları ;

$$V_a(t) = e_a + L_a \frac{di_a}{dt} + i_a \cdot R_a \quad (6.1)$$



Şekil 6.1 Serbest uyarmalı D.C motorun eşdeğer devresi

Burada;

v_a	: Armatür gerilimi	J	: Motorun ve mekanik yükün toplam atalet momenti
i_a	: Armatür akımı	w	: Dönme açısal frekansı
R_a	: Armatür direnci	T_m	: Mekanik moment
L_a	: Armatür endüktansı	T_e	: Elektrik moment
e_a	: Armatür hız gerilimi	F_e	: Elektriksel çekme kuvveti
v_f	: Uyarma alanı gerilimi	F_m	: Mekanik kuvvet
i_f	: Uyarma alan akımı	$F_{sü}$: Sürtünme kuvveti
ϕ_f	: Alan akısı	Mdv/dt	: Hıza ve kütleye bağlı olarak değişen kuvvet.
n	: Motorun devir sayısı		
K_a, K_T, K	: Motorun fiziksel özelliklerine bağlı birer sabit		
B	: Sürtünme katsayısı		

$$e_a = K_a \cdot \phi_f \cdot n \quad (6.2)$$

$$v_f = i_f \cdot R_f + L_f \frac{di_f}{dt} \quad (6.3)$$

$$\phi_f = K \cdot i_f \quad (6.4)$$

$$T_e = K_T \cdot \phi_f \cdot i_a \quad (6.5)$$

Motor ve motora bağlı mekanik yük için moment denge denklemleri :

$$T_e = J \frac{dw}{dt} + Bw + T_m \quad (6.6)$$

$$F_e = F_m + F_{sü} + M \frac{dv}{dt} \quad (6.7)$$

(6.4) ve (6.5) eşitlikleri, momentin, armatür akımına ve de uyarma alanı akımına bağlı olduğunu belirtmektedir. Bu iki büyüklük, birbirinden bağımsız olarak kontrol edildiği sürece, momentin kontrolü için iki yol vardır. Eğer armatür direnci ihmal edilirse, moment; armatür akımı ve akı ile orantılı olacaktır (6.5 eşitliği). Armatür hız gerilimi (e_a), hıza ve akıya bağlıdır (6.2 eşitliği).

Sürekli hal durumunda, motorun çalışma özelliklerini belirleyen eşitlikler, türevlerin sıfıra eşitlenmesi ve ortalama değerlerinin kullanılması ile denklemler ;

$$V_A = E_A + I_A \cdot R_A \quad (6.8)$$

$$E_A = K_a \cdot \phi_f \cdot n \quad (6.9)$$

$$V_F = I_F \cdot R_F \quad (6.10)$$

$$\phi_f = K \cdot I_F \quad (6.11)$$

$$T_e = K_T \cdot \phi_f \cdot I_A = Bw + T_m \quad (6.12)$$

$$F_e = F_m + F_{sü} \quad (6.13)$$

olarak elde edilir.

Armatür akımının sabit kaldığını varsayarak, armatür geriliminin değişimi, hızı değiştirecek fakat üretilen momenti sabit tutacaktır.

Eğer armatür gerilimi sabit tutulursa ve alan akımı değiştirilirse T momenti azalacak, fakat n hızı aynı oranda artacağından, üretilen güç değişmeyecektir. Genellikle temel hıza kadar armatür gerilimi denetlenir, temel hızdan sonra alan zayıflatması yapılır. Çalışılabilecek maksimum hız mekaniksel ve elektriksel sorunlar dolayısıyla sınırlıdır. Mekaniksel sınırlar santrifüj kuvvetleri nedeniyle ortaya çıkar, elektriksel sınırlar ise komütasyon sorunlarından kaynaklanır. Alan akımı zayıfladıkça armatür reaksiyonu olarak bilinen bir etki fazlaşır ve komütatörün bir diliminden ikinci bir dilimine aktarım yapmak için yeterli süre kalmayabilir.

6.2 Motor Kıyıcılarının İncelenmesi

Daha evvel belirtildiği üzere, DC/DC kıyıcılar, yükün akımına ve yükten geçen gerilime bağlı olarak sağlanan ortalama gücün prensibine dayanır (Kusko, 1969).

Enerji depolayan endüktans yük olarak bağlandığı zaman, enerji depolayan bir eleman olarak çalışır. Depolanan enerji, bağlantı ayrıldığında, yük üzerinden akıtılır. Sürekli bir akım, yük olan endüktansla sağlanır. Bu yük, bir rezistans, bir batarya, bir motorun alan sargılarını veya motorun armatür sargılarını içerir. Bir DC/DC kıyıcı devresi ile yapılan bağlantı şekli incelenecek olursa;

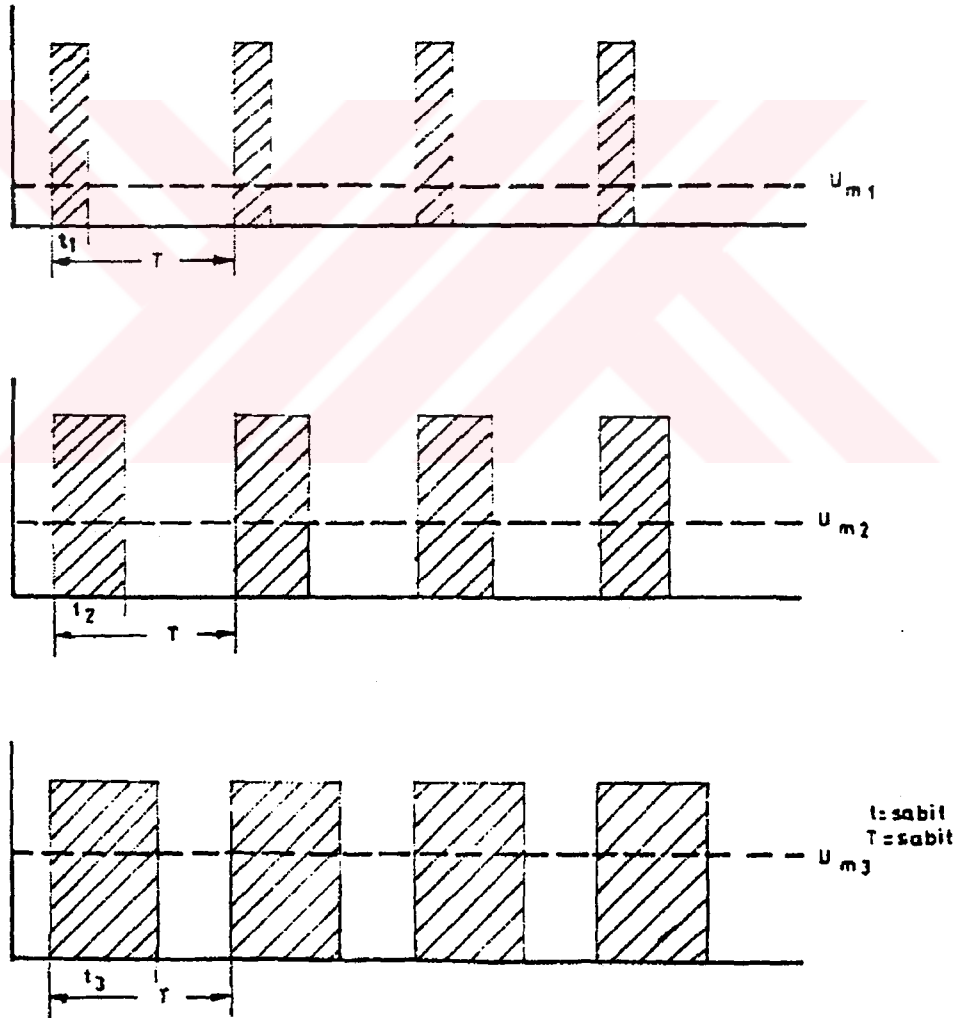
Eğer yükümüz saf endüktif L ise, Şekil 6. 2a' da devre şeması, b ve c' de gerilim, akım diyagramları hıza bağlı olarak verilmiştir.

Yük kendi kendini endüktif hale geçirdiği zaman, endüktansın akımını üzerinden boşaltması için, devreye muhakkak serbest geçiş diyodu konmalıdır. Kaynaktan çekilen güçle, kullanılan güç eşittir. Bir DC/DC kıyıcı, transformatörde olduğu gibi, hem akımı hem gerilimi değiştirir.

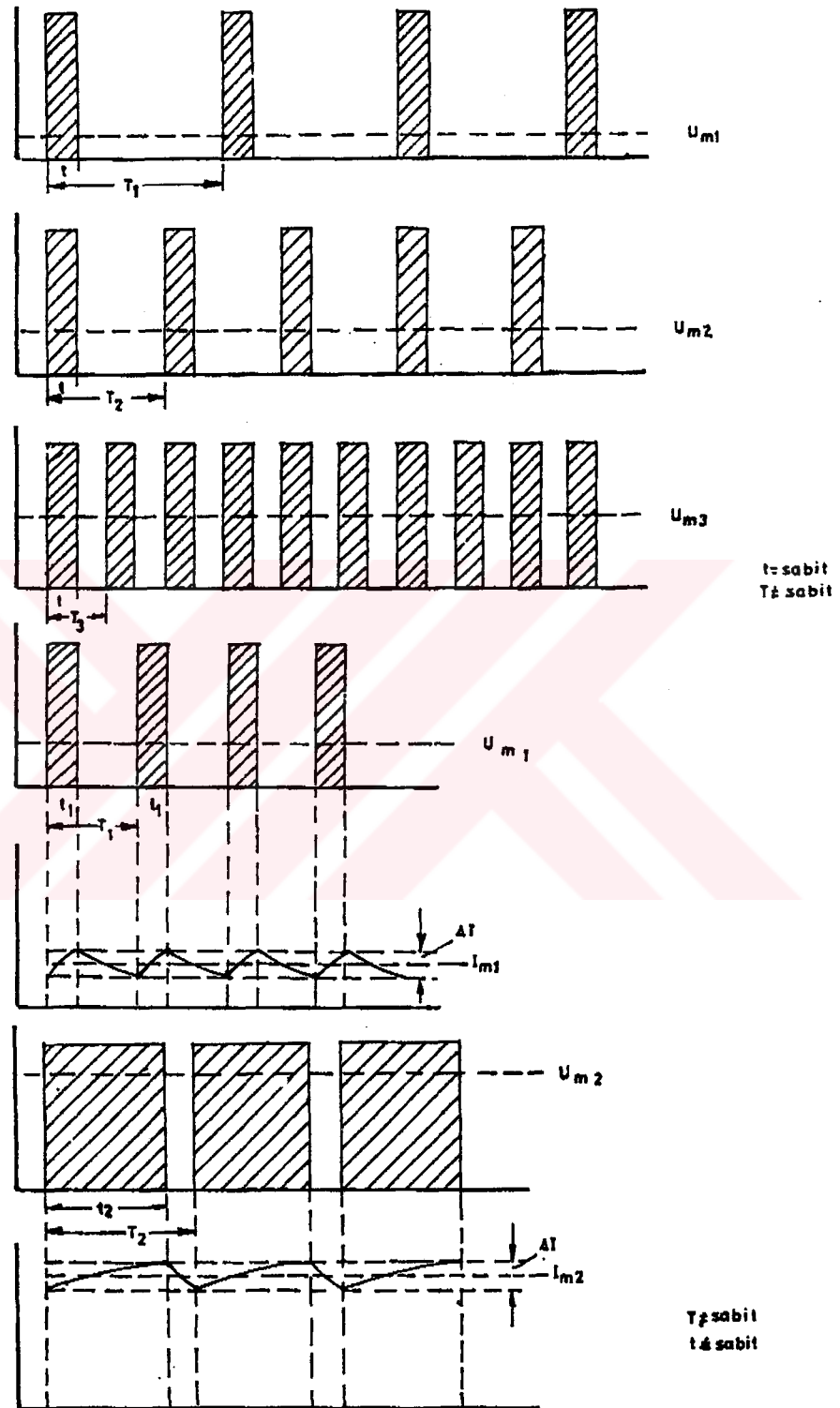
Gerilimin ortalama değeri şu üç yöntemden biriyle ayarlanabilir:

- 1- Darbe frekansı $f_p = 1/T = Sbt$ tutulup GTO' nun devreye girme süresi (t) değiştirilir.
- 2- t sabit tutulup darbe frekansı f_p değiştirilir.
- 3- t ve f_p beraber değiştirilir (Ural, 1991).

Bu üç duruma ait akım gerilim değişimleri Şekil 6.3a, b ve c' de verilmiştir.



Şekil 6.3a GTO' nun devreye girme süresi değişiyor, $f_p = \text{sabit}$



Şekil 6.3b,c Sırasıyla önce $t = Sbt$, f_p değişken; sonra $t \neq Sbt$, $f_p \neq Sbt$.

Düşük hızda, ortalama motor gerilimi V_A ve tetikleme periyodu küçük tutulur. Ortalama I_A akımı moment tarafından belirlenir. Motor gerilimini, T_1 periyodu süresince $(U_L - E_A)$ gerilimi $(R_A - L_A)$ armatür devresine uygulanır ve armatür akımı eksponansiyel olarak artar.

Yüksek hızda, T_2 tıkama süresince i_a akımı düşmeye başlar $(U_L - E_A)$ gerilim farkı, T_1 süresince akımı arttırmak için küçük olmalıdır ve E_A gerilimi hat gerilimi değerine yaklaştırılarak motor hızı artırılır. Buradan çıkarılan eşitlikler:

$$P = U_L \cdot I_m = E_A \cdot I_A \quad (6.16)$$

$$I_m = \frac{E_A}{U_L} \cdot I_A = \frac{T_1}{T_2} \cdot I_A = f \cdot T \cdot I_A \quad (6.17)$$

$$I_A = \frac{I_m}{f \cdot T_1} \quad (6.18)$$

$$E_A = U_L \cdot \frac{T_1}{T} = f \cdot T_1 \cdot U_A \quad (6.19)$$

$$P = f \cdot T_1 \cdot U_L \cdot I_A \quad (6.20)$$

dir.

$(f \cdot T_1)$ faktörü modülasyon seviyesi olarak adlandırılır. Değeri, DC/DC çevirici yük için bir gerilim artışı verildiği zaman, 0' dan 1' e kadar değişir. Armatür gerilimi olan E_A , armatür ve alan akımının sabit tutulması ile sağlanır. Ortalama güç, hızla lineer olarak artırılır.

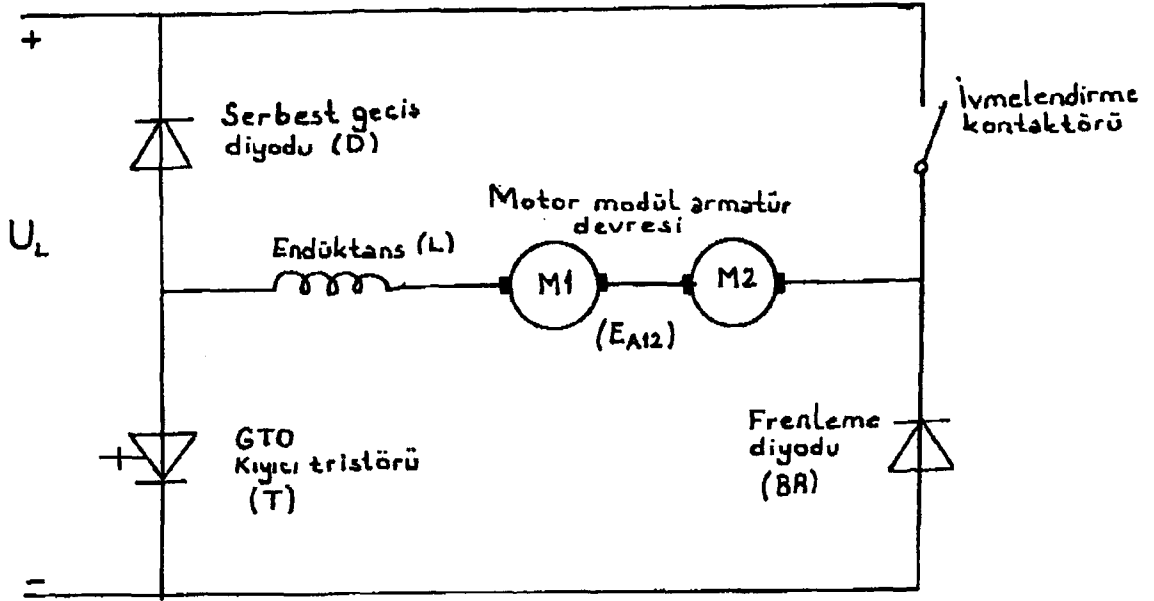
Araçtaki bir motor modülüne ait devre şeması Şekil 6. 4' te verilmiştir.

6. 2. 1 DC Motorun Armatür Devresini Besleyen Kıyıcıların Kontrol Prensipleri

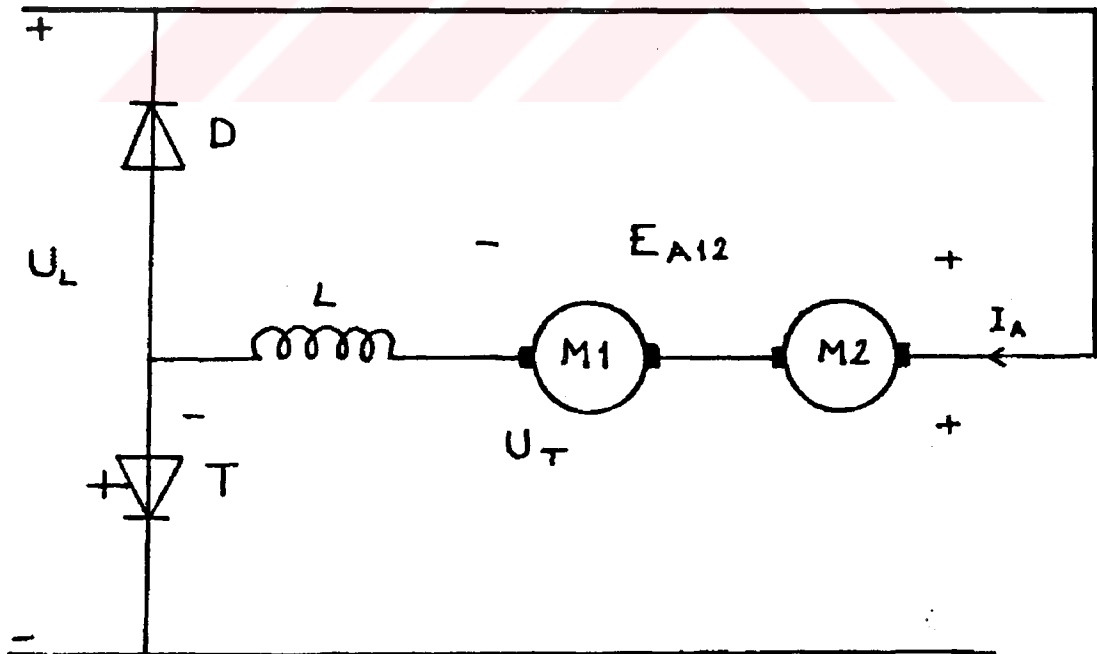
Bu ünitenin amacı, belirtildiği gibi, D.C olan hat gerilimini daha düşük ve kontrol edilebilir gerilim seviyelerine getirerek D.C motorların armatür sargılarını beslemektir. Bu darbeler motorun armatür devresini beslemeden önce filtre edilirler. Araçların ana devresi, iki kıyıcı ünitesinden oluşup her bir motor modülünün armatür devresi, bir kıyıcı ünitesinden beslenmektedir.

6. 2. 1. 1 Aracın ivmelendirme konumundaki kıyıcı ünitesinin çalışma prensibi

Güç modu için basit bir kıyıcı devresi Şekil 6.5' te gösterilmektedir.



Şekil 6.4 Motor modülünün ivmelendirme ve frenleme devresine ait şeması



Şekil 6.5 İvmelendirme konumundaki basit kıyıcı ünitesi

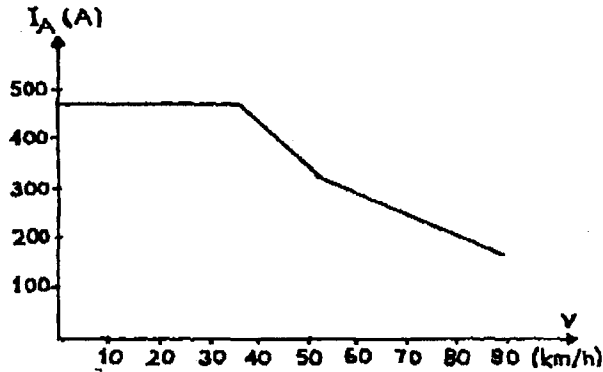
U_L hat gerilimi olup, ünitenin giriş tarafına uygulanan gerilimdir. Kıyıcının çıkış gerilimi U_T gerilimidir. U_T geriliminin, motorda bir DC bileşeni ve L bobininden dolayı bir AC bileşen gerilimi mevcuttur. Şekil 6.6' te armatür akımı ile hat gerilimi arasındaki grafik gösterilmiştir.



Şekil 6.6 Güç durumunda armatür akımı ile hat gerilimi arasındaki grafik.

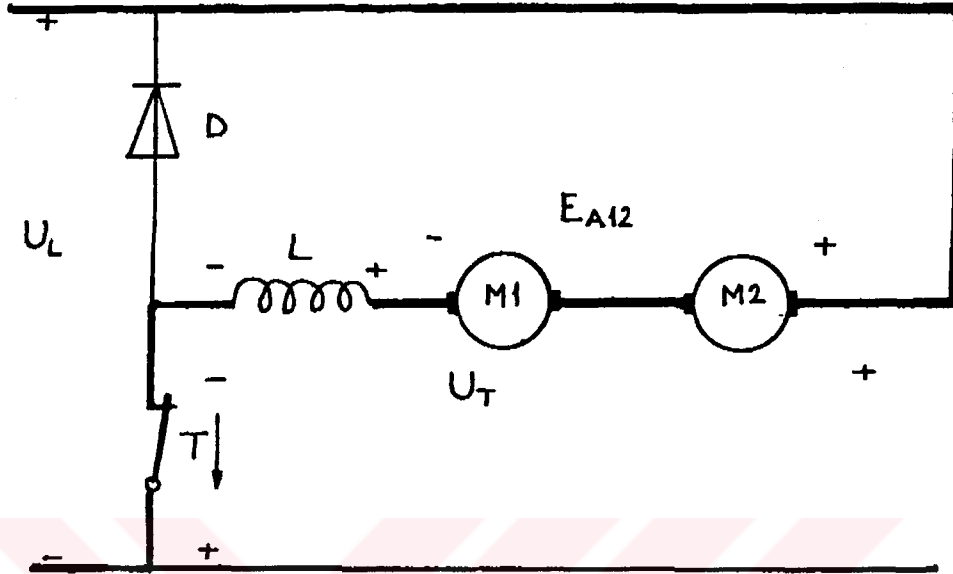
Motorun armatür devresine, kıyıcı tarafından oluşturulan sert darbeleri filtre etmek için, bir L bobini seri bağlanmıştır. Kıyıcı ünitesi, GTO tristörü T'nin iletim ve tıkama durumlarının, ortalama saniyede birkaç yüz devirle değişmelerine izin vererek çalışır. Motor durduğu zaman, sıfır hızda indüklenmiş E_A gerilimi sıfırdır. Bu sebepten dolayı kıyıcı motoru, sadece $(R \cdot I_A)$ gerilim düşümünü karşılayabilecek kadar ufak bir gerilimle beslenmelidir. Motordaki armatür akımı ve magnetik akı tarafından oluşturulan moment, aracın ivmelenmesini sağlayacaktır (Şekil 6.7). Ve bu nedenle motorun hızı (n) ve E_A gerilimi artacaktır.

Armatür akımının sürekliliğini sağlamak için, kıyıcı çıkış geriliminin artırılması gerekir. Bu da kıyıcı çıkış geriliminin, darbe genişliklerini (periyodunu), artırarak mümkün olur.



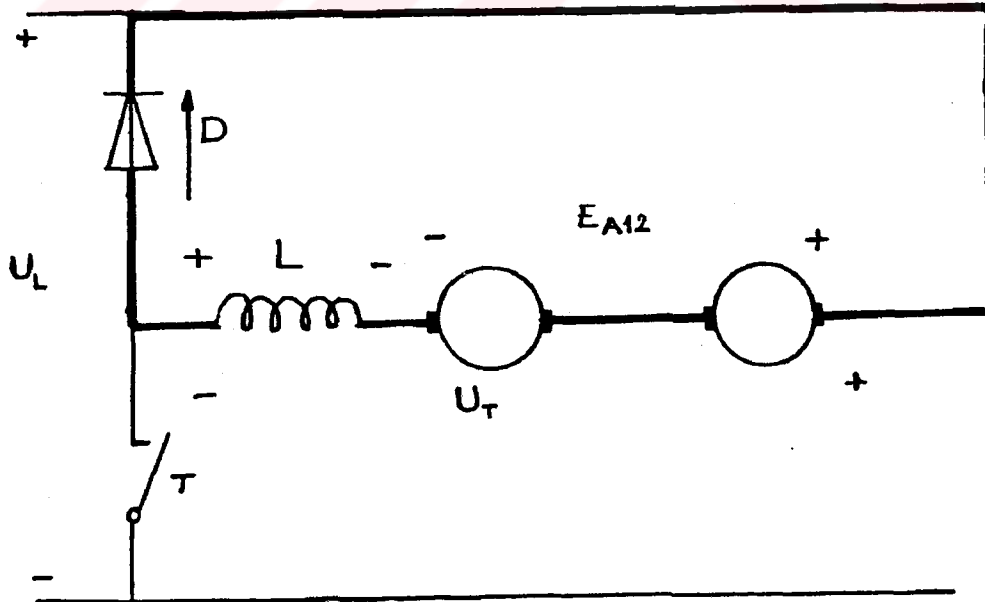
Şekil 6.7 Güç durumundaki armatür akımı ile hız arasındaki grafik

Şekil 6.8' de, kıyıcı devresinin ivmelendirme durumunu göstermektedir. Kalm çizgiler, GTO tristörü iletime geçtiği andaki akım yolunu gösterir.



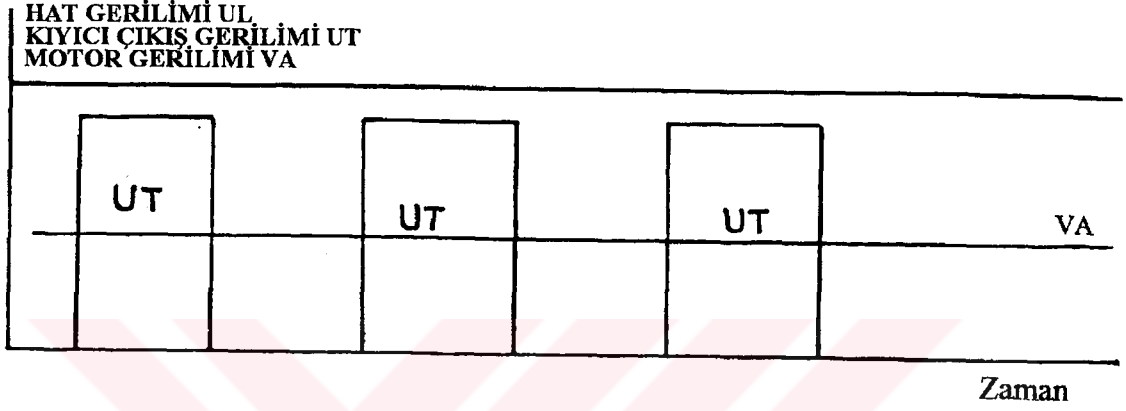
Şekil 6.8 İvmelendirme durumundaki akım yolu

GTO, iletme çok kısa süre için geçirilir ve sonra yeniden tıkamaya sokulur. GTO tıkamaya girdiğinde, Şekil 6.9' deki akım yolunu izler.



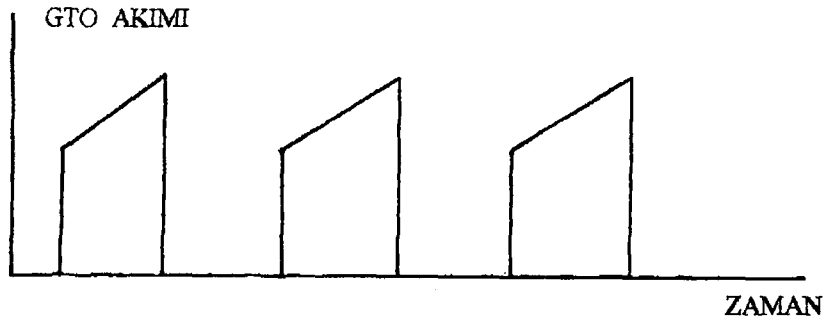
Şekil 6.9 Frenleme durumundaki akım yolu

GTO tıkamaya girdiği zaman, akım, yolunu serbest geçiş diyodu üzerinden tamamlar. Akım, GTO tıkamaya girdiği zaman hemen sıfırlanmaz, çünkü büyük miktarda enerji bobinde depolanmıştır. Bu nedenle, akım, yolunu serbest geçiş diodu üzerinden tamamlar. Bu bir nevi armatür akımının filtre edilmesidir. İvmelenme modundaki önemli gerilim grafikleri Şekil 6. 10' da gösterilmiştir.



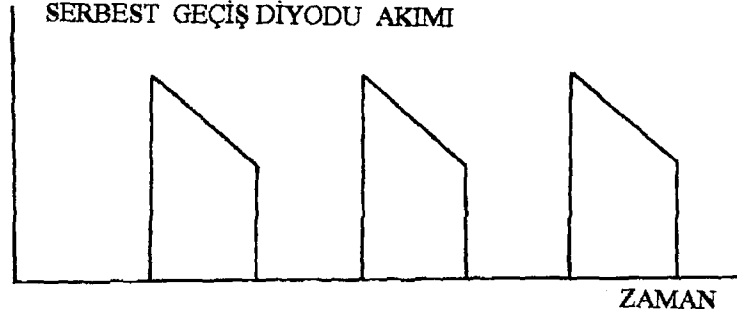
Şekil 6.10 Kırıyıcı çıkış gerilimi, hat gerilimi, motor geriliminin zamanla değişimi

GTO iletme geçirildiği zaman, motor armatür devresindeki akım yükselecek ve GTO' daki akım Şekil 6.11' deki gibi olacaktır.



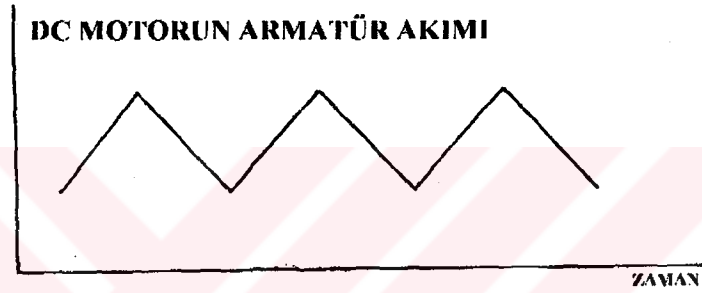
Şekil 6.11 GTO' dan geçen akımın zamanla olan değişimi

GTO tıkamaya sokulduğu zaman, motor armatür devresindeki akım düşecek ve serbest geçiş diyodundaki akım Şekil 6.12' deki gibi olacaktır.



Şekil 6.12 Serbest geçiş diyodundan geçen akımın zamanla olan değişimi

Motor armatür devresindeki akım, GTO'dan geçen akımla serbest geçiş diodundan geçen akımın toplamına eşit olup, Şekil 6.13' te gösterilmiştir.

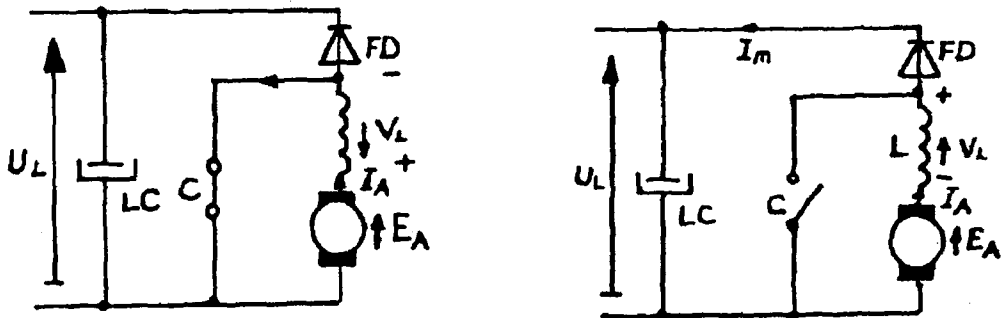


Şekil 6.13 Tahrik motorunun armatür akımının zamanla değişim grafiği .

6. 2. 1. 2 Frenleme Durumundaki Kırıcıların Çalışma Prensibi

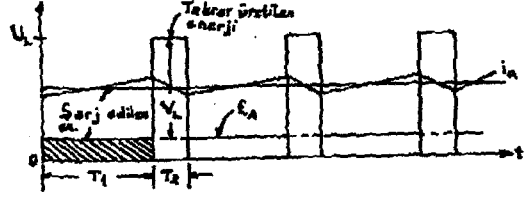
Kırıcılar, frenlemede hat akımını kısa aralıklarla kıyarak, endüktans bobini üzerinden, motora uygularlar. Eğer E_A armatür gerilimi, U_L hat geriliminden küçükse, motor akımı hattı beslemeye başlar.

Şekil 6. 14a, b, c ve d' de frenleme devresi ve gerilim, akımın zamana bağlı olarak değişim grafikleri verilmiştir.

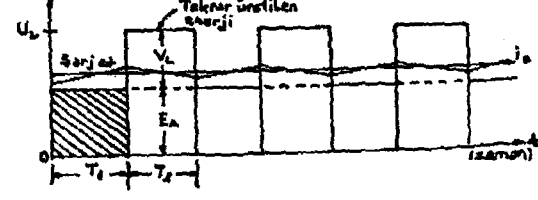


(a) C kontağı kapalıyken I_A şarj akımı

(b) C kontağı açıkken I_m rejeneratif akım



(c) Düşük hızda dalga grafiği



(d) Yüksek hızda dalga grafiği

Şekil 6.14a, b, c, d Frenleme süresince DC/DC kıyıcının çalışma düzeni ve akım gerilim grafiği

Buradaki büyüklükler;

I_m	: Ortalama hat akımı
V_L	: Endüktansın gerilimi
T_1	: Şarj süresi
T_2	: Rejeneratif süresi
T	: Peryot
f	: Frekans
P_L	: Kaynak gücü

dür.

Buradan çıkarılacak eşitlikler,

$$I_m = \frac{T_2}{T_1 + T_2} I_A = (1 - f \cdot T_1) \cdot I_A \quad (6.21)$$

$$E_A = \frac{T_2}{T_1 + T_2} U_L = (1 - f \cdot T_1) \cdot U_L \quad (6.22)$$

$$P_L = U_L \cdot I_L = E_A \cdot I_A \quad (6.23)$$

$$\frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{T_2}{T} = \frac{T - T_1}{T} = 1 - f \cdot T \quad (6.24)$$

dır.

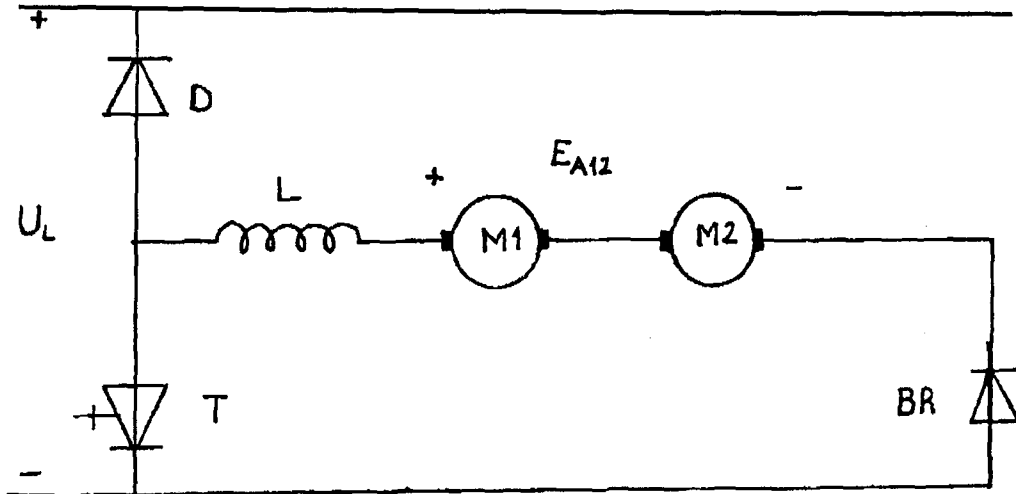
C kontağı kapalı olduğu zaman, motorun endüktansında (L), enerji depolanır. C kontağı açıldığı zaman, bu enerji hatta geri verilir. Endüktans, C kontağının durumuna bağlı kalarak, polaritesini değiştirir ve üzerinden akım her zaman aynı yönde akar. C kontağı kapandığı zaman, gerilim frenleme diyodundan (polaritesi değişmiş olan BD' den) geçer ve motoru hattan ayırır.

Yukarıdaki eşitliklerde motor akımı ve hat akımı arasındaki oran (eşitlik 6.21) ve motor gerilimiyle hat gerilimi arasındaki oran (6.22) ifade edilmiştir. Motorun giriş gücü ile kaynak gücü arasındaki bağımtısı eşitlik 6.23' te verilmiştir. Frenleme periyodu süresince motor gerilimi, hız ile azalır. Bu ($f \cdot T_1$) modülasyon seviyesini artırmakla dengelenir. Bu seviyenin değeri %0 ve %95 değerleri arasında değişebilir. Bu seviye değer, dinamik frenin, düşük motor gerilimlerinde yani düşük hızlarda bile etkili olmasını sağlar. Fren modunda kıyıcı devresi Şekil 6.15' deki gibi olur.

Elektrodinamik frenlemedeki kıyıcı devrenin çalışma prensibi, ivmelendirme modundakiyle aynıdır. Frenleme modunun ivmelendirme modundan farkı, motor geriliminin polaritesinin ters olmasıdır.

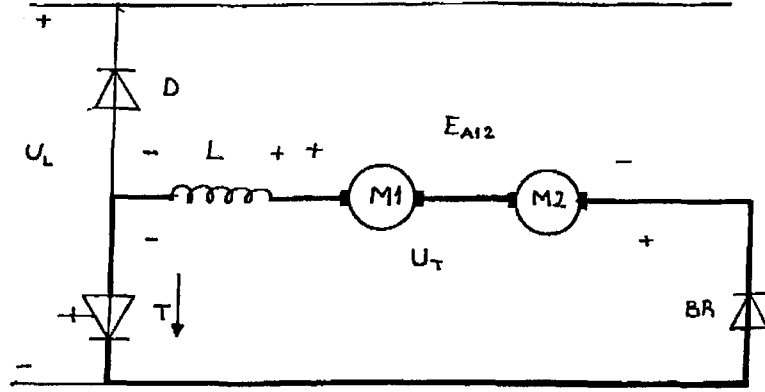
Motor yüksek devirde çalışırken, uyarma alanına akım verildiğinde, motorun E_A gerilimi birkaç yüz Volt'a ulaşır ve GTO bobinle motora bağlanır.

GTO iletme geçtiği an, armatür akımı ivmelendirme durumundaki gibi artacaktır. Şekil 6.16' da, frenleme konumunda armatür akımının izlediği yol, kalın çizgilerle ifade edilmiştir.



Şekil 6.15 Fren modundaki kıyıcı devresi

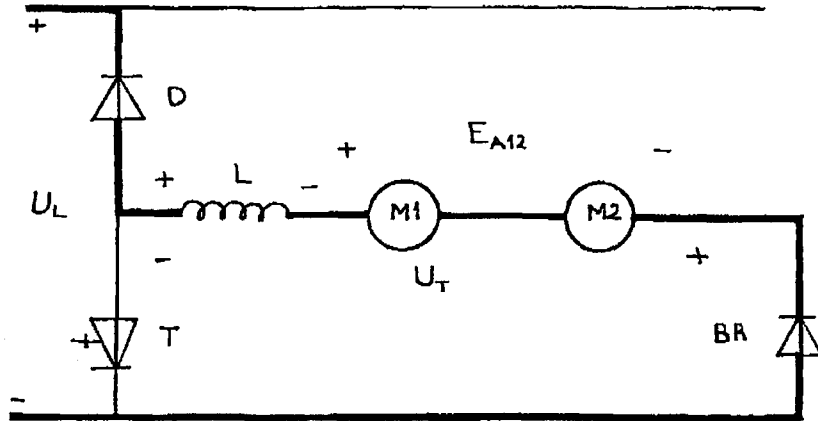
GTO tıkamaya girdiğinde, armatür akımı belirli bir oranda düşecek ve yolunu aşağıda Şekil 6.17'de gösterildiği gibi devresini tamamlayacaktır. Şekil 6.18'de frenleme durumunda, armatür akımıyla hat gerilimi arasındaki grafik gösterilmiştir.



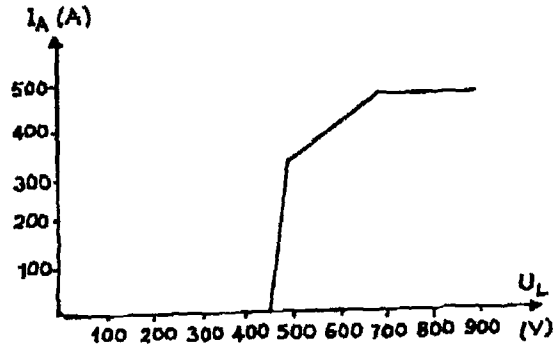
Şekil 6.16 Kıyıcının frenlemede izlediği akım yolu

Akım yolunu, serbest geçiş diyodu üzerinden tamamlar. Bunun sebebi de endüktif bobinde, ivme durumunda iken, büyük miktarda enerji depolanmış olmasıdır. Endüktif bobinde, indüklenen bu gerilim, geri besleme gerilimi olarak hatta geri verilir (Şekil 6.18).

Kıyıcı, istenilen hız konumuna göre, motor için gerekli akımı, belirli periyottaki darbeleri uygulayarak sağlar.



Şekil 6.17 GTO tıkamaya girdiğinde akım yolu

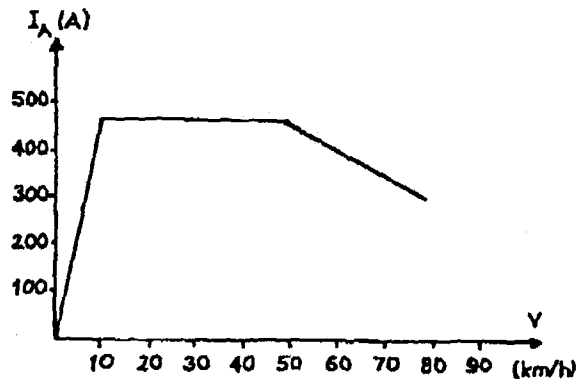


Şekil 6.18 Frenlemede armatür akımıyla hat gerilimi arasındaki grafik

Frenlemede, aracın hızıyla birlikte motor gerilimi de düşecektir. İstenilen motor akımını devam ettirebilmek için, kıyıcı darbe genişliği, motor E_A gerilimi sıfır olana kadar artırılır. Pratik durumda, armatür akımı, saatte 2-5 km hızlarda, sıfıra düşer ve elektrodinamik fren mekanik sürtünme freniyle yer değiştirir (Şekil 6.19).

Veriler:

Sağlanan nominal gerilim	750 V D.C
Sağlanan max. gerilim	825 V D.C
Sağlanan min. gerilim	500 V D.C
Kıyıcı fazı	2
Max. faz akımı	460 A
Frekans	69/207 Hz
Max. çıkış gerilimi	825 V

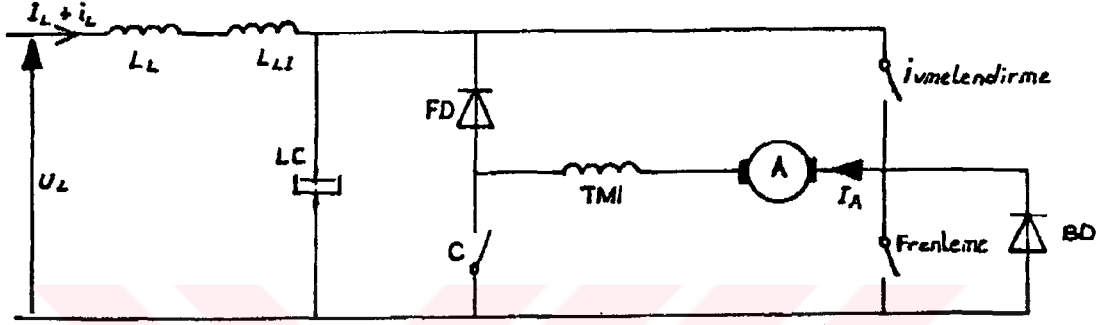


Şekil 6.19 Frenlemede armatür akımıyla hız arasındaki grafik.

6.3 Motor Kırıyıcı Devresinin Çalışma Durumundayken Hattan Gelen ve Hattı Geri Dönen Akımlar

6.3.1 Doğru Akımlar

Motorun ivmelendirme ve frenleme sırasındaki, besleme hattına verdiği ve hattan çektiği güç, armatür devresindeki güce eşittir. Bu durumu Şekil 6.20' deki devrede görelim;



Şekil 6. 20 Hat akımı ile ivmelendirme ve frenleme modları

Burada ,

LI	: Hat bobini	FD	: Serbest geçiş diyodu
LC	: Hat kapasitörü	TMI	: Tahrik motor endüktansı
C	: Kontakt	A	: Armatür
		BD	: Frenleme diyodu

dır.

Buradan çıkarılacak eşitlikler,

$$P = U_L \cdot I_L = V_A \cdot I_A \quad (6.25)$$

$$E_A = K \cdot \phi_f \cdot n \quad (6.26)$$

$$I_L = K \cdot \phi_f \cdot \frac{n \cdot I_A}{U_L} \quad (6.27)$$

dır. K' nm sabit olduğu yerde ;

Temel hızın altındaki hat akımı, devir sayısının (n), armatür akımının ve gerilimin fonksiyonudur. Nominal hızda, ($\phi_f \cdot n$) sabit tutularak uyarma alanı akımı azaltılır. Hat akımı, sadece armatür akımıyla hat gerilimine bağlı olarak değişir.

6.3.2 Alternatif Akımlar

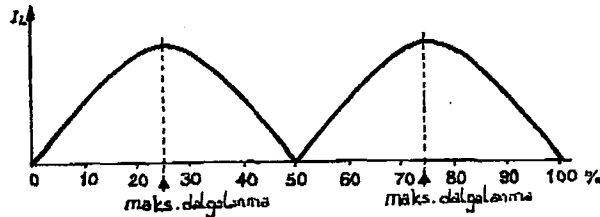
İvmelendirme durumunda hattın, motor kırıcısına darbeler halinde akım çekilir. Hat kapasitesi alternatif akımı absorbe eder, bu esnada kapasite geriliminin değişmesine neden olur. Böylece hattın DC gerilimi üzerine, alternatif gerilimi biner. Hat filtresinin rezonans frekansı f_L , hat bobini L_{LI} ile besleme hattı bobini L_L 'nin endüktanslarına bağlıdır.

$$f_L = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{C_{LC} \cdot (L_L + L_{LI})}} \quad (6.28)$$

f_L frekansının değeri, yaklaşık 37 Hz olup, katener besleme istasyonlarındaki frekans değerine yakındır. Düşük bir rezonans frekansı seçilmesiyle, besleme sistemindeki herhangi bir 50Hz'lik komponentin rezonansa girmesi önlenmektedir. Besleme hattındaki alternatif akım büyüklüğü şöyle ifade edilir ;

$$i_{L_{eff}} < \frac{I_A}{43} \cdot \frac{1}{C_{LC} \cdot (L_L + L_{LI})} \cdot \frac{1}{f^2 \cdot p^3} \quad (6.29)$$

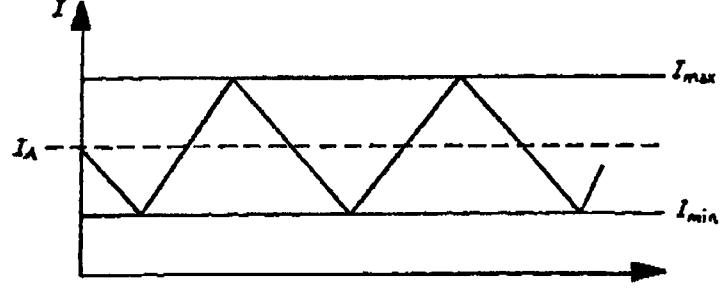
Bu AC komponentin genliği, aynı zamanda hat kapasitesine bağlı olan motor kırıcısı sayısına ve modülasyon seviyesine bağlıdır. İki motor kırıcısı ile elde edilen dalgalı akım Şekil 6.21'de gösterilmiştir. Maksimum dalgalanma %25 ile %75 arasındaki modülasyonlarda elde edilmektedir.



Şekil 6.21 İki motor kırıcısı ile elde edilen dalgalı akım

6. 3. 3 Motor Kırıcılarının Yüklerindeki Akım Dalgalanması

Tahrik motorları kısmında yüke, dalgalı bir akım verildiği belirtilmişti. Dalgalı akımın bir dalgalılık faktörü (K) ile ifade edilmektedir. Şekil 6.22'de dalgalılık faktörünün tanımı yapılmıştır.



Şekil 6.22 Dalgalılık faktörünün tanımı

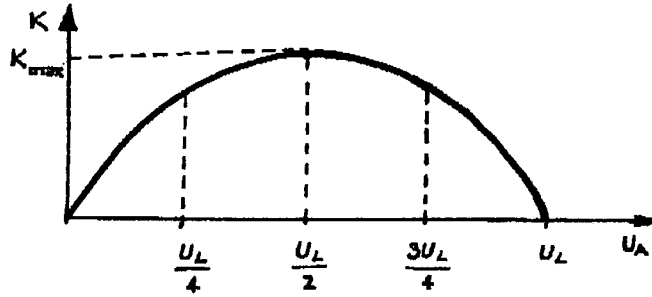
$$K = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \quad \text{dalgalanma faktörüdür.} \quad (6.30)$$

DC/DC kırıcısının dalgalanma faktörü;

$$K = \frac{U_L \cdot T_1 \cdot (1 - f \cdot T_1)}{2 \cdot L_A \cdot I_A} \quad (6.31)$$

dır.

İndüksiyon bobinleri, dalgalandırmayı sınırlandırmak için kullanılır. Şekil 6.23'de dalgalılık faktörünün E_A ve U_L gerilimleriyle olan bağıntısı şekilde gösterilmiştir.



Şekil 6.23 Dalgalılık faktörünün E_A ve U_L gerilimleriyle olan bağıntısı

Dalgalanma faktörünün ölçümleri :

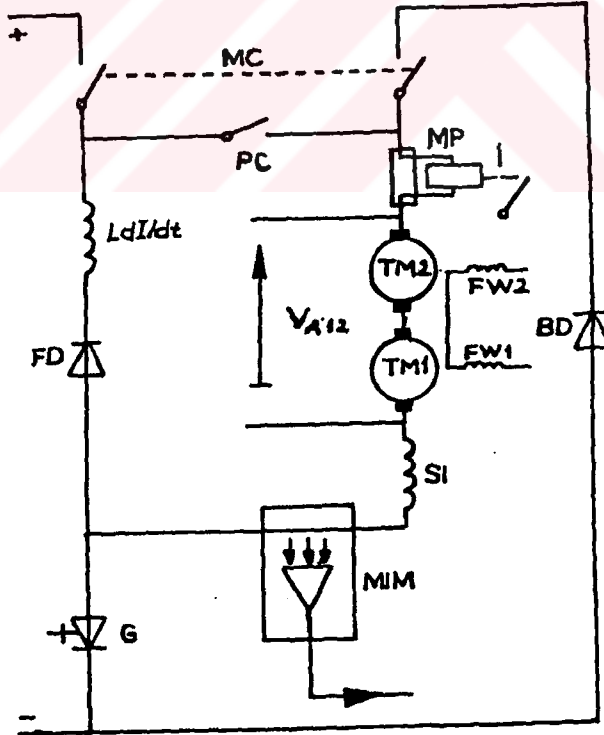
Max. K değeri $E_A = U_L/2$ olduğu zaman max. değerini alır ve max. akımda;

$$I_{\max} = I \cdot (1 + K_1) \quad \text{olur.} \quad (6.32)$$

6.4 Armatür Kıyıcısının, Akım ve Gerilim Ölçüm Devreleri ve Bobinleri

DC/DC kıyıcı ünitesi, yarı iletken devreler dışında, kontaktörler, akım ve gerilim ölçümleri için devreler ve indüksiyon bobinlerini içermektedir. Devresi, Şekil 6.24' te verilmiştir.

İvmelendirme boyunca, motor kontaktörü PC ile modül kontaktörü MC kapalıdır. GTO tristörü G, iletme geçince hattan güç çekilir. TM1 ve TM2 motorların akımları, G tıkanana kadar artar. Tıkanmadan sonra, akım azalarak serbest geçiş diyodundan akar. Motor akımı, GTO'nun iletme geçme sürelerinin değiştirilmesiyle, kontrol edilmektedir. Akımın iyi kontrol edilebilmesi için ölçülmesi gerekmektedir. Bu ise, şekildeki MIM devresi ile gerçekleştirilmektedir. Buna L.E.M. devresi denilmektedir. Bu devrenin çıkış işareti, ana devre ile arasında galvanik yalıtım yapılarak sağlanmıştır. I_{TM12} değeri tahrik bilgisayarına verilmektedir.



Şekil 6.24 D.A kıyıcı, akım ve gerilim ölçüm devreleri ve bobinleri.

Burada,

G	: Ana tristör (GTO)
FD	: Serbest geçiş diyodu
LdI/dt	: Akım sınırlayıcı indüksiyon bobini
SI	: Yumuşak indüksiyon bobini
MIM	: Motor akımını ölçen ünite
MP	: Motoru koruyan ünite (akım kesimine ve dağılımına karşı)
V_{A12}	: Tahrik motorunun gerilimi
PC	: Motor kontaktörü
BD	: Frenleme diyodu
MC	: Modül kontaktörü
TM1	: Tahrik motoru 1
TM2	: Tahrik motoru 2

dır.

Bilgisayarın tahrik bölümünde, motor akımı kontrol edilmektedir. Akım seviyesi 660 A' lik seviyeyi geçtiği zaman, iletme geçme zamanını ayarlayarak akım seviyesini denetlemektedir. Bu ayarlama, akım seviyesinin önceden belirli, daha düşük bir seviyeye, yaklaşık 470 A' e düşmesine kadar sürmektedir. Bu seviyede, yine GTO'nun iletme geçmesine izin verilmektedir. Bloke etme ve hata göstermenin başlamasına kadar, bu olay en fazla yedi kez tekrarlanabilir. Bununla beraber, daha yüksek bir seviye vardır ki yaklaşık 730 A' lik bu seviyenin üzerinde, bloke etme ve hata gösterme derhal başlamaktadır.

Her araçta aynı iki eş DC/DC kıyıcı ünitesi kullanılmaktadır. Bunlar kaynak kısmından bağımsızdır, fakat kontrol devreleri 180° lik faz farkıyla senkronize çalışırlar. Ek bir motor koruyucu olarak, şönt alan rölesi olan MS kullanılır. Bu 900 A olan aşırı akımda devreye girer ve MCB ana devre kesicisini açar. Eğer motorların birinde, bir topraklama arızası olursa, MIM bunu ölçerek bildirir. Koruma düzeni ve arıza göstergesi, motor akım ölçerinin, I_{TM12} yüksek akım seviyesini farketmeden bunu farkedebilir. Frenleme süresince, motor kontaktörü PC açıktır. Motorun E_A sının yönü değiştirilerek (alan akım yönü değiştirilerek), ivmelendirme durumuyla karşılaştırılır.

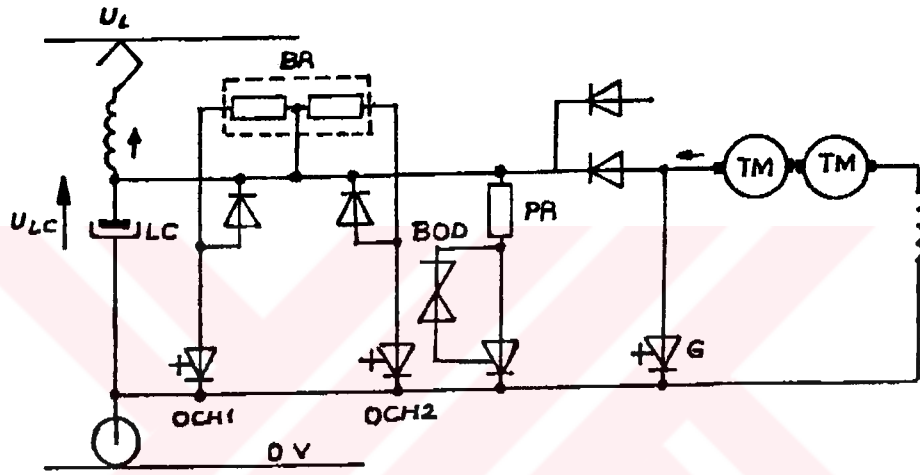
Motorlar generatör olarak çalışırlar ve bunların güçleri GTO tristörü tarafından kontrol edilir. GTO tristörü çalışmaya başladığı zaman, akım artar ve güç serbest geçiş diyodundan geçerek , hattı besler.

Modül kontaktörü MC, bir motor modülünü kaynaktan ayırmak için kullanılır. Bu durum olduğu zaman, motor modülünün alan çeviricisine ihtiyaç duyulmaz. Bu durum, alan çeviricisine, bilgisayar tarafından bağlantısının kesilmesine dair, gönderilen işaretlerle sağlanır.

6.4.1 Frenleme Devresinin İçeriği

Normal şartlarda, frenleme esnasındaki tüm güç hatta iade edilir. Ancak bu işlem, o anda hatta, motor ve yardımcı devreleri için, güç çekmekte olan araçlar varsa gerçekleşir.

Eğer iade edilecek olan tüm frenleme gücü, o anda kullanılmazsa hat kapasitesi gerilimi (U_{LC}) yükselir. Bunun üzerine bilgisayar içindeki gerilim regülatörü yüksek gerilim kırıyıcısını aktive eder ki bu da akımın BR frenleme dirençleri devresi üzerinden akarak gücün ısıya dönüşmesini sağlar (Şekil 6.25).



Şekil 6.25 Frenleme esnasında hat kapasitesinin geriliminin yükselmesi üzerine aktif hale getirilen yüksek gerilim kırıyıcısı.

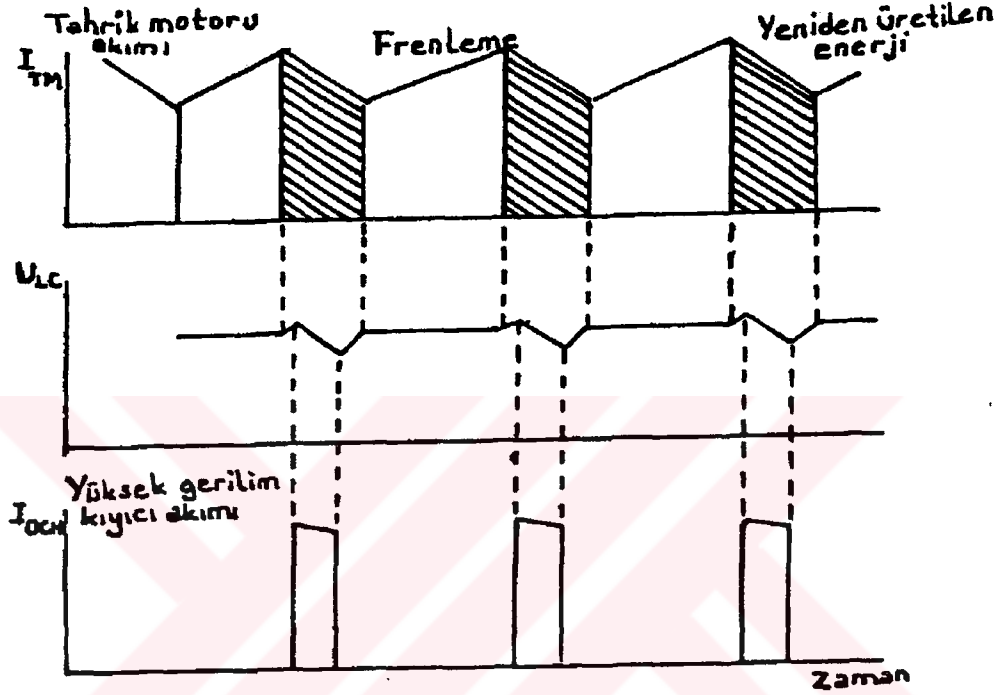
Burada ;

LC	: Hat kapasitesi	BOD	: Frenleme diyodu
U_{LC}	: Hat kapasitesinin geçiş gerilimi	PR	: Yüksek gerilime karşı koruyucu direnç
U_L	: Hat gerilimi	G	: GTO
BR	: Frenleme direnci	TM	: Tahrik motoru
OCH1, OCH2	: Yüksek gerilim kırıyıcısı fazları		

Yüksek gerilim kırıyıcısı, herbiri frenleme direncinin yarısını kullanan iki ayrı fazdan (OCH1 - OCH2) oluşmaktadır. Bu iki motor kırıyıcısı, motor kırıyıcıları ile senkronize edilir. Öyle ki GTO ilgili motor kırıyıcısının tıkanmasından kısa bir süre sonra ilettime geçer. Bu şekilde hat kapasitesi geriliminde minimum dalgalanma olur (Şekil 6.26).

Yüksek gerilim kırıyıcısının gereksiz yere aktive edilmesini önlemek amacıyla güç çekme durumunda (ivmelendirmede) aktive etme seviyesi frenlemeye göre daha

yüksek tutulmuştur. Bu seviye aynı zamanda hat akımının yönüne de bağlıdır. Araç katenerden güç çektiği zaman yüksek seviye, güç verdiği zaman ise alçak seviye pozisyonuna göre ayarlanmıştır. Sonuç olarak her araç kendi iade edilemeyen gücü ile ilgilenmektedir.



Şekil 6. 26 Yüksek gerilim kıyıcılarının akım ve gerilimleri

Ek koruyucu olarak, yüksek gerilim koruyucu direnci kullanılır. Direnç BOD elemanı ile iletme geçirilen normal bir tristöre seri bağlıdır. Bu devre çalıştırıldığı zaman, aynı anda bilgisayara MCB' yi (ana devre kesicisinin) açma ve kıyıcıları bloke etmek için sinyal verilir.

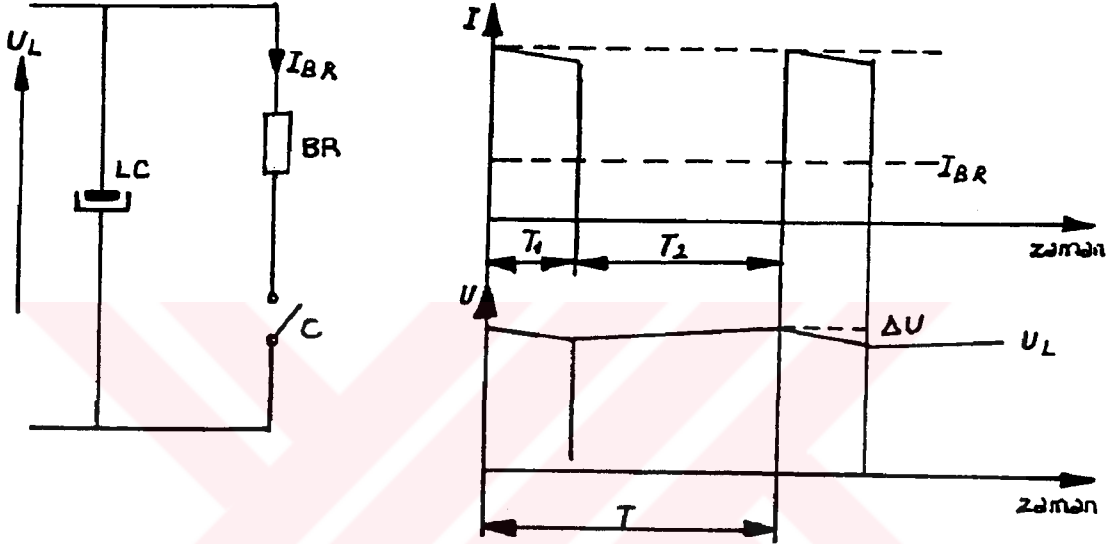
BOD elementi, üzerindeki gerilim belli bir seviyeyi aştığı zaman tristörü tetikleyerek devreye sokar.

6. 5 Yüksek Gerilim Kıyıcısı

Bir yüksek gerilim kıyıcısı, yük olarak, bir dirençle birlikte çalışır. Bu ünite hat kapasitesi ile paralel bağlanmıştır ve gerilim çok yükseldiğinde kapasiteyi boşaltır (Şekil 6. 27).

Yüksek gerilim kıyıcısı, frenleme konumunda, frenleme gücü hatta iade edilmediği zaman çalışır. Aynı zamanda güç çekilirken, pantograftaki sıçramalardan kaynaklanan dalgalı akımlar meydana geldiğinde de çalışır.

UL gerilimi, ön ayar değer seviyesini aştığı zaman C kontağı kapanır. T_1 periyodu süresince, C kontağı, ΔU gerilim azalması süresince kapalı kalır. Bu değer tam olarak hesaplanamaz. Çünkü bu değer, hat kapasitesinin dolma akımına, motor akımının değerine, aracın hızına ve motor kıyıcılarının modülasyon seviyesine bağlıdır.



Şekil 6.27 Yüksek gerilim kıyıcısının çalışma prensibi, aktif ve pasif olduğu durumlardaki akım-gerilim grafikleri.

Burada,

- I_{BR} : Frenleme akımı
- LC : Hat kapasitesi
- BR : Frenleme direnci
- C : Kontaktör

dır.

C kontaktörünün aktif durumu için gösterilen seviye, ivmelendirme ve frenleme durumu için, farklı durumlarda düzenlenmiştir.

Frenleme direncinin geçiş gerilimi, seri olarak bir endüktans kullanılmadığı sürece akım akıtır.

Frenleme direncinde harcanan güç, normal olarak motorların iade ettiği güce eşit veya daha küçüktür (eşitlik 6.32). Bu güç, yüksek gerilim kıyıcıları tarafından

$$P_{TM} = E_A \cdot I_A \left(\frac{U^2}{R_{BR}^L} \cdot f \cdot T_1 \right) \quad (6.33)$$

kontrol edilir. Bu nedenle hat kapasitörünün geçiş gerilimi, düzenlenen seviyenin aşağısında tutulur. Frenleme periyodunun başlangıcında, rezistördeki güç büyüktür.

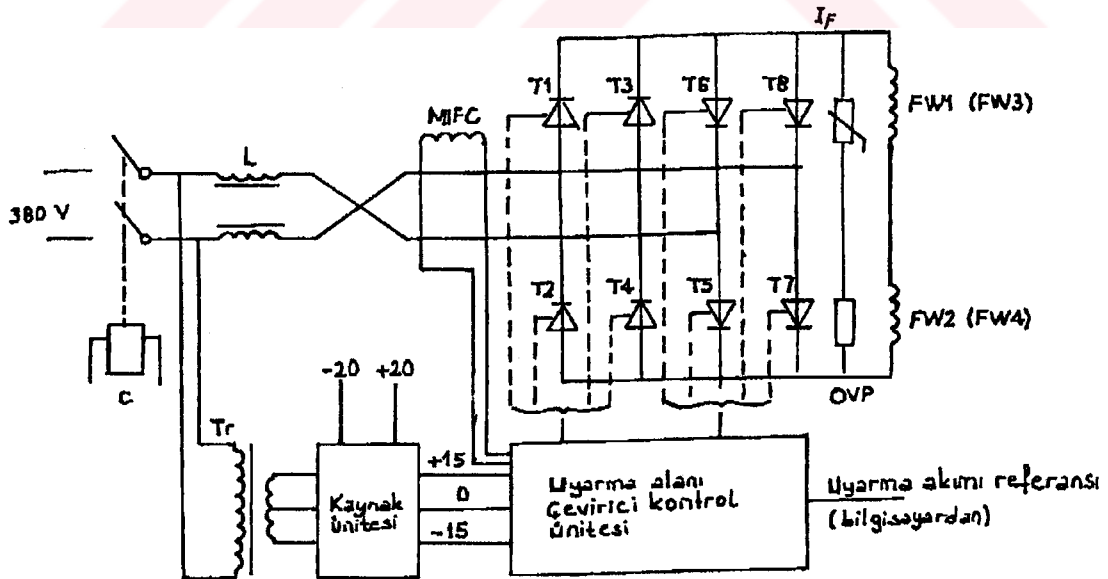
6.6 Uyarma Alanı Çeviricisi

Her bir motor modülü için birer adet olmak üzere toplam bir araçta iki adet alan çeviri ünitesi vardır. Çevirici ünitesinde sekiz adet tristör yarı iletkeninden bulunmaktadır ve bunlar dörder gruplar halinde birbirine ters bağlanmıştır (Şekil 6.28).

Yalnızca iki doğrultucu tristör, aynı anda tetiklenir. Doğrultucunun tıkamaya girmesi için, tetikleme darbeleri kesilir (Gülgün, 1983).

Kontrol sisteminin görevi, doğrultucu devresinin aktif olmasını veya aktif olmamasını sağlamaktadır. Ve kesilen kontrol darbelerini, özel bir kesici tarafından yaptırılmaktadır. Alan çeviricisi, geri besleme akımı ve akım kontrolü ile çalışır.

Doğrultucu gerilimi, hemen hemen kare dalga şeklindedir. Giriş gerilimi sinüs şeklinde olup, giriş geriliminin genliği, frekansla orantılı olduğu farzedilmektedir. Yani bu da bir periyottaki gerilimin integralinin sabit olmasıdır.



Şekil 6.28 Alan çevirici ünitesi

Burada,

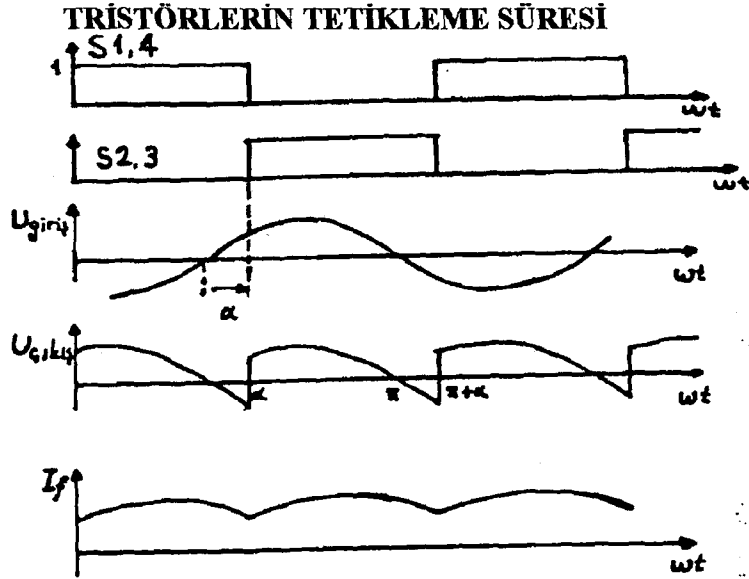
FW	: Tahrik motorlarının alan sargıları
T	: Tristör
L	: Endüktans
MIFC	: Alan akım ölçeri
IF	: Alan akımı
T_r	: Transformatör
OVP	: Yüksek gerilim koruyucusu
C	: Alan doğrultucu kontaktörü

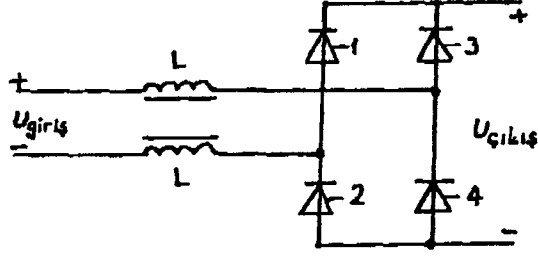
dır .

Verileri :

Giriş gerilimi	: Bir fazlı sinüs dalga Frekansı 50 Hz, 380 V, AC
Yedek güç gerilimi	: ± 24 V
Çıkış gerilimi max.	: ± 340 V
Çıkış kontrol akımı	: ± 20 A
Çıkış akımı max.	: ± 22 A

Uyarma akım kontrol grafiği ve akım, gerilim dalga şekilleri Şekil 6. 29' da verilmiştir.





Şekil 6. 29 Uyarma akımının kontrol grafiği

Burada,

U_g	: Sinüs dalga giriş gerilimidir.
$U_ç$: Doğrultulduktan sonraki çıkış gerilimi
I_f	: Uyarma akımı
u	: Tetikleme açısı

dır. Maksimum uyarma akımı, $\alpha = 0$ olduğunda elde edilir.

Ortalama çıkış gerilimi :

$$U_{ç0} = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\alpha+\pi} \sqrt{2} U_{giriş} \cdot \sin \omega t \, d(\omega t) = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cdot U_g \cdot \cos \alpha \quad (6.34)$$

6.7 Doğru Akımlı Ulaşım Sistemlerinde Doğru Akım Kırıcısı Kullanılmasıyla Sağlanan Üstünlükler

- Cer motorlarına özgü endüvi gerilimlerinin değeri hemen hemen, sıfır ile besleme gerilimi arasında sürekli olarak ayarlanabilir.
- Gerilim kontrolü için seri dirençlere gereksinme olmadığından seri dirençlere kaybolan enerjiden ekonomi sağlanır. Faydalı frenleme yapılamıyorsa, dirençle frenleme için genede bir direnç gereklidir.
- Hat ve motor arasında güç transformasyonu, yol alma süresince, doğru akımlı taşıtların hattan daha az akım çekmesine neden olur. Yol almadaki akım yükselmeleri, güç istasyonlarının hesabında önemli bir faktördür ve doğru akım kırıcısı kullanılması güç istasyonlarının kapasitelerini daha uzun bir süre için yeterli kılabilir.

- Isınma sınırını aşmamak şartı ile motorlar, karakteristik eğrileri üstünde herhangi bir noktada çalıştırılabilirler.
- Kademeli ayar yerine sürekli ayar yapılabildiği için hareket süresince sarsıntı hissedilmez.
- Hızlanma ve yavaşlamanın kesintisiz olması ve elektriksel büyüklükleri kontrol eden elektronik kontrol sisteminin cevap hızının büyük olması nedeniyle motorlarda ve transmisyonda aşınma ve eskime daha az olur (Kasapoğlu, 1984).



BÖLÜM 7

KONTROL VE DENETLEME PRENSİPLERİ

Burada M ve MD araçlarının tahrik sisteminin, kontrol prensipleri anlatılmaktadır.

7.1 Kontrol Prensipleri

Sürücü kabindeki sürücü koluyla, istenilen hızlanma ve yavaşlama ivmesi, bilgisayar tarafından kontrol edilmektedir. Hızlanma-yavaşlama durumundaki ivme referansları, armatür akım referansına dönüştürülür. Yavaşlama ivmesinde, mekanik frenleme referansı hesaplanır ve armatür akım referansı ile, armatür akım kontrolü beslenir (Aström, 1988).

Tahrik motorlarında; moment, armatür akımı ile uyarma akımına bağlıdır. Düşük hızlarda uyarma alan akımı (akı), sabit tutulur ve moment, armatür akımı vasıtasıyla değiştirilir. Akımın sabit tutulmasıyla, motor gerilimi hızla artarak, hat gerilimi değerine ulaşacaktır. Aşında motor geriliminin (temel hız bazında) hat gerilimi seviyesine erişmesine izin verilmez, her iki büyüklüğün arasında küçük bir fark her zaman için bırakılır. Motor gerilimi, hat gerilimi seviyesine ulaştığında, kıyıcı çıkış gerilimi maksimum değerine ulaşır ve hız artırılamaz. Bunun nedeni ise, motor geriliminin hızla artmasıdır. Aracın hızının, temel hız bazının üstüne çıkarılabileceği için, uyarma alan akımı (akı), temel hız seviyesinin üstünde azaltılır. Bu durumda motor gerilim değeri düşmeye başlar. Frenleme modunda, mekanik frenleme kontrol altına alınır. Elektrik frenleme (elektrodinamik frenleme) max. seviyede uygulanır, yetersiz olduğunda buna mekanik frenleme de eklenir.

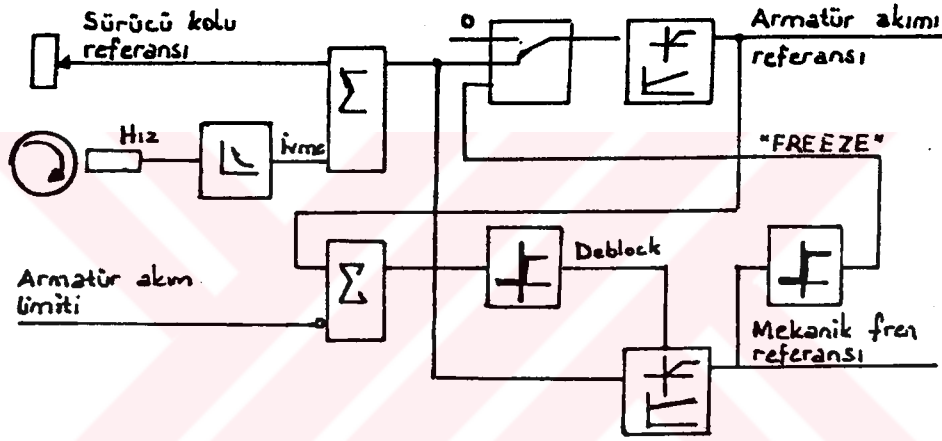
Elektrik frenleme süresince, motordan hatta geri verilen enerji nedeniyle, hattın gerilimi yükselir. Hattın geriliminin fazla yükselmesini engellemek için, yüksek gerilim kıyıcısı ünitesi bulunmaktadır. Bu ünite bir yüksek gerilim kıyıcı kontrol ünitesiyle kontrol edilir. Şekil 7. 1' de, tahrik kontrol sistemi gösterilmektedir. Şekil sadece bir motor modülü içindir.

7.1.1 İvmelendirme Kontrolü

İvmelendirme konumunda ivme, PI regülatörü ile kontrol edilir Şekil(7.2). Sürücüden gelen referansa göre, hızın türüyle karşılaştırılarak, PI regülatörüne gönderilir. İvmelendirme modunda, regülatörün çıkışından alınan armatür akımı referansı armatür akım kontrol ünitesine gönderilir. İvme kontrolü için kullanılan hız, 3. ve 4. aksların maksimum hızlarıdır. Bunun sebebi bilindiği gibi, 3. ve 4. aksların motor içermemesi ve kaymayla sebebiyet vermemesidir.

gerçekleşerek, mekanik fren kontrolü serbest bırakılır. Mekanik fren referansı, sıfırı (0) geçer geçmez "FREEZE" sinyali gerçekleşir. Bu sinyal, armatür akım referansını sabit tutarak, mekanik frenleme referansının tekrar sıfır olmasına kadar sürer. Bunun bu şekilde olmasının nedeni, yavaşlamayı kontrol edecek iki regülatörün aynı anda birlikte çalışmasının mümkün olmamasındandır. Bu nedenle, elektrikli fren etkili olduğu sürece uygulanır ve ihtiyaç olduğunda, mekanik fren devreye sokulur. Mekanik fren devreye girdiğinde, armatür akımı sabit tutulur. Yavaşlama ivmesinin kontrolü için kullanılan hız, bütün aksların maksimum hızdır. Bunun sebebi kullanılan hızın kayan bir aksdan gelmesini önlemektir.

Yavaşlatma ivmesinin kontrolü bilgisayardaki yavaşlatma lojisi programıyla kontrol edilir (Şekil 7.3).



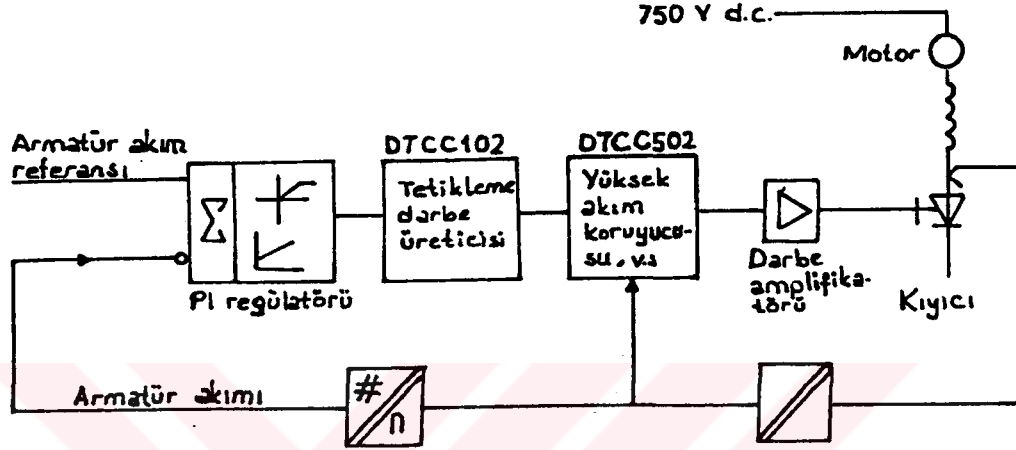
Şekil 7.3 Yavaşlama ivmesi kontrolü

7.1.3 Armatür Akım Kontrolü

Şekil 7.4' de görüldüğü gibi, hızlanma ve yavaşlama ivmelerinin kontrolündeki armatür akım referansı, armatür akım kontrolüne gönderilir ve ölçülen armatür akımıyla karşılaştırılır. Elde edilen sonuç, PI regülatörüne gönderilir. PI regülatöründen gelen çıkış, kıyıcıdaki GTO' nun iletme girme süresiyle orantılı olmalıdır. Tetikleme zamanı, armatür akım kontrolü ünitesinden gelir ve bu sinyal, DTCC 102 A bilgisayar bordundan üretilir. Bu bordtan GTO için tetikleme palsları üretilir. Bu tetikleme palsları, DTCC 502 A borduna gider ve bu bord aynı zamanda aşırı akıma karşı korunmayı sağlar. DTCC 502 A kartından alınan palslar, kıyıcıdaki GTO' ya bağlanmış olan bir pals amplifikatörüne gönderilir. Armatür akım kontrolü bilgisayar tarafından aşağıdaki düzende oluşturulur;

IA12P : Güç konumunda motor modül 1 de armatür akım kontrolü

- IA34P : Güç konumunda motor modül 1 de armatür akım kontrolü
- IA12B : Frenleme konumunda motor modül armatür akım kontrolü
- IA34B : Frenleme konumunda motor modül armatür akım kontrolü



Şekil 7.4 Armatür Akım kontrolü

7.1.4 Motor Gerilimi Kontrolü-Uyarma Alanı Kontrolü

Daha önceki bölümde de belirtildiği üzere, tahrik motorunun gerilimi, motor hızı ve akısıyla orantılıdır. Akı veya uyarma alanı akımı sabit tutularak, motor geriliminin hızla birlikte artması sağlanır.

Motor geriliminin, hat gerilimini geçmesine müsaade edilmemelidir. Bu nedendir ki kontrol sistemi, motor gerilim kontrol sistemini kapsamı içine alır.

Kıyıcı ünitesi tetiklendiğinde, kıyıcının çıkış gerilimi uzun bir süre artıramayacaktır. Eğer bir sinyal alınmazsa, hız artmayacaktır (çünkü motor gerilimi hızla birlikte artıyor). Hızın temel hıza kadar artmasına izin verilir. Bu kontrol sistemi uyarma alanının kontrol sistemini de içerir.

7.1.4.1 İvmelendirme ve Frenleme Durumunda

İvmelendirme ve frenleme konumunda, motor gerilimi hattın gerilimiyle karşılaştırılır ve elde edilen karşılaştırma değeri, PI regülatörüne gönderilir. Eğer motor gerilimi, hat gerilimi değerini aşarsa, Δ kadar bir azalma sinyali gönderilerek PI çıkışındaki uyarma akımı referansı azaltılır ve buna bağlı olarak da motor gerilimi

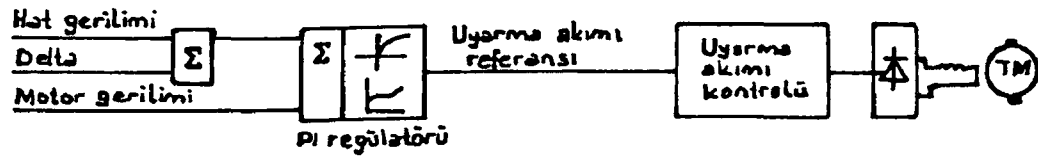
azaltılır (Şekil 7. 5). PI çıkışındaki uyarma akımı referansı, uyarma alanı akım kontrolünü besler. Motor geriliminin, ivmelendirme ve frenleme konumundaki kontrolü, bilgisayar tarafından aşağıdaki sırayla kontrol edilir :

VC12P : Motor modülü 1'in motor gerilim kontrolü ivmelendirilme durumunda

VC34P : Motor modülü 2'nin motor gerilim kontrolü ivmelendirilme durumunda

VC12B : Motor modülü 1'in motor gerilim kontrolü frenleme durumunda

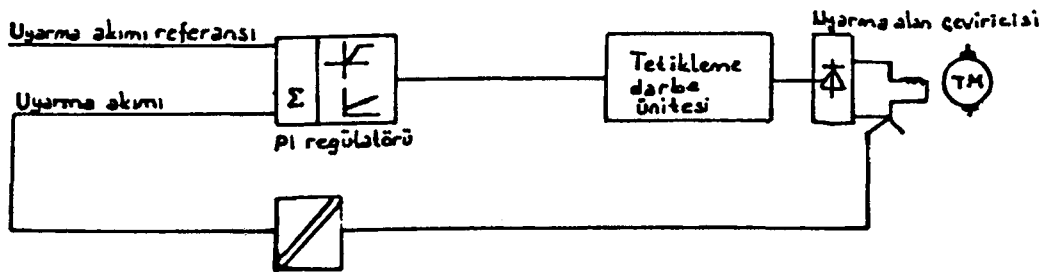
VC34B : Motor modülü 2'nin motor gerilim kontrolü frenleme durumunda



Şekil 7. 5 Uyarma alanının, güç ve frenleme modundaki kontrol blok şeması .

7.1.5 Uyarma Alan Akımının Kontrolü

Uyarma akımı kontrolü, Şekil 7.6' daki blok şemada gösterildiği gibi yapılmaktadır. Bu kontrol, uyarma alanı çevircisinde bulunan analog yöntemi kullanılarak yapılır. Bu sistem, bilgisayar tarafından yapılmaz. Uyarma akımı referansı, bilgisayardan (motor gerilimi / uyarma alanı kontrolü kısmından) gelir.



Şekil 7. 6 Uyarma alanı akım kontrolü

SONUÇLAR

Günden güne artan ulaşım sorunlarının çözülmesinde büyük bir kolaylık sağlayacak olan hafif metro sistemlerinin Türkiye çapında geliştirilip uygulanması gerekmektedir.

Tez için yaptığım çalışmada, böyle bir sistemin oluşturulması için gözönüne alınacak tasarım ve hesaplamaları irdeleyerek böyle bir projenin gerçekleşmesinde dikkate alınması gereken tahriki değerlerin hesaplanmasını inceledim.

Bu sistemlerin uygulanmasında oldukça önemli bir yere sahip olan yarı iletken malzemelerin oluşturduğu güç elektroniği devreleri getirdikleri yeniliklerle dikkati çekmiştir. Tahrik yöntemleri güç elektroniğindeki gelişmeler sayesinde çok büyük ilerleme kaydetmiştir.

İstanbul Ulaşım San. A. Ş. (İstanbul hafif metro) firmasında bizzat yaptığım incelemeler konuya daha iyi boyutlar getirmemi sağladı. Amacım, kısa mesafe ulaşım sistemlerinde kullanılan en son tekniklerin incelenmesi ve bu konu ile ilgilenenlere faydalı bilgiler sunmaktır.

KAYNAKLAR

- 1 - Alperöz N., Elektirik Enerji Dağıtımı, İ.T.Ü , 1987.
- 2 - Aström P., The Traction Control System, Asea Traction Document, December 1988.
- 3 - Bassett J. R., Chamund J. R., Optimised Diodes Reduce GTO Stress, Railway Technology International, 1989.
- 4 - Friden L., Traction Equipment, Asea Tidning 3.4, 1986.
- 5 - Gunnarsson L., Wahiberg K., İstanbul's New Metro Line, ABB Review, March 1989.
- 6 - Gülgün R., Güç Elektriğine Giriş, 1983
- 7 - Kasapoğlu A., Modern Yakın Mesafe Elektrikli Ulaşım Sistemlerinde Elektrikle Tahrik Düzenlerinin İncelenmesi, Karşılaştırılması ve Değerlendirilmesi Doktora Tezi, Y. T. Ü , 1984.
- 8 - Kusko A., Solid-State DC Motor Drivers, The Massachusetts Institute of Technology, 1969.
- 9 - Lander W. C., Power Electronics, Mc Graw Hill Book Company, 1981.
- 10- Metro Vehicle, Design and Installation Documents F00.100, ABB Traction, 1989
- 11- Overhead Catenary System Design and Installation Document G40.100, ABB Consortium, 1989.
- 12- Power Supply Substations, Desing and Installation Documents G40.112, ABB Consortium, 1989.
- 13- Sarıoğlu K. M., Doğru Akım Makinalarının Geçici Rejimleri, 1975.
- 14- Sarıoğlu K. M., Dynamics of Electrical Machines, University of Illinious Urbana, 1981.
- 15- Şenol İ., Elektrikli Ulaşım Sistemlerinde Enerji Düzenlerinin Karşılaştırılması ve Değerlendirilmesi Doktora Tezi, Y. T. Ü , 1992.
- 16- Ural A., Modern Elektrikli Ulaşım Sistemleri, Kocaeli Üniv., Şubat 1991.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Engin AKIN
Doğum yeri ve tarihi : Görele - 1972
Öğrenim Durumu : Lisans
Bitirdiği Okullar ve yılı
İlkokul : Çanakçı İlkokulu - 1982
Ortaokul : Çanakçı Ortaokulu - 1985
Lise : Görele Lisesi - 1988
Üniversite : Yıldız Teknik Üniversitesi - 1992
Yabancı Dili : İngilizce

1992 yılında Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Bölümünde Yüksek Lisans hakkı kazandı. Daha sonra sırayla 1 yıl İngilizce Hazırlık, 1 yıl ders aldı. Halen Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik - Elektronik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü Elektrik Makinaları Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.